

GUÍA DE REQUISITOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA EL DISEÑO DE REDES DE
DISTRIBUCIÓN EN AL ÁREA DE INFLUENCIA DE CENS

Carmen Lorena Hurtado Crispin

Karen Marcela Mantilla Botello

Monografía presentada como requisito para optar al título de Especialista en Sistemas de
Distribución de Energía

Director

Julio César Chacón Velasco

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica

Bucaramanga

2023

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Abstract.....	11
1. Introducción.....	13
1.1. Objetivos	14
1.1.1. Objetivo general	14
1.1.2. Objetivos específicos.....	14
1.2. Alcance.....	15
1.3. Sistema de unidades	16
1.4. Normas de referencia	17
1.5. Abreviaturas	18
1.6. Definiciones	19
2. Selección de la ruta.....	23
2.1. productos a entregar	25
2.2. Levantamiento topográfico	25
2.3. Variables meteorológicas de la zona de influencia de CENS	26
3. Criterios de diseño eléctrico	27
3.1. Nivel de tensión requerido	27
3.2. Distancias de seguridad.....	28
3.3. Servidumbre	29
3.4. Tipos de estructura	30
3.5. Conductores.....	32
3.6. Coordinación de aislamiento.....	32
3.7. Transformadores de distribución.....	34
3.8. Puesta a tierra	35
3.9. Cable de guarda.....	36
3.10. Postes.....	37
3.11. Templetes	38
3.12. Herrajes	39
3.13. Elementos de protección y maniobra	39
4. Criterios de diseño mecánico.....	40
4.1. Generalidades	40
4.2. Factores de seguridad y sobrecarga.....	41
4.3. Hipótesis de carga	42
4.4. Árboles de carga.....	44
4.5. Parámetros de selección de estructuras y elementos de sujeción.....	44
4.6. Listado estructuras	46
4.7. Cálculo de amortiguadores.....	53
4.8. Cimentaciones	54
4.9. Longitud de empotramiento	54
4.10. Entregables de diseño.....	54
4.10.1. Listado de entregables	54
4.10.2. Listado de planos.....	55

5.	Aspectos prediales y ambientales	56
5.1	Requisitos Ambientales para un proyecto en etapa de formulación	56
5.1.1.	Consultas Ambientales	56
5.1.2.	Permisos Ambientales	57
5.2	Tramites Consultas y solicitudes Prediales	57
5.2.1	Gestión predial.....	57
5.2.2.	Requisitos en la etapa de construcción del proyecto	58
	Conclusiones	59
	Referencias.....	60

Índice de tablas

Tabla 1. Sistema de unidades.....	16
Tabla 2. Normas de referencia.....	17
Tabla 3. Variables que afectan la selección de la ruta.....	24
Tabla 4. Estructuras homologadas del grupo EPM.....	31
Tabla 5. Listado de estructuras por nivel de tensión.....	46

Resumen

Título: Guía de requisitos técnicos mínimos para el diseño de redes de distribución en el área de influencia de CENS.

Autor: Carmen Lorena Hurtado Crispin, Karen Marcela Mantilla Botello

Palabras Clave: Diseño, redes de distribución, requisitos, proyectos, reglamento, normas.

Descripción: La construcción de redes de distribución de energía implica un reto significativo para los operadores de red, debido a las restricciones prediales, sociales y ambientales que puedan presentarse a lo largo de este proceso. El incumplimiento de las distancias de seguridad, el crecimiento urbano desordenado, la falta de andenes en las calles y la presencia de redes existentes de baja, media y alta tensión llevan al diseñador a evaluar múltiples alternativas para la implementación de un nuevo proyecto.

Asimismo, las fallas en las redes de distribución implican para el operador de red gastos de mantenimiento tempranos que no estaban contemplados en el ciclo de vida del activo. Es por ello que se hace necesario reunir los requisitos básicos de diseño para el área de influencia de CENS. Aunque como grupo, EPM se ha encargado de generar diferentes documentos de diseño, como guías, el sistema de CENS y su ubicación geográfica obligan a contemplar parámetros distintos a los explicados en las guías. En la mayoría de los casos, los ejemplos de aplicación de las guías están basados en el sistema de EPM, lo que genera malas interpretaciones o múltiples consultas por parte de los diseñadores y los equipos encargados del mantenimiento y la construcción de redes en CENS.

Generar un documento que oriente y diferencie la aplicación de dichas guías en el área de influencia de CENS es un proceso beneficioso en cuanto al tiempo y la seguridad de que los

criterios de diseño se estén aplicando correctamente. Esto permitirá generar un diseño adecuado que garantice la confiabilidad del sistema y no impacte negativamente en los costos de capital (CAPEX) y los costos operativos (OPEX) del proyecto.

En resumen, un enfoque específico en las particularidades de CENS mediante un documento adaptado a su área de influencia será fundamental para mejorar la eficiencia, seguridad y cumplimiento de los criterios de diseño, lo que finalmente se traducirá en un sistema confiable y sostenible a largo plazo.

Abstract

Title: Guide of minimum technical requirements for the design of distribution networks in CENS's influence area.

Authors: Carmen Lorena Hurtado Crispin, Karen Marcela Mantilla Botello

Keywords: Design, distribution networks, requirements, projects, regulations, standards.

Description: The construction of energy distribution networks poses a significant challenge for network operators due to property, social, and environmental constraints that may arise throughout this process. Non-compliance with safety distances, haphazard urban growth, lack of sidewalks on streets, and the presence of existing low, medium, and high voltage networks lead the designer to evaluate multiple alternatives to implement a new project.

Likewise, failures in distribution networks result in early maintenance expenses for the network operator that were not accounted in the asset's lifecycle. Hence, it is necessary to gather the basic design requirements in CENS's influence area. Although as a group, EPM has been responsible for generating different design documents, such as guides, CENS's electrical network and its geographical location require some different parameters from those explained in the referred documents. In most cases, the application examples shown on the guides are based on the

EPM's electrical network, which leads to misinterpretations or multiple queries from designers and teams responsible for maintenance and network construction within CENS.

Creating a document that leads and differentiates the application of these guides in CENS's influence area is a beneficial process in terms of time and the assurance that design criteria are being correctly applied. This will enable the making of an optimal design that ensures system reliability and does not negatively impact the capital expenditure (CAPEX) and Operational expenditures (OPEX) of a project.

In summary, a fixed focus on CENS's particularities through a document tailored to its influence area will be essential to enhance efficiency, safety, and compliance with design criteria, ultimately resulting in a reliable and sustainable long-term system.

1. Introducción

El diseño de una red eléctrica implica la consideración de múltiples factores, que abarcan aspectos técnicos, ambientales, prediales, normativos y económicos. Cada etapa del diseño asegura la viabilidad de un proyecto, al tiempo que mitiga los riesgos durante la ejecución, las proyecciones de puesta en servicio y el cumplimiento de los planes regulatorios establecidos por los operadores de red.

Una guía de diseño emerge como una herramienta esencial que capacita a los profesionales en todas las fases del proceso. Esto es crucial debido a que cada proyecto presenta problemáticas únicas en su gestión y, en algunos casos, no todos los profesionales cuentan con conocimientos exhaustivos sobre los requisitos que pueden surgir en cada diseño específico.

En el transcurso de esta monografía, se explorarán los diversos requisitos y componentes aplicables a un diseño, incluyendo aquellos específicos de ciertos diseños. Se discutirán numerales pertinentes tanto para proyectos rurales como urbanos, proporcionando información sobre las guías específicas donde los profesionales pueden encontrar consultas detalladas para cada tema.

A lo largo de este trabajo, se analizarán las lecciones aprendidas y particularidades inherentes a cada uno de los elementos que deben ser considerados en el proceso de diseño. Además, se examinarán guías del grupo EPM, las normas CENS, el RETIE y los estándares internacionales para el diseño de redes de distribución de energía.

1.1. Objetivos

A continuación, se enunciarán los objetivos de esta monografía.

1.1.1. Objetivo general

Elaborar una guía de requisitos técnicos mínimos para el diseño de redes de distribución en el área de influencia de CENS.

1.1.2. Objetivos específicos

Establecer el objeto, alcance, así como el referente normativo y reglamentario, así como los entregables de diseño.

Documentar los criterios técnicos mínimos para el diseño eléctrico considerando el referente normativo existente.

Documentar los criterios técnicos mínimos para el diseño mecánico considerando el referente normativo existente.

Describir los principales aspectos ambientales y sociales a tener en cuenta en el diseño de redes de distribución en el área de influencia de CENS.

1.2. Alcance

El propósito de esta guía es establecer los requisitos mínimos para el diseño de redes de distribución de energía eléctrica. Además, se pretende proporcionar los conceptos fundamentales que son necesarios para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto de manera eficiente y efectiva. Para ello, se incluyen diversas alternativas y opciones que pueden ser consultadas y consideradas durante el proceso de diseño.

Cada una de las guías del grupo EPM, que son aplicables a cada elemento específico del diseño, se encuentran detalladas en esta guía principal. De esta forma, se garantiza que todos los aspectos relevantes para el diseño de las redes de distribución sean debidamente abordados y considerados.

La guía busca asegurar que los proyectos de redes de distribución cumplan con los más altos estándares de calidad y confiabilidad, así como con las normativas y regulaciones vigentes. Asimismo, se pretende que los proyectos sean desarrollados de manera sustentable y eficiente, optimizando los recursos y minimizando posibles impactos negativos en el entorno.

La claridad y precisión en la descripción de los requisitos y conceptos son elementos esenciales de esta guía, ya que permiten que los profesionales y expertos involucrados en el diseño puedan aplicar adecuadamente las directrices establecidas. Al lograr una correcta implementación de estas pautas, se asegura un diseño adecuado y seguro de las redes de distribución eléctrica, lo que se traduce en un servicio eléctrico confiable y de calidad para los usuarios finales.

1.3. Sistema de unidades

Tabla 1. Sistema de unidades

PARÁMETRO	NOMBRE	SÍMBOLO
Tensión	Kilo Voltio	kV
	Voltio	V
Longitud	Kilómetro	km
	Metro	m
	Centímetro	cm
	milímetro	mm
Tiempo	Minuto	minutos
	Hora	horas
	Segundos	s
	Años	años
Porcentaje	Porcentaje	%
Frecuencia	Hertz	Hz
	Mega Hertz	MHz
Precisión	Partes por millón	Ppm
Resistencia	Ohm	Ω
Corriente	Kilo Amperios	kA
Intensidad de campo eléctrico	Kilo Voltio metro	kV/m
Densidad de campo magnético	Micro Tesla	μ T
Temperatura	Grados Celsius	$^{\circ}$ C
Resistividad	Ohm-metro	Ω -m
Velocidad	Kilometro por hora	km/h
	Metro por segundo	m/s
Fuerza	kilogramo - fuerza	kgf
	Newton	N
Presión	Pascales	Pa
Grado	Grado sexagesimal	$^{\circ}$

1.4. Normas de referencia

Tabla 2. Normas de referencia

TIPO DE DOCUMENTO	CÓDIGO	NOMBRE
Reglamento técnico nacional	RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013	REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIÉ)
Norma Internacional	IEC 60826	Design criteria of overhead transmission lines
	IEC 60071 - 2	Insulation co-ordination-Part 2: Application guide
Norma Técnica CENS	CNS-NT-01	CAPÍTULO 1 Generalidades
	CNS-NT-02	CAPÍTULO 2 Parámetros de diseño
Guía de diseño	GM-01	GM-01 GUÍA METODOLÓGICA CÁLCULO DE CONDUCTOR ECONÓMICO
	GM-02	GM-02 GUÍA METODOLÓGICA CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA
	GM-03	GM-03 GUÍA METODOLÓGICA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO PARA REDES DE DISTRIBUCIÓN
	GM-04	GM-04 GUÍA METODOLÓGICA CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
	GM-05	GM-05 GUÍA METODOLÓGICA CÁLCULO DE TRANSFORMADORES Y CUADROS DE CARGA
	GM-07	GM-07 GUÍA METODOLÓGICA CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN
	GM-08	GM-08 GUÍA METODOLÓGICA ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO POR RAYOS
	GM-09	GM-09 GUÍA METODOLÓGICA ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO
	GM-12	GM-12 GUÍA METODOLÓGICA CÁLCULO ELECTROMECAÁNICO Y ELEMENTOS DE SUJECIÓN
	GM-13	GM-13 GUÍA METODOLÓGICA ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA POTENCIA REDES DE DISTRIBUCIÓN
	GM-14	GM-14 GUÍA METODOLÓGICA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES REDES DE DISTRIBUCIÓN

1.5. Abreviaturas

ACSR	Aluminium Conductor Steel Reinforced
AAAC	All Aluminium Alloy Conductor
Código de redes 025 de 1995	Código de redes
CIGRÉ	Comité internacional de grandes redes eléctricas
NSR-10	Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente.
IEC 60826	Desing criteria of overhead transmisión lines
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
CREG	Comisión de regulación de energía y gas
IEC 60071-2	Insulation Coordination – Application Guide
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
DEM	Modelo Digital de Elevación
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
NTC	Norma Técnica Colombiana

1.6. Definiciones

Con el objetivo de dar mayor claridad a los temas a tratar en el presente documento se aplicarán las siguientes definiciones, que aparecen en el RETIE [1].

AISLANTE ELÉCTRICO: Material de baja conductividad eléctrica que puede ser tomado como no conductor o aislador.

AMBIENTE ELECTROMAGNÉTICO: La totalidad de los fenómenos electromagnéticos existentes en un sitio dado.

ANÁLISIS DE RIESGOS: Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

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 estructura.

BIL: Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo.

CABLE: Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

CABLE APANTALLADO: Cable con una envoltura conductora alrededor del aislamiento que le sirve como protección electromecánica. Es lo mismo que cable blindado.

CARGA: La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

CAPACIDAD DE CORRIENTE: Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor o equipo en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

CAPACIDAD NOMINAL: El conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo o sistema eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas. En un sistema la capacidad nominal la determina la capacidad nominal del elemento limitador.

CAPACIDAD O POTENCIA INSTALADA: También conocida como carga conectada, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

CONDUCTOR ENERGIZADO: Todo aquel que no está conectado a tierra.

CONDUCTOR NEUTRO: Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

CONDUCTOR A TIERRA: También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL: Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

CONTAMINACIÓN: Liberación artificial de sustancias o energía hacia el entorno y que puede causar efectos adversos en el ser humano, otros organismos vivos, equipos o el medio ambiente.

CORTOCIRCUITO: Unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

DISTANCIA DE SEGURIDAD: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA: Es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

ESTRUCTURA: Todo aquello que puede ser construido o edificado, pueden ser fijas o móviles, pueden estar en el aire, sobre la tierra, bajo tierra o en el agua.

FALLA: Degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida.

FASE: Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

FLECHA: Distancia vertical máxima en un vano, entre el conductor y la línea recta horizontal que une los dos puntos de sujeción.

LÍNEA COMPACTA: Es una línea eléctrica donde sus dimensiones, altura y ancho de estructura y ancho de servidumbres son reducidas, respecto de las líneas convencionales, gracias a un diseño y construcción optimizada.

LÍNEA DE TRANSMISIÓN: Un sistema de conductores y sus accesorios, para el transporte de energía eléctrica, desde una planta de generación o una subestación a otra subestación. Un circuito teórico equivalente que representa una línea de energía o de comunicaciones.

MANIOBRA: Conjunto de procedimientos tendientes a operar una red eléctrica en forma segura.

MANTENIMIENTO: Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

NIVEL DE RIESGO: Equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

NORMA TÉCNICA: Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

OPERADOR DE RED: Empresa de Servicios Públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional o un Sistema de Distribución Local.

RAYO: La descarga eléctrica atmosférica o más comúnmente conocida como rayo, es un fenómeno físico que se caracteriza por una transferencia de carga eléctrica de una nube hacia la tierra, de la tierra hacia la nube, entre dos nubes, al interior de una nube o de la nube hacia la ionosfera.

RED DE DISTRIBUCIÓN: Conjunto de circuitos y subestaciones, con sus equipos asociados, destinados al servicio de los usuarios de un municipio.

REGLAMENTO TÉCNICO: Documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.

SOBRECARGA: Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

SOBRETENSIÓN: Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

TENSIÓN: La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

VIDA ÚTIL: Tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido.

ZONA DE SERVIDUMBRE: Es una franja de terreno que se deja sin obstáculos a lo largo de una línea de transporte o distribución de energía eléctrica, como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea, así como para tener una interrelación segura con el entorno.

2. Selección de la ruta

La selección de la ruta se realiza a partir de una exploración inicial, de acuerdo con las recomendaciones de los estudios eléctricos para el punto de conexión. En esta etapa, se busca minimizar el impacto ambiental y predial, cumpliendo con los criterios técnicos necesarios.

Una vez se inicia el recorrido detallado, se resuelven las inquietudes surgidas y se procede al levantamiento topográfico. Durante este proceso, se evalúan posibles modificaciones en el recorrido y se considera el uso de infraestructura subterránea o cualquier inconveniente relacionado con la negociación de predios.

La selección de la ruta se desarrolla de manera secuencial, siguiendo los siguientes pasos:

Se obtendrá la ubicación de cada uno de los apoyos con coordenadas x, y, z, utilizando herramientas como el GPS, que permite la ubicación precisa de los puntos en softwares de diseño o mediante fotometría con el uso de drones. En el caso de utilizar drones, se obtendrá información topográfica con mayor detalle. Sin embargo, las ubicaciones de estructuras deben realizarse con

GPS, asegurando un margen de error máximo de 5 metros por coordenada, conforme a los requisitos establecidos por INVÍAS para la gestión predial.

Para la selección de la ruta, es de vital importancia tener en cuenta las lecciones aprendidas de los proyectos realizados en el área de influencia de CENS. A continuación, se presenta una tabla con las variables a considerar en dicho proceso de selección:

La clasificación va de 1 punto a 5 puntos, siendo 1 el valor menos crítico y 5 el valor más crítico, esto de acuerdo con las lecciones aprendidas de los diseños de redes de distribución diseñados por CENS.

Tabla 3. Variables que afectan la selección de la ruta

VARIABLES	CRITERIOS	CLASIFICACIÓN
Cuerpos de agua (Drenajes)	distancia 0-30 m	3
Cuerpos de agua que no pueden ser cruzados		5
Bosques y reservas forestales	Área de afectación	5
Corredor de líneas de transmisión	Evaluar paralelismo - Evaluar costos (si es necesario soterrar)	3
Aeropuertos	Conos de aproximación según OACI	Excluir
Bases militares		Excluir
Áreas protegidas	Distritos de manejo integrado y reservas de la sociedad civil	4
Títulos mineros	Solicitados - Otorgados	5
Movimientos en masa	Riego Alto por movimientos en masa	5
Separación del margen de la vía	Distancia 2 m mínimo	5

Fuente: Creado por el autor de acuerdo con las lecciones aprendidas de diseño de redes de distribución.

Para la evaluación de la ruta se pueden integrar más variables, en este caso la clasificación para cada variable es de 1, es importante cuantificar a lo largo de una ruta cuantas de las variables mencionadas en la tabla se pueden presentar.

Se debe realizar el análisis y la georreferenciación para el posterior traslado a formato digital de los datos obtenidos de fuentes de información secundaria y reconocimientos rápidos de campo.

Este enfoque metodológico garantiza una selección de ruta fundamentada en criterios técnicos sólidos y en la experiencia previa en el área de influencia CENS. De esta manera, se busca asegurar que el proyecto eléctrico sea eficiente, sostenible y cumpla con los estándares de calidad y respeto ambiental y predial

2.1. productos a entregar

- Información de coordenadas con los ángulos de la línea y puntos clave de la ruta.
- Información de estructuras, carga de rotura, material, altura y comentarios en caso de cambiar la longitud de la estructura.
- Planos e información curvas de nivel, coberturas vegetales, clasificación de vías, vías de acceso, reservas forestales, características climáticas. (Las características climáticas se deben tomar del ANEXO A PARÁMETROS METEOROLÓGICOS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DE EPM [\[2\]](#)).
- Archivos .shp y .kmz con las rutas.

2.2. Levantamiento topográfico

En CENS, para las redes de distribución, no se ha llevado a cabo un levantamiento topográfico especializado. No obstante, en los últimos años, se ha implementado un levantamiento topográfico

básico mediante el uso de fotometría a través de drones. El insumo obtenido de este levantamiento es el siguiente:

- Nube densa de puntos.
- Modelos digitales de elevación.
- Curvas de nivel.

Esta información contribuye a reducir significativamente el porcentaje de error en los diseños, lo cual es crucial para asegurar el cumplimiento de las distancias de seguridad en el plantillado. Además, posibilita la evaluación de diversas alternativas para lograr dicho cumplimiento. En los trazados, no siempre es necesario emplear postes de 12 m o 14 m; es fundamental considerar el uso de estructuras de diferentes alturas, garantizando la distancia adecuada tanto al suelo como entre los circuitos en una misma estructura.

Es importante resaltar que la distancia de las curvas de nivel requeridas para integrar al diseño de redes debe ser de 1m. Esta precisión en el modelado topográfico asegura una representación fiel del terreno y permite tomar decisiones informadas durante el proceso de diseño y construcción de las redes de distribución.

Al implementar estas prácticas en el proceso de diseño, se incrementa la eficiencia y la seguridad del sistema, minimizando posibles riesgos y optimizando la distribución de la energía de manera confiable y efectiva.

2.3. Variables meteorológicas de la zona de influencia de CENS

Grupo EPM establece en su anexo A la Caracterización de los parámetros meteorológicos en las zonas de influencia del grupo EPM[2], los cuales deben ser considerados para el diseño de redes de distribución. En dicho documento, se define una clasificación de climas basada en la

altitud de las áreas, utilizando información recopilada de las estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Para obtener las temperaturas necesarias en el proceso de diseño, se aplicaron modelos probabilísticos, considerando un periodo de retorno de 50 años. De esta manera, la temperatura máxima se determina con una probabilidad del 2% de no superar o ser inferior a dicho valor.

En cuanto a la clasificación de las velocidades máximas del viento, utilizadas en el análisis de las cargas mecánicas sobre estructuras y conductores, se toma como punto de partida el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NRS-10), capítulo B.1 Cargas, y se analiza siguiendo la metodología de diseño establecida para líneas de transmisión.

Por lo tanto, todas las variables meteorológicas relevantes para el área de influencia de CENS se encuentran detalladas en el documento elaborado por el Grupo EPM. Esta información resulta esencial para asegurar un diseño de redes de distribución que esté adecuadamente adaptado a las condiciones climáticas y sismorresistentes de la región, garantizando así la confiabilidad y seguridad de las infraestructuras eléctricas en dicha área.

3. Criterios de diseño eléctrico

3.1. Nivel de tensión requerido

El nivel de tensión necesario para la construcción de redes de distribución y/o la conexión de cargas al sistema se determina mediante un análisis técnico y económico, tomando en consideración las exigencias del sistema y los costos asociados a la operación. Además, se deben cumplir con los límites establecidos por la regulación nacional para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

En el caso específico del sistema de CENS, los niveles de tensión se clasifican según la topología de la red en 34,5 kV para el nivel de tensión 3 y 13,8 kV para el nivel de tensión 2.

El documento de referencia para realizar consultas sobre este tema es la guía metodológica titulada "GM-09 Análisis del nivel de tensión requerido[3]". Esta guía proporciona la información necesaria y los lineamientos para llevar a cabo el análisis correspondiente y determinar el nivel de tensión apropiado para las necesidades específicas del sistema de CENS.

El análisis detallado de los niveles de tensión es de gran importancia para asegurar la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico, así como para optimizar los recursos y minimizar costos innecesarios. Al seguir las directrices establecidas en la guía metodológica, se garantiza que el nivel de tensión elegido esté en consonancia con los requerimientos técnicos y las regulaciones vigentes, lo que a su vez contribuirá a un funcionamiento seguro y eficiente del sistema de distribución de energía eléctrica en el área de influencia de CENS.

3.2. Distancias de seguridad

Las redes de distribución de energía eléctrica, tanto en su fase de diseño como de construcción, deben cumplir con las distancias mínimas de seguridad. El Grupo EPM dispone de una norma técnica llamada NT-06 Distancias de seguridad en redes de distribución[4], que proporciona una referencia para consultar los requisitos en materia de distancias de seguridad. Asimismo, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas establece en su numeral 10.1 Diseño de instalaciones eléctricas que, como parte del diseño detallado de las redes de distribución de energía, se deben definir las distancias de seguridad entre edificaciones, como una medida preventiva para mitigar el riesgo eléctrico.

El cumplimiento de las distancias de seguridad es fundamental para garantizar la seguridad de las personas, propiedades y equipos involucrados en el sistema eléctrico. Estas distancias están diseñadas para evitar el riesgo de descargas eléctricas y proteger tanto a los usuarios como a los trabajadores involucrados en el mantenimiento y operación de las redes eléctricas.

Los conductores utilizados por CENS para redes aéreas y subterráneas son:

- Desnudos.
- Cubiertos o semiaislados.
- Aislados.

El uso de conductores cubiertos en configuración compacta permite reducir un 30% las distancias de seguridad en lugares donde por espacio disponible no permita cumplir con las distancias horizontales indicadas en el RETIE^[1] esto según el artículo 13 nota 10 del reglamento.

3.3. Servidumbre

En el contexto de las redes de distribución de energía, la servidumbre se refiere a una franja de terreno despejada a lo largo de la infraestructura con el propósito de facilitar las labores de construcción, operación y mantenimiento. Sin embargo, la constitución de servidumbre en las redes de distribución es una medida que se aplica únicamente en casos especiales. En su lugar, se requiere obtener permisos de paso para llevar a cabo la instalación de dichas redes.

Los permisos de paso son autorizaciones otorgadas por los propietarios de los terrenos o las autoridades competentes, permitiendo a una empresa de servicios públicos, como una compañía de distribución de energía eléctrica, instalar y operar infraestructuras eléctricas a lo largo de sus propiedades. Estos permisos son necesarios cuando la instalación de líneas eléctricas, postes u otras infraestructuras de distribución implica cruzar o utilizar áreas de propiedad privada o de dominio público, como carreteras, calles o caminos. Sin la obtención de los permisos de paso, la

empresa de servicios públicos no puede llevar a cabo la construcción de las redes de distribución en dichas áreas.

La obtención de los permisos de paso involucra un proceso legal y administrativo, que incluye negociaciones con los propietarios de los terrenos afectados y la presentación de documentos y planes necesarios para garantizar la seguridad, el cumplimiento de las regulaciones y el respeto de los derechos de los dueños de las propiedades involucradas.

Estos permisos son fundamentales para el desarrollo y la expansión de las redes de distribución de energía eléctrica, ya que permiten a las compañías de servicios públicos acceder a las áreas necesarias para proporcionar un suministro confiable de electricidad a los usuarios finales. Al obtener los permisos de paso de manera adecuada, se asegura una planificación y construcción acertada de las infraestructuras eléctricas, minimizando los impactos y riesgos tanto para los propietarios de las propiedades como para la empresa de servicios públicos.

En el diseño y despliegue de las redes de distribución, resulta crucial tener en cuenta las fajas de retiro vial, las cuales establecen los espacios necesarios para la infraestructura eléctrica en relación con las vías públicas. Es importante mencionar que, para los niveles de tensión 3 y 2, el operador de la red no está obligado a constituir servidumbre. No obstante, es imperativo asegurar el cumplimiento de las distancias de seguridad y las regulaciones establecidas en la NT-06, Norma Técnica Distancias de seguridad en redes de distribución[4], emitida por el Grupo EPM.

3.4. Tipos de estructura

En cada proyecto, los criterios de selección de estructuras deben asegurar el cumplimiento de las distancias de seguridad, así como la viabilidad técnica y económica del mismo.

A continuación, se presenta una tabla que muestra las familias de estructuras homologadas con su respectivo grupo código y el posible uso asociado a cada una:

Tabla 4. Estructuras homologadas del grupo EPM

FAMILIA	CONFIGURACIÓN	USO FRECUENTE
100	DELTA	*Vanos cortos de redes rulares o urbanas. *Sin restricciones por distancias de seguridad
200	SEMIBANDERA	*Vanos cortos de redes rulares o urbanas. *Sin restricciones por distancias de seguridad
300	BANDERA	*Vanos cortos de redes urbanas *Con restricciones por distancias de seguridad
400	VERTICAL	*Vanos medios de redes rulares o urbanas con ángulos *Esta configuración no requiere el uso de crucetas
500	HACHE	*Vanos medios o largos * Donde por espacios su instalación sea viable.
600	TRILLIZO	*Vanos largos * Su uso es espacialmente en zonas donde por sus características topografías permite vanos de gran longitud.
700	COMPACTAS	*Vanos medios *Su uso en el área urbana permite la reducción de distancias de seguridad, reducción de esfuerzos mecánicos. *En las zonas rulares o arborizadas reducen el impacto ambiental y mejoran la confiabilidad del sistema.

Fuente: Normas de construcción homologada [5]

Para el caso de redes en configuración compacta en trazados con dificultades por acercamiento a edificaciones, se sugiere el uso de la estructura 707 (ver en [5]) y para estructuras

de paso su uso debe contemplar la instalación de crucetas de 2.4 m para garantizar las distancias de seguridad.

3.5. Conductores

El cálculo para determinar el conductor a utilizar en las redes de distribución de media tensión se realiza siguiendo las pautas establecidas en la Guía Metodológica N°01 Cálculo de conductor económico[6]. En este documento, la selección del conductor toma en consideración varios parámetros, como el dimensionamiento por regulación de tensión y las pérdidas por efecto Joule.

En el caso específico de CENS, para el nivel de tensión 2, se requiere un conductor de calibre mínimo 266.8 AWG ACSR o su equivalente en AAAC o AAC. Si se decide cambiar la tecnología del conductor, es necesario evaluar la flecha de cada conductor en caso de tener doble circuito, las distancias entre circuitos o las distancias de seguridad al suelo.

En cuanto al nivel de tensión 3, el calibre mínimo requerido es 336.4 AWG ACSR o su equivalente en AAAC o AAC. De manera similar al nivel de tensión 2, si se considera un cambio en la tecnología del conductor, es esencial evaluar la flecha del conductor.

Es importante asegurarse de que los conductores seleccionados cumplan con los estándares técnicos y regulaciones establecidas para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de las redes de distribución de energía eléctrica en el área de influencia de CENS. La elección adecuada de los conductores contribuye a mantener la confiabilidad del sistema y a minimizar pérdidas, lo que se traduce en un beneficio tanto para la empresa de distribución como para los usuarios finales.

3.6. Coordinación de aislamiento

La coordinación de aislamiento en redes de distribución hace referencia a la selección adecuada y la disposición de los aisladores utilizados en diferentes componentes del sistema eléctrico, como postes, transformadores, conductores y otros equipos, con el objetivo de prevenir y proteger contra descargas eléctricas, arcos eléctricos y otros fenómenos que puedan comprometer la seguridad y el funcionamiento del sistema [7]. Esta se basa en considerar factores como el nivel de tensión, la configuración de la red, las condiciones climáticas, la exposición a contaminantes y otros elementos que puedan afectar la integridad y el rendimiento de los aisladores. Una adecuada coordinación de aislamiento garantiza la confiabilidad y la eficiencia del sistema eléctrico, reduciendo los riesgos de interrupciones en el suministro de energía y protegiendo la vida útil de los equipos [8].

El grupo EPM desarrollo la Guía Metodológica GM-03 Coordinación de aislamiento para redes de distribución [9] orientada a la selección de equipos para una adecuada coordinación de aislamiento. El sistema de CENS se considera un sistema con neutro aislado, por esto los ejemplos indicados en dicha guía no son aplicables a este sistema, A continuación, se un ejemplo de selección de aisladores aplicado al sistema de CENS.

Las distancias de fuga y arco para aisladores. Debido a que el sistema es con neutro aislado la distancia de fuga se calcula de la siguiente forma.

$$\text{Distancia de fuga} = V_{ln} * 1,73 * k_a * \Delta_{fuga}$$

De acuerdo con la tabla 6 de la Guía GM-03 [9], la distancia mínima de fuga para el nivel de contaminación muy ligera es 12,7 mm/kV

$$\text{Distancia de fuga} = \frac{V_{ln} * E_{LG}}{\sqrt{3}} * k_a * \Delta_{fuga} = \frac{13,8 * 1,73}{\sqrt{3}} * 1,2014 * 12,7 = 127,91 \text{ mm}$$

El valor de E_{LG} es tomado de la tabla 3 [9], Tres cables con alta resistencia a tierra o sistema en delta.

El valor de k_a se toma del ejemplo de la guía [\[9\]](#), este depende de la altura sobre el nivel del mar de cada proyecto.

Para el cálculo de coordinación de aislamiento en redes de distribución debe considerarse el $E_{LG} = 1,73$, para la selección de aisladores y selección de DPS.

Los niveles de contaminación y la altura varían en función de la ubicación del proyecto. En ciertos casos, es necesario dividir la ruta en secciones debido a las diferencias en la elevación sobre el nivel del mar y el grado de contaminación, con el fin de evitar un diseño sobredimensionado.

En estas situaciones, es fundamental tomar en consideración los datos específicos de cada localización para realizar un diseño adecuado y eficiente. La segmentación de la ruta permite adaptar las especificaciones del proyecto de distribución de energía eléctrica de manera precisa, garantizando que la infraestructura esté en sintonía con las características del terreno y el nivel de contaminación, lo que a su vez contribuye a la reducción de costos y al funcionamiento seguro y confiable del sistema en toda su extensión.

Esta estrategia de seccionar la ruta conforme a las particularidades de la zona en la que se implementa la red de distribución permite abordar de manera eficiente los retos asociados a la topografía y la contaminación, asegurando así la viabilidad técnica y económica del proyecto en su conjunto.

3.7. Transformadores de distribución

La guía metodológica N° GM-05 del grupo EPM, titulada "Cálculo de transformadores y cuadros de carga[\[10\]](#)," proporciona un minucioso proceso para seleccionar y dimensionar transformadores de distribución en áreas urbanas o rurales. En este documento, se establecen las

características de las cargas como información esencial para lograr una precisa adecuación del equipo a instalar.

El uso de esta guía facilita el diseño de la infraestructura eléctrica, asegurando que los transformadores sean adecuados para las necesidades específicas de cada ubicación. Asimismo, se toman en cuenta aspectos críticos, tales como la capacidad requerida, la eficiencia energética y la seguridad operativa del sistema.

El enfoque de la guía se basa en ofrecer una metodología clara y estructurada, que considere las particularidades propias de áreas urbanas y rurales, y que tome en cuenta los requisitos técnicos y regulatorios correspondientes. Esto garantiza que los transformadores seleccionados cumplan con los estándares de calidad y rendimiento establecidos, asegurando una distribución de energía eléctrica eficiente y confiable.

Siguiendo los lineamientos de la guía N° GM-05[\[10\]](#), los profesionales encargados del diseño y dimensionamiento de los transformadores pueden tomar decisiones fundamentadas, optimizando recursos y evitando posibles problemas de sobredimensionamiento o falta de capacidad en la infraestructura eléctrica.

3.8. Puesta a tierra

La guía NC-RA6-010, titulada "Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica, [\[11\]](#)" juega un rol esencial al establecer los requerimientos técnicos y recomendaciones esenciales para la apropiada instalación de sistemas de puesta a tierra, todo ello en concordancia con las normas establecidas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) [\[1\]](#).

Los sistemas de puesta a tierra son componentes fundamentales para asegurar la seguridad y la integridad de las redes de distribución eléctrica. Por esta razón, la guía NC-RA6-010[11] tiene como objetivo proporcionar directrices claras y precisas para su correcta implementación.

Aunque es cierto que los conceptos fundamentales relacionados con los sistemas de puesta a tierra se encuentran disponibles en la guía metodológica GM-04, titulada "Cálculo del sistema de puesta a tierra, [11]" la guía NC-RA6-010 se enfoca específicamente en los aspectos aplicables a las redes de distribución eléctrica, garantizando así una comprensión completa y detallada de las prácticas apropiadas para asegurar la seguridad eléctrica en este tipo de infraestructuras.

Los sistemas de puesta a tierra han sido identificados en los análisis de redes de distribución como uno de los elementos que requieren mayor cuidado, verificación e inspección. Un adecuado funcionamiento de estos sistemas garantiza un rápido despeje de las fallas, reducción de flameos en las estructuras, herrajes y aisladores, así como la seguridad del personal durante las operaciones de mantenimiento. Por tanto, es crucial que el dimensionamiento del sistema de puesta a tierra sea realizado de manera precisa, ya que esto asegura el correcto funcionamiento del sistema eléctrico y contribuye a reducir la tasa de fallas.

3.9. Cable de guarda

Para garantizar la seguridad y protección apropiada en las terminales de captación o pararrayos, el RETIE [1] establece en su tabla 16.1 los requisitos para el conductor de guarda, este debe cumplir con un área mínima de 50 mm^2 . En CENS, se emplea el Acero galvanizado 3/8 EHS como conductor de guarda, cumpliendo con las especificaciones establecidas por el RETIE.

Además, en el numeral 4.6 de este documento se mencionan las estructuras homologadas, estas detallan otras opciones de conductores que pueden utilizarse como cable de guarda, brindando flexibilidad y adaptabilidad para diferentes escenarios y necesidades.

Es de suma importancia adherirse a estas normativas y recomendaciones para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de las terminales de captación o pararrayos. De esta manera, se protege tanto las infraestructuras eléctricas como a las personas que se encuentran en su entorno.

3.10. Postes

El criterio de selección de las estructuras para un plantillado depende fundamentalmente de la ubicación del proyecto[12]. En áreas rurales, donde el transporte puede ser complicado, los PRFV (Polímeros Reforzados con Fibra de Vidrio) resultan ser ideales. Entre las razones que motivan su uso se encuentran ciertas características eléctricas, como el aumento del CFO (tensión crítica de flameo) de la estructura, o la ausencia de necesidad de equipotencialización.

A diferencia de los postes de madera o concreto, los PRFV son una opción adecuada para terrenos húmedos, donde las estructuras podrían verse afectadas por la putrefacción. Sin embargo, actualmente su uso se encuentra limitado a cargas de rotura de 510 kgf, 750 kgf, 1050 kgf y 1350kgf. En el caso de requerir postes con una mayor capacidad de carga, es necesario optar por postes de concreto.

Una de las ventajas adicionales de los postes de concreto es que la deflexión permitida es más reducida en comparación con los PRFV. Mientras que los postes de fibra tienen una deflexión máxima permitida del 10% de la longitud libre del poste, los postes de concreto poseen una deflexión máxima permitida del 3% de la longitud libre del poste. Esta menor deflexión en los postes de concreto los convierte en una opción viable en áreas donde la por distancias de seguridad

la deflexión permitida pueda generar acercamiento a edificaciones. Asimismo, su uso resulta apropiado en zonas urbanas donde no se permite el uso de retenidas, ya que generan un menor impacto visual al mantener la red más estable y uniforme.

3.11. Templetes

El uso de templetes o retenidas puede resultar beneficioso en muchos casos, ya que permite la utilización de postes con menor carga de rotura. Sin embargo, es importante destacar que en el área de influencia de CENS, el empleo de retenidas no está permitido en áreas urbanas, andenes o zonas de circulación de personas.

Las normas homologadas del grupo, detalladas en el numeral 4.6 de este documento, establecen el calibre del conductor necesario para la retenida, así como las diferencias de vano viento para cada estructura, dependiendo del uso o no de retenidas.

El uso excesivo de retenidas en estructuras aumenta significativamente el costo de la estructura y podría no ser viable económicamente, considerando la remuneración establecida en la CREG 015 de 2018 [\[13\]](#), así como el uso de calibres superiores a los indicados por las normas de construcción homologadas del grupo. La instalación de retenidas debe ajustarse a la necesidad de la estructura y también a la viabilidad técnica y económica, teniendo en cuenta los casos en que su uso excesivo, especialmente en las bayonetas, podría generar fallas eléctricas debido a su proximidad a los conductores de fase. Por tanto, su empleo debe limitarse a los casos estrictamente necesarios, respondiendo a requerimientos mecánicos de la estructura.

En la actualidad, el grupo EPM está trabajando en la elaboración del documento NC-RA6-001 "Instalación de retenidas". En este documento, se proporcionará información detallada sobre los materiales y componentes requeridos para las retenidas, los diferentes tipos y formas de

retenidas, así como los elementos necesarios para su correcta instalación, tomando en cuenta las lecciones aprendidas por el grupo EPM en este ámbito.

3.12. Herrajes

Los herrajes son elementos de sujeción fundamentales en la infraestructura eléctrica. Pueden estar contruidos en acero o fibra de vidrio, y para verificar sus esfuerzos, es necesario considerar el factor de seguridad según lo establecido en el RETIE[1], en el literal b del capítulo 20.17.1.

El método de cálculo para la validación de los herrajes se encuentra detallado en el documento "Guía técnica para el cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción[14]" del grupo EPM, en el numeral 9.4.4.

Adicionalmente, existe otro método de cálculo que consiste en la suma de los árboles de carga en el nodo de conexión, dividida por el factor de seguridad. De esta manera, es posible validar la carga de rotura del herraje que se debe seleccionar.

Es importante asegurar que los herrajes utilizados en la infraestructura eléctrica cumplan con los estándares de seguridad y resistencia requeridos, para garantizar la integridad de las estructuras.

3.13. Elementos de protección y maniobra

La Guía Metodológica GM-14, titulada "Coordinación de Protecciones en Redes de Distribución, [14]" brinda una estructura de referencia para asegurar una coordinación adecuada de protecciones en los niveles de tensión 2 y 3. Esta guía presenta diversos métodos y enfoques para llevar a cabo la coordinación de fusibles, así como la coordinación entre fusibles, reconectores y seccionadores.

Es de vital importancia que las redes de distribución cuenten con un sistema de protecciones bien coordinado para garantizar la seguridad y la confiabilidad del suministro eléctrico. Los elementos de protección y maniobra se colocan de manera estratégica en los puntos de conexión, y los detalles y especificaciones pertinentes se encuentran disponibles en el capítulo 4 de la norma CENS, específicamente en la tabla 1.

La coordinación efectiva de protecciones es una práctica fundamental para evitar interrupciones innecesarias en el suministro eléctrico y reducir los tiempos de restablecimiento en caso de fallas. La guía GM-14 [\[14\]](#) proporciona una guía precisa y valiosa para lograr esta coordinación de forma adecuada, lo cual contribuye a mejorar la eficiencia y confiabilidad de las redes de distribución.

Es relevante subrayar que el objetivo principal de esta guía es asegurar que los sistemas de protección trabajen en conjunto, protegiendo tanto la infraestructura eléctrica como la seguridad de las personas que interactúan con el sistema. Al seguir las directrices que ofrece esta guía, se logra una operación más segura y eficiente de las redes de distribución, lo cual repercute positivamente en la calidad del servicio eléctrico proporcionado a los usuarios finales.

4. Criterios de diseño mecánico

4.1. Generalidades

Los criterios mecánicos de diseño juegan un papel fundamental al considerar las variables necesarias para el modelamiento de una estructura. En el caso de los postes, las cargas de rotura se encuentran definidas según lo establecido por el RETIE [\[1\]](#), y la aplicación de factores de seguridad junto con las variables climáticas garantiza la confiabilidad de la red eléctrica. Específicamente, las variables de viento máximo son consideradas como el caso crítico de diseño

en redes de distribución, y son contempladas dentro de los parámetros de diseño, al igual que situaciones como la rotura de un conductor de fase, los demás conductores de fase y de guarda en buen estado, o la rotura de un cable de guarda junto con los demás conductores en buen estado.

Es importante destacar que además de los parámetros de diseño establecidos en el RETIE, los operadores de la red, en este caso CENS, incorporan otros parámetros de diseño basados en lecciones aprendidas y en buenas prácticas sugeridas por normas internacionales. Esta medida adicional busca mejorar la seguridad y la eficiencia de la infraestructura eléctrica, lo que conlleva a un funcionamiento más confiable del sistema de distribución.

La consideración de todas estas variables y criterios mecánicos es esencial para garantizar la resistencia y la estabilidad de las estructuras utilizadas en las redes de distribución eléctrica. Asimismo, permite mitigar riesgos potenciales y asegurar que la infraestructura sea capaz de soportar las condiciones climáticas y operativas a las que se encuentra expuesta.

4.2. Factores de seguridad y sobrecarga

Los factores de seguridad aplicados en postes para redes de distribución de energía, ya sean postes de concreto o PRFV, deben cumplir con una carga mínima de rotura no inferior a 2 para PRFV y no inferior a 2.5 para postes de concreto, tal como lo establece el RETIE [\[1\]](#) en su numeral 20.17.1.

Es importante destacar que estos factores de seguridad se aplican en condiciones normales de la estructura, es decir, considerando todos los conductores en buen estado y bajo la acción del viento máximo. Esta condición, conocida como "condición de sobrecarga" en algunos textos, garantiza una adecuada resistencia estructural.

Por otro lado, aplicar factores de seguridad en condiciones anormales, como en el caso de un cable de fase roto junto con los demás conductores sanos, incluyendo la guarda, o un conductor de guarda roto con los demás conductores en buen estado, puede llevar a un sobredimensionamiento excesivo de las cargas aplicadas a la estructura.

Cabe mencionar que los factores de sobrecarga indicados en la resolución CREG 025 de 1995 [24] son específicamente aplicables a líneas de transmisión de energía, no a las redes de distribución.

En resumen, los factores de seguridad son fundamentales para garantizar la integridad y la capacidad de carga de los postes en condiciones normales de operación, pero es necesario aplicarlos de manera adecuada y considerando las condiciones específicas de cada estructura y su entorno para evitar un sobredimensionamiento innecesario y asegurar un diseño razonable y seguro de las redes de distribución eléctrica.

4.3. Hipótesis de carga

Las hipótesis de carga evaluadas para las redes de distribución se agrupan en tres categorías: cargas normales, cargas excepcionales y cargas anormales. La guía GM-12, titulada "Guía Técnica para el Cálculo Mecánico de la Estructura y Elementos de Sujeción de Equipos" [14], numeral 9.2, proporciona las pautas necesarias para aplicar estas hipótesis. En dicho documento, se incluyen los cálculos requeridos para cada una de las condiciones mencionadas.

Para evaluar las hipótesis de carga, es fundamental considerar los datos de temperatura y viento mencionados en el numeral 9 de esta guía. Estas variables climáticas siguen la norma IEC 60826 [15], que utiliza métodos probabilísticos para abordar conceptos de confiabilidad. El objetivo primordial de estas hipótesis de carga es generar diseños de líneas de distribución que

sean confiables y seguros. La IEC establece que la confiabilidad se logra estableciendo requisitos de resistencia para los componentes, siguiendo la siguiente metodología:

- Recopilar datos del diseño, ubicación del proyecto, elevación sobre el nivel del mar, nivel contaminación etc.
- Calcular variables climáticas y el período de retorno, tal como se describe en el numeral 9 de este documento.
- Calcular las cargas necesarias para cumplir con los requisitos de seguridad (factor de seguridad indicado por el RETIE[1]).
- Verificar el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales (Recopiladas en la Guía GM-12 [14]).

Estos requisitos de confiabilidad aseguran que las líneas puedan resistir los efectos climáticos en el área de diseño de la red. La IEC 60826 [15] establece que una tasa de retorno para las variables climáticas de 50 años garantiza un nivel de fiabilidad aceptable en cuanto a la continuidad del servicio y la seguridad de la red.

Es relevante destacar que los requisitos indicados por la IEC 60826 [15] son aplicables a los diseños de redes de distribución de energía, utilizando los datos mencionados en el numeral 9 de este documento. Estos requisitos están en línea con lo establecido por las normas internacionales, lo cual asegura la confiabilidad y seguridad de la red de energía.

En la actualidad, gracias a la disponibilidad de software especializado en diseño, es posible evaluar estas condiciones sin necesidad de realizar manualmente las fórmulas que se encuentran en las tablas de la Guía GM 12 [14]. Estos programas permiten un análisis más rápido y preciso, lo que facilita la selección y dimensionamiento adecuado de las estructuras para las redes de distribución eléctrica. El uso de software especializado en cálculo mecánico mejora la eficiencia

en la evaluación de las cargas y ofrece resultados más confiables. Además, permite tener en cuenta diversas variables y condiciones específicas de cada proyecto, lo cual contribuye a un diseño satisfactorio y seguro de las estructuras para las redes de distribución eléctrica.

4.4. Árboles de carga

Los árboles de carga representan las fuerzas que actúan sobre la estructura, resultado del peso del conductor, la acción del viento y los ángulos de la red. Estos árboles de carga son fundamentales para determinar la capacidad adecuada de la estructura a utilizar. Además, en situaciones especiales, los árboles de carga son esenciales para el diseño de estructuras sin una carga de rotura definida, como puede ser el caso de las torrecillas metálicas.

En la GM-12 "Guía Técnica para el Cálculo Mecánico de la Estructura y Elementos de Sujeción de Equipos" [\[14\]](#), numeral 9.1, se proporciona el procedimiento para calcular los árboles de carga según el tipo de estructura requerida y los esfuerzos que actúan sobre cada una de ellas. Esta guía es una valiosa herramienta que permite llevar a cabo cálculos precisos y fundamentados para garantizar la adecuada selección y dimensionamiento de las estructuras en las redes de distribución.

4.5. Parámetros de selección de estructuras y elementos de sujeción

Los criterios para seleccionar las estructuras en un proyecto de distribución eléctrica dependen de la ubicación y las características específicas de la red. Entre las opciones disponibles, las estructuras con conductor cubierto y espaciadores poliméricos, consideradas como configuración compacta, ofrecen ventajas significativas. Estas estructuras permiten mantener la armonía con la vegetación circundante, reduciendo la necesidad de podas. Además, en situaciones

normales, se pueden emplear crucetas de menor tamaño, lo que disminuye los esfuerzos mecánicos transmitidos al poste y, por ende, permite un dimensionamiento más eficiente del mismo.

Por otro lado, las estructuras en configuración abierta son ideales para el uso de conductores desnudos, que son más ligeros y fáciles de instalar. También se utilizan herrajes más económicos y conocidos por los técnicos y operarios. En cambio, las estructuras en forma de "H" se emplean principalmente en áreas rurales con vanos de tamaño medio o en entornos urbanos que permiten su uso según las normativas locales de planeamiento urbano (POT).

En cuanto a las estructuras con tres postes, conocidas como trillizos, son utilizadas en vanos largos para permitir el balanceo de conductores sin incumplir las distancias de seguridad entre fases. Sin embargo, en algunos casos particulares, como aquellos con ángulos superiores a los 56° (el ángulo máximo permitido según las normas homologadas del grupo), es necesario emplear tres postes no alineados, lo que forma configuraciones en forma de "L" o triangulares. Estas configuraciones permiten construir la red con ángulos que no están contemplados en las normas homologadas estándar.

Para seleccionar los elementos de sujeción adecuados, se debe consultar el numeral 4 de cada familia de estructuras, específicamente en la sección de Materiales. Estos materiales son cruciales para garantizar la correcta sujeción de los elementos de la red, asegurando que los vanos y ángulos mencionados en cada norma de construcción sean respetados. En caso de contar con un herraje no contemplado en la lista de materiales, es necesario conocer el árbol de carga aplicado al punto de conexión. Luego, se debe aplicar el factor de seguridad indicado por el RETIE para determinar si la capacidad del herraje se encuentra dentro del rango permitido y es apto para su utilización.

4.6. Listado estructuras

Las estructuras a utilizar serán aquellas normalizadas por CENS y las que fueron normalizadas de forma homologada por el Grupo EPM.

Tabla 5. Listado de estructuras por nivel de tensión

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
ESTRUCTURAS 7,6 kV		
NC-RA3-101	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV CRUCETA AL CENTRO. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA3-102	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV CRUCETA AL CENTRO. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA3-103	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV CRUCETA AL CENTRO. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA3-104	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV CRUCETA AL CENTRO. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA3-301	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA3-302	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO	Homologada
NC-RA3-303	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA3-304	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN TERMINAL	Homologada
NC-RA3-401	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN	Homologada
NC-RA3-402	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN ÁNGULO	Homologada
NC-RA3-403	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA3-404	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN TERMINAL	Homologada
NC-RA3-801	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN	Homologada
NC-RA3-802	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA3-803	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON EMPALME	Homologada
NC-RA3-804	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA3-805	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN TERMINAL	Homologada

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
NC-RA3-806	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 7,62 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN TERMINAL DOBLE	Homologada
ESTRUCTURAS 13.2 kV		
NC-RA2-101	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV DELTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-102	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV DELTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-103	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV DELTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-104	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV DELTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-201	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA2-202	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-203	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-204	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-205	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-206	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-207	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-208	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 1500mm	Homologada
NC-RA2-209	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV SEMIBANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN DOBLE TERMINAL CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-301	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-302	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-303	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-304	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400mm	Homologada
NC-RA2-305	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE	Homologada

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
	1500mm	
NC-RA2-306	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA2-307	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA2-308	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV BANDERA BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA2-401	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN	Homologada
NC-RA2-402	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN ÁNGULO	Homologada
NC-RA2-403	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA2-404	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN TERMINAL	Homologada
NC-RA2-405	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL TRIFÁSICA. CONFIGURACIÓN DOBLE TERMINAL	Homologada
NC-RA2-406	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN	Homologada
NC-RA2-407	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO	Homologada
NC-RA2-408	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA2-409	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN TERMINAL	Homologada
NC-RA2-410	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN TERMINAL DOBLE	Homologada
NC-RA2-511	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV HACHE. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 4500mm	Homologada
NC-RA2-532	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV HACHE. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 4500mm	Homologada
NC-RA2-543	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV HACHE. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 4500mm	Homologada
NC-RA2-514	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV HACHE. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm Y 4500 mm	Homologada
NC-RA2-535	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV HACHE. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm Y 4500 mm	Homologada
NC-RA2-546	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV HACHE. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm 4500 mm	Homologada
NC-RA2-641	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV TRILLIZO. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
NC-RA2-701	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA2-702	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON ESPACIADOR	Homologada
NC-RA2-703	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON MENSULA HORIZONTAL	Homologada
NC-RA2-704	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN EN SUSPENSIÓN AISLADOR PIN SENCILLO	Homologada
NC-RA2-705	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO AISLADOR PIN DOBLE	Homologada
NC-RA2-706	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA 1500 mm	Homologada
NC-RA2-707	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN BRAZO ANGULAR TIPO C	Homologada
NC-RA2-708	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN BRAZO ANGULAR TIPO C	Homologada
NC-RA2-709	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA2-710	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON BRAZO EN C	Homologada
NC-RA2-711	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CRUCETA 1500 mm BANDERA	Homologada
NC-RA2-712	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN – DOS CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-713	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN AISLADOR PIN SENCILLO – DOS CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-714	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO AISLADOR PIN DOBLE – DOS CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-715	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN – TRES CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-716	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN AISLADOR PIN SENCILLO - TRES CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-717	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO AISLADOR PIN DOBLE – TRES CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-718	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN – CUATRO CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-719	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN AISLADOR PIN SENCILLO - CUATRO CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-720	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO AISLADOR PIN DOBLE – CUATRO CIRCUITOS	Homologada
NC-RA2-801	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2kV AISLADA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN	Homologada

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
NC-RA2-802	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA2-803	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON EMPALME	Homologada
NC-RA2-804	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA2-805	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN TERMINAL	Homologada
NC-RA2-806	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV AISLADA. CONFIGURACIÓN TERMINAL DOBLE	Homologada
NC-RA2-1001	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA2-1002	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA2-1003	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA2-1004	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
CNS-03-211-02	ESTRUCTURA DE PASO DOBLE EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETA DE 4 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-213-02	ESTRUCTURA DE PASO DOBLE EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETA DE 6 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-303-02	ESTRUCTURA DE RETENCIÓN TRIFÁSICA PARA CABLE CUBIERTO RED COMPACTA CON BRAZO ANGULAR TIPO C 13,2 kV	CENS
CNS-03-308-02	ESTRUCTURA DE TRANSICIÓN DISPOSICIÓN BANDERA PARA CABLE CUBIERTO A RED COMPACTA CON CRUCETA DE 2.4 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-309-02	ESTRUCTURA DE TRANSICIÓN DISPOSICIÓN BANDERA PARA CABLE DESNUDO A CUBIERTO CON CRUCETA DE 2.4 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-514-02	ESTRUCTURA TERMINAL MONOFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETA DE 2 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-515-02	ESTRUCTURA RETENCIÓN MONOFÁSICA DOBLE DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETA DE 2 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-550-02	ESTRUCTURA TERMINAL TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETA DE 2 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-563-02	ESTRUCTURA TERMINAL TRIFÁSICA Y ARRANQUE MONOFÁSICO DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETA DE 2 m 13,2 kV	CENS
CNS-03-730-02	ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN TRIFÁSICA CON CORTACIRCUITO 13,2 kV	CENS
CNS-03-731-02	ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN MONOFÁSICA CON CORTACIRCUITO 13,2 kV	CENS
CNS-03-732-02	ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN TRIFÁSICA SIN CORTACIRCUITO 13,2 kV	CENS
CNS-03-733-02	ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN MONOFÁSICA SIN CORTACIRCUITO 13,2 kV	CENS
ESTRUCTURAS 34,5 kV		

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
NC-RA1-101	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DELTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-102	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DELTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-103	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DELTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-104	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DELTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-201	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV SEMIBANDERA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-202	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV SEMIBANDERA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-203	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV SEMIBANDERA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-204	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV SEMIBANDERA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-301	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-302	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-303	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-304	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV BANDERA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-401	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN	Homologada
NC-RA1-402	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN ÁNGULO	Homologada
NC-RA1-403	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA1-404	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN TERMINAL	Homologada
NC-RA1-405	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV VERTICAL. CONFIGURACIÓN DOBLETERMINALE	Homologada
NC-RA1-511	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV HACHE. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 4500 mm	Homologada
NC-RA1-532	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV HACHE. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 4500 mm	Homologada

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
NC-RA1-543	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV HACHE. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 4500 mm	Homologada
NC-RA1-514	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV HACHE. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm y 4500 mm	Homologada
NC-RA1-535	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV HACHE. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm y 4500 mm	Homologada
NC-RA1-546	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV HACHE. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm Y 4500 mm	Homologada
NC-RA1-631	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV TRILLIZO. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN	Homologada
NC-RA1-701	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA1-702	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON ESPACIADOR	Homologada
NC-RA1-703	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO AISLADOR PIN SENCILLO	Homologada
NC-RA1-704	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO AISLADOR PIN DOBLE	Homologada
NC-RA1-705	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA1-706	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN BRAZO ANGULAR TIPO C	Homologada
NC-RA1-707	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-708	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 1500 mm	Homologada
NC-RA1-709	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON HERRAJE EN C	Homologada
NC-RA1-710	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV COMPACTA. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-1001	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN SUSPENSIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-1002	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN ÁNGULO CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
NC-RA1-1003	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN RETENCIÓN CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
NC-RA1-1004	NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 44 kV, 34,5 kV y 33 kV DOBLE CIRCUITO. CONFIGURACIÓN TERMINAL CON CRUCETA DE 2400 mm	Homologada
CNS-03-151-03	ESTRUCTURA DE PASO DOBLE CIRCUITO TRIFÁSICA DISPOSICIÓN SIMETRICA 34,5 Kv	CENS
CNS-03-211-03	ESTRUCTURA DE PASO DOBLE EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETA DE 4 m 34,5 KV	CENS
CNS-03-250-03	ESTRUCTURA DE PASO DOBLE CIRCUITO EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETAS DE 4 m 34,5 kV	CENS
CNS-03-251-03	ESTRUCTURA DE PASO DOBLE CIRCUITO EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN VERTICAL CON CRUCETAS DE 4 m 34,5 kV	CENS
CNS-03-275-03	ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN DOBLE CIRCUITO EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETAS DE 4 m 34,5 kV	CENS
CNS-03-276-03	ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN DOBLE CIRCUITO EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN VERTICAL CON CRUCETAS DE 4 m 34,5 kV	CENS
CNS-03-280-03	ESTRUCTURA DE RETENCIÓN DOBLE CIRCUITO EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL CON CRUCETAS DE 4 m 34,5 kV	CENS
CNS-03-281-03	ESTRUCTURA DE RETENCIÓN DOBLE CIRCUITO EN H TRIFÁSICA DISPOSICIÓN VERTICAL CON CRUCETAS DE 4 m 34,5 kV	CENS

Fuente: Normas de construcción homologada [5]

4.7. Cálculo de amortiguadores

Las vibraciones causadas por el viento en los conductores de las redes eléctricas pueden generar fatiga a lo largo de su vida útil. Por lo tanto, es crucial utilizar amortiguadores para contrarrestar estos efectos. Estos dispositivos son comúnmente empleados en redes rurales, dado que la norma CENS establece un límite máximo de 70 metros para el vano en zonas urbanas. -

La guía GM 12 [14], denominada "Guía Técnica: Cálculo Mecánico de Estructuras y Elementos de Sujeción de Equipos", en su numeral 8.4, considera los requisitos estipulados en la norma NTC 2534. Estos requisitos establecen las especificaciones y características técnicas que deben cumplir los amortiguadores para garantizar su eficacia en la reducción de las vibraciones y el desgaste del conductor.

La correcta implementación de amortiguadores contribuye de manera significativa a prolongar la vida útil de los conductores y asegura el adecuado funcionamiento de la red eléctrica a lo largo del tiempo.

4.8. Cimentaciones

Los componentes responsables de transmitir las fuerzas del poste al suelo y garantizar la estabilidad de la estructura son conocidos como elementos de cimentación. Su función principal es asegurar que los momentos de vuelco sean menores que los momentos estabilizadores. En la "Guía Técnica: Cálculo Mecánico de Estructuras y Elementos de Sujeción de Equipos"[\[14\]](#), en su numeral 9.7, se presentarán las ecuaciones necesarias para comprobar la adecuación de la cimentación de los postes.

4.9. Longitud de empotramiento

La longitud de empotramiento de los postes de distribución de energía se encuentra establecida en el RETIE [\[1\]](#) (capítulo 20.17.2, sección d). Esta medida asegura la estabilidad adecuada de la estructura.

4.10 Entregables de diseño

Los entregables de diseño se deben presentar en las plantillas elaboradas por CENS aplica para documentos en PDF o documentos en planos DWG o DXF. Este tipo de documentos se encuentran en constante actualización por lo tanto no se cuenta con un documento definido para tal actividad.

4.10.1. Listado de entregables

Los entregables definidos para los proyectos de redes de distribución de energía deben dar cumplimiento a los entregables exigidos por el RETIE^[1] en su numeral 10.1 Diseño detallado.

- Localización del proyecto (en DWG)
- Criterios básicos de diseño.
- Informe de variables climáticas
- Informe de conductor de fase
- Informe de conductor de guarda
- Informe de coordinación de aislamiento
- Informe de selección de estructuras estándar
- Informe de materiales por estructuras y montaje
- Informe de campos electromagnéticos
- Informe de plantillado
- Informe de verificación mecánica de herrajes y elementos de sujeción
- Tabla de postes (Debe incluir coordenadas, carga de rotura de los postes, material, configuración, ángulo de la red.
- KMZ y planos de la red.

4.10.2. Listado de planos

Los planos se deben desarrollar considerando las coordenadas MAGNA SIRGAS, cuando los planos se deben utilizar como insumo para los permisos ante administraciones viales se deben elaborar considerando las escalas indicadas por este.

- Plano de localización del proyecto se debe elaborar en escala de 1:250, debe incluir los accesos y salidas de la vía, obras complementarias, pasos peatonales, indicación de mojones de PR, indicar el sentido de la vía, nombre y código de la ruta, de debe adjuntar tabla de coordenadas, distancia perpendicular del eje de la vía, y definirse si el poste es nuevo o es una reposición.

- Plano de planta y perfil: se debe elaborar a escala vertical de 1:200 y horizontal de 1:2000 que incluya los PR's de localización, señalización y drenajes, acceso a los predios y obras complementarias en la vía.

5. Aspectos prediales y ambientales

5.1 Requisitos Ambientales para un proyecto en etapa de formulación

- Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales.
- Cronograma detallado de actividades.
- Costos para la operación y el mantenimiento (CAPEX y OPEX)
- Registros de salidas a campo.
- Geodatabase de ARAS y Raster.

5.1.1. Consultas Ambientales

Usualmente los proyectos requieren de cuatro consultas para su desarrollo.

- Corporación autónoma regional (CORPONOR – CORPOCESAR), Se realizan consultas de certificación de áreas de importancia ambiental a nivel regional.
- Parques nacionales naturales de Colombia (PNN), Se realizan consultas de certificación de presencia de áreas de protección y conservación de orden local y/o regional.
- Asociación red colombiana de reservas naturales de la sociedad civil (RESNATUR)
- Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (MADS), solicitud de certificación de zonas de reservas de orden nacional, administradas por el MADS.

5.1.2. Permisos Ambientales

Los permisos aplican de acuerdo con cada proyecto.

- Permiso de concesión de aguas superficiales y subterráneas para el sector minero y energético.
- Permiso de ocupación de cauces, playas y lechos para instalaciones en el paso de oleoductos, gasoductos, torres de energía y otras obras similares.
- Permiso de aprovechamiento forestal único.
- Permiso forestal de tala para arboles aislados en proyectos públicos y privados.
- Permiso forestal de poda para arboles aislados.

5.2 Tramites Consultas y solicitudes Prediales

5.2.1 Gestión predial

- Planchas catastrales para conocer los posibles predios a lo largo del trazado.
- Consulta de los certificados de libertad y tradición para validar el estado jurídico del predio.
- Consultas al instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Consultas con la Agencia Nacional de Minería (ANM), (Para conocer la titulación minera, títulos concedidos o solicitados).
- Consultas a la unidad de restitución de tierras (URT).
- Consultas a entes intermunicipales con el fin de conocer los proyectos a desarrollar en el área de influencia del proyecto, (Proyecciones de vías, infraestructura de otros servicios públicos o privados).

5.2.2. Requisitos en la etapa de construcción del proyecto

- Obtener los permisos de paso para la construcción de la infraestructura eléctrica.
- Se constituye servidumbre si el propietario lo exige o lo requiere, o se inicia un proceso de imposición de servidumbre.
- En caso de cruces de vías se requiere la gestión ante la concesión encargada de la administración vial (ANI, INVIAS o la gobernación o alcaldía del municipio).
- Cuando el proyecto requiere intervenciones en zonas con administraciones viales, se debe considerar documentos como: Certificado de existencia y representación legal, localización del proyecto, Descripción técnica del proyecto, planos de localización, presupuestó de la obra (en caso de redes subterráneas), Presupuesto de reposición, Cronograma de mantenimiento de la línea, resolución de manejo ambiental, Plan de manejo de tránsito, se debe incluir cedula y matricula profesional de los diseñadores del proyecto.
- Plano de planta y perfil: se debe elaborar a escala vertical de 1:200 y horizontal de 1:2000 que incluya los PR's de localización, señalización y drenajes, acceso a los predios y obras complementarias en la vía.

Conclusiones

El objeto, marco normativo y los entregables de esta guía enmarcan una revisión detallada de los requisitos establecidos en la regulación colombiana, así como, los lineamientos encontrados en la norma técnica y de construcción CENS, asegurando la coherencia de los resultados esperados para el diseño de los proyectos.

Por ende, se indican y documentan los criterios mínimos eléctricos y mecánicos para realizar un diseño de redes eléctricas en la zona de influencia de CENS, teniendo en cuenta parámetros como variables climatológicas, selección de ruta, regulación de tensión, pérdidas de energía, selección de calibres apropiados, y la definición de hipótesis mecánicas. Todos estos criterios permiten realizar un diseño adecuado desde su formulación hasta la ejecución del mismo.

Adicionalmente, se mencionan los principales tramites, consultas y gestiones que deben realizarse desde el ámbito ambiental y social como complemento del diseño de redes de distribución, promoviendo diseños sustentables y amigables con el entorno.

Referencias

- [1] Ministerio de minas y energía. (2013). *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS* (RETIE).
https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf
- [2] Empresa Públicas de Medellín. (2019). *ANEXO A: Parámetros meteorológicos en el área de influencia del grupo EPM.*
- [3] Empresa Públicas de Medellín. (2019). *GM-09: Análisis del nivel de tensión requerido.*
- [4] Empresas Públicas de Medellín. (2019). *NT-06: Distancias de seguridad en redes de distribución.*
- [5] Centrales Eléctricas de Norte de Santander. (2020). *Norma de construcción homologada.*
<https://www.cens.com.co/home/normas-y-especificaciones-tecnicas/estructuras>
- [6] Empresa Públicas de Medellín. (2019). *GM-01: Cálculo de conductor económico.*
- [7] Turan, G. (1986). *Electrical Power Distribution System Engineering*. Marcel Dekker Inc. (Capítulo 6: Insulation Coordination in Power Systems).
- [8] Saadat, Hadí. (2010). *Power System Analysis*. McGraw-Hill Education. (Capítulo 13: Overvoltage Protection and Insulation Coordination)
- [9] Empresa Públicas de Medellín. (2019). *GM-03: Coordinación de aislamiento para redes de distribución.*
- [10] Empresa Públicas de Medellín. (2019). *GM-05: Cálculo de transformadores y cuadros de carga.*
- [11] Empresa Públicas de Medellín. (2019). *NC-RA6-010: Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica.*
- [12] Checa, L. M. (2004). *Líneas de transporte de energía* (3rd ed.). Marcombo.

[13] Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2018). REMUNERACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL (RESOLUCIÓN 015 DE 2018)

[http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/\\$file/creg015-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/$file/creg015-2018.pdf)

[14] Empresa Públicas de Medellín. (2019). *GM-12: Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.*

[15] International Electrotechnical Commission. (2003). *Design criteria of overhead transmission lines* (Issue IEC 60826). <https://webstore.iec.ch/publication/33148>