



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA  
Y URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA  
ESTRUCTURAL DE SOPORTES ELÉCTRICOS  
(POSTES DE CAC), ESTUDIO DE CASO EN LA  
REGIÓN LA LIBERTAD**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autor:**

**Bach. Larrea Fernández Jimy Ricardo**  
**<https://orcid.org/0000-0001-6718-3460>**

**Asesor:**

**Ing. Alvarado Silva Carlos Alexis**  
**<https://orcid.org/0000-0002-3588-8869>**

**Línea de investigación:**  
**Infraestructura Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**  
**2021**

**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DE SOPORTES  
ELÉCTRICOS (POSTES DE CAC), ESTUDIO DE CASO EN LA REGIÓN LA  
LIBERTAD**

**Aprobación del Jurado**

---

Mg. Alvarado Silva Carlos Alexis

**Asesor**

---

Mg. Gastiaburú Morales Silvia Yvone

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Mg. Vives Garnique Juan Carlos

**Secretario del jurado de tesis**

---

Mg. Alvarado Silva Carlos Alexis

**Vocal del jurado de tesis**

## **DEDICATORIA:**

El presente Trabajo está dedicado a Dios, a mis padres, hermanos, esposa e hijos, por ser los pilares fundamentales en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo.

También esta dedicada a una persona muy especial que no está ya conmigo en persona, pero se que me acompaña a todos lados en espíritu, Papá Victor sé que te sentirías muy orgulloso de mi por cumplir esta meta.

## **AGRADECIMIENTO:**

Gracias A Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, Gracias a mi familia por creer en mi y apoyarme en cada decisión y proyecto.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia

# ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DE SOPORTES ELÉCTRICOS (POSTES DE CAC), ESTUDIO DE CASO EN LA REGIÓN LA LIBERTAD

## ANALYSIS OF THE STRUCTURAL STRENGTH OF ELECTRICAL SUPPORTS (CAC POSTS), CASE STUDY IN THE LA LIBERTAD REGION

**Jimmy Ricardo, Larrea Fernandez'**

### **Resumen:**

*El presente Trabajo de Investigación tiene como objetivo analizar la resistencia estructural de soportes eléctricos (tipos CAC) aplicado en un estudio de caso en la Región La Libertad, mediante un lenguaje de programación que prediga los valores límites de carga considerando el tipo de configuración y tipos de tendido de cableado para los casos más comunes de la Región de la Libertad. Además, se ha considerado la instalación de fibra óptica, para lo cual se instalará una red con cable de fibra óptica, con la finalidad de satisfacer los requerimientos de comunicación existentes actualmente. Los trabajos serán efectuados en el distrito Moche, Provincia de TRUJILLO, Departamento de LA LIBERTAD. A su vez se está solicitando a la empresa HIDRANDINA la utilización de 10 postes de energía para el cumplimiento de los objetivos trazados por la Empresa.*

*La investigación posee un enfoque cuantitativo, pues las variables que se estudiarán son medibles, desde los parámetros mecánicos a estudiar hasta las configuraciones de diseño estructural. Las medidas correctivas asumidas inicialmente a fin de soportar el tendido para telecomunicaciones, terminaron por desestimarse puesto que no afecta de manera sustancial la resistencia estructural del Poste CAC, con lo cual se valida la aprobación para utilizar los postes del tendido eléctrico como soporte para la fibra óptica solicitada.*

**Palabras clave:** Resistencia, Postes CAC.

'Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: [jrlarrea@crece.uss.edu.pe](mailto:jrlarrea@crece.uss.edu.pe) código ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6718-3460>

**Abstract:**

*The objective of this Research Work is to analyze the structural resistance of electrical supports (CAC types) applied in a case study in the La Libertad Region, through a programming language that predicts the load limit values considering the type of configuration and types of cable laying for the most common cases in the La Libertad Region. In addition, the installation of fiber optic has been considered, for which a network with fiber optic cable will be installed, in order to satisfy the communication requirements that currently exist. The works will be carried out in the Moche district, TRUJILLO Province, LA LIBERTAD Department. In turn, the HIDRANDINA company is being asked to use 10 power poles to fulfill the objectives set by the Company.*

*The research has a quantitative approach, since the variables to be studied are measurable, from the mechanical parameters to be studied to the structural design configurations. The corrective measures initially assumed in order to support the telecommunications line were eventually rejected since they did not substantially affect the structural strength of the CAC Post, thus validating the approval to use the power lines as support for the fiber. optics requested.*

**Keywords:** Resistance, CAC Poles.

## Índice:

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1.	REALIDAD PROBLEMÁTICA: .....	12
1.2.	ANTECEDENTES: .....	13
1.3.	TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA: .....	16
1.3.1.	Postes CAC:.....	16
1.3.2.	Soportes y retención para postes eléctricos: .....	16
1.3.3.	Procedimiento de instalación Cables:.....	20
1.3.4.	Resistencia de los materiales (Postes CAC):.....	22
1.3.5.	Calculo mecánico en Conductores:.....	25
1.3.6.	Normativa .....	28
1.3.7.	Softwares de Ingeniería .....	28
1.3.8.	Análisis computacional FEA: .....	30
1.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	32
1.5.	HIPÓTESIS:.....	32
1.6.	OBJETIVOS: .....	32
1.6.1.	Objetivo General:.....	32
1.6.2.	Objetivos Específicos:.....	32
1.7.	JUSTIFICACIÓN: .....	33
1.7.1.	Justificación Tecnológica:.....	33
1.7.2.	Justificación Económica: .....	33
1.7.3.	Justificación Educativa:.....	33
1.7.4.	Justificación Social: .....	34
<b>II.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
2.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	34
2.1.1.	Tipo de investigación: .....	34
2.1.2.	Diseño de investigación: .....	34
2.2.	VARIABLES Y DATOS.....	35
2.2.1.	Variables: .....	35
2.2.2.	Operacionalización de variables:.....	36
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
2.3.1.	Población:.....	37
2.3.2.	Muestra:.....	37
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	37
2.4.1.	Técnicas de investigación:.....	37
2.4.2.	Instrumentos de investigación: .....	37

2.4.3.	<i>Validez y Confiabilidad:</i> .....	38
2.5.	ASPECTOS ÉTICOS: .....	38
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
3.1.	DETALLES DE CASO DE ESTUDIO LA LIBERTAD:.....	40
3.2.	CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES (SITUACIÓN ACTUAL):.....	41
3.3.	CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES TELECOMUNICACIONES: .....	46
3.4.	MODELADO DE POSTE CAC EN SOFTWARE CAD:.....	48
3.5.	APLICACIÓN DE CARGAS SOBRE MODELO COMPUTACIONAL: .....	52
3.6.	ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS: .....	54
3.7.	SIMULACIÓN DE CONDICIÓN CRÍTICA EN POSTE CAC: .....	57
3.8.	ESTUDIO DE INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA:.....	60
3.8.1.	<i>El Fenómeno de da Interferencia Electromagnética</i> .....	60
3.8.2.	<i>Fuente De La Interferencia Electromagnética</i> .....	61
3.8.3.	<i>Causa de la interferencia electromagnética:</i> .....	61
3.8.4.	<i>Formas De Eliminar La Interferencia Electromagnética:</i> .....	61
3.8.5.	<i>Las Clasificación De La Interferencia Electromagnética:</i> .....	61
3.9.	DISCUSIÓN:.....	63
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:</b> .....	<b>64</b>
4.1.	CONCLUSIONES: .....	64
4.2.	RECOMENDACIONES:.....	65
<b>V.</b>	<b>REFERENCIAS:</b> .....	<b>65</b>
<b>VI.</b>	<b>ANEXOS:</b> .....	<b>68</b>



**Índice de Anexos:**

ANEXO 1: Lamina de detalle de Poste CAC. ....	68
ANEXO 2: Detalle de soporte de conductor.....	69
ANEXO 3: Detalle de postes eléctricos.....	72
ANEXO 4: Fotos de postes eléctricos. ....	73
ANEXO 5: Detalles de procesos de fabricación de Postes CAC.....	78
ANEXO 6: Modelo Guía de observación. ....	80
ANEXO 7: Modelo Ficha Registro de datos.....	81

## Índice de tablas:

Tabla 1: Propiedades del conductor de fibra óptica .....	18
Tabla 2: Clasificación de poste a intervenir .....	20
Tabla 3:Detalle material de postes CAC .....	22
Tabla 4: Características del concreto .....	24
Tabla 5: Tabla de cambios de estado. ....	27
Tabla 6: Variables .....	35
Tabla 7: Operacionalización de variables .....	36
Tabla 8: Detalles técnicos caso de estudio. ....	40
Tabla 9: Postes y cantidad.....	40
Tabla 10: Paneo fotográfico .....	42
Tabla 11: Tipo de fibra y peso .....	46
Tabla 12: Detalle del modelado 3D .....	49
Tabla 13: Configuración de materiales. ....	52
Tabla 14: Configuración de sujeciones y fuerzas .....	52
Tabla 15: Resultados de análisis FEA.....	54
Tabla 16: Colocación de segunda carga.....	55

## Índice de figuras:

Figura 1: Soporte de fibra .....	17
Figura 2: Esquema de suspensión instalado.....	17
Figura 3:detalle de conductor y ubicación. ....	19
Figura 4: DCL de catenária entre dos postes. ....	25
Figura 5: Diferencial a analizar.....	26
Figura 6: Logo software SolidWorks.....	29
Figura 7: Tendido de cable red de distribución eléctrica .....	34
Figura 8: Análisis estructural de postes CAC .....	35
Figura 9: Distribución de postes. ....	41
Figura 10: Distanciamiento Poste a Poste.....	43
Figura 11: DCL tramo 60m.....	44
Figura 12: detalle de instalación de fibra .....	47
Figura 13: Esquema medidas de poste. ....	48
Figura 14: Fuentes EMI .....	60
Figura 15: Señal afectada por EMI .....	60

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática:**

En el Perú y el mundo la forma principal de transportar la energía eléctrica desde las centrales eléctricas hasta los hogares es a través de los conductores coaxiales de cobre, aluminio o acero mayormente, los cuales van soportados a través de postes de CAC o torrecillas de metal. Estos conductores pueden llegar a tener un peso máximo de hasta 2.3 kg por metro de longitud del conductor para el caso del cobre.

También, debemos de tener en cuenta que la tensión que ejercen los diferentes tipos de conductores o cables sobre los Postes CAC dependen de las diferentes configuraciones en cuanto a posicionamiento de conductores o cables se refiere, así como las distancias de seguridad que debe de haber entre el conductor eléctrico y el conductor de Fibra óptica.

Por otro lado, los factores climatológicos en la que estarán trabajando no deben pasar desapercibido debido a que existen ciertas zonas con mayor índice de humedad y salinidad en la región lo cual aceleraría su deterioro comparándolo al de un clima templado, en tal sentido, un análisis simple de la resistencia estructural de los postes de CAC no sería suficiente para determinar la confiabilidad del diseño de estos elementos.

Las redes de distribución de energía eléctrica en el Perú y el mundo, mayormente utilizan postes de CAC para el tendido aéreo de las redes eléctricas, es por ello que la ruptura de los postes de CAC conduciría a un corte de energía, teniendo como consecuencia pérdidas económicas y en algunos casos hasta pérdidas humanas.

En la región de la Libertad también se presentan muchos de estos problemas. Además, muchas de estos postes de CAC se encuentran defectuosos en zonas urbanas cerca de parques, avenidas y calles lo que hace aún mayor la probabilidad de accidentes mortales.

Una de las soluciones inmediatas para contrarrestar este exceso o desproporción de la carga es adicionando una tensión de carga que sopesa la carga en exceso equilibrando el sistema de cables y postes, esta tensión adicional se logra con ayuda de un cable acerado denominado “retenida”, sin embargo, un mal cálculo del mismo implicaría no sólo un gasto innecesario de material y tiempo sino también la generación de un mayor problema sobre distribución de cargas.

Si bien es cierto que, en un inicio, los postes son diseñados para el soporte de cierta cantidad necesaria de carga producida por los tendidos de conductores eléctricos tanto de Media tensión y baja tensión. Sin embargo, en el Perú debido al crecimiento tecnológico, ahora las Postes de CAC de propiedad de las concesionarias eléctricas (Hidrandina, Ensa, Electro Oriente, Enosa, etc.) son alquiladas a diversas empresas de telefonía para el tendido de Fibra Óptica.

En la actualidad, empresas encargadas de la distribución de energía eléctrica perteneciente al grupo Distriluz no cuentan con un programa sistemático que pueda predecir cuanta carga adicional tolere el soporte sin que se inicie un agrietamiento o fallo en la estructura, lo conlleva a dos problemas principalmente, primero un problema relacionado con la seguridad, como se hizo mención en párrafos arriba, un mal cálculo podría sobrepasar los límites resistivos permisibles ocasionando la falla y/o desprendimiento del poste, y segundo una pérdida en los costos por alquiler de espacio para postes que brinden otros servicios, en otras palabras pérdidas económicas.

En función a lo expuesto, el propósito del presente trabajo de investigación se centra en estudiar el comportamiento estructural debido a los diversos esfuerzos que son sometidos, las fatigas y los puntos críticos en los postes de CAC y así poder llevar este análisis al desarrollo de un lenguaje de programación utilizando una interfaz gráfica (GUI Matlab) para sistematizar el cálculo.

## **1.2. Antecedentes:**

En el trabajo de Seminario, (2003) se realizó el estudio de identificar las causas principales del problema de corrosión del concreto armado en la base de los postes CAC de forma experimental. Se utilizaron métodos adecuados de reparación para los postes corroídos y métodos de prevención de la corrosión en la elaboración de los postes, que se instalaron en un medio corrosivo. Estos métodos fueron evaluados tanto técnica como económicamente, además se evaluó el terreno en la Urbanización Los Tallanes, ya que esta zona posee más del 80% de sus postes CAC corroídos. Con la finalidad de encontrar los factores promotores del problema y de manera comprobatoria se evaluó el concreto y la armadura de los postes dañados. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación, se concluyó que los postes deberán protegerse ante la carbonatación y la intrusión de iones cloruros y sulfatos en el concreto. Proponiendo la complementación de la norma de

fabricación de poste CAC en el Perú (NTP 339-027), con los métodos de prevención de la corrosión, para postes que se ubiquen en un medio corrosivo.

Por otra parte en Dai y Chen (2007), determinaron las frecuencias naturales de postes del tipo CAC ya que si bien la estructura podría tener un coeficiente de seguridad aceptable, los cambios climáticos podrían generar que las estructuras lleguen a sus frecuencia natural, por lo que emplearon una solución relativamente precisa y simple a las frecuencias naturales las que son necesarias para un diseño estructural aceptable, el diseño efectivo necesita evitar la resonancia de vibración causada por la carga dinámica. Para el poste de hormigón pretensado fundido por hilado, una estructura única utilizada como estructura de soporte en la red de transmisión de energía, la característica de vibración es fundamental para su estabilidad y para la seguridad de la fuente de alimentación. Este artículo presentó un análisis vibratorio preliminar de los polos pretensados fundidos por hilado. Se realizó un análisis de elementos finitos para examinar las características de vibración de la estructura del polo. Y se evaluaron los parámetros que tienen efectos sobre el comportamiento modal del polo concreto. Se revisaron las soluciones teóricas a las frecuencias propias para la vibración transversal de la viga cónica y se propuso un enfoque aproximado para determinar la frecuencia fundamental de la estructura del polo.

En Vivek, et al. (2016), se presentó un problema debido al defecto de inclinación que sufrían los postes CAC por causa de las tormentas de viento en el distrito de Unnao de Uttar Pradesh, India. Este incidente planteó problemas de seguridad tanto para el gobierno como para la empresa a cargo de la construcción e instalación de los postes. Estos postes de hormigón pretensado de aproximadamente 8,5 m de altura se incrustaron en el suelo a 1,5 m según la práctica estándar en India. A partir de la inspección visual de los sitios de falla y una investigación geotécnica detallada del suelo de 24 perforaciones cercanas, parecía que las fallas se debieron principalmente a la resistencia inadecuada del suelo blando de la llanura. Para comprender mejor, se creó una configuración de prueba en el Instituto de Tecnología de Kanpur, donde los polos a gran escala se habían traído de Unnao y se habían erigido en un foso de suelo específicamente preparado para coincidir con la condición de suelo in situ. Los postes se erigieron en un depósito de tierra de arcilla limosa compactada mediante la adopción de un procedimiento estándar de relleno. Los postes se sometieron luego a una carga y descarga lateral a través de un marco especialmente diseñado. Se encontró que las capacidades de carga de los polos están en el rango de 0.95 a 1.48 veces la

carga de viento de diseño para los sitios elegidos. Además, se observó que al aumentar la dimensión de la zapata solo en un 20%, el coeficiente de seguridad del poste se mejora en aproximadamente un 54%. También, se encontró que al reemplazar una base de concreto por una base de lechada de agregados de ladrillo-piedra compactada (una práctica común en la India rural), no se observa una alteración significativa en la capacidad de carga o el comportamiento de deformación de la fuerza. También se realizó un estudio numérico para comprender el comportamiento observado experimentalmente. Finalmente, un método de análisis de sensibilidad indicó que la cohesión influye en la capacidad de carga de los polos más significativamente en comparación con otros parámetros del suelo, como el ángulo de fricción, el peso unitario y el módulo de corte para el tipo de suelo elegido.

En la investigación desarrollada en Zeynalian y Khorasgani (2017), se estudió de forma experimental el rendimiento estructural de los postes de concreto utilizados en la red de distribución de energía eléctrica (RDEE). Se probaron tres postes de concreto de 12 m de escala completa; y también se llevó a cabo un estudio numérico en una línea de distribución de 7 tramos para investigar el comportamiento lateral de la red en condiciones climáticas severas, ya que se cree que la RDEE tiene un papel vital en la sostenibilidad de la transmisión de energía desde la central de energía hasta los consumidores los que podría estar a cientos de kilómetros de distancia. Debido al colapso de los postes de concreto bajo cargas simultáneas de viento y hielo en algunas áreas cubiertas de nieve inalcanzables. Sin embargo, los resultados mostraron que los regímenes de carga prescritos por las normas no inducen ningún daño en la red de distribución, sin embargo, algunas cargas imprevistas, como la carga de viento de ráfaga en condiciones climáticas pesadas, causan la falla de los polos. Por lo tanto, se realizó un análisis de empuje no lineal para descubrir la parte más débil de la red de distribución y finalmente se hicieron algunas sugerencias para aumentar la sostenibilidad de la RDEE.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema:**

#### **1.3.1. Postes CAC:**

Los postes de CAC serán de forma troncocónica, así como el acabado exterior deberá ser homogéneo, libre de fisuras, cangrejas y escoriaciones; tendrán las características y dimensiones que se consignan en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados.

La relación de la carga de rotura (a 0,15 m debajo de la cima) y la carga de trabajo será igual o mayor a 2.

A 3 m de la base del poste, en bajo relieve, deberá implementarse una marca que permita inspeccionar la profundidad de empotramiento luego de instalado el poste.

Los postes deberán llevar impresa con caracteres legibles e indelebles y en lugar visible, cuando estén instalados, la información siguiente:

- a) Marca o nombre del fabricante.
- b) Designación del poste:  $l/c/d/D$ ;

Donde:

$l$  = longitud en m

$c$  = carga de trabajo en daN con coeficiente de seguridad 2.

$d$  = diámetro de la cabeza en mm.

$D$  = diámetro de la base, en mm.

- c) Fecha de fabricación

Los agujeros que deben tener los postes, así como sus dimensiones y espaciamientos entre ellos, se muestran en las láminas del proyecto *anexo 1*.

#### **1.3.2. Soportes y retención para postes eléctricos:**

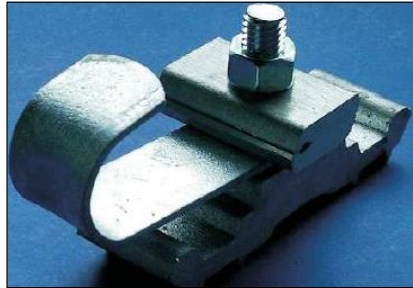
Son aquellos elementos que se utilizaran para la sujeción del cable de fibra óptica en la parte inferior de los postes de CAC, de la planta externa, cuando los vanos sean menores a 90 metros y sean de forma lineal.

##### **a. Datos de sujeciones de telecomunicaciones:**

Configuración para sistema de suspensión de cable de telecomunicaciones:



Configuración para sistema de retención de cable de telecomunicaciones (*Ver figura 1*).



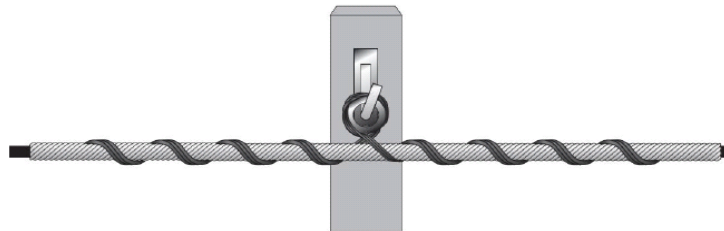
*Figura 1: Soporte de fibra*  
*Fuente: Empresa EBC La Cobranza*

La placa soporte de suspensión y retención se fabricarán en aleación de aluminio ALSI 7% Mg.

La platina tipo J se fabricará de acero SAE 1020 en galvanizado en caliente de alta resistencia a la corrosión según norma ASTM A 153.

Un perno de cabeza hexagonal de ½” x 2” de longitud, una tuerca hexagonal ½” se fabricarán de acero SAE 1020 galvanizado en caliente de alta resistencia a la corrosión según norma ASTM A 153 (*Ver figura 2*).

Los dados prensa - hilo se fabricarán en aleación de aluminio ALSI 7% Mg.



*Figura 2: Esquema de suspensión instalado.*  
*Fuente: Empresa EBC La Cobranza*

**b. Características de cableado:**

Especificaciones técnicas de cable de fibra óptica monomodo con protección holgada y cubierta P.K.P (Ver tabla 1).

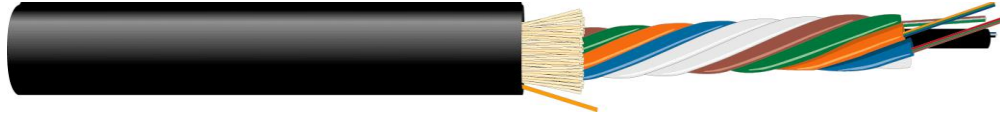


Tabla 1: Propiedades del conductor de fibra óptica

PROPIEDADES	VALOR
Diámetro del Campo Modal a 1 310nm	9,3 +/- 0,5mm
Diámetro del Campo Modal a 1 550nm	10,5 +/- 1mm
Longitud de Onda de Corte (l)	1 190nm - 1 300nm
Longitud de Onda de Corte a Cero de Dispersión (l <sub>0</sub> )	1 301,5 - 1 321,5nm
Perfil de Índice de Refracción	Escalón
Atenuación máxima a 1 310nm	< 0,4dB/km
Atenuación máxima a 1 550nm	≤ 0,25 dB/km
Dispersión Total Máxima 1 285 - 1 330nm	≤ 3,5 ps/(nm*km)
Dispersión Total Máxima 1 270 - 1 350nm	≤ 6,0 ps/(nm*km)
Dispersión Total Máxima 1 550nm	≤ 18,0 ps/(nm*km)
Tracción Máxima durante Instalación	3 200N
Tracción de Operación	600N
Máxima Curvatura	250-400mm (8-128 fibras)
Diámetro de Revestimiento	125 +/- 1mm
Peso (8 fibras)	153kg/km
Peso (48 fibras)	185kg/km
Temperatura de Trabajo	De -30°C a +70°C

Fuente: Empresa telecomunicaciones EBC

Distancias Para Instalación De Cables En Postes Eléctricos (Ver figura 3)

- PUEDE DEFINIRSE COMO DOS CONDUCTORES METALICOS QUE COMPARTEN EL MISMO EJE Y ESTAN SEPARADOS POR UN MATERIAL DIELECTRICO (NO CONDUCTOR).

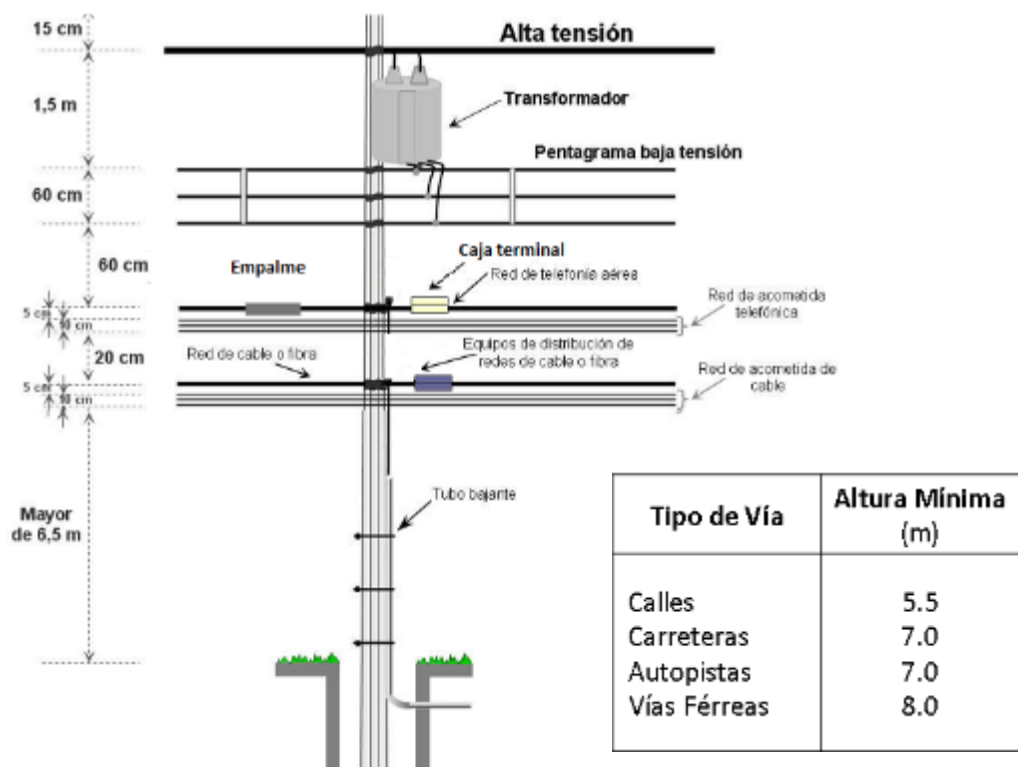
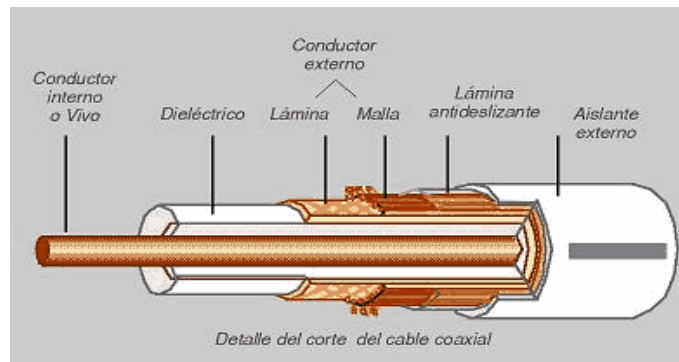
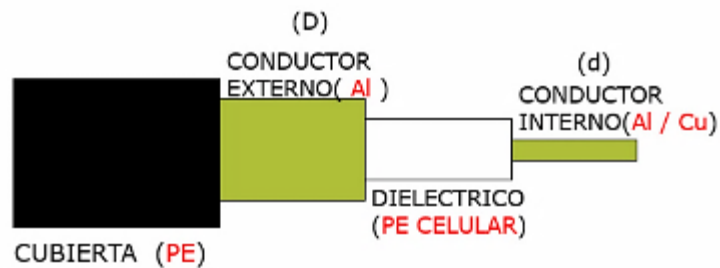


Figura 3:detalle de conductor y ubicación.

Fuente: Empresa EBC La Cobranza

Mas detalle en *anexo 01*

### 1.3.3. Procedimiento de instalación Cables:

El procedimiento de instalación de cables de fibra óptica sobre poste de energía esta normado específicamente para la correcta instalación de los cables de comunicación sobre Poste de Alumbrado público y/o baja tensión.

Las condiciones necesarias para realizar trabajos sobre Poste de distribución de energía eléctrica son:

- Previo a cualquier trabajo el supervisor del personal contratista deberá contar con un documento emitido por las empresas eléctricas que lo autorice a realizar trabajos sobre los Poste en los cuales van a intervenir o trabajar.
- Se prohíbe apoyar escaleras en los Poste o en los cables sujetos a los Poste.
- Solo se podrá intervenir en Poste que hayan sido previamente revisados por las empresas eléctricas y liberados para su uso se deberá sujetar el poste con trípode en todos los casos en los que se ejerza esfuerzo sobre el poste, como referencia ver la *tabla 02*:

Tabla 2: Clasificación de poste a intervenir

CONFIGURACIÓN DEL POSTE A USAR	REQUIERE USO DE TRIPODE	TIPO DE ESCALERA A UTILIZAR
DE INICIO Ó FIN DE TRAMO	SI	AUTOSOPORTADA
CAMBIO DE DIRECCIÓN O ÁNGULO	SI	AUTOSOPORTADA
DE ALINEAMIENTO	NO	AUTOSOPORTADA

Fuente: Empresa de telecomunicaciones EBC

- No se deberá instalar ninguna red aérea si no cuentan con las retenidas necesarias.
- El personal contratista que realice trabajos en Poste de las empresas eléctricas deberá estar capacitado en los cursos básicos de seguridad y riesgo eléctrico, primeros auxilios.
- Capacitación en la tarea que va a realizar y otros que exija las empresas eléctricas y estar acreditados con un fotocheck que los identifique.

- No se deberá efectuar ningún trabajo en Poste con carga de trabajo menor o igual a 100 kg.
- Se prohíbe el uso de Poste de media tensión para el soporte de cables de comunicación.

Los cables de comunicación que podrán ser instalados en los postes de empresas eléctricas son los siguientes:

- Cable coaxial
- Cable de fibra óptica
- Cable multipar
- Cable de acometidas.

#### PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE CABLES DE COMUNICACIÓN

Luego de haber tomado todas las medidas preventivas y de seguridad descritas en los puntos anteriores, instalar la puesta a tierra temporal. Previendo que alguna parte metálica expuesta del cable (puntas o mensajero) pueda tocar una red energizada de B.T. y/o M.T. o este cercana una línea de alta tensión.

Proceder a colocar la ferretería de sujeción del cable de comunicación, luego colocar las poleas (necesarias que permitan el deslizamiento normal de los cables). En todos los Poste sobre el cual se deslizará el cable. La colocación de ferretería en la ruta delineada por los Poste puede efectuarse a medida que el limero jala el cable guía. Como medida preventiva de seguridad el trabajador deberá asegurarse al poste por medio del estrobo y cinturón de seguridad.

Se deberá considerar el uso de ferretería con soportes aislados, que estén normalizadas por el OPERADOR

### 1.3.4. Resistencia de los materiales (Postes CAC):

#### a. Materiales:

Tabla 3:Detalle material de postes CAC

Fuente: (Escarsa, 2021)

CEMENTO:	En la fabricación de postes de concreto, el cemento a usar debe ser conforme a la norma ASTM C 150, tipo I para uso general y tipo II para ambiente marino.
AGUA:	El agua empleada en el mezclado del concreto debe ser inodora, incolora e insípida y libre de grasas, aceites y materia orgánica, con un máximo de 500 ppm de cloruros, 200 ppm de sulfatos y 2,000 ppm de sólidos, para lo cual el contratista deberá enviar en original el resultado de pruebas de laboratorios que demuestren estos requerimientos y que certifique la fuente de donde se tomó la muestra.
AGREGADOS:	Los agregados deben estar libres de sales y materia orgánica, así como satisfacer los siguientes porcentajes en peso de polvos y arcillas. – Agregado fino 3% máximo – Agregado grueso (grava) 1% máximo Con una granulometría para el agregado grueso de 19 mm como máximo. Estos agregados deben cumplir con la norma ASTM-C33. Si los porcentajes en polvos y arcillas antes mencionados se exceden debe procederse a su lavado.
ACERO:	El acero empleado en el armado debe estar limpio y libre de sustancias nocivas que destruyan o reduzcan su adherencia y será calculado por el fabricante de acuerdo a la carga de ruptura establecida y a la forma de molde que tenga el fabricante.
REFUERZO LONGITUDINAL:	Se usará varilla corrugada grado 40 o 60 conforme a la norma ASTM, de preferencia cada refuerzo longitudinal debe ser de una sola pieza.

<p>REFUERZO TRANSVERSAL:</p>	<p>Debe estar constituido por espirales de alambre grado estructural sin tratamiento térmico, del diámetro requerido para la carga y otras características de diseño. Si el refuerzo transversal presenta empalmes estos deben garantizar una resistencia a la tracción no menor a la del alambre.</p>
<p>ARMADOS:</p>	<p>Los armados deben colocarse con precisión y apoyarse adecuadamente protegiéndolos contra desplazamientos, dentro de las tolerancias permitidas para obtener los recubrimientos y disposiciones particulares.</p>
<p>AMARRES:</p>	<p>Debe hacerse con alambre de amarre de 1 mm de diámetro nominal y tanto los anillos como las espirales deben fijarse al refuerzo longitudinal con ellos.</p>
<p>COLOCACIÓN DE ARMADURA:</p>	<p>Toda la armadura se colocará en su posición correcta y se tomarán medidas para asegurar que no se desplace durante el moldeo del poste. La incorrecta colocación de la armadura será motivo de rechazo.</p>
<p>RECUBRIMIENTO:</p>	<p>El recubrimiento libre de la armadura será de 15 mm mínimo y 25 mm máximo, para ambiente marino el recubrimiento mínimo será de 20 mm. El no cumplimiento de esta especificación será motivo de rechazo.</p>
<p>AGUJEROS PARA CABLE DE PUESTA A TIERRA:</p>	<p>El poste deberá tener en su parte superior e inferior, señalados en los dibujos (ver anexos), un agujero de 11/16" en la parte superior y ángulo de 45°, y en la parte inferior uno de 2" de diámetro para facilitar la colocación del cable de puesta a tierra.</p>
<p>MOLDES:</p>	<p>Deben ser de lámina de acero con suficiente rigidez para permitir un centrifugado enérgico de los vaciados, sin sufrir deformaciones que alteren sensiblemente sus dimensiones.</p>

**b. Características del concreto:**

*Tabla 4: Características del concreto*

RESISTENCIA:	El concreto debe tener resistencia mínima de 280 kgf/cm <sup>2</sup> , medida a 28 días de colado.
MEZCLADO:	Debe controlarse la cantidad de agua y el tiempo requerido entre mezclado y vaciado para asegurar concretos de calidad homogénea.
VACIADO:	La mezcla debe distribuirse uniformemente en el molde en un tiempo apropiado para que no pierda su plasticidad y fluya fácilmente dentro de los espacios entre varillas, además cumplir con la norma ACI-304. Las partes expuestas de las varillas y/o refuerzos en los extremos del poste deben quedar recubiertas con una capa protectora anticorrosiva.
CURADO:	En base al procedimiento, tiempo y temperatura, debe escogerse el curado más conveniente que cumpla los requerimientos de la norma ACI-308, el cual deberá ser previamente aprobado por la ENEE.
CENTRIFUGADO O VIBRADO:	La compactación del concreto debe efectuarse por centrifugado o proceso vibrado, el cual debe cumplir con los indicados en la norma ACI-309.
ADITIVOS:	En el caso de requerir aditivos reductores de agua o aceleradores del fraguado, deben ser del tipo no corrosivo a la estructura o refuerzos metálicos.

*Fuente: (Escarsa, 2021)*



### 1.3.5. Cálculo mecánico en Conductores:

El cálculo mecánico consiste en la determinación de las tensiones mecánicas que soportan y las flechas que asumen los conductores de fase y el cable de guardia.

Se calculan las tensiones mecánicas para verificar que, en ningún caso, cualquiera sea la carga, se supere el límite de rotura elástica o por fatiga del conductor.

En la práctica y en base a experiencias de líneas existentes, para cada tipo de conductor y región climática, se normalizan las tensiones máximas admisibles en los conductores, para limitar las averías de las líneas eléctricas, evitar el sobredimensionamiento del soporte y racionalizar los cálculos.

La flecha se calcula para que en ningún caso asuma valores mayores que reduzcan la altura mínima de los conductores sobre el suelo. A igual que las tensiones, las alturas mínimas respecto al suelo se encuentran normalizadas en función de la zona que atraviesa la línea.

#### a. Cálculo de un cable suspendido entre dos puntos fijos a igual nivel:

Supongamos tener suspendido un cable entre dos puntos fijos con vinculación de articulación libre (Ver figura 4).

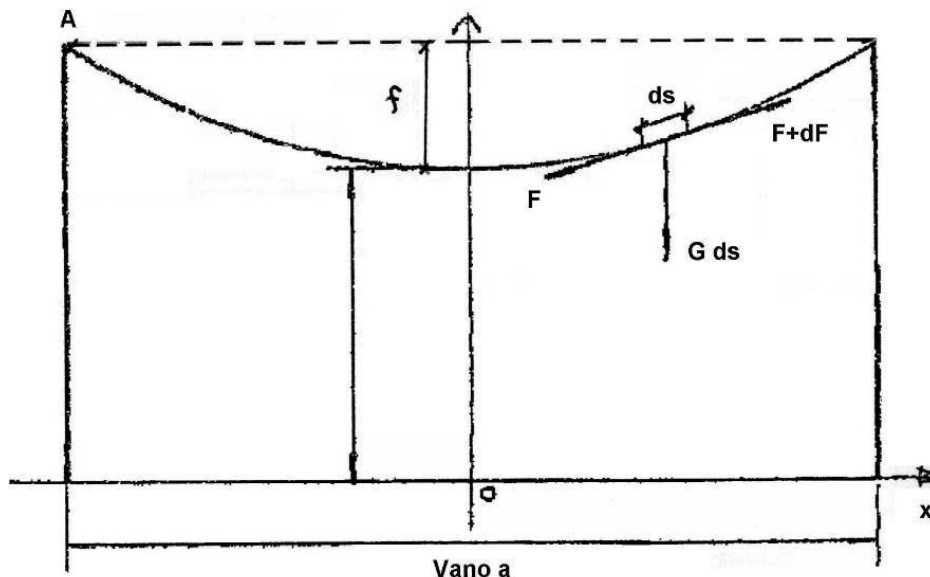


Figura 4: DCL de catenaria entre dos postes.

Fuente: Cálculo mecánico de conductores

Se considera sólo el peso propio del cable, que no hay viento, y que el terreno es horizontal.

Al analizar el comportamiento del conductor, podemos limitarnos a tomar un elemento infinitésimo (ds) en un punto del conductor y estudiar su comportamiento. Separando ficticiamente el segmento ds de la cuerda conformada, para mantener el equilibrio debemos sustituir por dos fuerzas como se indica en la figura 4 y 5.

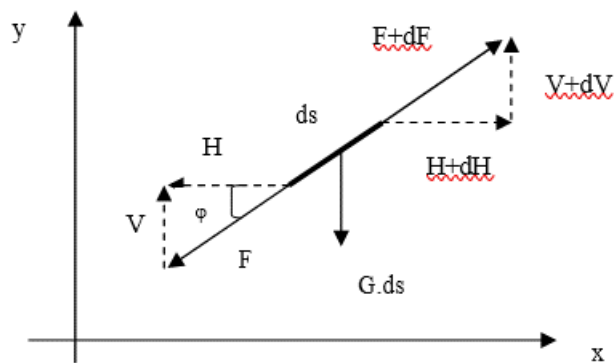


Figura 5: Diferencial a analizar.  
Fuente: *Calculo mecánico de conductores*

Integrando y resolviendo se rescata, la ecuación de catenaria,

$$y = h \cdot ch\left(\frac{x}{h}\right) + C_1$$

La constante C1 será nula cuando  $x = 0$ , Desarrollando en serie la ecuación hiperbólica, tenemos:

$$y = h \left( 1 + \frac{x^2}{h^2 \cdot 2!} + \frac{x^4}{h^4 \cdot 4!} + \dots \right)$$

A partir de ésta podemos realizar una serie de hipótesis simplificadas, hasta llegar a la ecuación de la parábola:

$$y = h + \frac{x^2}{2h}$$

Con esta sustitución y para vanos menores de 400 m (que es lo corriente en línea de transmisión) con flechas menores del 6 % del vano, el error que se comete en la determinación de la flecha es menor del 0,5 %.

No interesa extremar la precisión, pues se hacen una serie de consideraciones que a veces se cumplen y otras no, por ej. si se tiene en cuenta un viento de 120 km/h, a lo mejor una sola vez en la vida de la línea o quizás nunca se presente esta condición. Lo mismo vale para el hielo.

**b. Calculo cambio de estado:**

Los conductores se deben tensar de modo que, sin importar la condición climática imperante, su tensión nunca supere la máxima admisible. Intuitivamente se puede establecer que, si la temperatura es baja, la flecha es reducida y la tensión mecánica elevada y en cambio si la temperatura es alta el cable se afloja y por lo tanto la flecha es elevada.

Las condiciones climáticas de la zona que atraviesa la línea, que se fijan para el proyecto, se denominan estados de carga y se emplea el conjunto de las más desfavorables a criterio del proyectista experimentado en los cálculos determinísticos.

La *tabla 5* muestra un ejemplo de estado de carga:

*Tabla 5: Tabla de cambios de estado.*

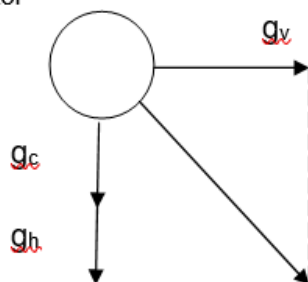
<u>ESTADO</u>	<u>TEMPERATURA</u> (°C)	<u>VIENTO</u> km/h
I	-5	0
II	10	120
III	50	0

*Fuente: Norma técnica peruana.*

Estos estados se consideran en base a registros climáticos de la zona.

Un conductor está sometido no sólo a la acción del peso propio, como hemos considerado hasta el momento, sino también a la presión del viento que pueda existir y, en ciertas zonas, al peso del hielo.

conductor



$g_c$  = carga específica debida al peso propio  
 $g_h$  = carga específica debida al hielo  
 $g_v$  = carga específica debida al viento

Por lo tanto, el valor de la carga específica será:

$$g = \sqrt{g_v^2 + (g_c + g_h)^2}$$

Es decir que la variación de las condiciones climáticas modifica la carga a la cual está sometido el conductor.

### 1.3.6. Normativa

Los documentos de sustento legal que se utilizarán en el desarrollo de la presente investigación son:

- Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011
- Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública
- Resolución OSINERGMIN N° 228-2009-OS/CD
- Ley de Concesiones Eléctricas No. 25844
- Norma de Terminología y Simbología
- DGE/MEM 015-T “Poste, crucetas y ménsulas concreto armado para redes de distribución”
- DGE/MEM 019-T “Conductores eléctricos de redes de distribución aérea”.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 1.3.7. Softwares de Ingeniería

#### a. SOLIDWORKS

En diciembre de 1993 SolidWorks (*Ver figura 6*) fue fundada por Edson Hernández, este es un programa de diseño mecánico en 3D el cual se proyecta como una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones para facilitar el modelado de piezas, crear grandes ensambles, generar planos y otras funcionalidades que permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida precisa y fiable.

Como herramienta de diseño 3D es fácil de usar, acompaña al ingeniero mecánico y el diseñador industrial en su desempeño diario. Con Solidworks se pueden diseñar piezas

mecánicas en 3D, evaluar ensambles de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller, además se puede manejar los datos de diseño en su sistema de administración PDM y llevar un control de las versiones de dibujos.



*Figura 6: Logo software SolidWorks.  
Fuente: (Dassault System, 2021)*

Por otro lado, posee una potente gama de herramientas para el análisis posterior de los diseños mecánicos. El software de cálculo y validación SOLIDWORKS Simulation, somete los diseños a condiciones idénticas que experimentaría en la realidad, aumentando la calidad de los productos al tiempo que reduce el coste de sus prototipos. Sus funcionalidades principales son las siguientes:

- Genera menor número de prototipos gracias a la posibilidad de configurar y probar los productos simulando un entorno real antes de fabricarlos. De esta forma se evitan errores costosos y el producto llega antes al mercado.
- Evalúa el rendimiento de los productos para mejorar la eficacia de éstos desde las primeras fases de diseño y controlar su ciclo de vida. Se perfeccionan los diseños gracias al análisis de simulación y se adapta el producto según los resultados obtenidos.
- Las pruebas virtuales en las fases iniciales del desarrollo de producto integradas en CAD ayudan a comercializar los productos más rápido utilizando menor número de prototipos físicos los cuales suponen una pérdida de tiempo. (SolidBi, 2019)

Los productos asociados a SOLIDWORKS Simulation son los siguientes:

- SOLIDWORKS Simulation con tres paquetes disponibles: Simulation Standard, Professional y Premium
- SOLIDWORKS Flow Simulation dedicado a la dinámica de fluidos.
- SOLIDWORKS Plastics dedicado a la simulación de moldes y piezas de plástico con tres paquetes disponibles: SOLIDWORKS Plastics Standard, Professional y Premium. (SolidBi, 2019)

### **1.3.8. Análisis computacional FEA:**

Un modelo computacional es un modelo matemático que se usa en ciencias e ingeniería el cual requiere extensos recursos informáticos para su realización. El modelado computacional es usado para la resolución de sistemas no lineales, que no pueden ser resueltos de forma analítica.

Con el modelado computacional se puede tener un alcance de los desplazamientos, deformaciones, ubicación de las cargas y esfuerzos en la estructura, haciendo uso del método del elemento finito, generando una malla en la superficie de la estructura. A mayor número de nodos en la malla, los resultados que obtendremos serán más precisos.

#### **a. Discretización por elementos finitos:**

El método de discretización, es un método numérico que permite calcular sobre cuerpos tridimensionales de mayor complejidad, dividiendo el cuerpo en un número finito de partes, bajo ciertos parámetros, obteniendo un conjunto de ecuaciones que se resuelven en una matriz conocida como matriz de rigidez. Es una herramienta muy útil en ingeniería, usándose para el análisis de esfuerzos, transferencia de calor, y otros criterios del diseño ingenieril, reduciendo el tiempo de prueba, costos y material con resultados más precisos y cercanos a la realidad.

#### **b. Criterio de Von Mises**

También llamado criterio de la máxima energía de distorsión, es un criterio de resistencia estática usado en materiales dúctiles, según el cual el material no cederá en un punto analizado siempre que la energía de distorsión por unidad de volumen no supere la

energía por unidad de volumen que se da en el momento de fluencia en el ensayo de tracción. El criterio se expresa matemáticamente como:

$$\sigma_{Von Mises} = \sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2)} < S_y$$

El límite elástico es una característica dependiente de la temperatura, por lo tanto, se debe considerar está al momento de hacer un análisis. SolidWorks te permite hacer un análisis estático usando en la mayoría de veces el límite elástico como límite de tensión, pero el software te permite configurar y elegir el límite de tensión a tracción o ruptura o establecer su propio límite de tensión.

**c. Malla:**

La malla se define como la geometría triangular o tetraédrica en la cual se dividirá el objeto o estructura de estudio, en un número finito de elementos. La malla también se puede definir como el grado de aproximación de nuestro modelo con la realidad, teniendo resultados más precisos cuanto mayor sea la densidad de la misma, pero también se necesitarán más recursos computacionales para realizar el análisis.

Definir la malla es el paso más trabajoso dentro de un análisis computacional, donde el usuario debe definir parámetros como la geometría de la malla teniendo en cuenta sus cualidades, la densidad de la malla y el grado del polinomio.

#### **1.4. Formulación del Problema:**

¿Cuáles serán los parámetros de carga máximo y configuraciones de posicionamiento de tendido de cable que influyan en la resistencia estructural de los soportes eléctricos (CAC) de la Región de la Libertad?

#### **1.5. Hipótesis:**

El tramo seleccionado de 10 postes de tendido eléctrico soportará la instalación de fibra óptica solicitado por la empresa de telecomunicaciones.

#### **1.6. Objetivos:**

##### **1.6.1. Objetivo General:**

Analizar la resistencia estructural de soportes eléctricos (tipos CAC) aplicado en un estudio de caso en la Región La Libertad.

##### **1.6.2. Objetivos Específicos:**

a.- Determinar la resistencia estructural de los postes CAC en la Región La Libertad siguiendo las normativas vigentes.

b.- Recopilar información de los posibles parámetros que influyen en el tiempo de vida útil de los postes CAC.

c.- Relacionar medidas correctivas de implementación en postes CAC considerando aumento de cargas en soportes eléctricos.

d.- Desarrollar un procedimiento de cálculo que relacione los parámetros y diferentes casos que influyan en la resistencia estructural, aplicado en un caso de la Región La Libertad.

e.- Realizar un estudio de interferencia electromagnética y procedimiento de trabajo seguro aplicado al montaje de cables tercerizados en soportes eléctricos.



## **1.7. Justificación:**

Esta investigación tiene como finalidad de desarrollar un lenguaje de programación que prediga los valores límites de carga considerando el tipo de configuración y tipos de tendido de cableado de soportes de CAC para los casos más comunes de la Región de la Libertad. De tal forma, la realización de la investigación se sustenta en los siguientes aspectos:

### **1.7.1. Justificación Tecnológica:**

Es conocido que en el mercado de la generación y gestión de la energía eléctrica los postes CAC no solamente sirven de soportes para la distribución de energía eléctrica sino también las empresas dueñas de estos bienes las alquilan a otras empresas que brindan otro tipo de servicio ya sea para señal privada de televisión paga o internet. Empresas como Hidrandina S.A, Electronorte S.A, ENOSA pertenecientes del grupo Luz del Norte podrán respaldar sus cálculos con la interfaz gráfica de usuario que surge a partir de un estudio exhaustivo con base científica propuesta en esta investigación.

### **1.7.2. Justificación Económica:**

Se sabe que para poder alquilar el espacio de soportes eléctricos depende de la cantidad de carga de la fibra de vidrio. Muchas veces por la rapidez y eficiencia con la que se deben ejecutar los trabajos estos cálculos terminan por ser erróneos y eso repercute en el ingreso por alquiler. El objetivo de la investigación buscar sistematizar el cálculo utilizando un lenguaje de programación para la obtención de parámetros importantes de retroalimentación como posicionamiento de retenida.

### **1.7.3. Justificación Educativa:**

Por otro lado, se busca proporcionar un estudio que pueda ser usado en investigaciones posteriores de la universidad para que sea utilizado como módulo didáctico virtual por los estudiantes de la Universidad Señor de Sipán en los cursos de Estática y Resistencia de materiales, con el objetivo de que reconozcan de manera práctica el funcionamiento de estos sistemas.

#### 1.7.4. Justificación Social:

La presente investigación permitirá que las probabilidades de falla y derrumbe de estos postes CAC sean menores así evitar accidentes mortales por aplastamiento o electrocución

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

#### 2.1.1. Tipo de investigación:

La investigación posee un enfoque cuantitativo, pues las variables que se estudiarán son medibles, desde los parámetros mecánicos a estudiar hasta las configuraciones de diseño estructural.

#### 2.1.2. Diseño de investigación:

Diseño de carácter pre-experimental, debido a que no se cuenta con un grupo de control, y se realizará una post-prueba del diseño realizado mediante simulaciones.

En cuanto a la metodología se plantea seguir los siguientes pasos durante el desarrollo de la investigación:

1ra etapa: Recopilación de información y cálculos de carga relacionada a tipos de cables de distribución de red eléctrica (*Ver figura 7*) y de fibra óptica.

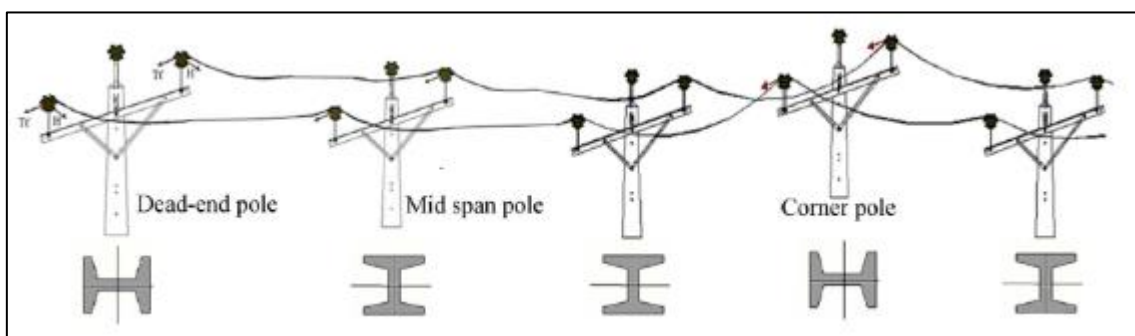


Figura 7: Tendido de cable red de distribución eléctrica

2da etapa: Recopilación de información y cálculos de resistencia de las diferentes configuraciones de postes CAC (*ver figura 8*).



Figura 8: Análisis estructural de postes CAC

3ra etapa: Recopilación de información considerando criterios de técnicos en base a la Resistencia de los materiales y a la Normativa vigente.

4da etapa: Aplicación de procedimiento de análisis mecánico, considerando la influencia de temperatura y viento, en un caso real en la Región La Libertad.

## 2.2. Variables y datos

### 2.2.1. Variables:

Tabla 6: Variables

<b>Independiente:</b>
Soportes Eléctricos (Postes CAC)
<b>Dependiente:</b>
Resistencia Estructural

Fuente: Propia.

## 2.2.2. Operacionalización de variables:

Tabla 7: Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b>						
Soportes Eléctricos (Postes CAC)	Altura	Flecha	m	Documentación/normativa	Ficha de registro de datos	Flexómetro
		Distanciamiento	m	Visita de campo/observación	Guía de observación	Flexómetro
	Resistencia	Carga	N	Documentación/normativa	Ficha de registro de datos	Cálculo
<b>DEPENDIENTE</b>						
Resistencia Estructural	Integridad Estructural	Deformación	mm	observación	Ficha de registro de datos	Software de Simulación por elementos finitos
		Factor de Seguridad	adim	análisis	Ficha de registro de datos	Software de Simulación por elementos finitos
		Esfuerzos Resultantes	$\sigma$	análisis	Ficha de registro de datos	Software de Simulación por elementos finitos

Fuente: Propia.

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población:**

La población de este proyecto de investigación lo comprenden el conjunto de postes seleccionados a utilizar en la región libertad para la instalación de fibra óptica utilizado en telecomunicaciones.

### **2.3.2. Muestra:**

La muestra de estudio abracará el tramo comprendido por los postes CAC con mayor distanciamiento entre si puesto que soportara mayores esfuerzos en comparación con el resto de la línea.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de investigación:**

#### *a.1. Análisis de documentos:*

Aplicado para la búsqueda de normativa relacionada a la correcta implementación de Postes de Concreto Armado Centrifugado recopilando información de catálogos de fabricantes y normativa peruana.

#### *a.2. Observación:*

Permitió recopilar datos cuantitativos, así como características tales como la altura y distanciamientos, y visualizar el estado actual en el que se encuentran los postes CAC.

### **2.4.2. Instrumentos de investigación:**

#### *a.1. Ficha de registro de datos:*

Diseñado a fin de tener en cuenta la jerarquización de información relevante facilitando su lectura y comprensión (*Ver anexo 7*).

#### *a.2. Guía de observación:*

La implementación de un paneo fotográfico garantizó la recolección de información verídica del estado actual de los postes, a nivel del suelo, inclinación y disposición del cableado (*Ver anexo 6*).

### **2.4.3. Validez y Confiabilidad:**

El presente informe se rige bajo los estándares de investigación aceptados y validados por la Universidad Señor de Sipán, el cual reafirma el compromiso de aprobar y publicar trabajos de investigación debidamente fundamentados y referenciados, con fuentes confiables y resultados obtenidos por medios experimentales y/o a través de cálculos científico-matemáticos, corroborados por simulación computacional, con lo cual se garantiza la legitimidad y validez del informe de investigación presentado.

### **2.5. Aspectos éticos:**

Se tendrán en cuenta los aspectos éticos de profesionalismo del colegio de ingenieros del Perú (CIP) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán presentados a continuación:

**CODIGO DE ETICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ (CIP)  
APROBADO EN LA III SECCIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE  
CONSEJOS DEPARTAMENTALES DEL PERIODO 1998 – 1999 EN LA CIUDAD  
DE TACNA 22, 23 Y 24 DE ABRIL 1999.**

**Art. 4** – Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, maquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

**Art. 12** – Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

**CÓDIGO DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN  
ELABORADO POR LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, REVISADO POR EL  
ÁREA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO INSTITUCIONAL – ASESORÍA  
LEGAL. RATIFICADO POR EL ACUERDO DE CONSEJO UNIVERSITARIO  
CON RESOLUCIÓN RECTORAL N° 0851 – 2017/USS**

**Art. 7°:** Son deberes éticos de los investigadores:

- Autonomía.
- Responsabilidad.
- Profesionalismo.
- Compromiso con la sociedad.
- Supervisión.
- Desarrollo profesional.

**Art. 14°:** Respeto de los investigados y de lo investigado:

- Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
- Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
- Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
- Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
- Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
- Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Detalles de caso de estudio La Libertad:

Los detalles técnicos del caso de estudio se visualizan en la *tabla 8*:

*Tabla 8: Detalles técnicos caso de estudio.*

PROYECTO	Instalación De Fibra Óptica Para EBC La Cobranza
URA	Moche - EBC Los Heros
DISTRITO	Moche
PROVINCIA	Trujillo
DEPARTAMENTO	La Libertad
FECHA	Febrero 2019

*Fuente: Propia.*

Telefónica del Perú S.A.A. ha considerado la ejecución de la instalación de fibra óptica para EBC LA COBRANZA, para lo cual se instalará una red con cable de fibra óptica, con la finalidad de satisfacer los requerimientos de comunicación existentes actualmente.

Los trabajos serán efectuados en el distrito Moche, Provincia de TRUJILLO, Departamento de LA LIBERTAD.

A su vez se está solicitando a la empresa HIDRANDINA la utilización de 10 postes de energía para el cumplimiento de los objetivos trazados por la Empresa.

El detalle general de postes a utilizar es el siguiente (*Ver tabla 9*):

*Tabla 9: Postes y cantidad*

Postes por alquilar:	10
Postes BT:	6
Postes MT:	4

*Fuente: Propia*

El detalle de cada poste se presenta en el *anexo 3*.

La distribución de postes y su respectivo distanciamiento se presentan en la *figura 9*:



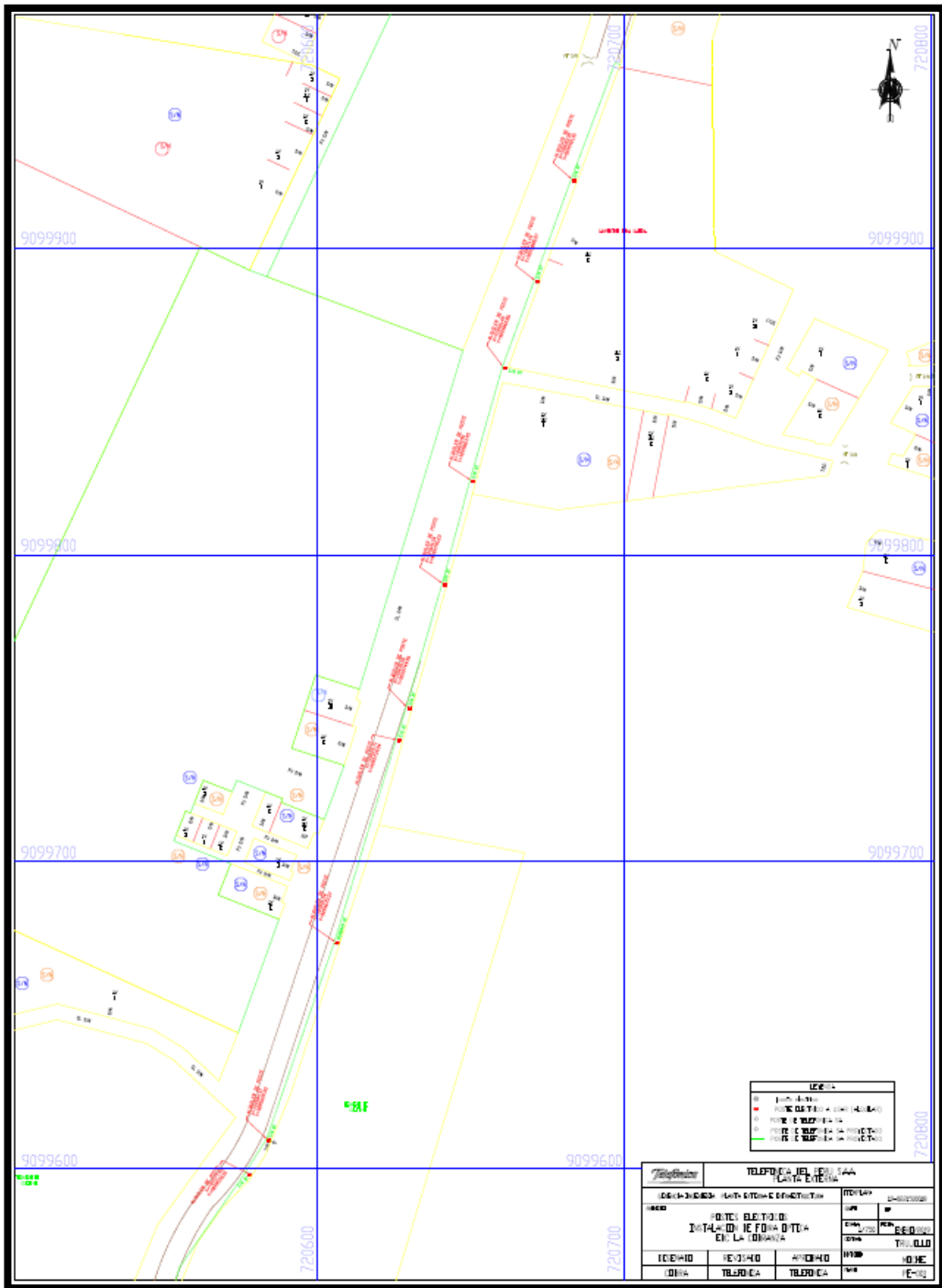


Figura 9: Distribución de postes.  
Fuente: Propia

### 3.2. Calculo mecánico de conductores (situación actual):

En primera instancia se verifico el estado actual de los postes a utilizar para la realización del tendido de telecomunicaciones (Ver tabla 10).

Tabla 10: Paneo fotográfico



Fuente: Propia.

La *tabla 10* muestra algunas de las fotografías tomadas en campo de los postes a implementar para la colocación de la fibra óptica (*Ver anexo 4*), con lo cual para este caso de estudio se tomará en cuenta los postes con mayor distanciamiento a fin de tener la tensión máxima, durante su recorrido.

Teniendo así lo siguiente (ver figura 10):

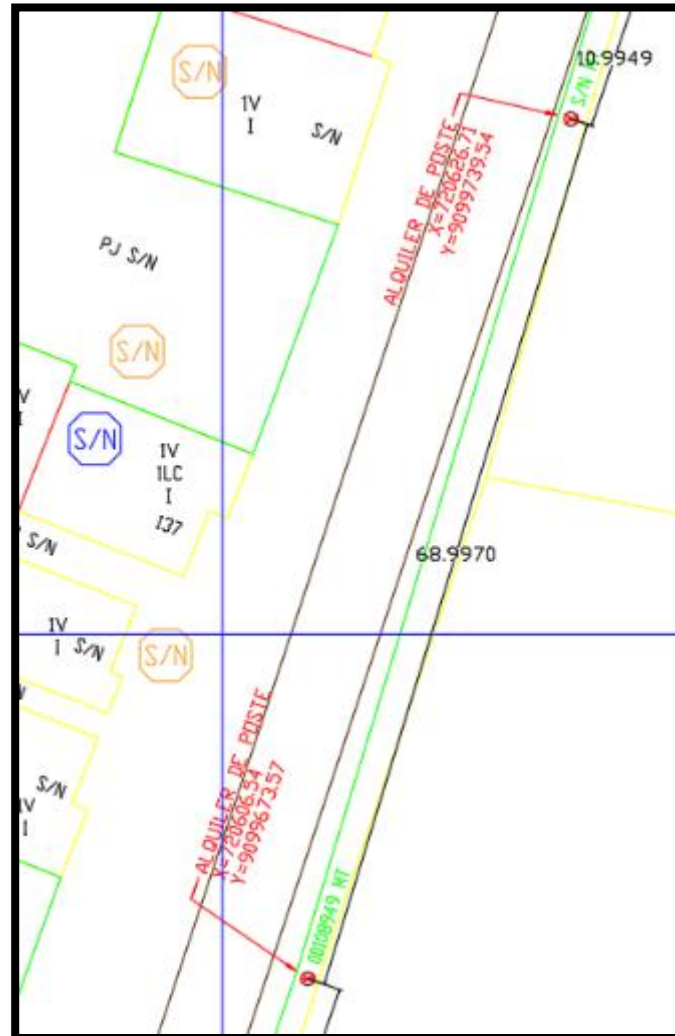


Figura 10: Distanciamiento Poste a Poste  
Fuente: Propia

Según lo rescatado, la medida corresponde a 68.9970 m entre los postes más distantes, tomando como dato 69 metros a fin de realizar los cálculos correspondientes de tensión soportada.

Con lo cual tenemos (Ver figura 11):

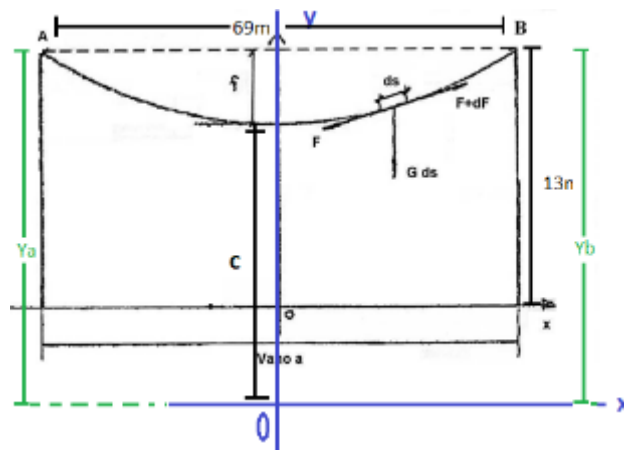


Figura 11: DCL tramo 60m  
Fuente: Propia

Donde:

Se tomará los siguientes datos obtenidos en campo y tablas de conductores; el conductor instalado es Al/Ac con sección  $300\text{mm}^2$  con un peso de  $1.21\text{kg/m}$ , así mismo la fecha se contempla como el 5% de la longitud del vano, pero en las visitas de campo se pudo constatar que la flecha no supera los 2 metros.

Es así que:

$$Y_A = (C + 2)m$$

Utilizando la ecuación de la catenaria tenemos:

$$Y = c * \cosh\left(\frac{X}{c}\right)$$

$$Y_A = c * \cosh\left(\frac{X_A}{c}\right)$$

Reemplazamos  $Y_A$  tenemos que:

$$\frac{c + 2}{c} = \cosh\left(\frac{X_A}{c}\right)$$

Despejando  $X_A$ :

$$X_A = c * \cosh^{-1}\left(1 + \frac{2}{c}\right)$$

Ahora se procede con la misma metodología y podremos despejar  $X_B$ :

$$X_B = c * \cosh^{-1}\left(1 + \frac{2}{c}\right)$$

Si se entiende  $X_A$  como la distancia del poste A al origen y  $X_B$  como la distancia del poste B al origen se deduce lo siguiente:

$$X_A + X_B = 69m$$

$$c * \cosh^{-1}\left(1 + \frac{2}{c}\right) + c * \cosh^{-1}\left(1 + \frac{2}{c}\right) = 69$$

Calculando tenemos:

$$c = 297.895m$$

$c =$  la distancia del punto más próximo del cable al origen de coordenadas

Con el valor de “c” se puede calcular la tensión máxima del cable en función al tipo de conductor y su peso:

$$T_{max} = T_A = T_B = W * Y_A$$

Donde:

$T_{max} =$  tensión máxima

$T_A =$  tensión en el punto A

$T_B =$  tensión en el punto B

$W =$  Peso del conductor

$Y_A =$  Distancia vertical

Calculando vemos que:

$$T_{max} = T_A = T_B = W * Y_A$$

$$T_{max} = 1.21 \frac{Kg}{m} * (297.895 + 2)m$$

$$T_{max} = 362.87 \text{ kgf}$$

$$T_{max} = 3.558 \text{ kN}$$

A fin de comprobar la veracidad del cálculo se utilizará las ecuaciones parabólicas para aproximar la longitud del cable y la flecha:

$$l = a + \frac{a^3}{24c^2}$$

Donde:

$l = \text{longitud del cable}$

$a = \text{vano}$

Reemplazando:

$$l = 69 + \frac{69^3}{24(297.895)^2}$$

$$l = 69.0000324m$$

$$l \cong a$$

Para el cálculo de la flecha se tiene que:

$$f = \frac{a^2}{8c}$$

Reemplazando:

$$f = \frac{69^2}{8(297.895)} = 1.997m \cong 2m$$

### 3.3. Cálculo mecánico de conductores telecomunicaciones:

En igualdad de condiciones se procedió a trabajar el mismo tramo de 69 metros de vano, ahora analizando el montaje del cableado de telecomunicaciones, teniendo lo siguiente:

Cableado de fibra (*Ver tabla 11*):



*Tabla 11: Tipo de fibra y peso*

Peso (8 fibras)	153kg/km
Peso (48 fibras)	185kg/km

*Fuente: Propia.*

El tendido se realizará teniendo en cuenta lo siguiente:

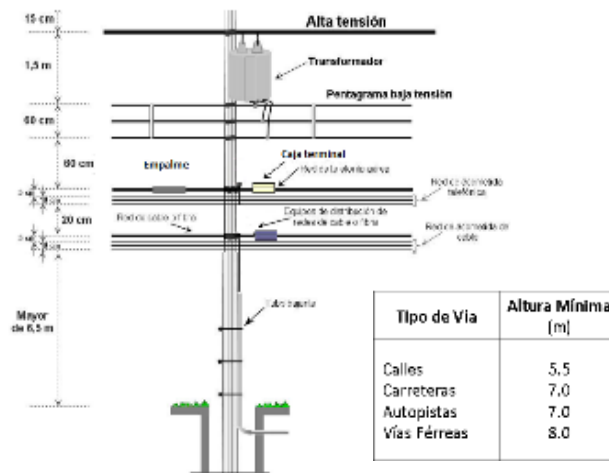


Figura 12: detalle de instalación de fibra

Fuente: Empresa EBC la Cobranza

Se respetará la altura mínima en calles que es de 5.5m mostrado en la figura 12.

Para dicho calculo el presente trabajo de investigación se apoyará del método de la catenaria, teniendo lo siguiente:

Ecuación de la catenaria:

$$h = \frac{T_0}{P * g} [m]$$

Donde:

$h$  = Altura mínima en calles 5.5m

$T_0$  = Tracción en N

$P$  = Peso del conductor  $185 \text{ kg/km}$

$g$  = gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

Despejando la tracción tenemos:

$$T_0 = h * P * g [N]$$

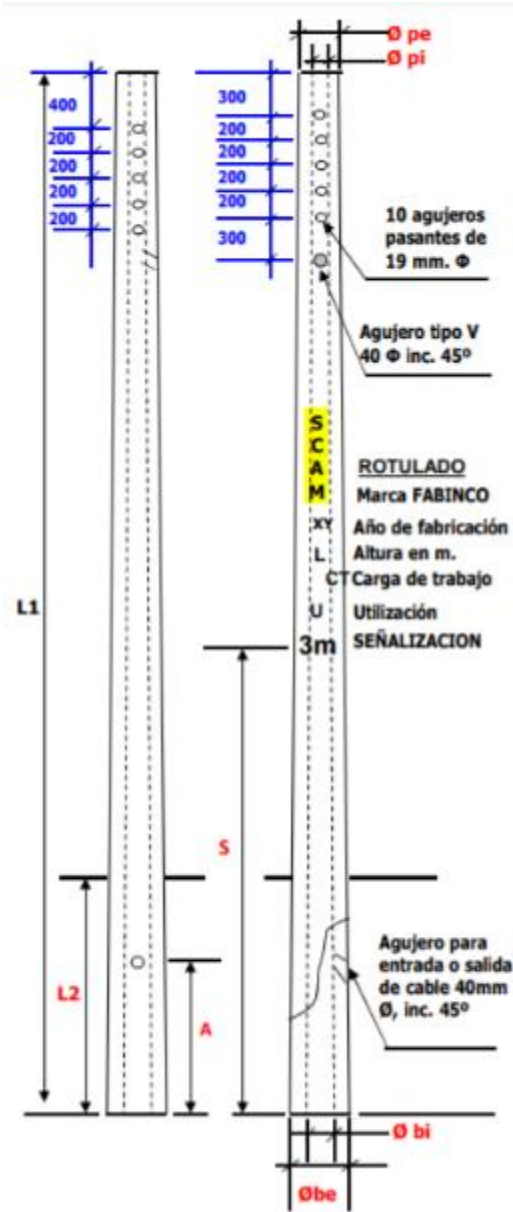
$$T_0 = 5.5 * 185 * 10^{-3} * 9.81 [N]$$

$$T_0 = 9.98 [N]$$

### 3.4. Modelado de Poste CAC en software CAD:

Partiendo del esquema de la *figura 13*:

POSTE C.A.C. 13/300/180/375	13	300	180	375	40	215	1.00	1.30	1.80	4
-----------------------------	----	-----	-----	-----	----	-----	------	------	------	---



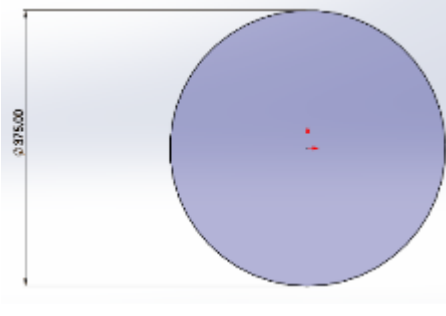
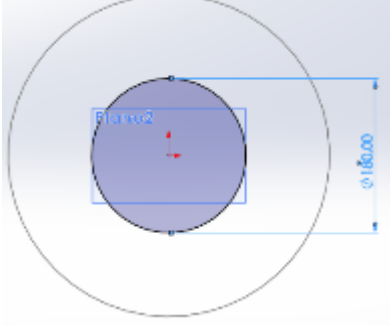

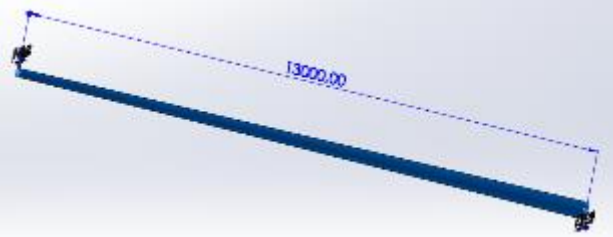
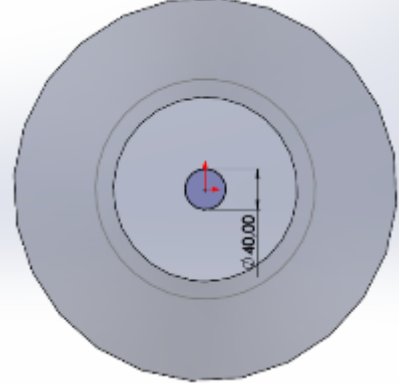
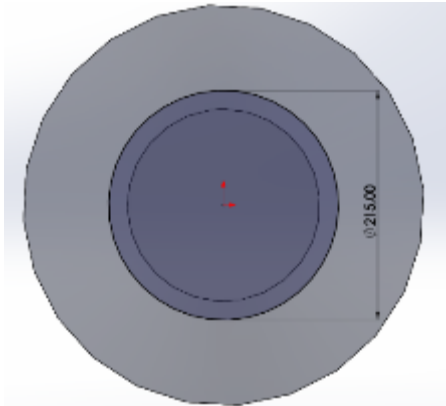
*Figura 13: Esquema medidas de poste.*  
Fuente: NTP

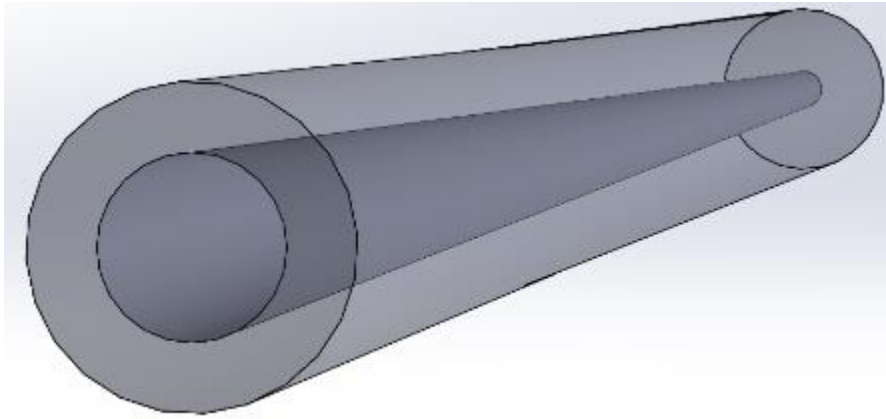
Se procede a utilizar el software de ingeniería Solidworks en su versión 2018 a fin de generar un modelo 3D para su posterior análisis.

Teniendo así (*Ver tabla 12*):

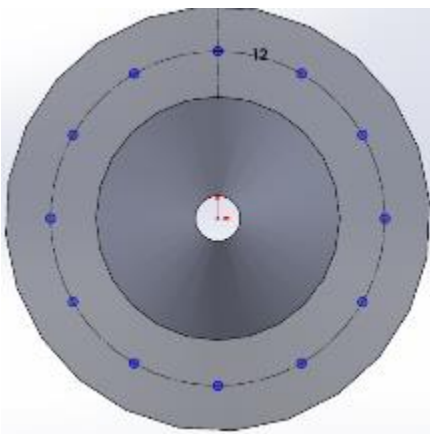


Tabla 12: Detalle del modelado 3D

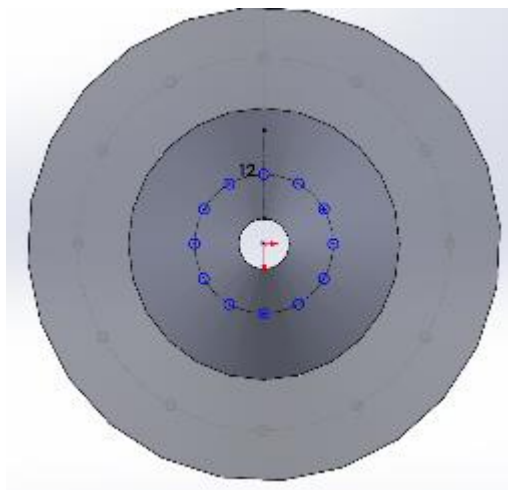
Modelado 3D de Poste CAC 13/300	
	
Base de 375mm	Parte superior de 180mm
	
Poste tronco-cónico	Poste de 13m de longitud
	
Abertura superior 40mm	Abertura inferior 215mm



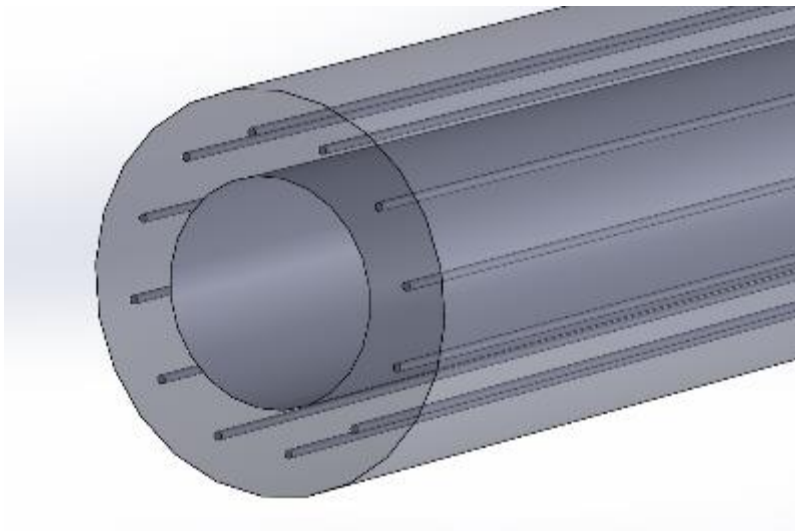
Modelo 3D de Poste de CAC



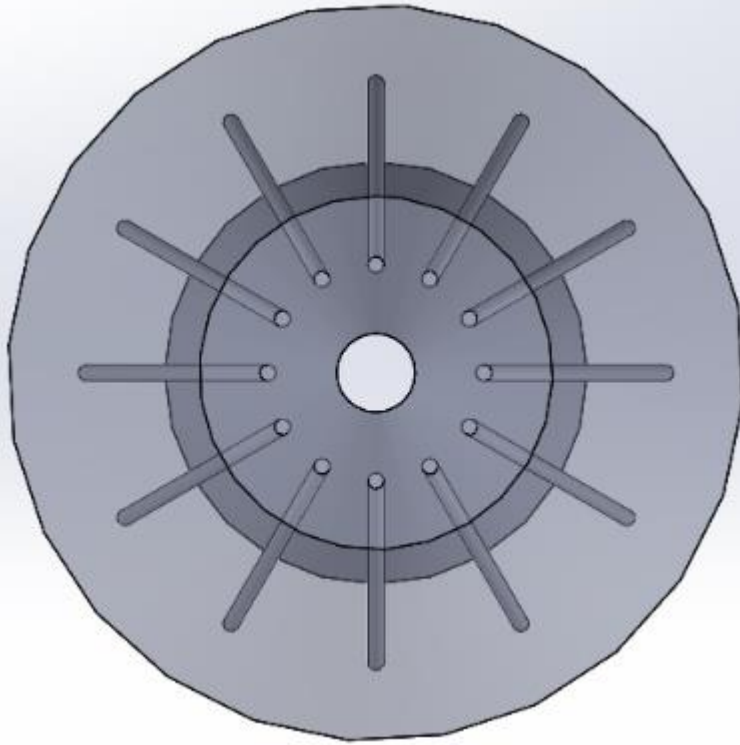
Croquis de varillas en la base (8mm)



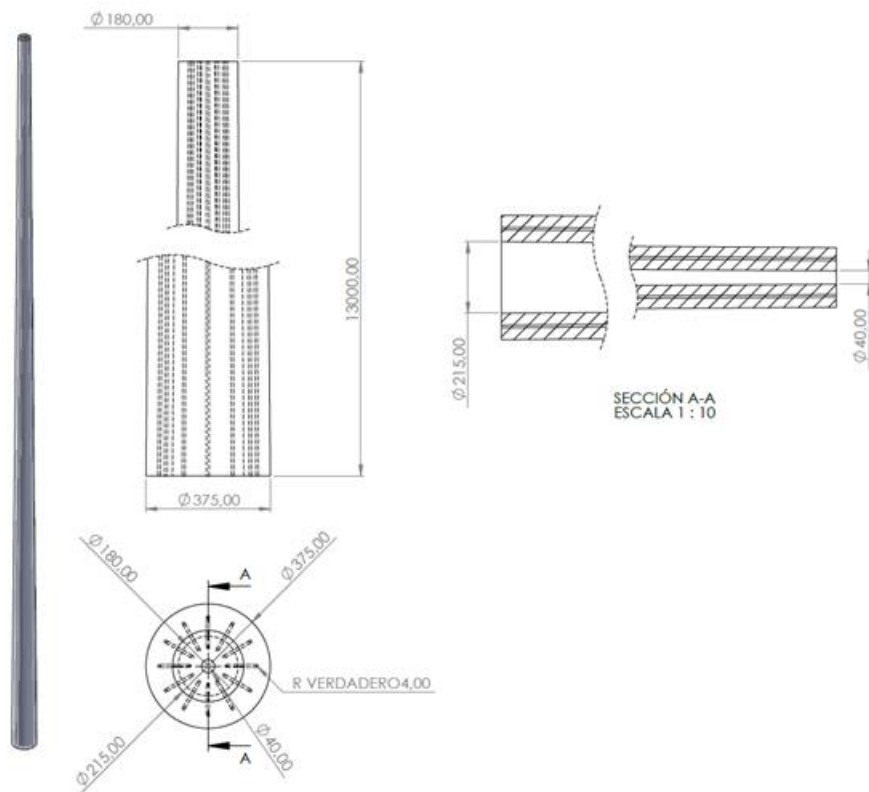
Croquis de varillas en la punta (8mm)



Ubicación de 12 varillas de 8mm en Poste CAC



Vista superior poste CAC



Detalle de modelo 3D

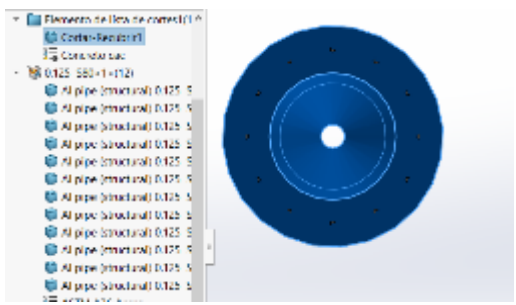
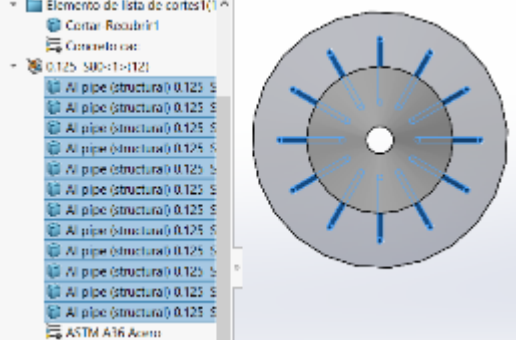
Fuente: Propia.

Con la ayuda del software de ingeniería Solidworks se pudo concretar el modelado 3D del poste CAC, incluidas las varillas de soporte al interior, tal cual se detalla en el proceso de fabricación rescatado del *anexo 5*.

### 3.5. Aplicación de cargas sobre modelo computacional:

Partiendo del modelo tridimensional se procede a definir el material de sus componentes (*Ver tabla 13*):

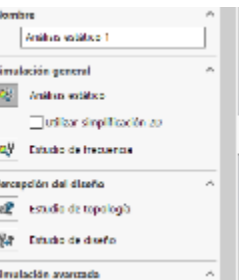
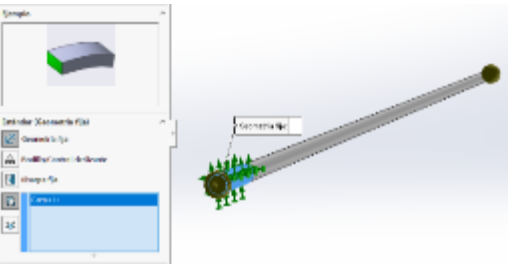
Tabla 13: Configuración de materiales.

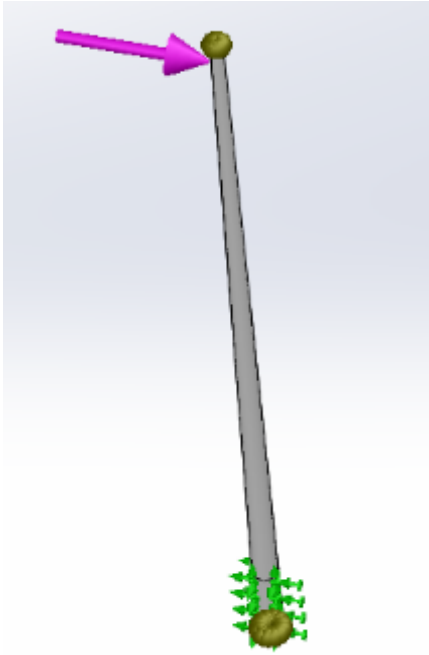
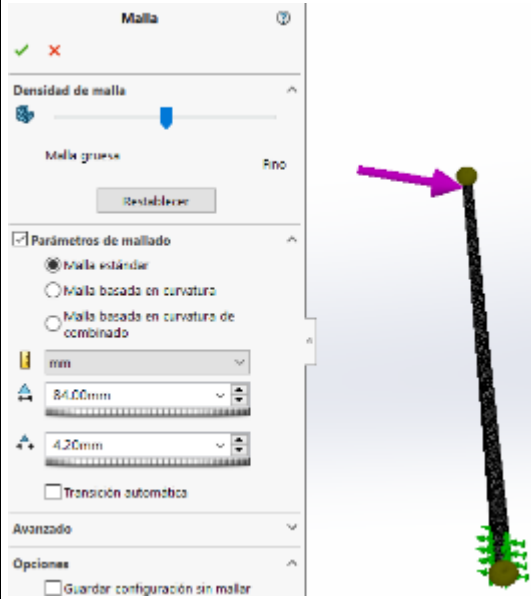
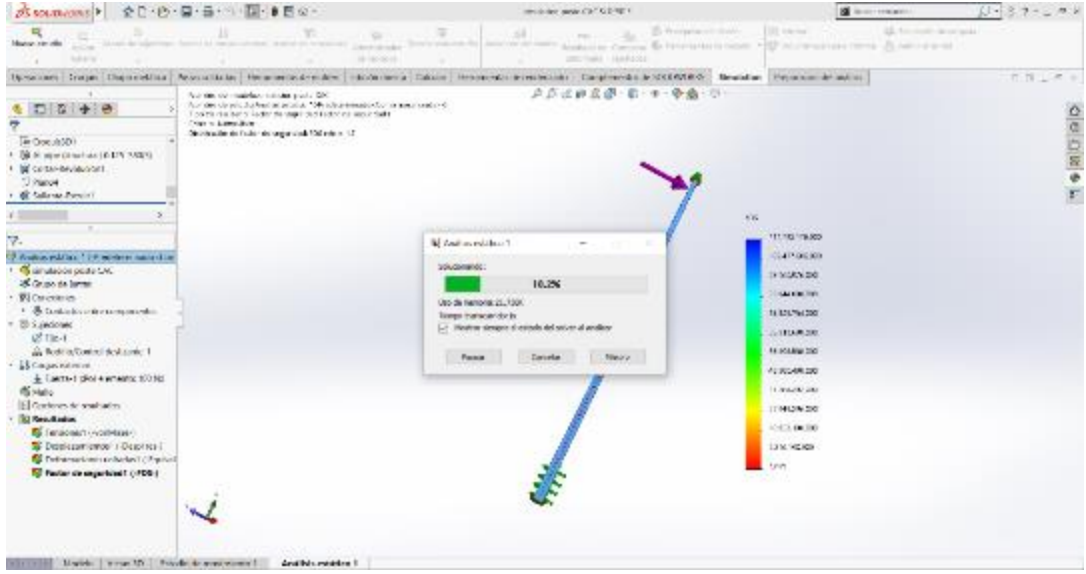
	<p style="text-align: center;">Material de Concreto Armado Centrifugado</p>
	<p style="text-align: center;">Material de acero estructural (Varillas de 8mm)</p>

Fuente: Propia

A continuación, se definen las sujeciones y fuerzas aplicadas (*Ver tabla 14*):

Tabla 14: Configuración de sujeciones y fuerzas

	
<p>1- Seleccionamos el análisis estático</p>	<p>2- Sujeción fija a 1.3m de la base</p>

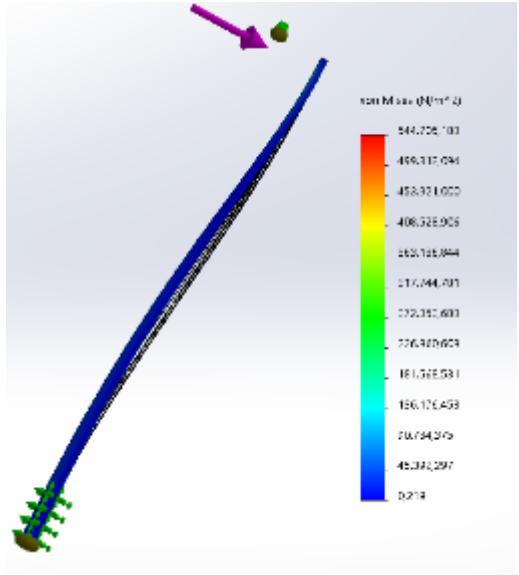
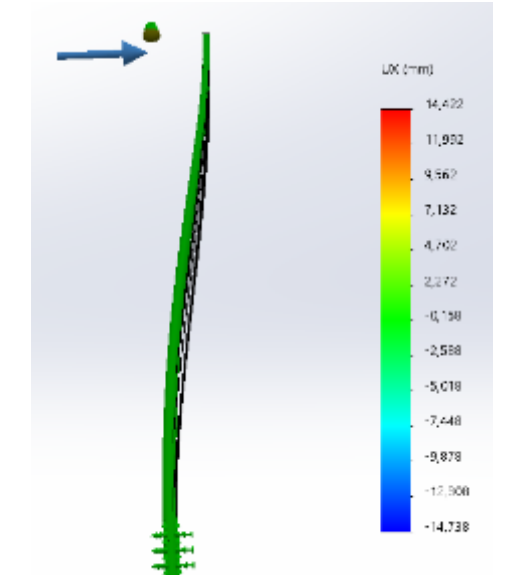
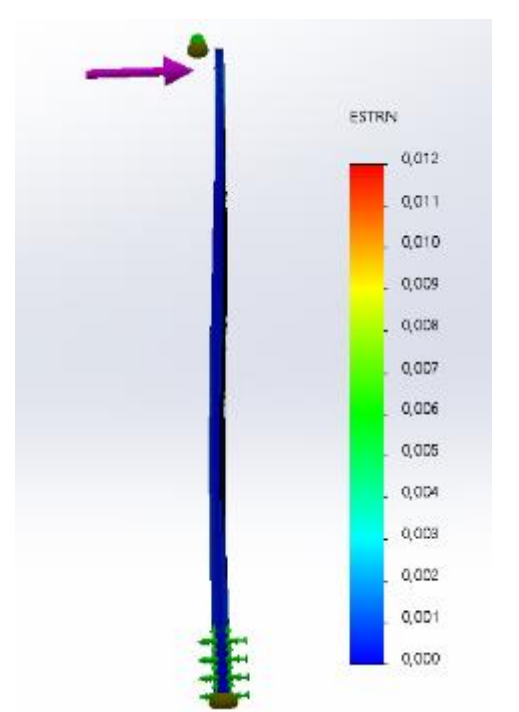
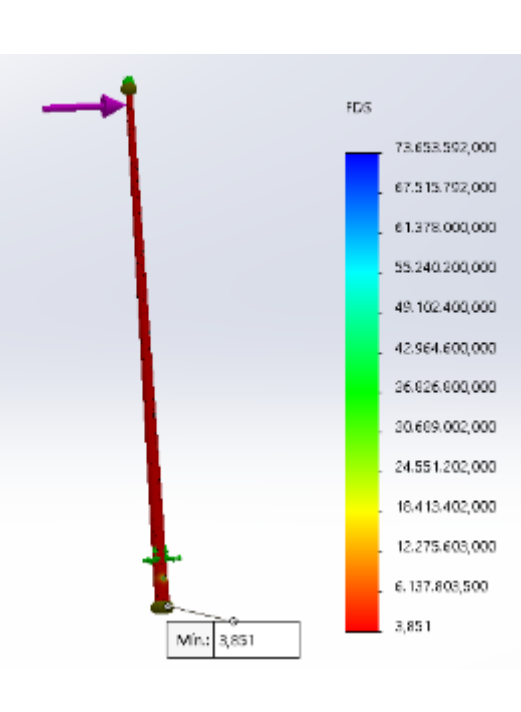
correspondiente.	representando el anclaje a tierra
	
<p>3- Se aplica la tensión calculada en el apartado anterior.</p>	<p>4- Se procede con el mallado siguiendo los parámetros de la imagen.</p>
<p>5- Finalmente se corre con la simulación por elementos finitos.</p>	
	

Fuente: Propia.

### 3.6. Análisis por elementos finitos:

Una vez colocadas las fuerzas y ejecutada la simulación se obtiene lo siguiente (Ver tabla 15):

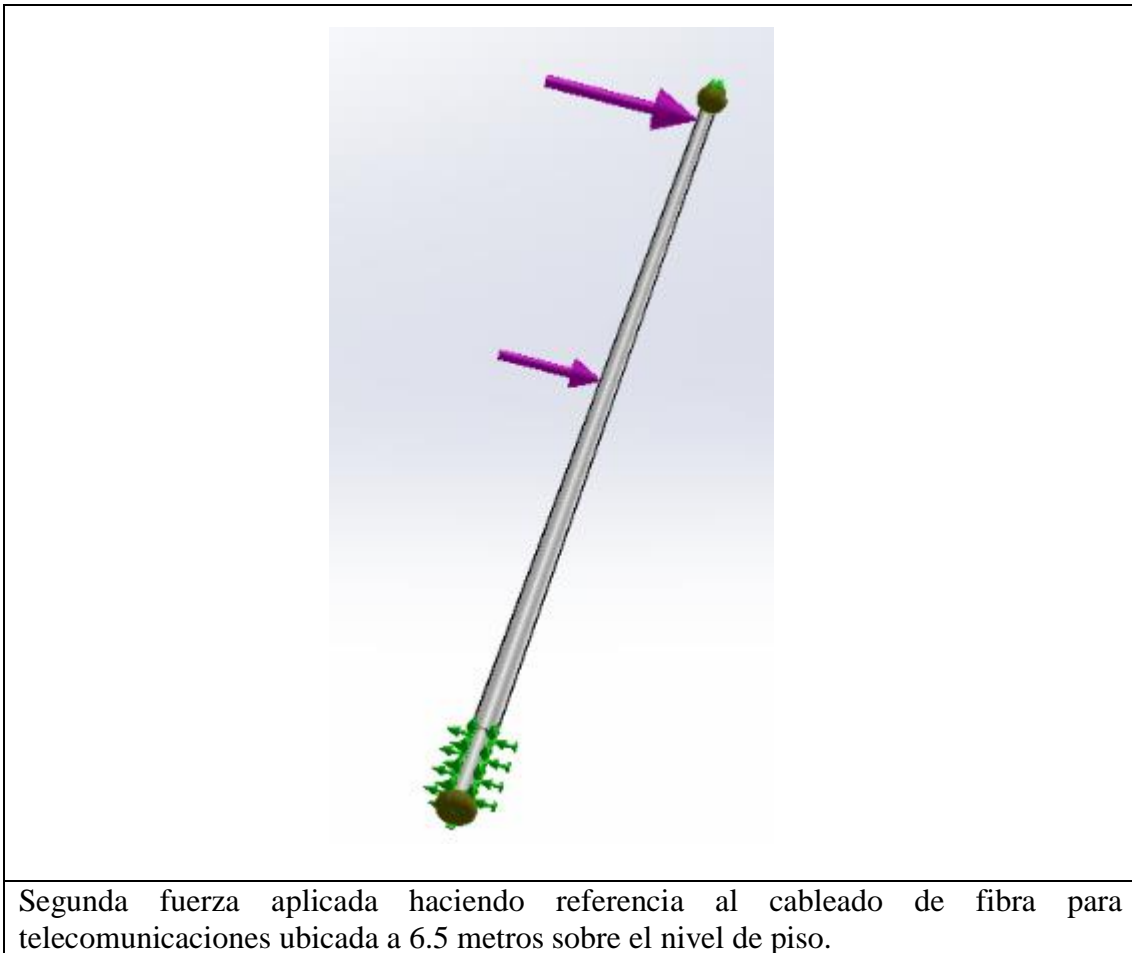
Tabla 15: Resultados de análisis FEA

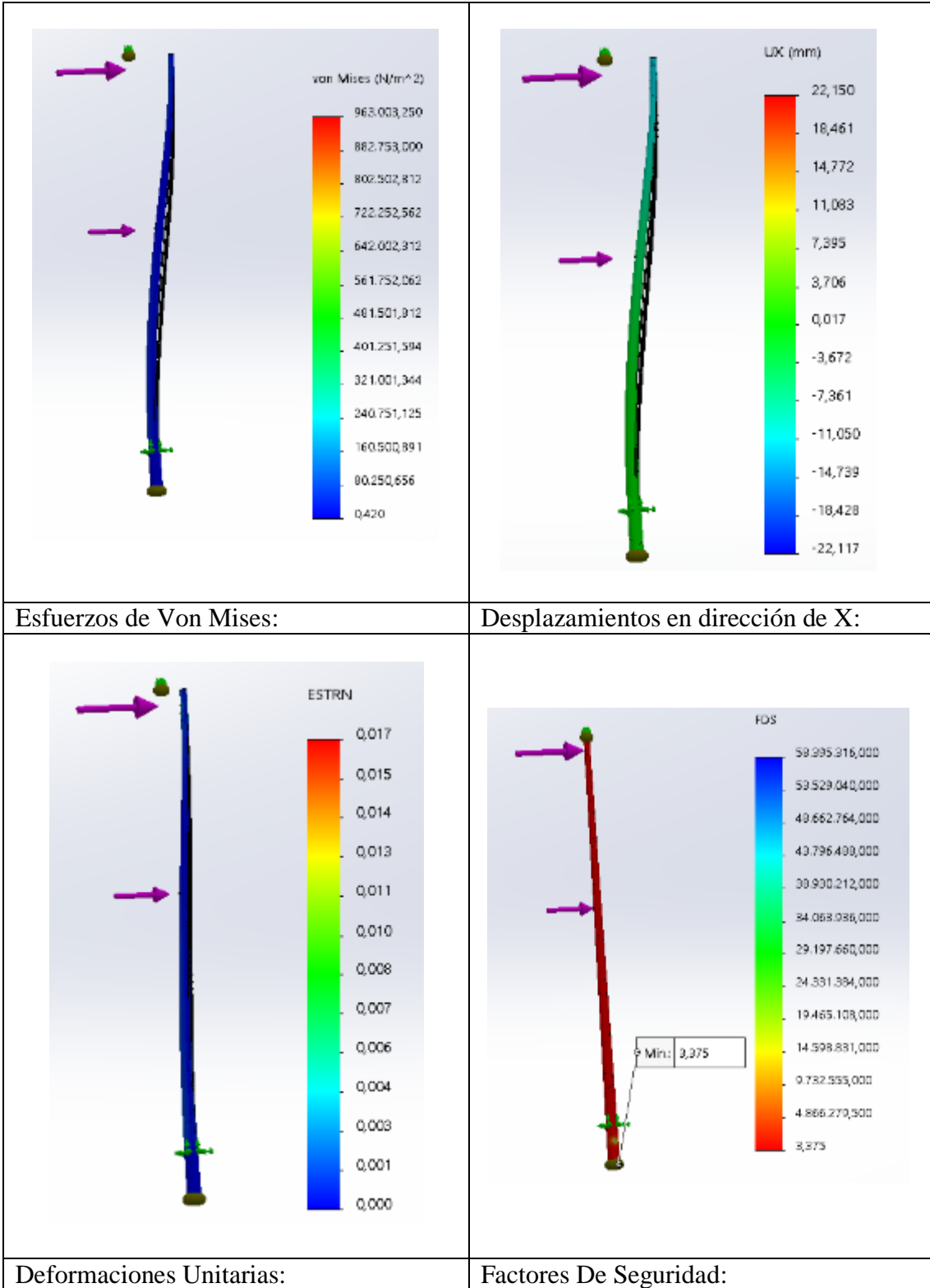
	
Esfuerzos de Von Mises:	Desplazamiento en Dirección X:
	
Deformaciones unitarias Equivalentes:	Factor de seguridad:

Fuente: Propia.

Todo lo visualizado en la tabla anterior hace referencia directamente al estado actual en el que se encuentra el poste sometido a las cargas de su propio conductor, a continuación, se colocara la fuerza ejercida por la proyección del cableado empleado en telecomunicación de la siguiente manera (Ver tabla 16):

Tabla 16: Colocación de segunda carga.





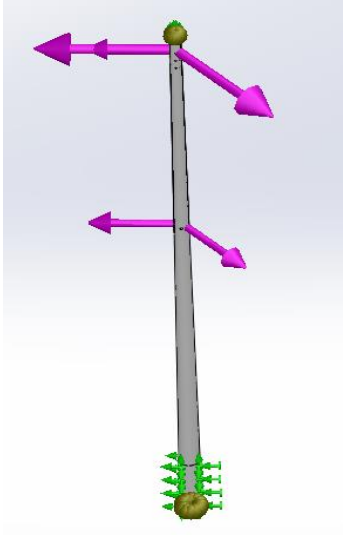
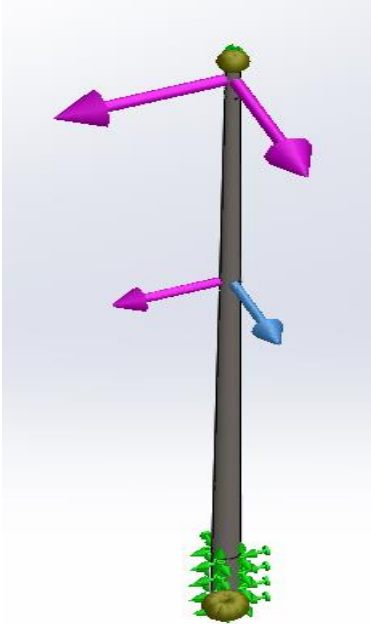
Fuente: Propia.

Los datos obtenidos muestran una ligera variación en los esfuerzos de Von Mises, y deformaciones en el eje X, sin embargo, el factor de seguridad se ve afectado levemente casi sin percibir modificaciones.

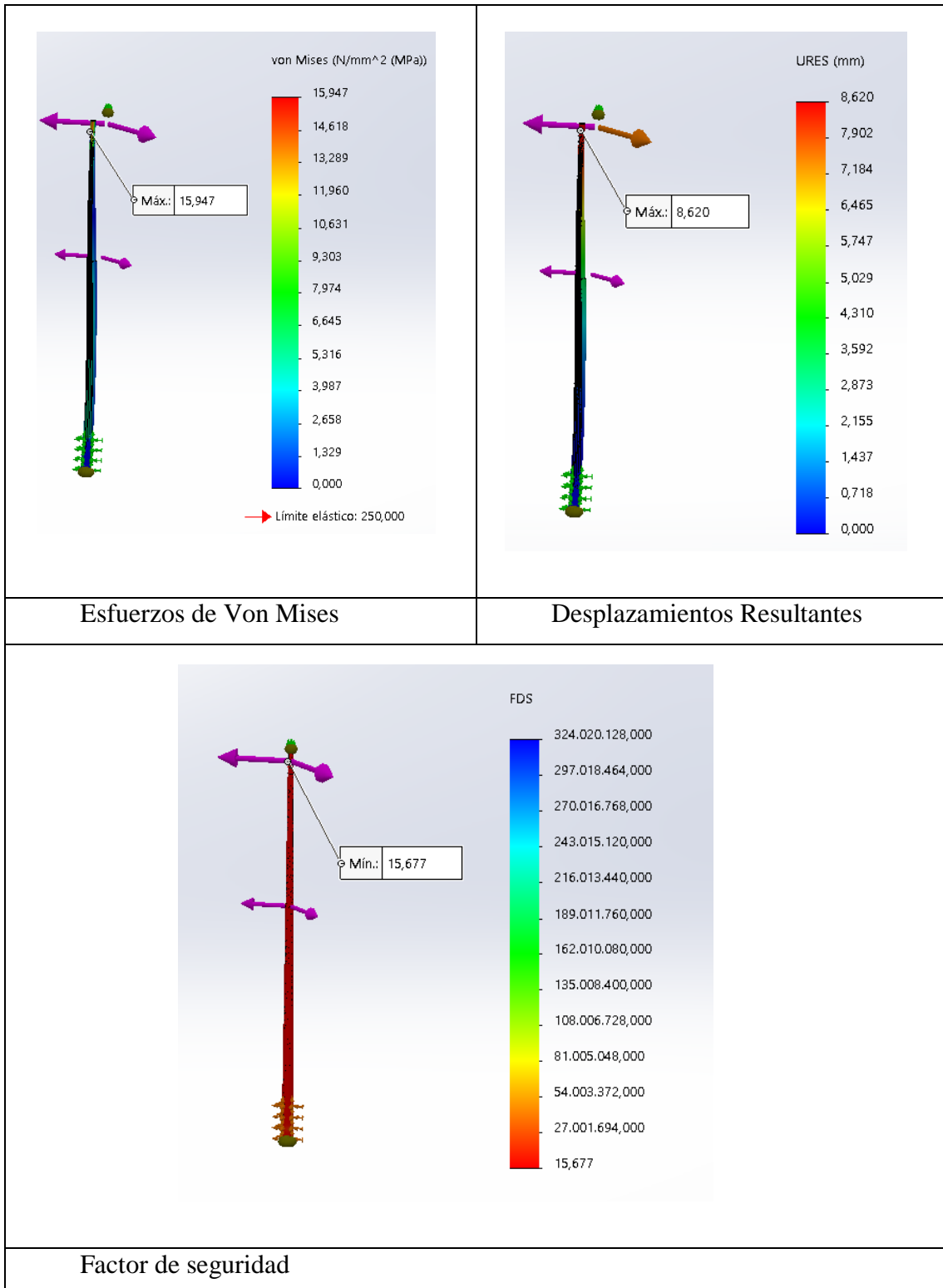


### 3.7. Simulación de condición crítica en poste CAC:

Puesto que, en situaciones reales de tensión mecánica sobre Postes CAC, se aprecia condiciones no tan ideales como las planteadas con anterioridad surge la necesidad de entender el comportamiento bajo esta nueva premisa, en donde el poste sufre un cambio de dirección con respecto a la dirección de la tensión a la que esta sometido, teniendo lo siguiente (Ver tabla 17):

 <p>Diagrama de un poste CAC (Cable Armored Cable) que muestra la aplicación de tensiones mecánicas. El poste es vertical y está fijado en la base. Se muestran dos puntos de aplicación de tensión en la parte superior del poste. Las flechas que representan las tensiones están orientadas a un ángulo de 135° con respecto a la línea central del poste.</p>	<p>Situación de carga de tensión mecánica a 135° de apertura.</p>
 <p>Diagrama de un poste CAC (Cable Armored Cable) que muestra la aplicación de tensiones mecánicas. El poste es vertical y está fijado en la base. Se muestran dos puntos de aplicación de tensión en la parte superior del poste. Las flechas que representan las tensiones están orientadas a un ángulo de 90° con respecto a la línea central del poste.</p>	<p>Situación de carga de tensión mecánica a 90° de apertura.</p>

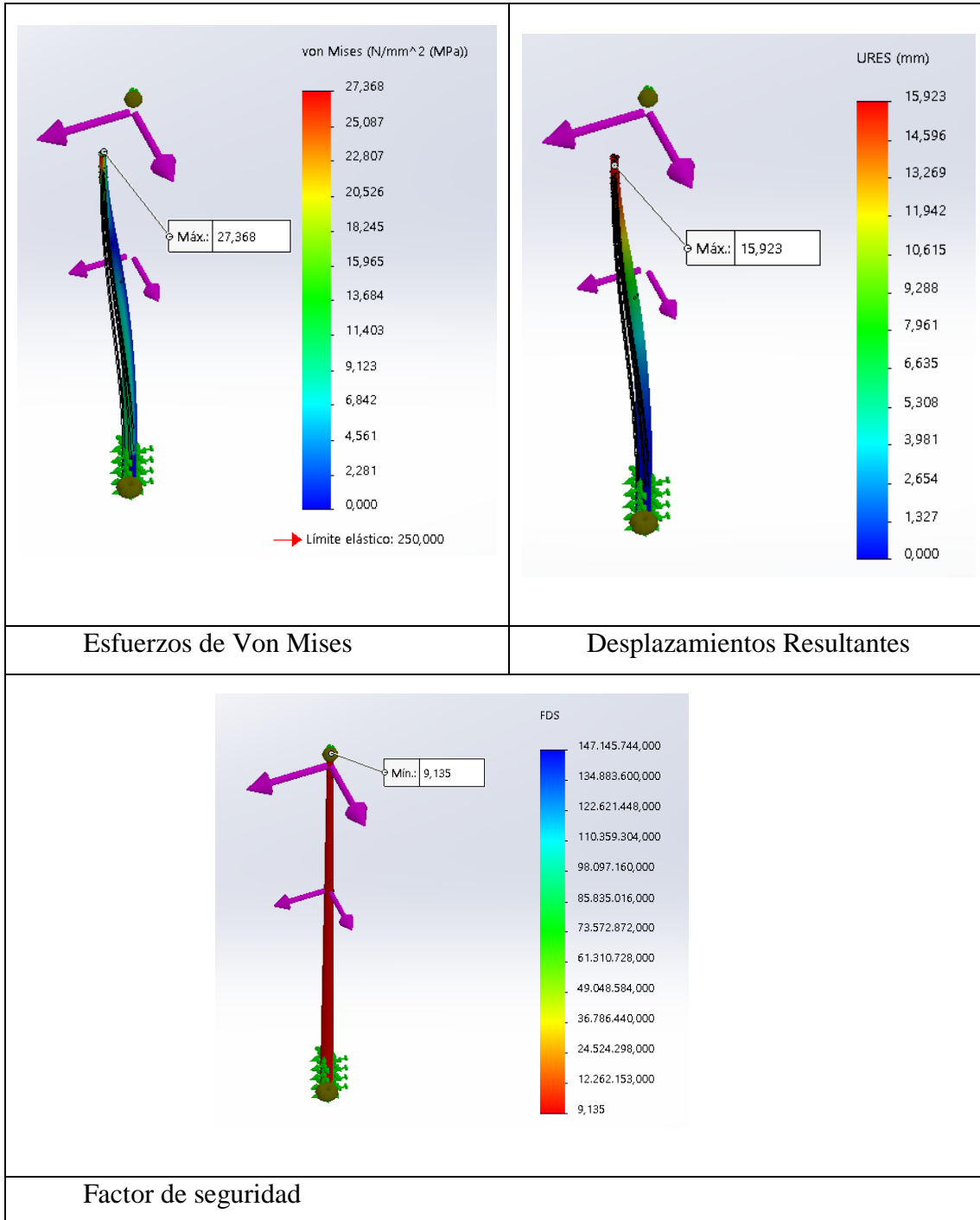
Resultados de simulación a 135°:



Los resultados muestran un aumento en el factor de seguridad y disminución de los desplazamientos resultantes, interpretando lo siguiente como la importancia de balancear correctamente las tenciones en el poste, esto se logra utilizando retenidas

correspondientes.

### Resultados de simulación a 90°:



Los resultados demuestran que conforme se cierra el ángulo de apertura de las tensiones producidas por el conductor, se genera un aumento sustancial en los desplazamientos resultantes y disminución del factor de seguridad, extrapolando dichos resultados se llegaría a la conclusión de que el ángulo permisible de cambio de dirección de la tensión del conductor es un factor a tomar en cuenta para el diseño de la línea con lo cual quedaría restringido agregar mas carga en dichas condiciones atípicas y desfavorables.

### 3.8. Estudio de interferencia electromagnética:

#### 3.8.1. El Fenómeno de la Interferencia Electromagnética

Por interferencia electromagnética (EMI) podemos entender la presencia de voltajes o corrientes no deseados que pueden aparecer en un equipo o en sus circuitos, como resultado de la operación de otro aparato eléctrico, o por fenómenos naturales.

Esta energía que causa respuesta indeseable a cualquier equipo y puede generarse por llave de circuitos de potencia, accionamientos de cargas inductivas y resistivas, accionamiento de relés, llaves, disyuntores, lámparas fluorescentes, calentadores, descargas atmosféricas o aún descargas electrostáticas entre personas y equipos, aparatos de microondas, equipos de comunicación móvil, etc.

La coexistencia de equipos de distintas tecnologías y la inadecuación de instalaciones facilita la emisión de energía electromagnética, lo que frecuentemente causa problemas de compatibilidad (EMC). *Ver las figuras 14 y 15.*

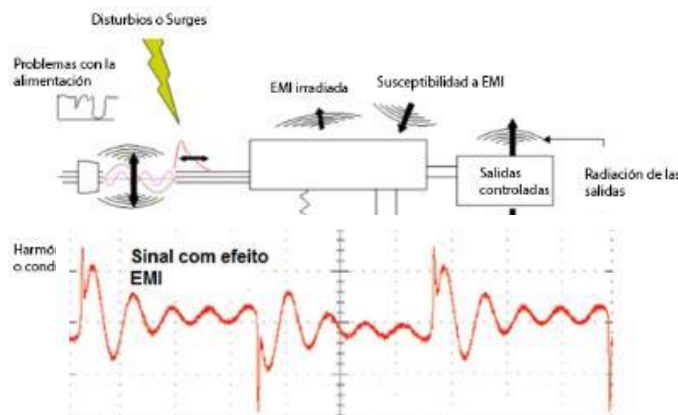


Figura 14: Fuentes EMI



Figura 15: Señal afectada por EMI

### **3.8.2. Fuente De La Interferencia Electromagnética.**

Puede ser cualquier objeto, ya sea artificial o natural, que posea corriente eléctrica que varíen rápidamente, como un circuito eléctrico, el Sol o las auroras boreales.

### **3.8.3. Causa de la interferencia electromagnética:**

Ocurre cuando radiotransmisores y equipos electrónicos operan dentro de un rango muy próximo entre sí.

La interferencia es causada por:

- Equipos radiotransmisores incorrectamente instalados.
- Una señal radioeléctrica intensa desde un transmisor cercano.
- Emisiones o señales no deseadas (llamadas radiaciones espúreas) generadas por el equipo transmisor.
- Blindaje o filtrado insuficiente en el equipo electrónico para evitar que capte señales indeseadas.

### **3.8.4. Formas De Eliminar La Interferencia Electromagnética:**

- Cambiar los componentes del circuito afectado buscando conexiones más cortas, de menor impedancia y un mejor diseño de la masa del circuito.
- Añadir nuevos componentes (filtros, condensadores de desacoplo, cuentas de ferrita, transformadores de aislamiento, fibra óptica) buscando que se resuelva el problema.
- Blindar los dispositivos a proteger, cambiarlos de sitio, y colocarlos donde no den problemas.
- Cambiar los componentes problemáticos por otros más resistentes.

### **3.8.5. Las Clasificación De La Interferencia Electromagnética:**

#### **Según la intención:**

Se puede clasificar en dos grupos: intencionadas y no intencionadas. El primer caso se refiere a interferencias causadas por señales emitidas intencionadamente para producir interferencia. Entre las segundas se incluyen todas las señales emitidas con otra intención que accidentalmente, dan lugar a un efecto no deseado.

**a. Por el mecanismo que acopla la fuente y la víctima de la interferencia:**

Interferencias radiadas: Cuando la señal se propaga de fuente a víctima mediante radiación electromagnética.

Interferencias conducidas: Cuando se propaga a través de una conexión común a ambos (por ejemplo, la red eléctrica).

Los efectos de la interferencia pueden representar una molestia menor, pero también pueden llegar a hacer sistemas completamente inutilizables. Las interferencias graves no son tan comunes como a veces se supone, sobre todo cuando se toman algunas precauciones simples. Sin embargo, cuando esto ocurre, puede ser altamente frustrante.

**b. Por los equipos que la generan:**

Interferencia de radio frecuencia (RFI - Radio Frequency Interference), la RFI se produce por los transmisores radio y de televisión, los equipos de comunicaciones, los sistemas de televisión por cable y otros tipos de equipo que generan energía de radio frecuencia como parte de su funcionamiento.

Interferencia eléctrica es causada por las computadoras y el equipo digital, equipo fuertemente eléctrico, los sistemas de iluminación, los dispositivos eléctricos defectuosos, etc.

**c. La interferencia en equipos eléctricos o electrónicos**

La interferencia puede aparecer como una variedad de sonidos, voces, chisporroteo, zumbidos, zumbidos fuertes y chasquidos. Los efectos de interferencia pueden aparecer, o ser ocasionados por algunos elementos de uso común en el hogar o comercios, tales como: Sistemas de estéreo, pasa-caseteros, compacteras, pasadiscos, computadora, órganos electrónicos, intercomunicadores de pared, refrigeradores, monitores de bebé portátiles, micrófonos o micrófonos inalámbricos, hornos de microondas, radio relojes, motores eléctricos, sistemas de alarmas, etc.

**d. La interferencia en teléfonos:**

El problema principal que afecta a los teléfonos es la detección de audio debido a la inducción de radio frecuencia en estos aparatos. Los teléfonos modernos con varias

opciones, tales como manos libres, memoria, exhibición del número de la llamada entrante y contestador automático incorporado, tiene muchos componentes electrónicos que puedan hacerlo más susceptible a interferencias. Los teléfonos inalámbricos, que continúan creciendo en popularidad, son de hecho radiotransmisores / receptores que están sujetos a interferencias.

**e. La Interferencia en televisión:**

Otros tipos de interferencias: Aparece cuando equipo (Televisor) no está captando la señal deseada con la suficiente claridad, o si está captando señales no deseadas, es decir, Recepción pobre de la señal, Recepción de dos señales al mismo tiempo, imágenes fantasmas, Interferencia provocada por un trasmisor de radio, Interferencia desde un canal vecino, Interferencia causada por una estación de radio FM.

**3.9. DISCUSIÓN:**

De lo rescatado en el apartado anterior se puede deducir lo siguiente, el poste con el vano más largo que se está analizando está sometido a las cargas de su propio conductor, y acondicionado de tal manera que evita sobre esfuerzos en el mismo, con lo cual se trata como una estructura sólida y en condiciones ideales para su simulación, mostrando un factor de seguridad mínimo de 3 que se encuentra dentro de los parámetros óptimos según normativa para postes de Concreto Armado Centrifugado, partiendo de esta condición inicial se agrega la fuerza que ejercería el tendido de fibra óptica para telecomunicaciones en el mismo poste, obteniéndose una variancia mínima en los esfuerzos y deformaciones.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

##### 4.1. CONCLUSIONES:

- Los postes de Concreto Armado Centrifugado son fabricados por entidades certificadas y calificadas a fin de cumplir con ciertos estándares, detallados en apartado anteriores de esta investigación, dentro de los parámetros más resaltantes tenemos es que la carga de trabajo será igual o mayor a 2 (Factor de seguridad), y las cargas de trabajo están normadas en función a la altura y tipo de trabajo a realizar para este caso en particular el poste estudiado lleva la siguiente nomenclatura 13/300 detallado en el *anexo 3*.
- Los parámetros que influyen en la vida útil de los Postes CAC, dependen principalmente de las condiciones climáticas en las cuales desempeñara su trabajo y a su vez de la calidad de los mismo, asumiendo que se cumplen los estándares de fabricación, su vida útil depende directamente de la carga de trabajo y las fluctuaciones climáticas, como el viento, nieve, hielo, frio o calor.
- Las medidas correctivas asumidas inicialmente a fin de soportar el tendido para telecomunicaciones, terminaron por desestimarse puesto que no afecta de manera sustancial la resistencia estructural del Poste CAC, con lo cual se valida la aprobación para utilizar los postes del tendido eléctrico como soporte para la fibra óptica solicitada.
- El procedimiento de cálculo aplicado en la presente investigación, fue facilitado por el software de ingeniería SolidWorks en su versión 2018, implementando su módulo de análisis por elementos finitos – análisis estático, a fin de obtener valores tales como, esfuerzos de Von Mises, Desplazamientos en direcciones específicas, deformaciones unitarias, y factor de seguridad total de la estructura; inicialmente se obtuvo que el poste sometido a su carga de trabajo nominal, el conductor de cableado eléctrico, presento esfuerzos de Von Mises máximos de 0.844 MPa, el desplazamiento máximo en X es de 19.411mm, y deformaciones unitarias 0.015 Adim, y un factor de seguridad de 3.851. Después de asumir el valor de carga del cable de fibra óptica los valores se modificaron a los siguientes; Von Mises máximos



de 0.963 MPa, el desplazamiento máximo en X es de 22.150mm, y deformaciones unitarias 0.017 Adim, y un factor de seguridad de 3.375.

- A fin de no tener inconvenientes con el espectro electromagnético producto de la generación de campos magnéticos por los cables al fluctuar la corriente eléctrica, se toman medidas de protección del cable de fibra óptica, y distanciamientos pertinentes, con los cuales se garantiza la estabilidad de la señal.

#### **4.2. RECOMENDACIONES:**

- El presente proyecto de investigación se realizó, partiendo del tramo con mayor distancia de vano, a fin de tener cargas máximas de tensiones y esfuerzos en los Postes CAC, con lo cual se desprecia el resto de tramos, algunos de los cuales contemplan cambio de dirección, que por lo general son contrarrestados con sistemas de corrección de tensiones usando templadores y demás sistemas, es entonces que se recomienda un análisis más minucioso de cada poste sometido a esfuerzos en diferentes direcciones y verificar el factor de seguridad.
- El apartado electromagnético que puede interrumpir la señal debe corroborarse con la empresa de telecomunicación a fin de verificar los distanciamientos mínimos a los conductores eléctricos, detallando la calidad de su señal y demostrando la inexistencia de interferencia.

#### **V. Referencias:**

Álvarez Marín, D.A. Control estructural estocástico de puentes sometidos a vibraciones producidas por el viento usando aletas separadas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 2003.

AEA 95301. Reglamentación de líneas aéreas exteriores de media tensión y alta tensión. Asociación Electrotécnica Argentina, Buenos Aires, 2007.

Blessmann, J. O vento na engenharia estrutural. Editora da Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988.

Natural frequencies of power transformers and their consequence. Koller et al. 2010

Castro, H.G., De Bortoli, M.E., Wittwer, A.R.; Marighetti, J.O. Simulación numérica del campo de velocidades del viento atmosférico utilizando el método de representación espectral. *Mecánica computacional*, Vol XXVI, pp. 144-160, AMCA, 2007.

Detke F.R., Reinert H.O., Duarte J.A., Klimczuk C. M., Fank P.Y., Möller O., Modelo estructural de sistemas de transmisión de energía eléctrica en la Provincia de Misiones, Argentina, I Jornadas Regionales de Investigación en Ingeniería - UTN FRRe, 2010.

Mercanti, J.A., Aguirre M.A., Fank P.Y., Möller O., Acción dinámica del viento como proceso estocástico aplicado a sistemas de transmisión de energía eléctrica, I Jornadas Regionales de Investigación en Ingeniería - UTN FRRe, 2010.

Mohamed Al Satari and Saif Hussain., Vibration Based Wind Turbine Tower Foundation Design Utilizing Soil - Foundation -Structure Interaction. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. Beijing, China. October 12-17, 2008.

NBR 6123. Forças devidas ao vento em edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1988.

Park, R., Paulay, T. Estructuras de concreto reforzado, Primera Edición, México, Editorial Limusa, 1979.

Priestley, M. N. J., Seible, F. and Calvi, G. M. Seismic Design and Retrofit of Bridges, tenth edition, United States of America, chapters 1, 4 y 5, 1996.

Schiffrer, M., Bruschi M. G. Construcción de líneas aéreas de energía eléctrica de tensiones nominales mayores de 1 kv. DIN VDE 0210/12.85, 1985.

Takeda, T., Sozen, M. and Nielsen, N. Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, *Journal of the Structural Division*, ASCE, Vol. 96, ST12, pp. 2557-2573, 1970.

Zhang, J. Performance-based seismic design using designed experiments and neural networks, PhD. Thesis, Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Canada, 2003.

Hongbing, Y. Fengxin, Z. (2013). A Comparison of Domestic and Foreign Seismic Fortification Standards for Electrical Equipment. Earthquake Research in China. Volume 27, number 4.

Elnashai, A.S., Di Sarno, L (2008). Fundamentals of earthquake engineering. John Wiley & Sons, Ltd, Publication.

Chen, W.F., Scawthorn C. (2002). Earthquake Engineering Handbook. Estados Unidos. The International Conference of Building Officials.

Muñoz, L.H. (2013). Criterios sísmicos para subestaciones eléctricas, equipos y estructuras metálicas. Siemens. Cigré 2013 5.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS 318: Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones.

IEC 60068-3-3 (1991-02): Guidance Seismic Test Methods for Equipments

IEC 62271-207 (2012): High-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 207: Seismic qualification for gasinsulated switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV

IEC 62271-100 (2012-09): HighVoltage Switgear and Controlgear – Part 100: Alternating-current circuitbreakers

IEEE 693 (2005): Recommended Practice for Seismic Design of Substations

NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

Decreto 945 05/06/17. Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. "Por el cual se modifica parcialmente el reglamento colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR -10"

AIS 180-13. Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones (2013). Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

NEHRP-2000 (National Earthquake Hazards Reduction Program), Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings [Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2000].

## VI. ANEXOS:

### ANEXO 1: Lamina de detalle de Poste CAC.

#### 1.- NORMAS DE FABRICACION

INDECOPI NTP 339.027  
MEM: DGE 015-PD-1

: POSTES DE CONCRETO ARMADO PARA LINEAS AEREAS  
: POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS DE CONCRETO ARMADO PARA REDES DE DISTRIBUCION

#### 2.- USO

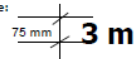
LINEAS AEREAS DE BAJA TENSION (Y/O ALUMBRADO PÚBLICO EN RED AEREA)

#### 3.- ESPECIFICACIONES

- El recubrimiento mínimo de concreto sobre la estructura es de 15 mm, presentando el poste una superficie lisa y sin resanes.
- El coeficiente mínimo de seguridad, entre la carga de rotura nominal y la carga de trabajo, es de dos (2)
- Las condiciones de prueba de los postes, son:
 

Empotramiento	: 1/10 de su longitud, más 0.50 m.
Punto de aplicación de las cargas de prueba	: a 0.15 m. de la punta del poste.
- Para los postes mayores a 11 m, todos los agujeros de la cima se desplazaran 900 mm, hacia abajo conservando sus distancias entre si.
- La descripción normalizada es:
 

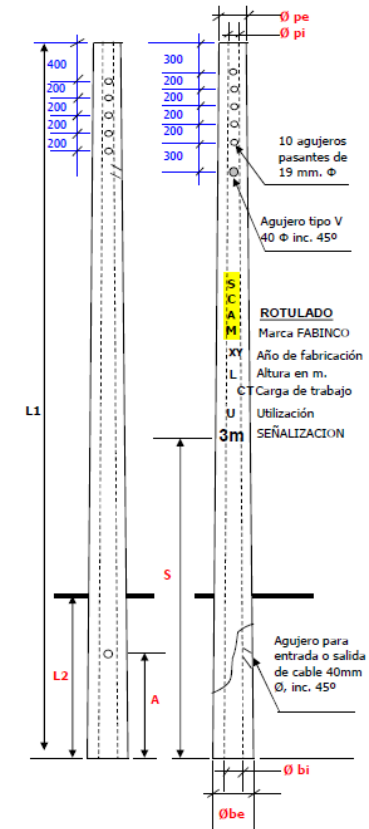
<b>L1</b>	: Longitud total del poste.
<b>Carga de trabajo</b>	: Kilos que debe soportar en la punta del poste.
<b>Ø cima (ce), Ø base (be)</b>	: Diámetros en la punta y base, en mm.
<b>Tipo</b>	: Utilización L.A.B.T.
	Ej.: Poste C.A.C. 7/200/120/225 L.A.B.T.
	L.A.B.T.: Líneas Aéreas de Baja Tensión
- La marca "SCAM" y la SENALIZACION (3 m) es en bajo relieve.
- Las medidas de ésta última, es como sigue:



#### ESPECIFICACIONES TECNICAS:

DESCRIPCION	LONG. TOTAL L1 (m)	CARGA DE TRABAJO F (kgs)	DIAMETRO EN MM.				PUESTA A TIERRA A (m)	EMPOTRAMIENTO		ALTURA DE SEÑALIZ S (m)
			EXTERIORES		INTERIORES			INST. BASE CONCRETO L2 (m)	INSPECCION Y PRUEBA (m)	
			Cima Ø pe (mm)	Base Ø be (mm)	Cima Ø pi * (mm)	Base Ø bi (mm)				
POSTE C.A.C. 7/200/120/225	7	200	120	225	40	125	0.40	0.70	1.20	3
POSTE C.A.C. 7/300/150/255	7	300	150	255	40	125	0.40	0.70	1.20	3
POSTE C.A.C. 8/200/120/240	8	200	120	240	40	140	0.50	0.80	1.30	3
POSTE C.A.C. 8/300/120/240	8	300	120	240	40	140	0.50	0.80	1.30	3
POSTE C.A.C. 8/300/150/270	8	300	150	270	40	140	0.50	0.80	1.30	3
POSTE C.A.C. 9/200/120/255	9	200	120	255	40	155	0.60	0.90	1.40	3
POSTE C.A.C. 9/300/120/255	9	300	120	255	40	155	0.60	0.90	1.40	3
POSTE C.A.C. 9/300/150/285	9	300	150	285	40	155	0.60	0.90	1.40	3
POSTE C.A.C. 11/200/150/315	11	200	150	315	40	185	0.80	1.10	1.60	3
POSTE C.A.C. 11/400/180/345	11	400	180	345	40	185	0.80	1.10	1.60	3
POSTE C.A.C. 13/300/180/375	13	300	180	375	40	215	1.00	1.30	1.80	4
POSTE C.A.C. 13/400/180/375	13	300	180	375	40	215	1.00	1.30	1.80	4
POSTE C.A.C. 15/400/210/435	15	400	210	435	40	245	1.20	1.50	2.00	4
POSTE C.A.C. 18/700/255/525	18	700	255	525	40	245	1.50	1.80	2.30	5
POSTE C.A.C. 20/700/270/525	20	700	270	570	40	245	1.70	2.00	2.50	5

\* Diámetro interior mínimo 40 mm, y máximo indicado en la tabla.



Nota: Medidas en milímetros.

## LAMINA DE ARMADOS

Soporte de suspensión y retención para postes eléctricos



Configuración para sistema de retención de cable de telecomunicaciones



### SUSPENSIÓN PREFORMADA PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA

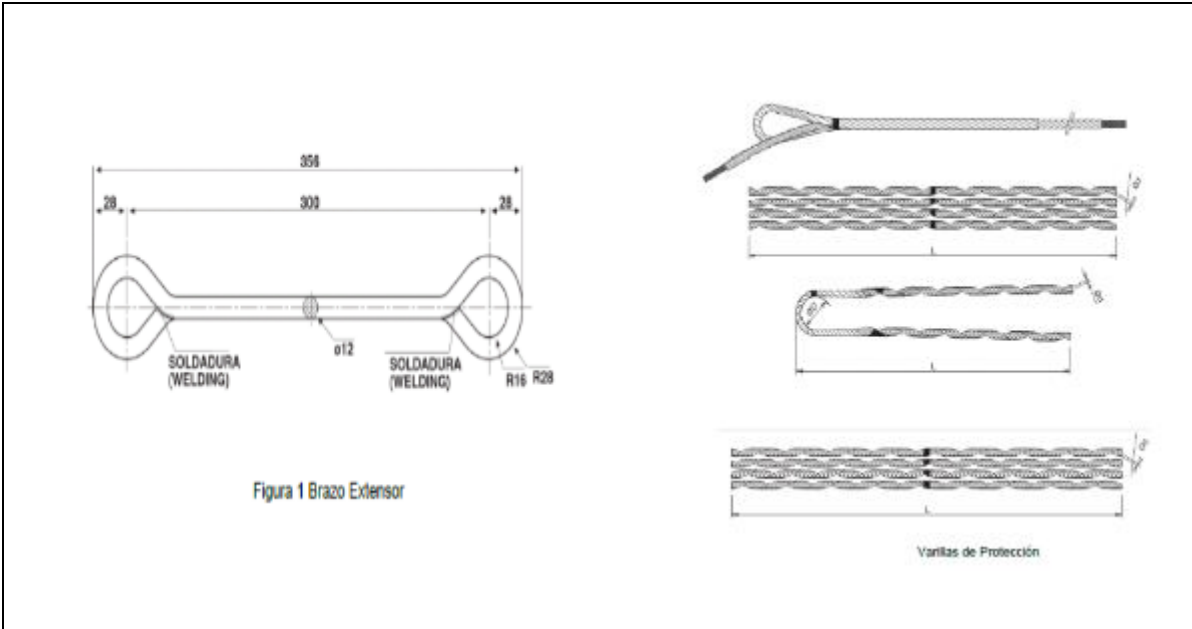


Guardacabo, Varillas de Protección y Suspensión Tangencial

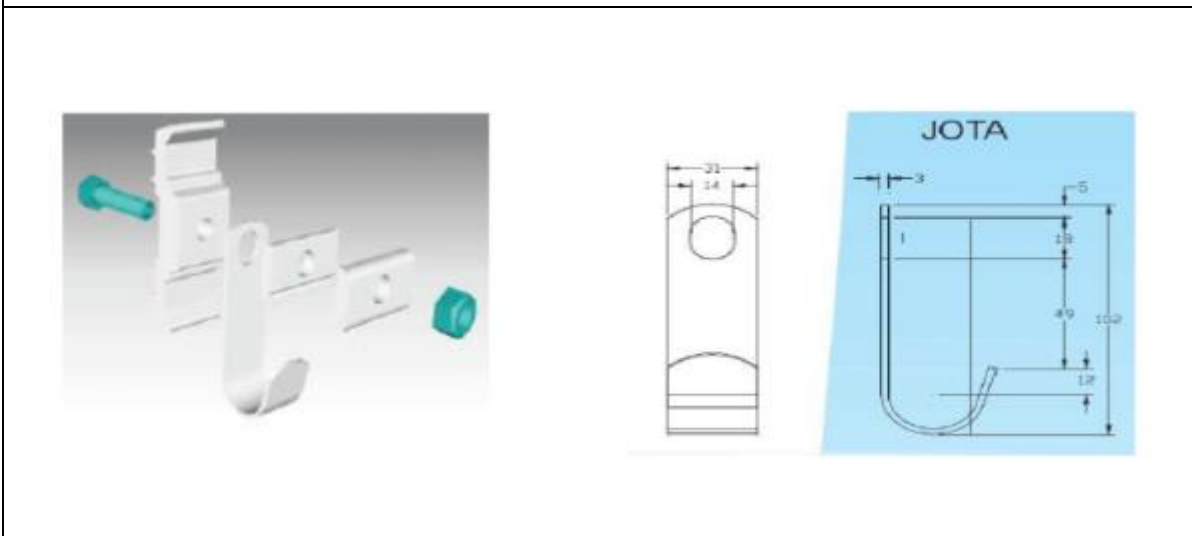


Sistema de Suspensión Instalado

### RETENCIÓN PREFORMADA PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA



**Figura N°1 Soporte de Suspensión**



**Figura N°2 Soporte de Retención**



ANEXO 3: Detalle de postes eléctricos.

ITEM	DIRECCION	CODIGO DE POSTE	COORDENADA X	COORDENADA Y	TIPO DE POSTE	DIMENSIONES
1	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720577.9250	9099598.1510	CONCRETO	9/200
2	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720584.3680	9099609.3250	CONCRETO	13/200
3	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	00108949	720606.5360	9099673.5690	CONCRETO	13/300
4	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720626.7050	9099739.5420	CONCRETO	13/400
5	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720630.2620	9099749.9570	CONCRETO	9/200
6	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720641.5410	9099790.2270	CONCRETO	9/200
7	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720650.9030	9099823.9470	CONCRETO	9/200
8	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720661.4580	9099860.8640	CONCRETO	13/300
9	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720671.7910	9099888.9730	CONCRETO	9/200
10	CARRETERA LA CAMPIÑA DE MOCHE S/N	S/N	720683.8970	9099921.8080	CONCRETO	9/200



ANEXO 4: Fotos de postes eléctricos.

	
<p>Poste 1-a de tendido de fibra óptica</p>	<p>Poste 1-b de tendido de fibra óptica</p>
	

Poste 2-a de tendido de fibra óptica



Poste 2-b de tendido de fibra óptica



Poste 3-a de tendido de fibra óptica



Poste 3-b de tendido de fibra óptica



Poste 4-a de tendido de fibra óptica



Poste 4-b de tendido de fibra óptica





Poste 5-a de tendido de fibra óptica



Poste 5-b de tendido de fibra óptica



Poste 6-a de tendido de fibra óptica



Poste 6-b de tendido de fibra óptica





Poste 7-a de tendido de fibra óptica



Poste 7-b de tendido de fibra óptica



Poste 8-a de tendido de fibra óptica



Poste 8-b de tendido de fibra óptica



Poste 9-a de tendido de fibra óptica



Poste 9-b de tendido de fibra óptica



Poste 10-a de tendido de fibra óptica



Poste 10-b de tendido de fibra óptica

ANEXO 5: Detalles de procesos de fabricación de Postes CAC.



En el refuerzo longitudinal se utilizan varillas con resaltes de acero al carbono laminado en caliente de grado duro, de calidad definida por las normas INEN 102, con esfuerzo a la fluencia  $f_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup>

El mezclado se lo realiza en una hormigonera hidráulica de 1/3 de metro cúbico de capacidad, equipada con balanza, acuificador y sistema de arrastre de materiales.



**Vaciado y Vibrado.** - El hormigón se coloca en los moldes y es distribuido con vibradores de mesa de alta frecuencia.

**Moldes para fabricación.** - Son de lámina de acero con la suficiente rigidez que permite una compactación energética del hormigón, por medio de vibradores ubicados en los tercios de su longitud sin alterar las dimensiones del poste.



ANEXO 6: Modelo Guía de observación.

<b>Guías de observación de Postes CAC</b>		<b>USS</b>
<b>Responsable:</b>		
<b>Lugar:</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Hora:</b>	
<b>Datos Poste:</b>	<b>Ubicación GPS:</b>	
<b>Descripción:</b>		
<b>Fotos:</b>		



ANEXO 7: Modelo Ficha Registro de datos.

Ficha de registro de datos:

<b>Registro de Datos</b>	<b>Título:</b>	<b>USS</b>
<b>Datos Bibliográficos:</b>	<b>Búsqueda:</b>	
<b>Imágenes:</b>	<b>Contenido:</b>	