



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concordia.

Mejora y Aumento de la
Capacidad de Transmisión
“Alimentador Ayuí”

Autor: Andrés Martín Challiol.

Tutor: Ing. Carlos Vázquez
Cont. Carlos Álvarez.

Director: Ing. Federico Schattenhofer.

Año 2024

Resumen ejecutivo.

En este proyecto se estudia la factibilidad de mejora e incremento de la capacidad de transmisión de la línea de 33KV desde Central N°2 de la Cooperativa Eléctrica de Concordia hacia el norte de la ciudad hasta Colonia Ayuí.

La ciudad de Concordia ha mostrado un incremento constante de su población en las últimas décadas (8% entre 2001 y 2010; y un 14% desde el 2010 y el 2023), acompañado con un fuerte desarrollo en el sector turístico e industrial. Para cumplir con los estándares de calidad, confiabilidad y seguridad del suministro eléctrico que acompañe dicho desarrollo es necesario llevar adelante este proyecto de mejora cuyo impacto es directo en toda la zona noroeste y norte de nuestra ciudad.

El diseño de la línea está orientado mayoritariamente por las recomendaciones y procedimientos de los reglamentos: AEA 95301 – “Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión”, apuntes de cátedra, complementado con normas AEA (Asociación Electrotécnica Argentina), IEC (International Electrotechnical Commission), IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) e IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) que correspondientes a cada sección.



Palabras Claves.

Línea 33 kV.

Distribución energía.

Aumento capacidad de transporte.

Red eléctrica.

Ingeniería eléctrica.

Proyecto Final.

Índice.

Resumen ejecutivo -----	2
Palabras claves -----	4
Situación actual -----	10
Estudio de demanda -----	10
Idea y necesidad -----	16
Misión y visión -----	16
Objetivos -----	17
Solución propuesta -----	18
Análisis FODA-----	19
Leyes y normativas -----	21
Descripción de la línea -----	22
Planificación de obras-----	25
Riesgos-----	27
Calidad-----	29
Plan de marketing -----	30
Análisis técnico -----	32
Calculo mecánico del conductor -----	32
Aisladores de suspensión -----	59
Aislador de retención -----	60
Dimensionamiento geométrico -----	61
Dimensionamiento de estructuras -----	65
Cálculo suspensión de madera 13 m-----	68
Cálculo suspensión de madera 14 m-----	75
Cálculo suspensión de hormigón-----	83
Cálculo retención angular 90° -----	92
Cálculo retención angular 75° -----	107
Cálculo retención angular 60° -----	120
Cálculo retención angular 25° -----	133
Cálculo retención angular 10° -----	146
Cálculo retención angular 5° -----	158
Cálculo retención -----	171
Dimensionamiento de fundaciones -----	184
Suspensión poste de madera -----	190

Suspensión poste de hormigón -----	194
Retención angular 90° -----	199
Análisis económico y financiero -----	206
Recupero de la inversión -----	206
Costos -----	206
Ingresos -----	207
Tarifas -----	207
Egresos -----	209
Préstamo -----	211
Flujo de fondo -----	212
Optimista -----	212
Intermedio -----	213
Pesimista -----	214
Rentabilidad del proyecto -----	215
Período de repago -----	215
VAN -----	215
TIR -----	216
Conclusión -----	217
Bibliografía -----	218
Planos -----	219

Tablas.

Demanda-----	12
Proyección de potencia -----	14
Proyección de energía-----	15
Duración de obras -----	25
Características del conductor-----	32
Estados atmosféricos -----	33
Zonas climáticas de Argentina -----	34
Tensiones admisibles-----	35
Vano crítico -----	38
Resumen de tensiones, flechas y tiros-----	43
Resumen de tensiones, flechas y tiros para cada vano -----	44
Flechas Tramo 1 -----	46
Flechas Tramo 2 -----	47
Flechas Tramo 3 -----	48
Flechas Tramo 4 -----	49
Flechas Tramo 5 -----	50
Flechas Tramo 6 -----	51
Flechas Tramo 7 -----	52
Flechas Tramo 8 -----	53
Flechas Tramo 9 -----	54
Flechas Tramo 10-----	55
Tabla de tendido -----	58
Características aislador de suspensión -----	59
Características aislador de retención -----	60
Resumen cálculo postes de madera-----	82
Resumen cálculo postes de hormigón -----	91
Resumen cálculo retención angular 90°-----	106
Resumen cálculo retención angular 75°-----	118
Resumen cálculo retención angular 60°-----	131
Resumen cálculo retención angular 25°-----	144
Resumen cálculo retención angular 10°-----	156
Resumen cálculo retención angular 5° -----	169
Resumen cálculo retención -----	183

Características de suelos -----	186
Fórmulas método Sulzberger-----	188
Resumen empotramiento suspensión de madera -----	193
Resumen empotramiento suspensión de hormigón -----	198
Resumen fundación retención angular -----	203
Costos del proyecto-----	206
Tarifas-----	208
Costos de transporte-----	209
Préstamo -----	211
Flujo de fondo optimista -----	212
Flujo de fondo intermedio -----	213
Flujo de fondo pesimista-----	214

Figuras.

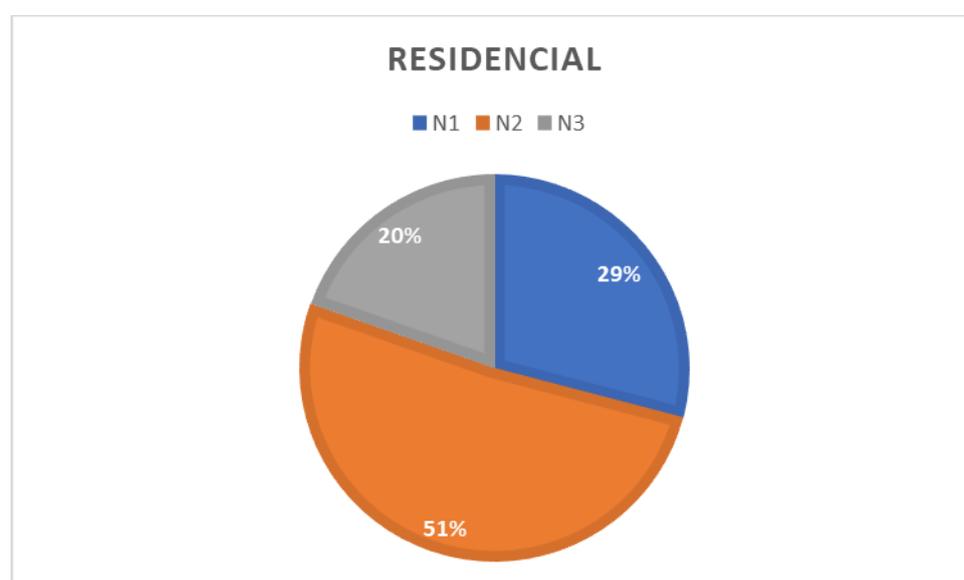
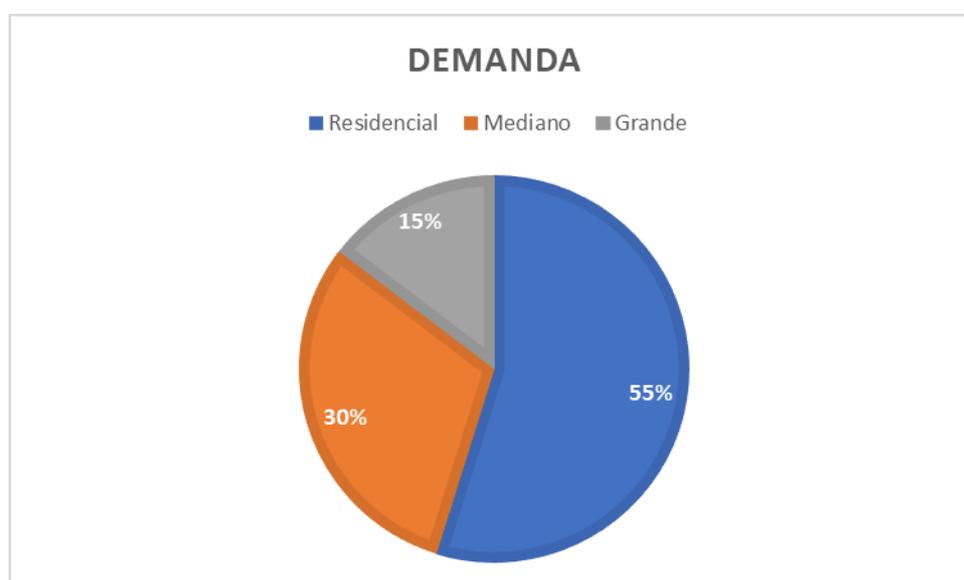
Zona de influencia -----	3
Demanda-----	10
Distribución de tarifas-----	11
Evolución de potencia-----	12
Evolución de energía -----	13
Proyección de potencia -----	14
Proyección de demanda-----	15
Tramos de la línea -----	24
Diagrama de Gantt-----	26
Zonas climáticas de Argentina -----	33
Mapas de isopletas de Argentina-----	34
Flechas a diferentes alturas -----	45
Aislador de suspensión-----	59
Aislador de retención-----	60
Momento volcador -----	187

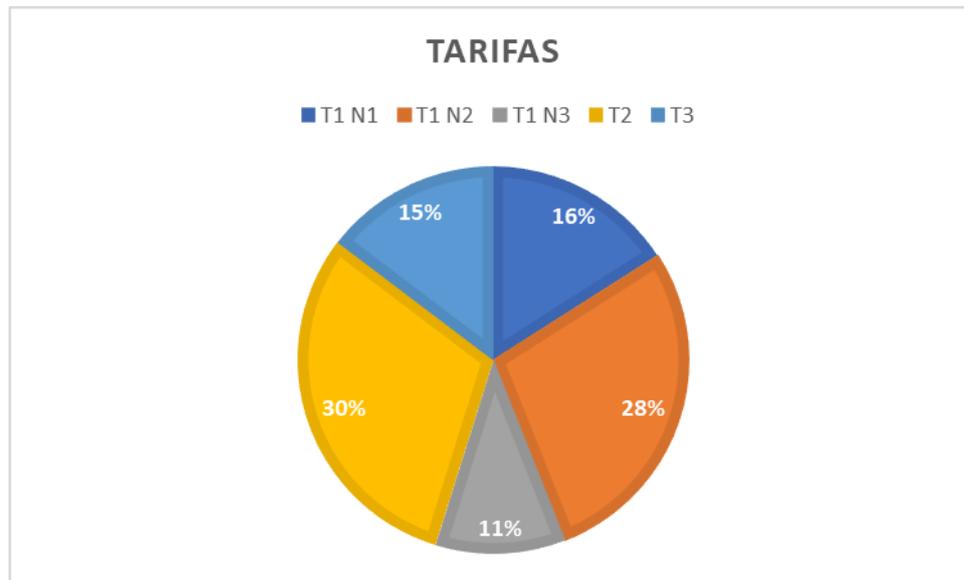
Situación actual.

En su mayor parte, la red actual en cuestión posee postaciones de madera que están llegando al final de su vida útil y conductores cuya sección no acompaña el potencial desarrollo del área, el cual se traduce como un incremento de la demanda de energía eléctrica a corto plazo.

Estudio de demanda.

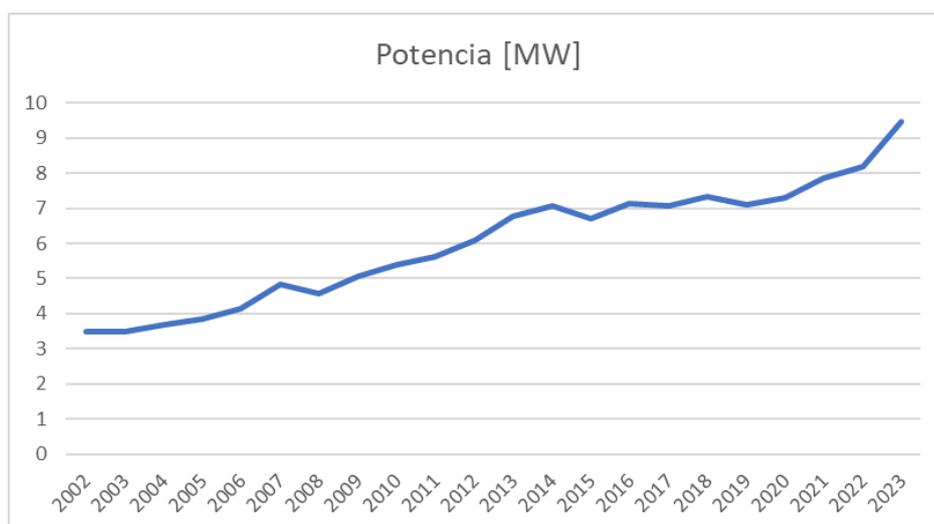
En base a los datos recogidos por la Cooperativa Eléctrica y otros Servicios de Concordia Ltda. entre 2005 y 2023 se obtuvieron los siguientes datos:

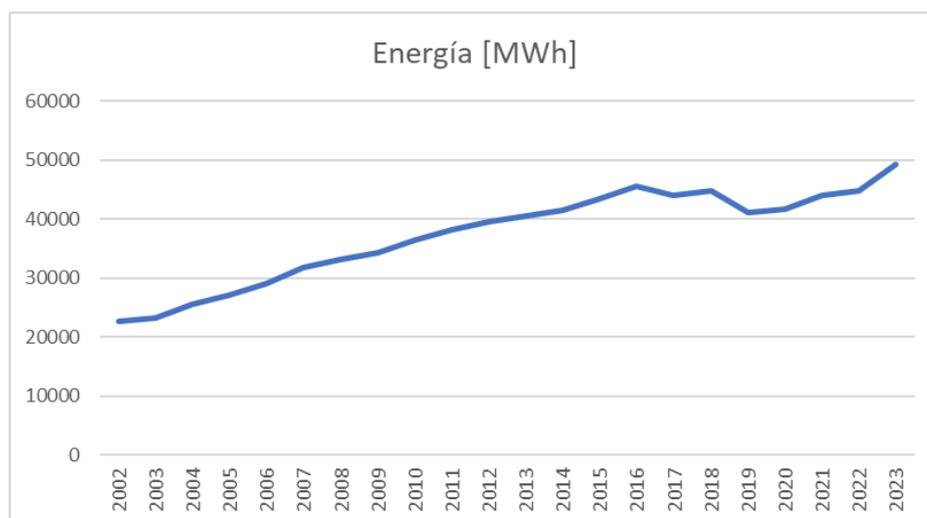




A continuación, se detalla el registro histórico de potencia [MW] y energía [MWh] aportado por la Cooperativa Eléctrica de Concordia para este proyecto desde el año 2002 hasta el 2023:

Años	Potencia [MW]	Energía [MWh]
2002	3,48	22641,1
2003	3,48	23262
2004	3,68	25509,4
2005	3,84	27076,4
2006	4,13	29142,3
2007	4,83	31746,5
2008	4,56	33239,5
2009	5,05	34361,4
2010	5,4	36373,2
2011	5,61	38115,6
2012	6,1	39458,9
2013	6,77	40592,3
2014	7,06	41558
2015	6,7	43371,5
2016	7,13	45578,2
2017	7,06	44099,9
2018	7,34	44698,9
2019	7,09	41122,8
2020	7,3	41608,9
2021	7,85	43950,3
2022	8,2	44810,3
2023	9,46	49339,2



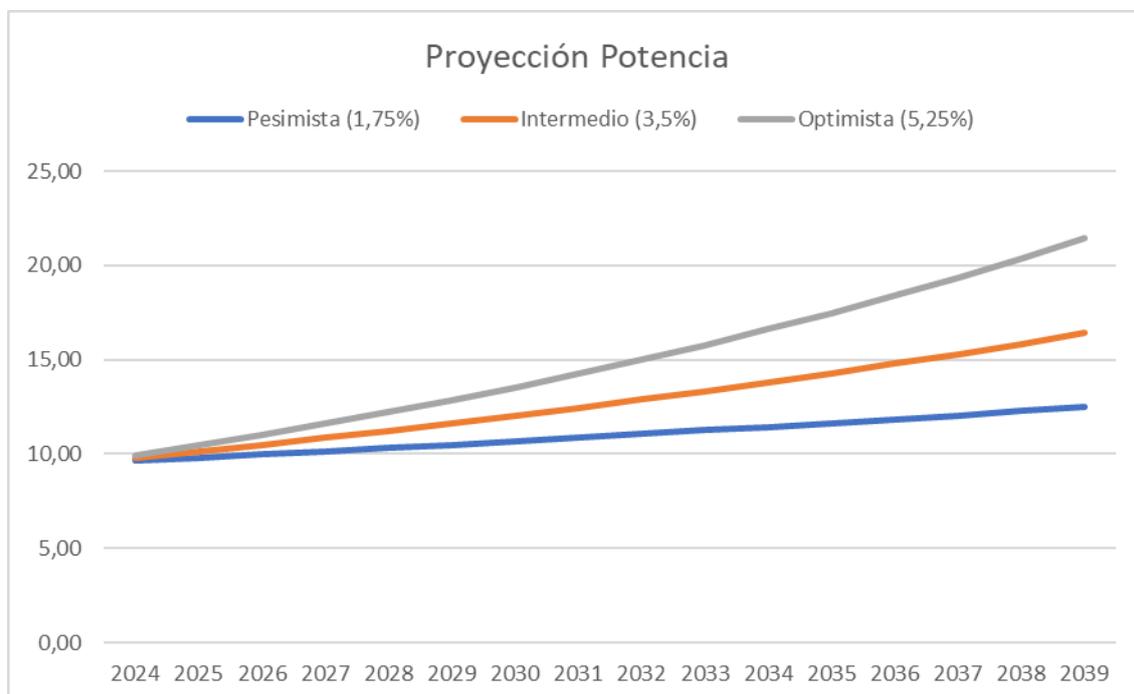


Por otro lado, se realizó la proyección de la línea teniendo en cuenta tres modelos teóricos:

- Modelo econométrico: se proyecta en consumo en base a factores de crecimiento demográfico, económico y de composición de la demanda.
- Modelo lineal: es un método de proyección lineal basado en mediciones históricas registradas en el alimentador, el cual representa el comportamiento a futuro de la demanda en función de los datos de explotación.
- Modelo mixto: es la relación entre el modelo econométrico y el lineal. Resultado medio.

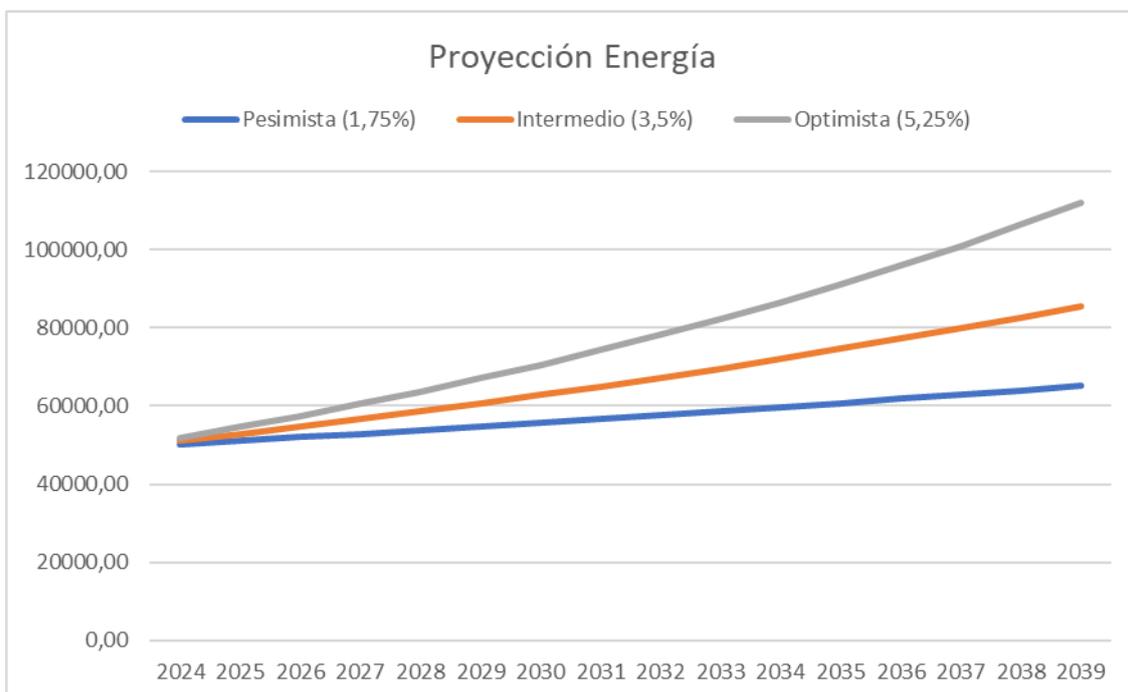
Potencia [MW]

	Pesimista (1,75%)	Intermedio (3,5%)	Optimista (5,25%)
2024	9,63	9,79	9,96
2025	9,79	10,13	10,48
2026	9,97	10,49	11,03
2027	10,14	10,86	11,61
2028	10,32	11,24	12,22
2029	10,50	11,63	12,86
2030	10,68	12,04	13,53
2031	10,87	12,46	14,25
2032	11,06	12,89	14,99
2033	11,25	13,34	15,78
2034	11,45	13,81	16,61
2035	11,65	14,29	17,48
2036	11,85	14,80	18,40
2037	12,06	15,31	19,36
2038	12,27	15,85	20,38
2039	12,49	16,40	21,45



Energía [MWh]

	Pesimista (1,75%)	Intermedio (3,5%)	Optimista (5,25%)
2024	50202,64	51066,07	51929,51
2025	51081,18	52853,38	54655,81
2026	51975,10	54703,25	57525,24
2027	52884,67	56617,87	60545,31
2028	53810,15	58599,49	63723,94
2029	54751,83	60650,47	67069,45
2030	55709,98	62773,24	70590,59
2031	56684,91	64970,30	74296,60
2032	57676,89	67244,27	78197,17
2033	58686,24	69597,81	82302,52
2034	59713,25	72033,74	86623,41
2035	60758,23	74554,92	91171,13
2036	61821,50	77164,34	95957,62
2037	62903,38	79865,09	100995,39
2038	64004,19	82660,37	106297,65
2039	65124,26	85553,48	111878,28



Idea y necesidad.

Este proyecto se sustenta en las razones enumeradas y descriptas a continuación:

1) Infraestructura: en la actualidad gran parte de los postes de madera se encuentran deteriorados.

2) Demanda: los valores de cargas futuras estimados comprometen a la línea debido a su capacidad limitada.

3) Confiabilidad: al aumentar la sección del conductor y cambiar postaciones se incrementa la confiabilidad y calidad del servicio, evitando perjuicios por bajo nivel de tensión, salidas intempestivas de la línea, necesidad de realizar mayor mantenimiento, entre otros.

Misión y visión.

Misión.

Nuestra misión es proporcionar un servicio de energía eléctrica confiable, eficiente y asequible. Comprometiéndonos a promover el desarrollo sostenible de la comunidad a través de la responsabilidad social, respetando y cuidando el medio ambiente al utilizar tecnologías y materiales de última generación, como así también equipos de trabajos preparados y comprometidos con nuestra sociedad.

Visión.

Incrementar la capacidad de transmisión en la zona norte de nuestra ciudad para satisfacer las necesidades y solucionar los problemas, contribuyendo de esta forma al desarrollo con criterios de confiabilidad, competitividad, sustentabilidad y accesibilidad.

Valores.

- ❖ Cooperativismo.
- ❖ Compromiso.
- ❖ Responsabilidad.
- ❖ Confianza.
- ❖ Vocación.

Objetivos.

Objetivos a corto plazo:

- Proveer energía eléctrica necesaria en la actualidad.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Limitar los cortes de energía por salidas intempestivas y/o programadas de la línea.

Objetivos a largo plazo:

- Acompañar el desarrollo industrial, turístico y demográfico de la región.
- Asegurar altos niveles de confiabilidad en el servicio.
- Sentar las bases a futuras inversiones en distribución de la energía eléctrica.

Solución propuesta.

Como solución del problema planteado se proyecta un recambio de todas las postaciones de suspensión, verificación y, en caso de ser necesario, el reemplazo de las estructuras de retención y retención angular de hormigón por nuevas que verifiquen con todos los esfuerzos de las hipótesis planteadas según la “Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión – AEA 95301”.

En la zona inundable comprendida en las inmediaciones del Arroyo Ayuí Grande se optará por la colocación de estructuras de hormigón, para asegurar una mayor vida útil en comparación a las de madera.

Además, se realizará el cambio de conductor actual por uno de 70mm² de aleación de aluminio cuya corriente admisible ascienda a 235 A. Sostenido por medio de aisladores Line Post en disposición Triangular.

Esta solución deja la puerta abierta a una futura repotenciación de la línea que corre hacia el norte por Avenida Monseñor Röch, y a una modernización e incremento de potencia de la estación transformadora “Central N°2”, preparando a toda la zona norte de la ciudad de Concordia para un crecimiento continuo y sin falencias en la prestación del servicio eléctrico a cargo de la Cooperativa Eléctrica y Otros Servicios de Concordia Ltda.

Análisis FODA.

Fortalezas.	Debilidades.
<ul style="list-style-type: none">❖ Mayor disponibilidad de transporte de energía.❖ Menores pérdidas de potencia.❖ Menor costo de instalación.❖ Bajo impacto visual.	<ul style="list-style-type: none">❖ Costos iniciales elevados.❖ Molestias a los vecinos durante las obras.❖ Cortes temporales del servicio.
Oportunidades.	Amenazas.
<ul style="list-style-type: none">❖ Fomentar el desarrollo industrial y turístico.❖ Reducir el riesgo de cortes imprevistos.	<ul style="list-style-type: none">❖ Incrementos de costos por devaluación.❖ Trabas y demoras en productos importados.❖ Demoras en tiempos de obra.❖ Reducción de la actividad económica en la zona.

Fortalezas.

- Mayor disponibilidad de transporte de energía: se incrementa en más de un 20% la capacidad de transmisión.
- Menores pérdidas de potencia: al aumentar la sección del conductor se disminuye la resistencia eléctrica y la disipación de calor, lo que se traduce en menores pérdidas de potencia.
- Menor costo de instalación: por ser del tipo constructivo Line Post, se simplifica el armado de las estructuras y su izado.
- Bajo impacto visual: al igual que en el punto anterior, al tratarse de una línea Line Post sumado a una disposición triangular, el tamaño del cabezal y la ubicación de los conductores son menos invasivos a la vista.

Oportunidades.

- Fomenta el desarrollo industrial y turístico: se elimina la limitación de transmisión de energía máxima que se alcanzaría con el crecimiento de demanda en la zona.
- Reducción del riesgo de cortes imprevistos: al ser una instalación nueva y más robusta, las probabilidades de fallas se reducen.

Debilidades.

- Costos iniciales elevados: por tratarse de insumos, elementos y/o materias primas de los mismos importados, están sujetos a los precios dolarizados del mercado.
- Molestias a los vecinos durante las obras: en toda actividad donde se utilicen maquinarias ruidosas como grúas, camiones, etc.; y movimiento de materiales, se producen inevitablemente ruidos molestos e inconvenientes en los espacios adyacentes.
- Cortes temporales del servicio: cuando se reemplacen ciertos elementos del proyecto o cambios en las conexiones eléctricas se producirán cortes de energía, siempre informados con antelación.

Amenazas.

- Incrementos de costos por devaluación: las posibles depreciaciones del peso argentino frente al dólar norteamericano son imprevisibles y exceden a las capacidades de control de este proyecto.
- Trabas y demoras en productos importados: ante las dificultades de acceder al mercado legal de divisas, trabas aduaneras y regulaciones del Banco Central de la República Argentina (BCRA) muchas veces el proceso de compra en el exterior se vuelve largo y burocrático.
- Demoras en tiempos de obra: debido a condiciones climáticas adversas, retraso de proveedores o paros laborales, la planificación de los trabajos puede verse afectados.

○ Reducción de la actividad económica en la zona: por condicionales económicas y financieras a nivel nacional, tal como alta inflación, tasas de créditos elevadas, falta de fomento a las industrias y al desarrollo del turismo y recesión dificultan la instalación y el crecimiento de nuevos usuarios.

Leyes y Normativas.

En este apartado se mencionan las leyes, normas y reglamentos aplicables a este proyecto.

- Ley 20337 Ley de Cooperativas.
- Ley N° 24065: Régimen de la Energía Eléctrica.
- Ley Provincial 8916: Marco Regulatorio Provincial.
- Resolución EPRE N°45/24.
- Resolución Secretaría de Energía: RESOL-2024-7-APN-SE#MEC
- AEA 95301: Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de MT y AT.

Descripción de la línea.

La línea de 33 kV en disposición triangular posee una longitud total de 18,265 km, por lo cual para su estudio se dividirá en 10 tramos descritos a continuación.

Tramo 1 – por De los Viñedos, entre Concejal Veiga y Paula Albarracín de Sarmiento.

Distancia: 1380 m.

Suspensión: 15.

Retención: 2.

Tramo 2 – por Paula Albarracín de Sarmiento, entre De los Viñedos y Bv. Ayuí (o).

Luego por Bv. Ayuí hasta Bv. Yuquerí.

Distancia: 1370 m.

Suspensión: 12.

Retención: 3.

Tramo 3 – por Bv. Yuquerí, desde Bv. Ayuí (o), hasta SE 192.

Distancia: 1495 m.

Suspensión: 13.

Retención: 4.

Tramo 4 – por Bv. Yuquerí desde SE 192 hasta Vuelta de obligado.

Distancia: 1540 m.

Suspensión: 12.

Retención: 5.

Tramo 5 – por Vuelta de Obligado, desde Bv. Yuquerí hasta Alberto Galli.

Distancia: 1985 m.

Suspensión: 16.

Retención: 5.

Tramo 6 – por Alberto Galli, desde Vuelta de Obligado hasta Retención con Seccionador 45.

Distancia: 1980 m.

Suspensión: 20.

Retención: 2.

Tramo 7 – por Alberto Galli, hasta Ruta Nacional 015.

Distancia: 1580 m.

Suspensión: 13.

Retención: 5.

Tramo 8 – por Alberto Galli, desde Ruta Nacional 015 hasta RA 90°.

Distancia: 2115 m.

Suspensión: 20.

Retención: 4.

Tramo 9 – desde RA 90° hasta RA 25° (1780 m)

Distancia: 1780 m.

Suspensión: 15.

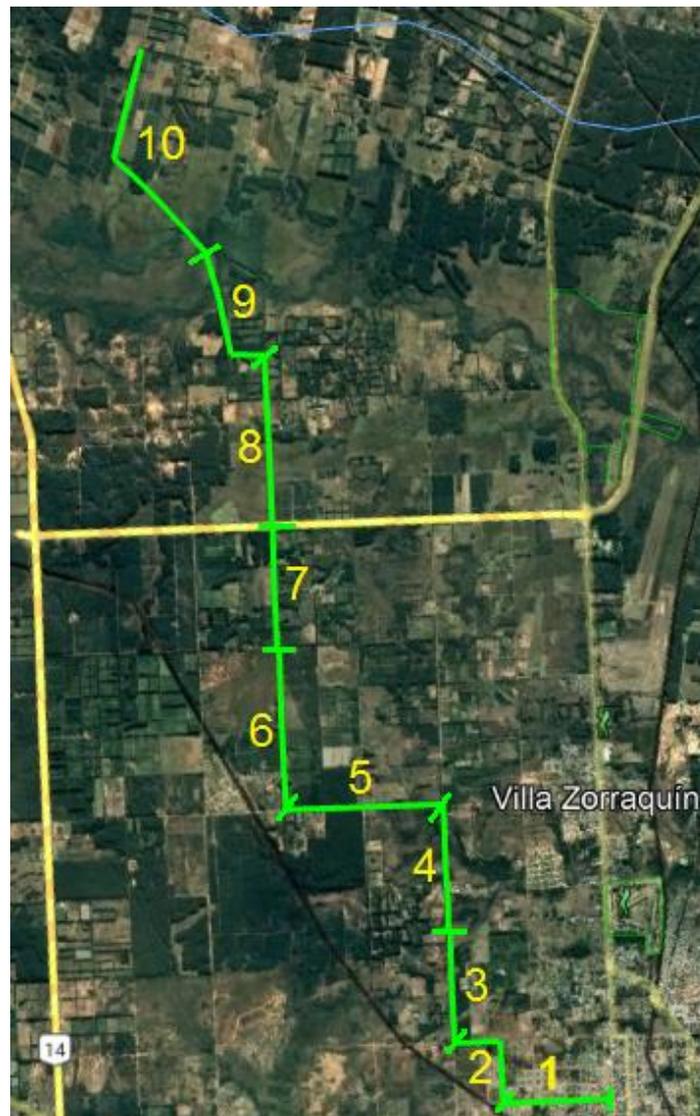
Retención: 4.

Tramo 10 – desde RA 25° hasta Próspero Bovino en Colonia Ayuí.

Distancia: 3040 m.

Suspensión: 28.

Retención: 4.

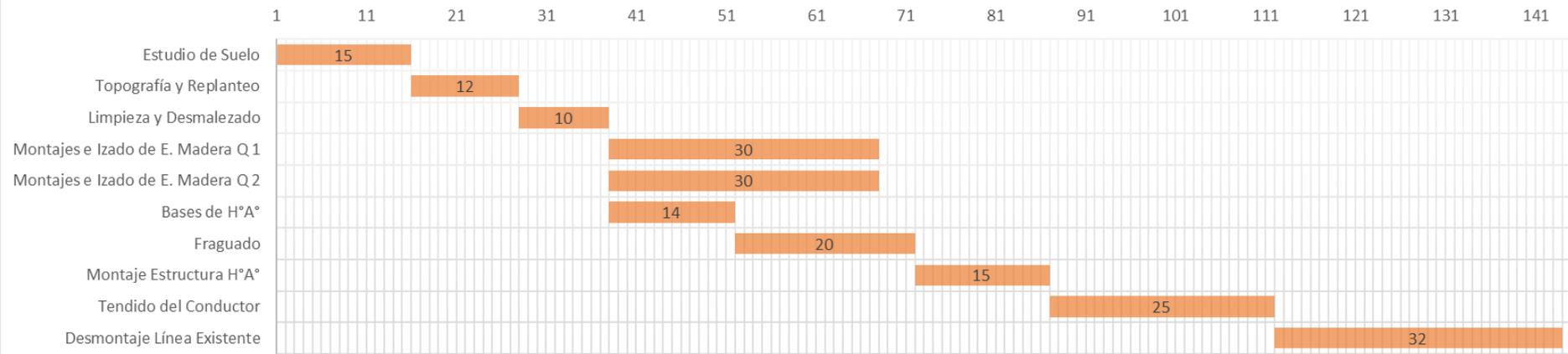


Planificación de obras.

Para llevar a cabo las obras se deberán seguir los siguientes pasos:

Descripción	Duración [d]
Estudio de Suelo	15
Topografía y Replanteo	12
Limpieza y Desmalezado	10
Montajes e Izado de E. Madera Q 1	30
Montajes e Izado de E. Madera Q 2	30
Bases de H°A°	14
Fraguado	20
Montaje Estructura H°A°	15
Tendido del Conductor	25
Desmontaje Línea Existente	32

DIAGRAMA DE GANTT



Riesgos.

Demanda de energía.

Reducción de la demanda industrial: una disminución en la producción industrial, ya sea por factores económicos nacionales o internacionales, podría generar una menor demanda de energía eléctrica, impactando negativamente en los ingresos del proyecto.

Eficiencia energética: la implementación de políticas públicas o iniciativas privadas que promuevan la eficiencia energética en los sectores industrial, comercial y residencial, podrían reducir el consumo total de energía.

Incentivos a la generación distribuida: el otorgamiento de incentivos o beneficios fiscales a la generación de energía a partir de fuentes renovables o sistemas de autoconsumo significaría una reducción de la demanda.

Sensibilidad a cambios económicos:

Ciclos económicos: las fluctuaciones del ciclo económico general del país o de la región podrían afectar la demanda de energía, especialmente en sectores sensibles como la industria y el turismo.

Precios de la energía: las variaciones en los precios de la energía en el mercado mayorista o minorista inciden directamente en el proyecto.

Tipo de cambio: el proyecto implica la adquisición de insumos importados, por lo que las fluctuaciones del tipo de cambio afectarán significativamente los costos del proyecto y, por lo tanto, su rentabilidad.

Regulaciones y políticas públicas:

Cambios en la legislación energética: modificaciones en las leyes o regulaciones que rigen el sector eléctrico, como la Ley de Servicios Públicos o la Ley de Mercado Eléctrico, podrían afectar los derechos y obligaciones de la empresa responsable del proyecto, impactando en su rentabilidad.

Políticas de subsidios: la utilización o modificación de los subsidios a la energía eléctrica afectan directamente los precios de la misma.

Riesgos Económicos:

Tasas de interés: el proyecto se financia parcialmente mediante un préstamo, por lo que las variaciones en las tasas de interés del mercado condicionan su ejecución.

Riesgo de incumplimiento: el no pago y el robo de energía por parte de los usuarios generan pérdidas a la cooperativa y afectar su capacidad para cumplir con sus compromisos financieros.

Construcción y operación:

Imprevistos durante la construcción: la ejecución del proyecto podría enfrentar imprevistos como condiciones climáticas adversas, dificultades técnicas o conflictos laborales, generando costos adicionales no contemplados en el presupuesto original.

Calidad

La distribuidora tiene la responsabilidad de prestar el servicio público de energía eléctrica con un nivel de calidad adecuado. Y es el Ente Regulador de Energía el encargado de controlar el cumplimiento de la misma basándose en los siguientes aspectos:

Calidad técnica: caracterizada por los niveles de tensión y perturbaciones.

Calidad del servicio: se determina con la medición de la frecuencia y duración de las interrupciones en el suministro.

Calidad del servicio comercial: corresponden a los tiempos necesarios para responder a pedidos de conexión, a errores en la facturación y a las demoras en la atención de los reclamos del usuario.

Es responsabilidad de este proyecto cumplimentar con la calidad desde el punto de vista técnico, ya que lo demás exceden a nuestra área. La calidad en este sentido se logra con el correcto diseño de nuestra línea, cumpliendo las reglamentaciones y normas técnicas de diseño. Además, con una correcta operación y mantenimiento de las misma a lo largo de su vida útil.

Plan de Marketing.

Investigación de mercado.

La repotenciación de la red eléctrica en la zona de influencia del proyecto es una respuesta necesaria al crecimiento demográfico y de las actividades turísticas, productivas e industriales. Este aumento del consumo eléctrico pone en riesgo la calidad del servicio brindado a la comunidad, por lo que es fundamental realizar las inversiones necesarias para garantizar el suministro eléctrico.

El objetivo principal de este proyecto es cumplir con las obligaciones de la empresa con respecto a la calidad del servicio. La generación de ganancias es un objetivo secundario, pero se procura al menos no generar pérdidas.

Segmentación.

La nueva red eléctrica de 33 kV en la zona norte de Concordia beneficiará a los sectores residencial, comercial e industrial, tanto rurales como urbanos.

Diferenciación.

Este proyecto se caracteriza por su diseño compacto y eficiente. Los conductores están optimizados para garantizar la vida útil y minimizar los costos. Esto se traduce en un servicio más confiable y con menor tiempo de reposición.

Posicionamiento.

El aumento de capacidad de la red eléctrica es una obra necesaria para garantizar el abastecimiento energético y la calidad de servicio en la zona norte de Concordia durante los próximos 20 años. Este proyecto cumple con los requisitos establecidos por el ente regulador y mejorará la imagen de la empresa, posicionándola como una empresa comprometida con la calidad y la seguridad.

El proyecto se caracteriza por su diseño compacto y eficiente, que minimiza el impacto visual y garantiza la vida útil de los conductores. Esto se traduce en un servicio más confiable y con menor tiempo de reposición, lo que beneficia a la calidad de vida de los usuarios de la zona.

Comunicación.

La Cooperativa Eléctrica y otros servicios de Concordia Ltda informará sobre los costos y beneficios de la obra haciendo uso de los siguientes medios:

- ✓ Notificación a los usuarios por medio de correo electrónico y carta impresa enviada junto a su factura de energía.
- ✓ Se realizará publicaciones en las redes sociales propias como Facebook, Instagram y X.
- ✓ Anuncios informativos a través de radio y televisión.
- ✓ Publicación de la información en la sección Noticias de la página oficial de la Cooperativa,

Análisis Técnico.

Cálculo mecánico del conductor.

El cálculo mecánico del conductor se realiza siguiendo los criterios de la “Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Medio Tensión y Alta Tensión AEA 95301”, edición noviembre 2007.

Características del conductor adoptado.

Marca	Prysmian
Modelo	Prysal
Norma	IRAM 2212
Material	Alambres de aleación de aluminio
Forma	Cuerdas redondas
Sección	70 mm ²
Formación	19 x 2,15 n° x mm ²
Diámetro aproximado	10,8 mm
Masa aproximada	190 kg/km
Carga de rotura calculada	1971 kgf
Resistencia eléctrica máxima a 20 °C y cc	0,480 Ω/km
Resistencia eléctrica máxima a 80 °C y ca	0,588 Ω/km
Corriente admisible	235 A
Sección total	68,97 mm ²
Módulo de elasticidad	5700 daN/mm ²
Coefficiente de dilatación térmica	20 x 10 ⁻⁶ 1/°C

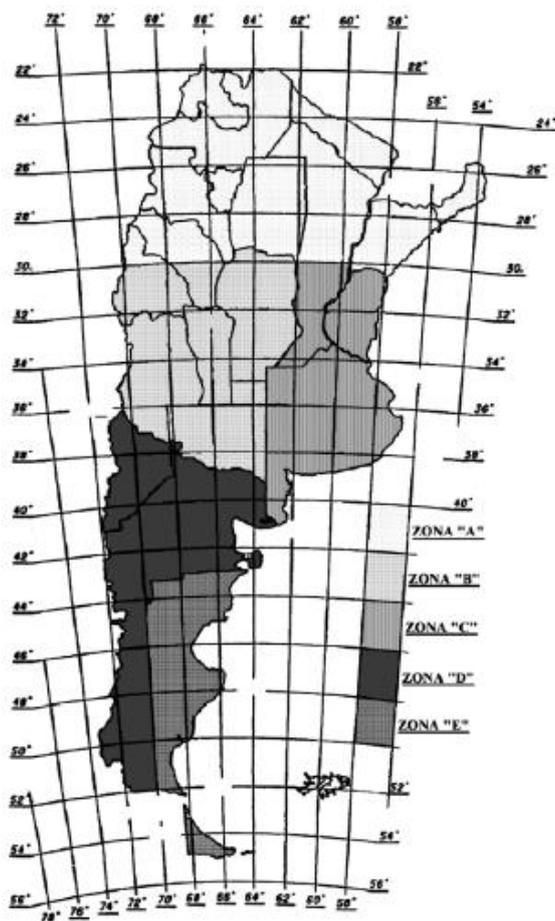
Estados atmosféricos.

Describen los estados de carga a los cuales estará sometida la línea debido a cambios de temperaturas, viento máximo y presencia de hielo.

Estos estados se describen a continuación:

Estado	Característica	Comentarios
I	Temperatura Máxima	Flecha máxima (mínima tensión)
II	Temperatura Mínima	Tensión elevada (contracción térmica)
III	Viento Máximo	Tensión elevada (sobrecarga por viento)
IV	Viento Moderado y Hielo	Tensión elevada (contracción térmica con sobrecarga por viento y hielo)
V	Temperatura Media Anual	Fatiga

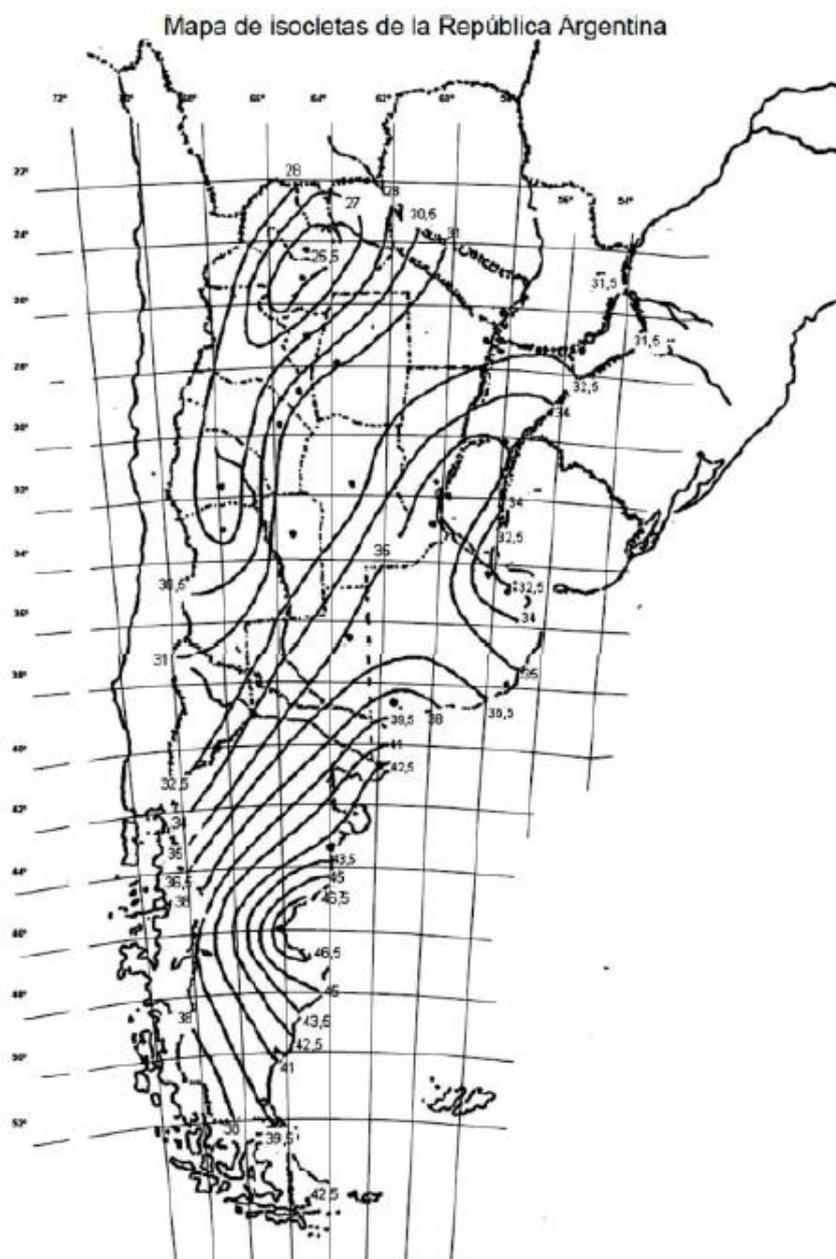
Según el Anexo B de AEA 95301, nuestro proyecto se encuentra emplazado dentro de la “Zona C”



Por lo cual, debido a Tabla 10.2-a – Estados atmosféricos, tenemos:

Zona	Estados Climáticos	Temperaturas [°C]	Vientos [m/s]
C	I	+45	0
	II	-10	0
	III	+15	35
	IV	-5	14
	V	+16	0

Los valores de viento se obtienen del “Anexo C – Mapa de isotacas de la República Argentina”.



Tensiones admisibles.

Para cada estado atmosférico existirá una tensión admisible. Para los estados de esfuerzos máximos (I, II, III y IV) se considera el 45% de la tensión de rotura; para el estado V se considera el 15% de la misma.

$$\sigma_{c1} = 0,45 * \frac{T_r}{S_c} = 0,45 * \frac{1971 \text{ daN}}{68,97 \text{ mm}^2} = 12,86 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{c2} = \sigma_{c1}$$

$$\sigma_{c3} = \sigma_{c1}$$

$$\sigma_{c4} = \sigma_{c1}$$

$$\sigma_{c5} = 0,15 * \frac{T_r}{S_c} = 0,15 * \frac{1971 \text{ daN}}{68,97 \text{ mm}^2} = 4,287 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Estados	Temperaturas [°C]	Viento [m/s]	Tensiones máximas admisibles [daN/mm ²]
I	45	0	12,86
II	-10	0	12,86
III	15	35	12,86
IV	-5	14	12,86
V	16	0	4,287

Cargas específicas.

Se considera como vano de cálculo a = 80 m.

Acción del Peso Propio del conductor:

$$g_c = \frac{P_c}{1000 * S_c} = 0,0028 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Acción del viento sobre el conductor.

Para realizar este cálculo se considera que la línea se encuentra dentro de la zona de “Exposición C”.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor dependiente de la densidad del viento.
$Z_g = 274$	Factor en función de la categoría de exposición (Tabla 10.2-g – AEA 95301).
$\alpha = 7,5$	Factor en función de la categoría de exposición (Tabla 10.2-g – AEA 95301).
$L_s = 67$	Factor en función de la categoría de exposición (Tabla 10.2-h – AEA 95301).
$k = 0,005$	Factor en función de la categoría de exposición (Tabla 10.2-h – AEA 95301).
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.
$Z = 10$	Altura efectiva del conductor (aproximada).
$Z_p = 1,61 * \left(\frac{Z}{Z_g}\right)^{\frac{1}{\alpha}} = 1,035$	Factor de terreno en función de la exposición y la altura.
$E = 4,9 * \sqrt{k} * \left(\frac{10}{Z}\right)^{\frac{1}{\alpha}} = 0,346$	Coefficiente para determinar el factor de ráfaga.
$B_w = \frac{1}{1+0,8*\frac{\alpha}{L_s}} = 0,511$	Factor para hallar el factor de ráfaga.
$G_w = 1 + 2,7 E \sqrt{B_w} = 1,669$	Factor de ráfaga.
$F_c = 1$	Factor de carga (Tabla 10.2-b – AEA 95301).
$A_c = a * \phi_c = 0,864 m^2$	Área proyectada del conductor donde actúa el viento.
$\psi = 0^\circ$	Ángulo del viento con respecto al eje perpendicular de la línea.

Luego, la fuerza del viento sobre el conductor para cada estado es:

$$F_{Vc1} = Q * (Z_p * V_1)^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 0 daN$$

$$F_{Vc2} = Q * (Z_p * V_2)^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 0 daN$$

$$F_{Vc3} = Q * (Z_p * V_3)^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 116,098 daN$$

$$F_{Vc4} = Q * (Z_p * V_4)^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 18,576 daN$$

$$F_{Vc5} = Q * (Z_p * V_5)^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 0 daN$$

Las cargas específicas por viento son:

$$g_{Vc1} = \frac{F_{Vc1}}{a * S_c} = 0 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$g_{Vc2} = \frac{F_{Vc2}}{a * S_c} = 0 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$g_{Vc3} = \frac{F_{Vc3}}{a * S_c} = \frac{77,684 daN}{80 m * 68,97 mm^2} = 0,021 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$g_{Vc4} = \frac{F_{Vc4}}{a * S_c} = \frac{12,249 daN}{80 m * 68,97 mm^2} = 0,0034 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$g_{Vc5} = \frac{F_{Vc5}}{a * S_c} = 0 \frac{daN}{m * mm^2}$$

Ángulo de inclinación del conductor:

$$\theta_3 = \tan^{-1} \left(\frac{g_{Vc3}}{g_c} \right) * \frac{180}{\pi} = \tan^{-1} \left(\frac{0,021}{0,0028} \right) * \frac{180}{\pi} = 82,54^\circ$$

$$\theta_4 = \tan^{-1} \left(\frac{g_{Vc4}}{g_c} \right) * \frac{180}{\pi} = \tan^{-1} \left(\frac{0,0034}{0,0028} \right) * \frac{180}{\pi} = 50,7^\circ$$

Las cargas específicas resultantes son:

$$G_{c1} = \sqrt{g_c^2 + g_{Vc1}^2} = \sqrt{0,0028^2 + 0^2} = 0,0028 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$G_{c2} = \sqrt{g_c^2 + g_{Vc2}^2} = \sqrt{0,0028^2 + 0^2} = 0,0028 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$G_{c3} = \sqrt{g_c^2 + g_{Vc3}^2} = \sqrt{0,0028^2 + 0,021^2} = 0,0212 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$G_{c4} = \sqrt{g_c^2 + g_{Vc4}^2} = \sqrt{0,0028^2 + 0,0034^2} = 0,0044 \frac{daN}{m * mm^2}$$

$$G_{c5} = \sqrt{g_c^2 + g_{Vc5}^2} = \sqrt{0,0028^2 + 0^2} = 0,0028 \frac{daN}{m * mm^2}$$

Determinación del Estado Básico mediante la utilización de los Vanos Críticos.

Existe un estado atmosférico el cual para el conductor es el más desfavorable, sometándolo a la tensión más elevada. Tomando ese estado como punto de partida se puede, mediante la ecuación de cambio de estado, obtenerse las tensiones el cualquiera de los otros.

Para ello, se deben encontrar los Vanos Críticos y luego compararlos de a pares siguiendo el siguiente criterio:

Vano Crítico	Vano Considerado	Condición para ser Estado Básico
Número Real	$a < a_{cr}$	El estado de menor g/σ
	$a > a_{cr}$	El estado de mayor g/σ
Número Imaginario	Cualquier valor de vano	El estado de mayor g/σ
Infinito, condición: $\frac{g_1}{\sigma_1} = \frac{g_2}{\sigma_2}$	Cualquier valor de vano	El de menor temperatura si: $\sigma_1 = \sigma_2$ y $g_1 = g_2$
		Es el I si: $\alpha E (t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 > 0$
		Es el II si: $\alpha E (t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 < 0$
		Ambos estados pueden ser tomados como básicos si: $\alpha E (t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 = 0$

Vano crítico II – III:

$$a_{cr\ 2-3} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c3}}{E_c} + \alpha_c (t_2 - t_3)\right) \frac{24}{\frac{G_{c2}^2}{\sigma_{c2}^2} - \frac{G_{c3}^2}{\sigma_{c3}^2}}} = 71,796\ m$$

Vano crítico II – IV:

$$a_{cr\ 2-4} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c4}}{E_c} + \alpha_c (t_2 - t_4)\right) \frac{24}{\frac{G_{c2}^2}{\sigma_{c2}^2} - \frac{G_{c4}^2}{\sigma_{c4}^2}}} = 200,677\ m$$

Vano crítico II – V:

$$a_{cr\ 2-5} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c5}}{E_c} + \alpha_c (t_2 - t_5)\right) \frac{24}{\frac{G_{c2}^2}{\sigma_{c2}^2} - \frac{G_{c5}^2}{\sigma_{c5}^2}}} = j243,383\ m$$

Vano crítico III – IV:

$$a_{cr\ 3-4} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{c3} - \sigma_{c4}}{E_c} + \alpha_c (t_3 - t_4)\right) \frac{24}{\frac{G_{c3}^2}{\sigma_{c3}^2} - \frac{G_{c4}^2}{\sigma_{c4}^2}}} = 65,055\ m$$

Vano crítico III – V:

$$a_{cr\ 3-5} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{c3} - \sigma_{c5}}{E_c} + \alpha_c (t_3 - t_5)\right) \frac{24}{\frac{G_{c3}^2}{\sigma_{c3}^2} - \frac{G_{c5}^2}{\sigma_{c5}^2}}} = 124,047\ m$$

Vano crítico IV – V:

$$a_{cr\ 4-5} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{c4} - \sigma_{c5}}{E_c} + \alpha_c (t_4 - t_5)\right) \frac{24}{\frac{G_{c4}^2}{\sigma_{c4}^2} - \frac{G_{c5}^2}{\sigma_{c5}^2}}} = j286,49\ m$$

Comparación g/σ :

$$\frac{G_{c2}}{\sigma_{c2}} = 2,142 * 10^{-4}$$

$$\frac{G_{c3}}{\sigma_{c3}} = 1,65 * 10^{-3}$$

$$\frac{G_{c4}}{\sigma_{c4}} = 3,383 * 10^{-4}$$

$$\frac{G_{c5}}{\sigma_{c5}} = 6,427 * 10^{-4}$$

Aplicando los criterios anteriormente expresados, se llega a la conclusión que el

Estado Básico es el V.

$$\sigma_{c5} = 4,287 \frac{daN}{mm^2}$$

$$t_5 = 16\ ^\circ C$$

$$G_{c5} = 0,0028 \frac{daN}{m * mm^2}$$

Verificación de las tensiones en los restantes estados.

Ecuación de estado:

$$\sigma_c^3 + A * \sigma_c^2 - B = 0$$

Estado I.

$$A_1 = \frac{E_c * a^2 * G_{c5}^2}{24 * \sigma_{c5}^2} + E_c * \alpha_c * (t_1 - t_5) - \sigma_{c5} = 0,143$$

$$B_1 = \frac{E_c * a^2 * G_{c1}^2}{24} = 11,535$$

El vector de coeficientes es:

$$v = \begin{bmatrix} -B_1 \\ 0 \\ A_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -11,535 \\ 0 \\ 0,143 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado I:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -1,178 + j1,956 \\ -1,178 - j1,956 \\ 2,213 \end{bmatrix}$$

Entonces:

$$\sigma_{c11} = 2,213 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado II:

$$A_2 = \frac{E_c * a^2 * G_{c5}^2}{24 * \sigma_{c5}^2} + E_c * \alpha_c * (t_2 - t_5) - \sigma_{c5} = -7,067$$

$$B_2 = \frac{E_c * a^2 * G_{c2}^2}{24} = 11,535$$

El vector de coeficientes es:

$$v = \begin{bmatrix} -B_2 \\ 0 \\ A_2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -11,535 \\ 0 \\ -7,067 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado II:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0,109 + j1,254 \\ -0,109 - j1,254 \\ 7,285 \end{bmatrix}$$

Entonces:

$$\sigma_{c22} = 7,285 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado III

$$A_3 = \frac{E_c * a^2 * G_{c5}^2}{24 * \sigma_{c5}^2} + E_c * \alpha_c * (t_3 - t_5) - \sigma_{c5} = -3,79$$

$$B_3 = \frac{E_c * a^2 * G_{c3}^2}{24} = 684,506$$

El vector de coeficientes es:

$$v = \begin{bmatrix} -B_3 \\ 0 \\ A_3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -684,506 \\ 0 \\ -3,79 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado III:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -3,242 + j7,491 \\ -3,242 - j7,491 \\ 10,274 \end{bmatrix}$$

Entonces:

$$\sigma_{c33} = 10,274 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado IV

$$A_4 = \frac{E_c * a^2 * G_{c5}^2}{24 * \sigma_{c5}^2} + E_c * \alpha_c * (t_4 - t_5) - \sigma_{c5} = -6,412$$

$$B_4 = \frac{E_c * a^2 * G_{c4}^2}{24} = 28,763$$

El vector de coeficientes es:

$$v = \begin{bmatrix} -B_4 \\ 0 \\ A_4 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -28,763 \\ 0 \\ -6,412 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado IV:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0,294 + j2,006 \\ -0,296 - j2,006 \\ 6,999 \end{bmatrix}$$

Entonces:

$$\sigma_{c44} = 6,999 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado V

$$A_5 = \frac{E_c * a^2 * G_{c5}^2}{24 * \sigma_{c5}^2} + E_c * \alpha_c * (t_5 - t_5) - \sigma_{c5} = -3,659$$

$$B_5 = \frac{E_c * a^2 * G_{c5}^2}{24} = 11,535$$

El vector de coeficientes es:

$$v = \begin{bmatrix} -B_5 \\ 0 \\ A_5 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -11,534 \\ 0 \\ -3,659 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado V:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0,314 + j1,61 \\ -0,314 - j1,61 \\ 4,287 \end{bmatrix}$$

Entonces:

$$\sigma_{c55} = 4,287 \frac{daN}{mm^2}$$

Los respectivos Tiros son:

$$T_{c1} = \sigma_{c11} * S_c = 152,617 daN$$

$$T_{c2} = \sigma_{c22} * S_c = 502,436 daN$$

$$T_{c3} = \sigma_{c33} * S_c = 708,622 daN$$

$$T_{c4} = \sigma_{c44} * S_c = 482,73 daN$$

$$T_{c5} = \sigma_{c55} * S_c = 295,65 daN$$

Las flechas para postes a igual nivel son:

$$f_{c1} = \frac{a^2 * G_{c1}}{8 * \sigma_{c11}} = 0,996 m$$

$$f_{c2} = \frac{a^2 * G_{c2}}{8 * \sigma_{c22}} = 0,303 m$$

$$f_{c3} = \frac{a^2 * G_{c3}}{8 * \sigma_{c33}} = 1,652 m$$

$$f_{c4} = \frac{a^2 * G_{c4}}{8 * \sigma_{c44}} = 0,497 m$$

$$f_{c5} = \frac{a^2 * G_{c5}}{8 * \sigma_{c55}} = 0,514 m$$

Las flechas verticales para los estados III y IV son:

$$f_{cv3} = f_{c3} * \cos\left(\theta_3 * \frac{\pi}{180}\right) = 0,215 \text{ m}$$

$$f_{cv4} = f_{c4} * \cos\left(\theta_4 * \frac{\pi}{180}\right) = 0,315 \text{ m}$$

Resumen de tensiones, flechas y tiros.

Estado	Tensiones [daN/mm ²]	Flechas [m]	Inclinación [°]	Flecha Vertical [m]	Tiros [daN]
I	$\sigma_{c11} = 2,213$	$f_{c1} = 0,996$	$\Theta_1 = 0$	$f_{cv1} = f_{c1}$	$T_{c1} = 152,617$
II	$\sigma_{c22} = 7,285$	$f_{c2} = 0,303$	$\Theta_2 = 0$	$f_{cv2} = f_{c2}$	$T_{c2} = 502,436$
III	$\sigma_{c33} = 10,274$	$f_{c3} = 1,652$	$\Theta_3 = 82,541$	$f_{cv3} = 0,215$	$T_{c3} = 708,622$
IV	$\sigma_{c44} = 6,999$	$f_{c4} = 0,497$	$\Theta_4 = 50,708$	$f_{cv4} = 0,315$	$T_{c4} = 482,73$
V	$\sigma_{c55} = 4,287$	$f_{c5} = 0,514$	$\Theta_5 = 0$	$f_{cv5} = f_{c5}$	$T_{c5} = 295,65$

Tabla resumen.

Vano	Estado	Tensiones	Flechas	Inclinación	Flecha Vertical	Tiros
[m]		[daN/mm ²]	[m]	[°]	[m]	[daN]
20	I	1,07	0,128	0	0,128	73,96
	II	7,67	0,018	0	0,018	528,88
	III	5,88	0,119	83,23	0,023	405,48
	IV	7,04	0,033	53,42	0,02	485,65
	V	4,28	0,032	0	0,032	295,65
30	I	1,32	0,234	0	0,234	91,25
	II	7,63	0,041	0	0,041	526,57
	III	6,77	0,38	83,09	0,046	467,07
	IV	7,04	0,073	52,85	0,044	485,63
	V	4,28	0,072	0	0,072	295,65
60	I	1,91	0,649	0	0,649	131,74
	II	7,46	0,166	0	0,166	514,43
	III	9,03	1,085	82,73	0,137	623,14
	IV	7,02	0,283	51,45	0,176	484,53
	V	4,28	0,289	0	0,289	295,65
65	I	1,99	0,731	0	0,731	137,32
	II	7,42	0,196	0	0,196	511,7
	III	9,36	1,22	82,68	0,155	645,66
	IV	7,02	0,331	51,25	0,207	484,16
	V	4,28	0,339	0	0,339	295,65
70	I	2,07	0,816	0	0,816	142,65
	II	7,37	0,229	0	0,229	508,78
	III	9,67	1,36	82,63	0,174	667,38
	IV	7,01	0,383	51,06	0,241	483,73
	V	4,28	0,394	0	0,394	295,65
75	I	2,14	0,904	0	0,904	147,75
	II	7,33	0,264	0	0,264	505,7
	III	9,98	1,5	82,58	0,194	688,35
	IV	6,98	0,438	50,88	0,276	483,26
	V	4,28	0,452	0	0,452	295,65
80	I	2,21	0,996	0	0,996	152,61
	II	7,28	0,303	0	0,303	502,43
	III	10,27	1,625	82,54	0,215	708,62
	IV	6,99	0,497	50,7	0,315	482,73
	V	4,28	0,514	0	0,514	295,65
85	I	2,28	1,091	0	1,091	157,27
	II	7,23	0,344	0	0,344	499
	III	10,56	1,804	82,5	0,236	728,24
	IV	7	0,56	50,54	0,356	482,15
	V	4,28	0,58	0	0,58	295,65

Cálculo de flechas a diferentes niveles.

Cuando los apoyos se encuentran a diferentes cotas, el punto más bajo no corresponde a la flecha máxima y no se encuentra en el centro del vano. Las coordenadas de dicho punto se calculan como:

$$X_1 = \frac{a}{2} * \left(1 - \frac{\Delta h}{4f}\right)$$

$$f_1 = \frac{X_1^2 * g_I}{2\sigma_I}$$

Dónde:

Δh es la diferencia de altura entre los puntos de apoyos del conductor.

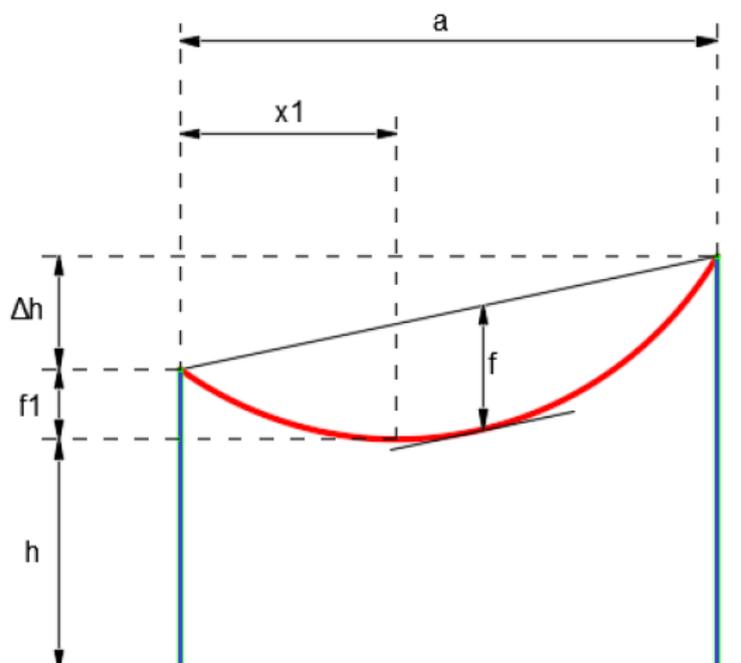
h es la altura libre.

f flecha para el estado de máxima temperatura.

g_I carga específica para el estado I.1

σ_I tensión en el estado I.

a vano entre postes.



Tramo 1 – por De los Viñedos, entre Concejal Veiga y Paula Albarracín de Sarmiento.

Vano	Longitud	Altura Piquetes		Punto más Bajo		
		Número	a [m]	Pi	Pf	x1
1	75		46,5	48,25	19,35	0,24
2	80		48,25	49,83	24,14	0,37
3	80		48,04	49,83	22,03	0,31
4	60		46	48,04	6,43	0,03
5	75		43,52	46	11,78	0,09
6	80		42,47	43,52	29,46	0,55
7	80		42,47	44,06	24,04	0,37
8	65		44,05	44,06	32,39	0,74
9	60		44,05	45,78	10,01	0,07
10	80		45,78	48,91	8,57	0,05
11	80		48,91	49,97	29,36	0,55
12	80		48,02	49,97	20,42	0,26
13	60		48,02	48,5	24,45	0,44
14	80		48,5	49,06	34,38	0,75
15	80		49,06	51,04	20,12	0,26
16	80		51,04	52,7	23,33	0,34
17	60		52,7	54,12	13,59	0,14
18	60		54,12	55,95	8,85	0,06
19	65		55,95	57,5	15,27	0,16

Tramo 2 – por Paula Albarracín de Sarmiento, entre De los Viñedos y Bv. Ayuí (o). Luego por Bv. Ayuí hasta Bv. Yuquerí.

Vano Número	Longitud a [m]	Altura Piquetes		Punto más Bajo	
		Pi	Pf	x1	f1
20	80	56,26	57,5	27,55	0,48
21	80	55,8	56,26	35,38	0,79
22	80	55,8	56,1	36,99	0,87
23	70	56,1	56,28	33,07	0,74
24	70	55,89	56,28	30,82	0,64
25	80	55,98	56,09	38,90	0,96
26	80	56,09	56,7	33,88	0,73
27	80	56,34	56,7	36,39	0,84
28	60	55,84	56,34	24,22	0,43
29	60	55,84	56,51	22,26	0,36
30	60	56,51	57,67	16,59	0,20
31	80	57,67	58,36	33,07	0,69
32	70	58,36	59,5	22,78	0,35
33	80	58,11	59,5	26,04	0,43
34	80	55,6	58,11	14,80	0,14
35	80	54,17	55,6	25,64	0,42
36	60	54,17	54,47	26,53	0,52
37	60	54,43	54,47	29,54	0,64
38	60	54,43	54,5	29,19	0,62

Tramo 3 – por Bv. Yuquerí, desde Bv. Ayuí (o), hasta SE 192.

Vano Número	Longitud a [m]	Altura Piquetes		Punto más Bajo	
		Pi	Pf	x1	f1
39	70	57,5	57,5	35,00	0,83
40	60	57,34	57,5	28,15	0,58
41	60	57,34	58,1	21,22	0,33
42	80	58,1	59,69	24,04	0,37
43	80	59,69	60,13	35,58	0,80
44	80	59,47	60,13	33,37	0,70
45	80	57,6	59,47	21,22	0,28
46	80	56,71	57,6	31,06	0,61
47	80	56,33	56,71	36,18	0,83
48	70	55	56,33	20,74	0,29
49	80	53,41	55	24,04	0,37
50	70	52,59	53,41	26,21	0,46
51	70	52,3	52,59	31,89	0,69
52	80	52,3	53,29	30,06	0,57
53	80	53,29	54,27	30,16	0,58
54	80	54,27	54,47	37,99	0,91
55	80	54,47	54,88	35,88	0,81
56	80	54,88	55,58	32,97	0,69
57	70	55,12	55,58	30,07	0,61
58	65	54,5	55,12	25,61	0,46

Tramo 4 – por Bv. Yuquerí desde SE 192 hasta Vuelta de obligado.

Vano	Longitud	Altura Piquetes		Punto más Bajo		
		Número	a [m]	Pi	Pf	x1
59	20		54,5	54,5	10,00	0,13
60	80		53,04	54,5	25,34	0,41
61	80		51,85	53,04	28,05	0,50
62	80		51,85	54,07	17,71	0,20
63	80		54,07	56,05	20,12	0,26
64	80		55,46	56,05	34,08	0,73
65	70		55,02	55,46	30,28	0,62
66	70		54,8	55,02	32,64	0,72
67	70		54,04	54,8	26,85	0,49
68	70		51,5	54,04	7,76	0,45
69	65		47,26	51,5	5,93	0,42
71	65		45,25	47,26	10,16	0,37
71	80		44,02	45,25	27,65	0,48
72	80		44,02	44,96	30,56	0,59
73	80		44,96	48,31	6,37	0,03
74	60		48,06	48,31	27,11	0,54
75	80		48,06	49,09	29,66	0,56
76	70		49,09	51,62	7,87	0,04
77	70		51,62	54,47	4,44	0,01
78	60		54,47	55,43	18,91	0,26
79	60		55,43	55,56	28,50	0,60
80	70		54,5	55,56	23,63	0,38

Tramo 5 – por Vuelta de Obligado, desde Bv. Yuquerí hasta Alberto Galli.

Vano	Longitud	Altura Piquetes		Punto más Bajo		
		Número	a [m]	Pi	Pf	x1
80	80		54,28	54,5	37,79	0,90
81	80		54,28	57,32	9,48	0,06
82	80		57,32	57,8	35,18	0,78
83	80		57,8	58,32	34,78	0,77
84	80		58,32	59,63	26,85	0,46
85	80		59,63	60,18	34,48	0,75
86	80		59,1	60,18	29,16	0,54
87	80		57,8	59,1	26,95	0,46
88	80		57,8	58,3	34,98	0,77
89	80		58,3	59,63	26,65	0,45
90	70		59,63	61,6	13,88	0,13
91	70		61,6	62,49	25,46	0,44
92	65		61,62	62,49	22,83	0,37
93	30		61,57	61,62	14,20	0,21
94	80		61,57	62,43	31,37	0,62
95	80		62,43	63,92	25,04	0,40
96	80		63,92	64,78	31,37	0,62
97	80		64,35	64,78	35,68	0,81
98	80		62,16	64,35	18,01	0,21
99	80		59,52	62,16	13,49	0,12
100	80		58,65	59,52	31,27	0,62
101	80		58,65	59,3	33,47	0,71
102	80		59,3	60,4	28,96	0,53
103	80		60,4	60,85	35,48	0,80
104	75		60,85	61,67	29,00	0,55
105	75		61,67	62,5	28,89	0,55

Tramo 6 – por Alberto Galli, desde Vuelta de Obligado hasta Retención con Seccionador 45.

Vano	Longitud	Altura Piquetes		Punto más Bajo		
		Número	a [m]	Pi	Pf	x1
106	80		62,5	63,4	30,96	0,61
107	80		63,4	64,71	26,85	0,46
108	80		64,71	64,89	38,19	0,92
109	80		64,89	66,11	27,75	0,49
110	80		66,11	66,44	36,69	0,85
111	80		65	66,44	25,54	0,41
112	80		62,8	65	17,91	0,20
113	80		61,59	62,8	27,85	0,49
114	80		61,59	61,9	36,89	0,86
115	80		61,8	61,9	39,00	0,96
116	80		61,73	61,8	39,30	0,98
117	80		60,8	61,73	30,66	0,59
118	80		60,6	60,8	37,99	0,91
119	80		59,36	60,59	27,65	0,48
120	80		58,3	59,36	29,36	0,55
121	80		56,33	58,3	20,22	0,26
122	80		54,1	56,33	17,61	0,20
123	80		51,87	54,1	17,61	0,20
124	80		50,8	51,87	29,26	0,54
125	80		50,8	50,97	38,29	0,93
126	80		48,25	50,97	12,69	0,10
127	80		47,8	48,25	35,48	0,80
128	80		47,8	47,89	39,10	0,97
129	70		47,89	49	23,10	0,36
130	70		49	50,5	18,92	0,24

Tramo 7 – por Alberto Galli, hasta Ruta Nacional 015.

Vano	Longitud	Altura Piquetes		Punto más Bajo		
		Número	a [m]	Pi	Pf	x1
131	70		49,59	50,5	25,24	0,43
132	20		49,59	49,63	9,22	0,11
133	30		49,63	49,95	9,87	0,10
134	80		49,95	51,3	26,45	0,44
135	80		51,3	52,36	29,36	0,55
136	80		52,36	52,51	38,49	0,94
137	80		51,71	52,51	31,97	0,65
138	80		51,11	51,71	33,98	0,73
139	80		50,47	51,11	33,57	0,71
140	70		50,47	51,18	27,39	0,51
141	70		51,08	51,18	33,93	0,78
142	70		51,08	51,09	34,89	0,82
143	60		51,09	51,75	22,37	0,37
144	80		51,3	51,75	35,48	0,80
145	80		49,77	51,3	24,64	0,38
146	80		49,39	49,77	36,18	0,83
147	80		49,39	49,84	35,48	0,80
148	80		48,02	49,84	21,73	0,30
149	80		46,13	48,02	21,02	0,28
150	80		44,24	46,13	21,02	0,28
151	80		43,47	44,24	32,27	0,66
152	70		43,47	43,5	34,68	0,81

Tramo 8 – por Alberto Galli, desde Ruta Nacional 015 hasta RA 90° (2115 m)

Vano Número	Longitud a [m]	Altura Piquetes		Punto más Bajo	
		Pi	Pf	x1	f1
153	85	43,3	43,5	40,55	1,01
154	80	41,77	43,3	24,64	0,38
155	80	41,68	41,77	39,10	0,97
156	80	40,8	41,68	31,16	0,61
157	80	39,7	40,8	28,96	0,53
158	80	38,1	39,7	23,94	0,36
159	80	36,5	38,1	23,94	0,36
160	80	34,9	36,5	23,94	0,36
161	80	33,84	34,9	29,36	0,55
162	70	33,84	34,7	25,78	0,45
163	65	34,7	36	18,05	0,23
164	65	36	36,8	23,61	0,39
165	65	36,8	38,1	18,05	0,23
166	70	38,1	40	14,63	0,14
167	80	40	42,9	10,88	0,07
168	80	42,9	45,65	12,39	0,10
169	80	45,65	46,5	31,47	0,63
170	80	45,8	46,5	32,97	0,69
171	80	45,8	46,59	32,07	0,65
172	70	46,59	46,86	32,10	0,70
173	70	46,86	48,63	16,02	0,17
174	70	48,63	50,2	18,16	0,22
175	80	50,2	52,3	18,92	0,23
176	80	52,3	53,36	29,36	0,55
177	80	53,36	54,3	30,56	0,59
178	70	53,8	54,3	29,64	0,59
179	70	53,8	54,5	27,49	0,51
180	65	54,5	54,5	32,50	0,74

Tramo 9 – desde RA 90° hasta RA 25° (1780 m)

Vano	Longitud	Altura Piquetes		Punto más Bajo		
		Número	a [m]	Pi	Pf	x1
181	80		51,67	54,5	11,59	0,08
182	80		49,67	51,67	19,92	0,25
183	70		49,18	49,67	29,75	0,60
184	70		47,8	49,18	20,20	0,28
185	70		46,37	47,8	19,67	0,26
186	60		44,18	46,37	4,69	0,02
187	80		41,1	44,18	9,08	0,05
188	80		39	41,1	18,92	0,23
189	80		37,9	39	28,96	0,53
190	80		35,8	37,9	18,92	0,23
191	80		34,24	35,8	24,34	0,37
192	80		34,02	34,24	37,79	0,90
193	80		32,8	34,02	27,75	0,49
194	80		32,8	32,87	39,30	0,98
195	80		32,5	32,87	36,29	0,83
196	80		32,5	33,11	33,88	0,73
197	60		33,11	34,13	18,21	0,24
198	60		33,5	34,13	22,72	0,38
199	70		32,1	33,5	19,99	0,27
200	80		30,67	32,1	25,64	0,42
201	70		30,67	30,94	32,10	0,70
202	70		30,94	32,21	21,38	0,31
203	70		32,21	32,83	28,35	0,54
204	70		32,83	33,5	27,82	0,52

Tramo 10 – desde RA 25° hasta Próspero Bovino en Colonia Ayuí.

Vano Número	Longitud a [m]	Altura Piquetes		Punto más Bajo	
		Pi	Pf	x1	f1
205	80	32,59	33,5	30,86	0,60
206	70	32,59	33,5	25,24	0,43
207	60	33,5	34,7	16,13	0,19
208	80	34,7	35,5	31,97	0,65
209	80	35,49	35,5	39,90	1,01
210	80	34,67	35,49	31,77	0,64
211	80	34,67	34,87	37,99	0,91
212	70	34,87	34,97	33,93	0,78
213	70	34,97	35,77	26,42	0,47
214	70	35,77	37,1	20,74	0,29
215	70	37,1	38	25,35	0,44
216	70	38	38,79	26,53	0,48
217	70	38,79	38,8	34,89	0,82
218	70	38,8	38,89	34,03	0,78
219	80	38,89	39,5	33,88	0,73
220	65	39,5	40,45	21,94	0,34
221	60	40,45	41,76	14,86	0,16
222	70	41,68	41,76	34,14	0,79
223	75	41,68	41,77	36,57	0,87
224	75	41,77	43,95	14,89	0,14
225	75	43,95	47,05	5,35	0,02
226	80	47,05	49,33	17,11	0,19
227	65	49,33	49,65	28,94	0,59
228	65	49,65	49,71	31,83	0,71
229	60	49,21	49,71	24,22	0,43
230	60	49,21	50,13	19,37	0,27
231	60	50,13	52,31	4,81	0,02
232	60	52,31	55,54	4,65	0,02
233	80	55,54	56,63	29,06	0,53
234	80	56,63	57,52	31,06	0,61
235	60	57,52	59,02	12,67	0,12
236	80	59,02	59,77	32,47	0,67
237	80	58,63	59,77	28,55	0,52
238	80	58,63	58,91	37,19	0,87
239	70	58,91	61,13	11,19	0,08
240	80	61,13	63,54	15,80	0,16
241	70	63,54	64,63	23,31	0,37
242	80	64,63	65,79	28,35	0,51
243	80	65,79	66,3	34,88	0,77
244	80	65	66,3	26,95	0,46
245	75	64	65	27,13	0,48
246	75	62,5	64	21,94	0,31

Tabla de tendido.

La tabla de tendido se realiza para cada tramo entre dos retenciones de una línea. Para evitar las diferencias de tensiones en los aisladores, debido a las distintas longitudes de vano o cambios de temperatura, es necesario que todas las tensiones sean iguales en cada vano del tramo.

El tendido de los cables se realiza sin la presencia de viento o manguito de hielo, por lo tanto, las variaciones de tensiones se deben solamente a la variación de la temperatura.

La tensión del conductor σ_x a una temperatura t_x se obtiene a partir de la Ecuación General de Cambio de Estado a partir de un estado básico, generalmente el Estado V.

Las variaciones de tensión son, dentro de ciertos límites, las mismas que se producirían en un vano teórico o hipotético denominado vano regulación, el cual se calcula a partir de:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum a_i}} \text{ con } i = 1,2,3 \dots n$$

n= número de vanos.

En nuestro caso:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a_{247}^3}{\sum a_{247}}} = \sqrt{\frac{104249125}{18265}} = 75.5 \text{ m}$$

El proceso de cálculo genérico es el siguiente:

Carga específica:

$$g_c = 0,0028 \frac{daN}{m * mm^2}$$

Temperaturas probables durante el tendido:

$$t_{f_i} = (i * 2 - 2) \text{ con } i = 1 \dots 24$$

Ecuación de estado:

$$\sigma_c^3 + A\sigma_c^2 = 0$$

$$A_i = \frac{E_c * a^2 * G_{c5}^2}{24 * \sigma_{c5}^2} + E_c * \alpha_c * (t_i - t_5) - \sigma_{c5}$$

$$B_i = \frac{E_c * a^2 * G_{ci}^2}{24}$$

El vector de coeficientes es:

$$v = \begin{bmatrix} -B_i \\ 0 \\ A_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\sigma_{c_i} = \text{real}(\text{polyroots}(v))$$

Los tiros son:

$$T_{c_1} = \sigma_{c_i} * S_c$$

Las flechas:

$$f_{c_1} = \frac{a_r^2 * g_c}{8 \sigma_{c_i}}$$

Medición de la flecha por el método de la onda de retorno.

El método consiste en golpear secamente el conductor con el fin de producir un impulso mecánico que viajará en forma de onda y se reflejará en la estructura siguiente. Las sucesivas reflexiones continuarán hasta que la energía de la onda se disipe totalmente. Se mide el tiempo entre el golpe y la décima oscilación.

El tiempo correspondiente a 10 oscilaciones del conductor tensado (fórmula empírica):

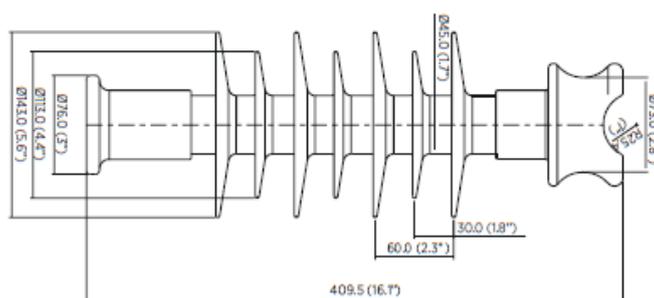
$$Tiempo_i = \sqrt{\frac{f_{c_1}}{0,3064}} * 10$$

Temperatura	Tiro [daN]	Tensión [daN/mm ²]	Flecha [m]	Tiempo de Oscilación [s]
0	420.79	6.1	0.32	10.25
2	404.3	5.86	0.33	10.45
4	387.98	5.63	0.35	10.67
6	371.88	5.39	0.36	10.9
8	356.02	5.16	0.38	11.14
10	340.42	4.94	0.4	11.39
12	325.14	4.71	0.42	11.66
14	310.2	4.5	0.44	11.93
16	295.65	4.29	0.46	12.22
18	281.53	4.08	0.48	12.53
20	267.89	3.88	0.51	12.84
22	254.77	3.69	0.53	13.17
24	242.21	3.51	0.56	13.51
26	230.25	3.34	0.59	13.85
28	218.92	3.17	0.62	14.21
30	208.23	3.02	0.65	14.57
32	198.21	2.87	0.68	14.93
34	188.85	2.74	0.72	15.3
36	180.13	2.61	0.75	15.66
38	172.04	2.49	0.79	16.03
40	164.56	2.39	0.82	16.39
42	157.64	2.29	0.86	16.74
44	151.25	2.19	0.9	17.09
46	145.36	2.11	0.93	17.43

Aisladores de suspensión.

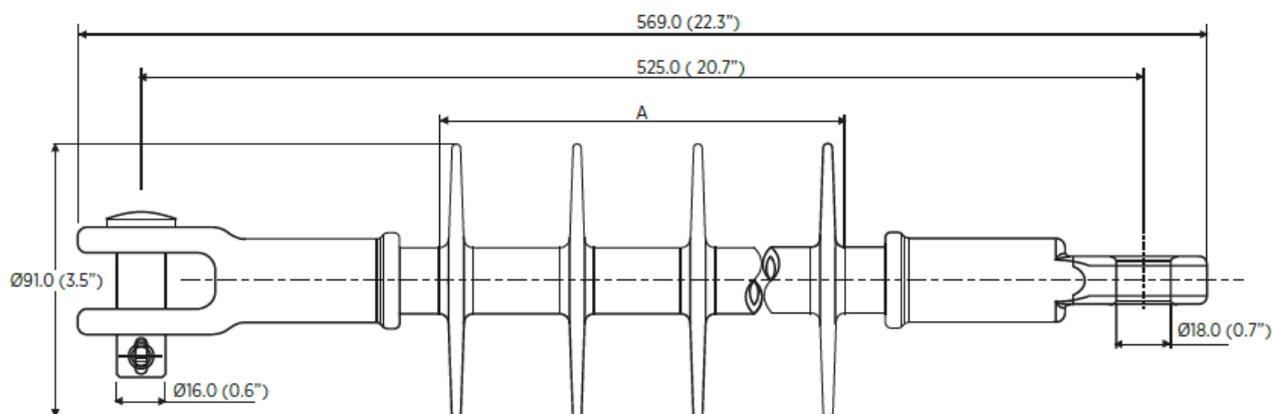
Los aisladores line post cumplen con la función de aislador y ménsula como un solo conjunto, permitiendo la construcción de estructuras cuyo cabezal es muy compacto, ahorrándose en los costos de las ménsulas y los debidos a la constitución de la flanja de servidumbre de electroducto.

El aislador elegido es el siguiente:



Marca	Gamma
Número de catálogo	PL0350011S
Norma	ANSI (C29.18)
Clase	51-4F
Cuello	F
Cubierta	Silicona vulcanizada a alta temperatura
Herrajes	Acero galvanizado en caliente
Distancias Críticas [mm]	
Distancia de arco	286
Distancia de Fuga	769
Valores Eléctricos [kV]	
Voltaje nominal	35
Flameo de baja frecuencia en seco	130
Flameo de baja frecuencia en húmedo	95
Flameo crítico al impulso positivo	210
Flameo crítico al impulso negativo	230
Valores Mecánicos [kN]	
Carga mecánica nominal	12,5
Carga mecánica de rutina	6
Carga mecánica a la torsión	22
Radio influencia	
Voltaje de prueba RMS a tierra [kV]	10
RIV máximo a 1000 kHz [μ V]	4
Dimensiones según esquema	
Tamaño nominal de la rosca	3/4"

Aisladores de retención.



Marca	Gamma
Número de catálogo	PS0350011R
Clase ANSI (C29.13-2000)	61109
Núcleo	Fibra de vidrio en matriz de resina epoxi
Cubierta	Silicona vulcanizada a alta temperatura
Herrajes	Hierro nodular galvanizado en caliente
Distancias críticas [mm]	
Distancia de arco	390
Distancia de fuga	915
Valores mecánicos [kN]	
Carga mecánica nominal	70
Carga mecánica de rutina	35
Carga mecánica a la torsión	47
Valores eléctricos [kV]	
Voltaje típico de aplicación	35
Flameo de baja frecuencia en seco	160
Flameo de baja frecuencia en húmedo	150
Flameo crítico al impulso positivo	265
Nivel básico de aislación	255
Radio de influencia	
Voltaje de prueba [kV]	30
RIV máximo a 1000 kHz [μ V]	<10
Dimensiones según esquema	
Número de campanas	9

Dimensionamiento Geométrico.

Distancia entre conductores de la misma terna.

La distancia entre conductores, en metros, en el centro de vano y en situación de reposo, no será menor que la dada por la fórmula:

$$D = k \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150}$$

Dónde:

D = distancia entre conductores en medio del vano, en metros.

k = coeficiente dependiente del ángulo de inclinación máximo del conductor por efecto del viento máximo de diseño, considerado perpendicular a la línea (ver tabla siguiente).

f_{max} = flecha vertical máxima del conductor, en metros.

L_k = longitud oscilante de la cadena de suspensión, en metros.

V_N = tensión nominal de línea en kV.

Disposición de los Conductores	<45°	De 45° a 55°	De 55° a 65°	>65°
Vertical: Superpuestos en un plano vertical	0,70	0,75	0,85	0,95
Triangular: Dispuestos en triángulo equilátero, dos a igual nivel	0,62	0,65	0,70	0,75
Horizontal: Ubicados en un mismo plano horizontal	0,60	0,62	0,65	0,70

El ángulo máximo de inclinación es:

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{g_{vc3}}{g_c} \right)$$

Dónde:

g_{vc3} = carga aerodinámica máxima.

g_c = peso específico del conductor.

Entonces:

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{0,021}{0,0028} \right) = 82,4^\circ$$

Según la tabla anterior:

$$k = 0,95$$

La distancia mínima entre conductores es:

$$D = k \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150} = 0,95 \sqrt{1,08 \text{ m} + 0 \text{ m}} + \frac{33 \text{ kV}}{150} = 1,2 \text{ m}$$

Según norma, esta distancia puede reducirse hasta un 30%

$$D = 0,84 \text{ m}$$

Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra.

La distancia “s” mínima entre el conductor o sus accesorios puestos a potencial de línea y las partes a potencial de tierra debe ser, para líneas clase “B”:

$$8,7 \text{ kV} < V_M \leq 50 \text{ kV}: s = 0,075 + 0,005 (V_M - 8,7)$$

$$\text{Con } V_M = 1,1 V_N = 1,1 * 33 \text{ kV} = 36,3 \text{ kV}$$

$$s = 0,075 + 0,005 (36,3 - 8,7) = 0,213 \text{ m}$$

Distancias verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruce entre líneas.

Para tensiones menores a 38kV, las distancias serán como mínimo, las que resulten de la aplicación de:

$$D = a \text{ [m]}$$

a = distancia básica según tabla 7.4-a AEA 95301.

En nuestro caso, la altura proyectada es 9 m, la cual es superior a las propuestas por la norma.

Distancias verticales y horizontales a edificios o sus partes (sin desplazamiento del conductor por acción del viento).

Según tabla 7.8-a de AEA 95301, para conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV, la distancia horizontal básica a paredes con aberturas accesibles o ventanas de abrir es: $D = 2.7 \text{ m}$.

Por tabla 7.8-a de AEA 95301, para conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV, la distancia vertical básica a techos, balcones, chimeneas, antenas, etc., es: $D = 4.1 \text{ m}$.

Distancia respecto a columnas de alumbrado.

Para líneas de clase B, considerando la flecha vertical máxima:

✓ Para conductores desnudos o protegidos por encima del brazo pescante o de la luminaria, 1.8 m en cualquier dirección, respecto de los mismos.

✓ Para conductores, por encima del plano de ubicación del artefacto de iluminación, respecto a cualquier posición practicable sobre la columna de alumbrado, su pescante y luminaria: 3 m en cualquier dirección, para instalaciones nuevas de líneas desnudas o protegidas.

Franja de servidumbre.

Se define franja de servidumbre como aquella que se extiende a ambos lados de la línea y posee restricciones para su empleo.

La franja total de terreno, afectada por servidumbre, ancho físico de la línea (bajo condición de viento máximo) más las franjas de seguridad a ambos lados, responde a la fórmula:

$$A = C + 2(L_k + f_i) \sin a + 2d \text{ [m]}$$

Dónde:

A = ancho total de la franja, en metros.

C = Distancia entre los puntos de fijación de los conductores extremos, en metros, para líneas horizontales o triangulares.

L_k = Longitud oscilante de la cadena de suspensión, en metros. (para aisladores rígidos $L_k=0$).

f_i = Flecha inclinada máxima del conductor, en metros, para el estado de viento definido en el punto 6.2.2 para franja de servidumbre.

α = Ángulo de declinación máximo del conductor, por efecto del viento definido en el punto 6.2.2 para franja de servidumbre. Dicho viento se corresponde con el empleado para la determinación de las distancias eléctricas externas de la línea.

d = Distancia de seguridad, en metros.

$$d = 1,5 d_m + 2$$

d_m = Distancia mínima en metros.

$$d_m = V_s / 150$$

$$V_s = \mu * 1,2 * 0,82 * V_N$$

μ = Coeficiente de sobretensión máxima de servicio. (1,1 en general en sistemas trifásicos simétricos de 50 Hz y con centro de estrella, neutro, conectado rígidamente a tierra).

1,2 = Consideración del enrarecimiento del aire (humedad, polución, etc.).

0,82 = Factor de valor de cresta de la tensión (Tensión contra tierra).

Entonces, la distancia de seguridad es:

$$V_s = \mu * 1,2 * 0,82 * V_N = 1,1 * 1,2 * 0,82 * 33 \text{ kV} = 35,72 \text{ kV}$$

$$d_m = \frac{V_s}{150} = 0,238 \text{ m}$$

$$d = 1,5 d_m + 2 = 1,5 * 0,238 + 2 = 2,357 \text{ m}$$

La distancia entre puntos de fijación de los conductores es:

$$C = 1,56 \text{ m}$$

Entonces, en ancho de la franja de servidumbre es:

$$A = C + 2(L_k + f_i) \sin a + 2d \text{ [m]} = 1,56 \text{ m} + 2(0 \text{ m} + 1,08 \text{ m}) \sin 82,4^\circ + 2 * 2,357$$

$$\Leftrightarrow A = 8,415 \text{ m}$$

Dimensionamiento de Estructuras.

Presentaremos los cálculos para la selección de los postes nuevos de madera para suspensión, y la verificación de las estructuras existentes de hormigón, tanto de suspensión, como retención y retenciones angulares.

Las estructuras en su conjunto deberán resistir las cargas de proyecto en las condiciones detalladas en la norma AEA 95301.

El cálculo de estructuras se basará en la aplicación del “Método de factorización de cargas y de resistencias” (LRFD), debiéndose cumplir con la siguiente condición:

$$K_E K_c S \leq \phi R_c$$

Dónde:

K_E = Factor de carga estructural que tiene en cuenta el apartamiento de la estructura real, respecto al modelo ideal de cálculo y los recaudos constructivos (excentricidades no previstas en nudos y empalmes, falta de alineación de los elementos componentes, excentricidades en la aplicación de las cargas, etc.)

$K_E = 1,00$ Si el comportamiento de la estructura es verificado con ensayos de carga sobre un prototipo a escala natural, representativo de la resistencia de las estructuras a instalar en la obra.

Para estructuras de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico.

$K_E = 1,10$ Si no se realizan ensayos sobre un prototipo a escala natural.

K_c = Factor de carga por colapso que tiene en cuenta el tipo de estructura y el daño que produciría la falla de dicha estructura.

$K_c = 1,00$ Para estructuras de suspensión y retenciones de línea.

$K_c = 1,20$ Para retenciones angulares y terminales de línea.

$K_c = 1,30$ Para estructuras especiales para cruces de ríos navegables o de frontera. Centros de transformación aéreos tipo plataforma y soportes de su equipamiento eléctrico. No

incluye a los transformadores de montaje tipo monoposte y su equipamiento; y a equipos de protección y maniobra de línea, instalados sobre postación simple o estructuras de línea (que solo deben ser considerados ante sus cargas estáticas y la presión de viento).

S = Es una sollicitación última, que resulta ser la sollicitación máxima actuante (correspondiente a cargas aleatorias con un periodo de recurrencia T , a cargas de montaje, o a cargas especiales) calculada según se detalla en el presente capítulo, en función del destino, las condiciones de exposición de la obra y de acuerdo con las hipótesis del proyecto.

$K_E K_C S$ = Sollicitación última factorizada.

φ = Factor global de resistencia estructural, que depende del tipo de sollicitación a que está sometido el elemento estructural y del material con el que está construido el mismo. Este coeficiente siempre menor que la unidad, tiene en cuenta la dispersión de la resistencia debido a la calidad de fabricación y montaje de la estructura.

R_c = Resistencia característica o nominal de los elementos componentes y el de sus uniones. Esta resistencia será determinada empíricamente por cálculo, a partir de los resultados de una serie de ensayos, o establecida como carga de rotura por las normas IRAM de aplicación.

Cálculo Suspensión de madera 13 m.

Datos del poste:

$R_p = 1175 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2300 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura Total.
$d_c = 0,2 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = 0,22 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 11 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 2 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 10,8 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 10,2 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 9,6 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_a = 0,78 \text{ m}$	Longitud aislador más soporte.

Cargas.

$a_1 = 80 \text{ m}$	Vano anterior.
$a_2 = 80 \text{ m}$	Vano posterior.
$P_c = 190 \frac{\text{daN}}{\text{km}}$	Peso del cable por unidad de longitud.
$G_c = 15,2 \text{ daN}$	Peso del conductor.
$G_a = 7,8 \text{ daN}$	Peso del aislador más soporte.

Fuerza del sobre el poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.
$\psi = 0^\circ$	Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * \cos(\psi)^2 = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 169,425 daN$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$\phi_c = 0,0108 m$ Diámetro del conductor.

$A_c = \phi_c \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) = 0,864 m^2$ Área del conductor.

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 128,783 daN$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$F_{va} = 1,1 daN$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{cs} + h_{cm} + h_{ci}}{h_l} = 2,786$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1 A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructuras y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

$$\sum M_A = 2(G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a = F_{des} h_l$$

Entonces:

$$F_{des} = \frac{(G_a + G_c) l_a}{h_l} = 1,631 \text{ daN}$$

Fuerza del viento reducida a la cima.

$$F_{v1a} = (F_{vc} + F_{va}) C_c = 361,311 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es.

$$F_{1a} = F_{des} + F_{v1a} + F_{vp} = 532,367 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructuras, aisladores y accesorios en dirección de la línea.

$$F_{des} = 1,631 \text{ daN}$$

$\psi = 90^\circ$ Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$\psi_r = \psi \frac{\pi}{180} = 1,571$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 169,425 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el conductor.

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aisladores.

$$F_{va} = 0 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es:

$$F_{1b} = F_{des} + F_{va} + F_{vp} = 171,056 \text{ daN}$$

Hipótesis 1 C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

$$F_{des} = 1,631 \text{ daN}$$

$\psi = 45^\circ$ Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$\psi_r = \psi \frac{\pi}{180} = 0,785$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 169,425 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el conductor.

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 64,392 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aisladores.

$$F_{va} = 0,05 \text{ daN}$$

Fuerza del viento reducida a la cima.

$$F_{v1c} = (F_{vc} + F_{va}) C_c = 179,265 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es:

$$F_{1c} = F_{des} + F_{v1c} + F_{vp} = 350,321 \text{ daN}$$

Hipótesis 1 D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

No se considera ya que no se produce manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1 E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitudes de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15 % del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2.5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será del 40 %.

No se considera ya que no se produce manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 2: cargas de construcción y mantenimiento.

Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento.

$$F_{carga} = 2,5$$

$$\sum M_A = 2 F_{carga} (G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a = F_{2des} h_l$$

Entonces:

$$F_{2des} = \frac{2 F_{carga} (G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a}{h_l} = 6,524 \text{ daN}$$

$$F_{2a} = F_{2des} = 6,524 \text{ daN}$$

Hipótesis 3: cargas de contención de falla.

No se considera por ser una estructura de madera.

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis.	Fuerza aplicada [daN].
1 A	$F_{1a} = 532,367$
1 B	$F_{1b} = 171,056$
1 C	$F_{1c} = 350,321$
2 A	$F_{2a} = 6,524$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1c}, F_{2a}) = 532,367 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la Estructura.

$$K_E K_C S_s \leq \varphi R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1$$

$$\varphi = 0,5$$

$$\frac{K_E K_C S_s}{\varphi} = 1064,734 \text{ daN}$$

$$R_p = 1175 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if}(K_E K_C S_s \leq \varphi R_p, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_s = \text{Verifica}$$

Cálculo Suspensión de madera 14 m.

Datos del poste:

$R_p = 1150 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2470 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 14 \text{ m}$	Altura Total.
$d_c = 0,2 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = 0,22 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 12 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 2 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,8 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11,2 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,6 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_a = 0,78 \text{ m}$	Longitud aislador más soporte.

Cargas.

$a_1 = 80 \text{ m}$	Vano anterior.
$a_2 = 80 \text{ m}$	Vano posterior.
$P_c = 190 \frac{\text{daN}}{\text{km}}$	Peso del cable por unidad de longitud.
$G_c = 15,2 \text{ daN}$	Peso del conductor.
$G_a = 7,8 \text{ daN}$	Peso del aislador más soporte.

Fuerza del sobre el poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.
$\psi = 0^\circ$	Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * \cos(\psi)^2 = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 184,827 daN$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$\phi_c = 0,0108 m \quad \text{Diámetro del conductor.}$$

$$A_c = \phi_c \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) = 0,864 m^2 \quad \text{Área del conductor.}$$

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 128,783 daN$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_{va} = 1,1 daN$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{cs} + h_{cm} + h_{ci}}{h_l} = 2,786$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1 A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructuras y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

$$\sum M_A = 2(G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a = F_{des} h_l$$

Entonces:

$$F_{des} = \frac{(G_a + G_c) l_a}{h_l} = 1,495 \text{ daN}$$

Fuerza del viento reducida a la cima.

$$F_{v1a} = (F_{vc} + F_{va}) C_c = 363,672 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es.

$$F_{1a} = F_{des} + F_{v1a} + F_{vp} = 549,995 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructuras, aisladores y accesorios en dirección de la línea.

$$F_{des} = 1,495 \text{ daN}$$

$\psi = 90^\circ$ Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$\psi_r = \psi \frac{\pi}{180} = 1,571$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 184,827 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el conductor.

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aisladores.

$$F_{va} = 0 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es:

$$F_{1b} = F_{des} + F_{va} + F_{vp} = 186,322 \text{ daN}$$

Hipótesis 1 C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

$$F_{des} = 1,495 \text{ daN}$$

$\psi = 45^\circ$ Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$\psi_r = \psi \frac{\pi}{180} = 0,785$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 184,827 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el conductor.

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 64,392 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aisladores.

$$F_{va} = 0,05 \text{ daN}$$

Fuerza del viento reducida a la cima.

$$F_{v1c} = (F_{vc} + F_{va}) C_c = 180,436 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es:

$$F_{1c} = F_{des} + F_{v1c} + F_{vp} = 366,759 \text{ daN}$$

Hipótesis 1 D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

No se considera ya que no se produce manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1 E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitudes de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15 % del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2.5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será del 40 %.

No se considera ya que no se produce manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 2: cargas de construcción y mantenimiento.

Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento.

$$F_{carga} = 2,5$$

$$\sum M_A = 2 F_{carga} (G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a = F_{2des} h_l$$

Entonces:

$$F_{2des} = \frac{2 F_{carga} (G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a}{h_l} = 5,98 \text{ daN}$$

$$F_{2a} = F_{2des} = 5,98 \text{ daN}$$

Hipótesis 3: cargas de contención de falla.

No se considera por ser una estructura de madera.

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis.	Fuerza aplicada [daN].
1 A	$F_{1a} = 549,995$
1 B	$F_{1b} = 186,322$
1 C	$F_{1c} = 366,759$
2 A	$F_{2a} = 5,98$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1c}, F_{2a}) = 549,995 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la Estructura.

$$K_E K_C S_s \leq \varphi R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1$$

$$\varphi = 0,5$$

$$\frac{K_E K_C S_s}{\varphi} = 1099,99 \text{ daN}$$

$$R_p = 1150 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if}(K_E K_C S_s \leq \varphi R_p, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Tabla resumen de postes suspensión de madera.

Vano	60				65			70	
Estructura	S	S+0,5	S+1	S+1,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5
Altura Poste Hp [m]	13	13,5	14	14,5	13	13,5	14	13	13,5
Resistencia Poste Rp [daN]	1175	1175	1150	1150	1175	1175	1150	1175	1175
Peso Poste [daN]	2300	2380	2470	2560	2300	2380	2470	2300	2380
Altura Libre hl [m]	11	11,5	12	12,4	11	11,5	12	11	11,5
Empotramiento eb [m]	2	2	2	2,1	2	2	2	2	2
F1a [daN]	487,316	496,037	504,674	511,529	498,579	507,335	516,004	509,842	518,633
F1b [daN]	170,787	178,429	186,075	192,196	170,854	178,493	186,137	170,921	178,557
F1c [daN]	327,66	335,837	343,975	350,459	333,326	341,519	349,671	338,991	347,2
F2a [daN]	5,446	5,209	4,992	4,831	5,715	5,467	5,239	5,985	5,725
Condición a Cumplir [daN]	974,632	992,075	1009,348	1023,057	997,158	1014,671	1032,008	1019,683	1037,267
Verifica	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Vano	70		75		80				
Estructura	S+1	S+1,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5	S+1	S+1,5
Altura Poste Hp [m]	14	14,5	13	13,5	14	13	13,5	14	14,5
Resistencia Poste Rp [daN]	1150	1150	1175	1175	1150	1175	1175	1150	1150
Peso Poste [daN]	2470	2560	2300	2380	2470	2300	2380	2470	2560
Altura Libre hl [m]	12	12,4	11	11,5	12	11	11,5	12	12,4
Empotramiento eb [m]	2	2,1	2	2	2	2	2	2	2,1
F1a [daN]	527,334	534,237	521,104	529,931	538,665	532,367	541,229	549,995	556,946
F1b [daN]	186,199	192,316	170,989	178,622	186,261	171,056	178,686	186,322	192,435
F1c [daN]	355,367	361,873	344,656	352,881	361,063	350,321	358,562	366,759	373,287
F2a [daN]	5,486	5,309	6,254	5,982	5,733	6,524	6,24	5,98	5,87
Condición a Cumplir [daN]	1054,669	1068,474	1042,209	1059,863	1077,329	1064,734	1082,459	1099,99	1113,891
Verifica	Si	Si	Si						

Cálculo Suspensión de hormigón.

Datos del poste:

$R_p = 1100 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 1998 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura Total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9H_p) = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = h_l - 0,19 = 11,51 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = h_{cs} - 0,6 = 10,91 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = h_{cm} - 0,6 = 10,31 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_a = 0,78 \text{ m}$	Longitud aislador más soporte.

Cargas.

$a_1 = 80 \text{ m}$	Vano anterior.
$a_2 = 80 \text{ m}$	Vano posterior.
$P_c = 190 \frac{\text{daN}}{\text{km}}$	Peso del cable por unidad de longitud.
$G_c = 15,2 \text{ daN}$	Peso del conductor.
$G_a = 7,5 \text{ daN}$	Peso del aislador más soporte.

Fuerza del sobre el poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.
$\psi = 0^\circ$	Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * \cos(\psi)^2 = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 264,642 daN$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$\phi_c = 0,0108 m \quad \text{Diámetro del conductor.}$$

$$A_c = \phi_c \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) = 0,864 m^2 \quad \text{Área del conductor.}$$

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 128,783 daN$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_{va} = 1,1 daN$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{cs} + h_{cm} + h_{ci}}{h_l} = 2,797$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1 A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructuras y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

$$\sum M_A = 2(G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a = F_{des} h_l$$

Entonces:

$$F_{des} = \frac{(G_a + G_c) l_a}{h_l} = 1,513 \text{ daN}$$

Fuerza del viento reducida a la cima.

$$F_{v1a} = (F_{vc} + F_{va}) C_c = 363,339 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es.

$$F_{1a} = F_{des} + F_{v1a} + F_{vp} = 629,495 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructuras, aisladores y accesorios en dirección de la línea.

$$F_{des} = 1,513 \text{ daN}$$

$\psi = 90^\circ$ Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$\psi_r = \psi \frac{\pi}{180} = 1,571$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 264,642 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el conductor.

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aisladores.

$$F_{va} = 0 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es:

$$F_{1b} = F_{des} + F_{va} + F_{vp} = 266,156 \text{ daN}$$

Hipótesis 1 C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

$$F_{des} = 1,513 \text{ daN}$$

$\psi = 45^\circ$ Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea.

$$\psi_r = \psi \frac{\pi}{180} = 0,785$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$F_{vp} = F_v \left(\frac{2d_c + D}{6} \right) h_l = 264,642 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el conductor.

$$F_{vc} = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f * A_c * \cos(\psi)^2 = 64,392 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aisladores.

$$F_{va} = 0,05 \text{ daN}$$

Fuerza del viento reducida a la cima.

$$F_{v1c} = (F_{vc} + F_{va}) C_c = 180,271 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es:

$$F_{1c} = F_{des} + F_{v1c} + F_{vp} = 446,427 \text{ daN}$$

Hipótesis 1 D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

No se considera ya que no se produce manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1 E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitudes de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15 % del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2.5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será del 40 %.

No se considera ya que no se produce manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 2: cargas de construcción y mantenimiento.

Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento.

$$F_{carga} = 2,5$$

$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Entonces:

$$F_{2des} = \frac{2 F_{carga} (G_a + G_c) l_a - (G_a + G_c) l_a}{h_l} = 6,053 \text{ daN}$$

El esfuerzo total equivalente reducido a la cima es:

$$F_{2a} = F_{2des} + F_{montaje} = 206,053 \text{ daN}$$

Hipótesis 3: cargas de contención de falla.

Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión, equivalente al 50 % del tiro máximo de una fase o el 70 % del tiro a temperatura media anual, el que provoque solicitaciones más desfavorables para conductores simples o haces de conductores. En el caso del cable de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65 % o al 100 % del tiro a temperatura media anual. No se considera la carga del viento".

$$F_{des} = 1,513 \text{ daN}$$

Los tiros del conductor para el Estado III y V respectivamente:

$$T_{cIII} = 708,62 \text{ daN}$$

$$T_{cV} = 295,65 \text{ daN}$$

Aplicamos la condición.

$$T_{cmax1} = 0,5 T_{cIII} = 354,31 \text{ daN}$$

$$T_{cmax2} = 0,7 T_{cV} = 206,955 \text{ daN}$$

El máximo es:

$$T_{cmax} = \max(T_{cmax1}, T_{cmax2}) = 354,31 \text{ daN}$$

Tiro en la sima.

$$T_c = T_{cmax} \frac{h_{cs}}{h_l} = 354,31 \frac{11,5}{11,7} = 348,556 \text{ daN}$$

Esfuerzo.

$$F_{3a} = \sqrt{F_{des}^2 + T_c^2} = \sqrt{1,513^2 + 348,556^2} = 348,56 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B:

Peso propio y cargas verticales permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis.	Fuerza aplicada [daN].
1 A	$F_{1a} = 629,495$
1 B	$F_{1b} = 266,156$
1 C	$F_{1c} = 446,427$
2 A	$F_{2a} = 206,053$
3 A	$F_{3a} = 348,56$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1c}, F_{1e}, F_{2a}, F_{3a}) = 629,495 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la Estructura.

$$K_E K_C S_s \leq \varphi R_p$$

$$K_E = 1,1$$

$$K_C = 1$$

$$\varphi = 0,7$$

$$\frac{K_E K_C S_s}{\varphi} = 989,207 \text{ daN}$$

$$R_p = 1100 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if}(K_E K_C S_s \leq \varphi R_p, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Tabla resumen de postes suspensión de hormigón.

Vano	60		70			75		80		
Estructura	S	S+0,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5	S	S+0,5	S+1
Altura Poste Hp [m]	13	13,5	13	13,5	14	13	13,5	13	13,5	14
Resistencia Poste Rp [daN]	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Peso Poste [daN]	1998	2218	1998	2218	2344	1998	2218	1998	2218	2344
Altura Libre hl [m]	11,7	12,15	11,7	12,15	12,6	11,7	12,15	11,7	12,15	12,6
Empotramiento eb [m]	1,3	1,35	1,3	1,35	1,4	1,3	1,35	1,3	1,35	1,4
F1a [daN]	584,209	610,814	606,852	633,513	647,184	618,174	644,863	629,495	656,212	669,935
F1b [daN]	265,902	291,654	266,029	291,776	304,598	266,092	291,837	266,156	291,898	304,716
F1c [daN]	423,657	449,832	435,042	461,242	474,485	440,734	466,947	446,427	472,653	485,919
F2a [daN]	205,04	204,853	205,547	205,341	205,15	205,8	205,585	206,053	205,829	205,621
F3a [daN]	306,513	306,7	328,274	328,475	328,661	338,589	338,796	348,56	348,802	349
Condición a Cumplir [daN]	918,043	959,851	953,625	995,521	1017,004	971,416	1013,356	989,207	1031,19	1052,754
Verifica	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Cálculo estructura Retención Angular 90°. Piquete N°107.

Datos del poste seleccionado.

$R_p = 1900 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9 H_p) = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Se designa el poste por norma como **13R1900**.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,7 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,3 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_{nom} = 0,93 \text{ m}$	Distancia del conductor exterior al centro del poste.
$e_m = 0,2 \text{ m}$	Espesor ménsula.
$\alpha = 90^\circ$	Ángulo de desvío de la línea en grados.
$\theta = \alpha \frac{\pi}{180^\circ} = 1,571$	Ángulo de desvío de la línea en radianes.

Ubicación de los vínculos.

$h_{mi} = h_{ci} - e_m = 10,8 \text{ m}$	Altura inferior de la ménsula.
$h_{vsci} = 0,22 h_{mi} = 2,35 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y ménsula.
$h_{vsvms} = 0,24 h_{mi} = 2,60 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y vínculo medio.
$h_{vmsvmi} = 0,26 h_{mi} = 2,80 \text{ m}$	Distancia entre vínculo medio y vínculo inferior.
$h_{vmivi} = 0,28 h_{mi} = 3,02 \text{ m}$	Distancia entre vínculo inferior y empotramiento.

Separación de los postes.

$S_{cima} = 0,15 \text{ m}$	Separación entre postes en la cima.
$S_e = S_{cima} + 0,04 h_l = 0,618 \text{ m}$	Separación entre postes en el empotramiento.

Fuerzas del viento sobre los elementos.

Poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vlong} = F_v \frac{(2d_c + D)}{4} h_l = 396,964 \text{ daN} \quad \text{Fuerza del viento longitudinal.}$$

$$F_{vtrans} = F_v \frac{(2d_c + D)}{3} h_l = 529,285 \text{ daN} \quad \text{Fuerza del viento transversal.}$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc1} = 112,819 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_a = 2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

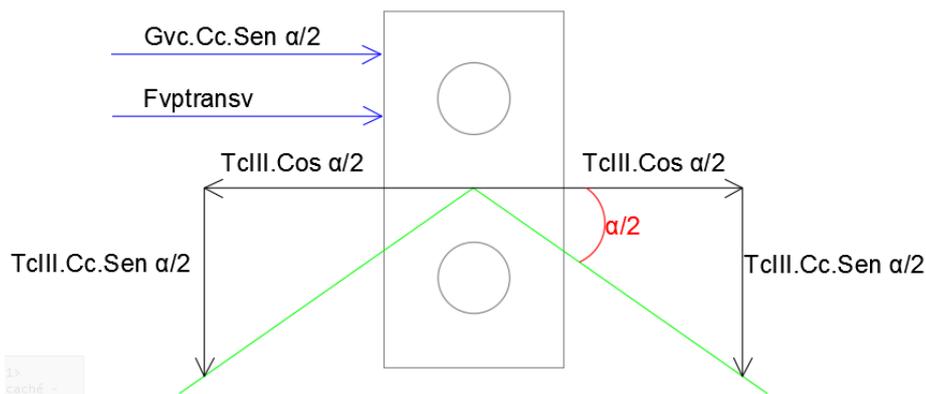
$$F_{vm} = 9 \text{ daN}$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{ci} + h_{cm} + h_{cs}}{h_l} = 2,564$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



$$a_1 = 75 \text{ m}$$

Vano anterior.

$$a_2 = 80 \text{ m}$$

Vano posterior.

$$G_c = 14,72 \text{ daN}$$

Peso del conductor.

$$G_m = 105,85 \text{ daN}$$

Peso de la ménsula.

$$G_a = 7,5 \text{ daN}$$

Peso del aislador.

$$T_{cIII1} = 708,62 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano anterior.

$$T_{cIII2} = 688,35 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano posterior.

Fuerza desequilibrada.

$$F_{des} = \frac{\left(G_c + G_a + \frac{G_m}{3}\right) l_{nom}}{h_l} = 4,571 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1atr} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} + F_{vtrans} + F_{des}$$

$$= 778,785 \text{ daN}$$

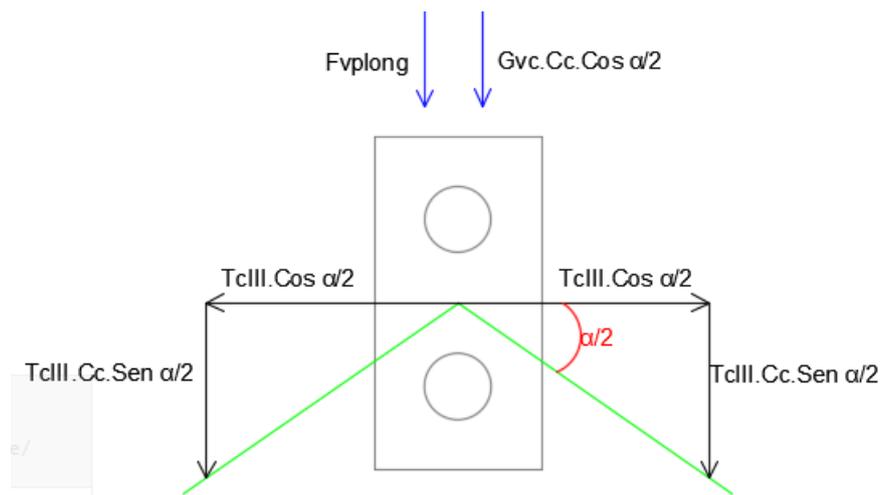
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1along} = (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 2532,838 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1a} = \frac{F_{1atr}}{2} + \frac{F_{1along}}{8} = 705,997 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Esfuerzo transversal.

$$F_{1btr} = (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 36,751 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1blong} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{vlong} + F_{des}$$
$$= 3142,551 daN$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1b} = \frac{F_{1btr}}{2} + \frac{F_{1blong}}{8} = 411,195 daN$$

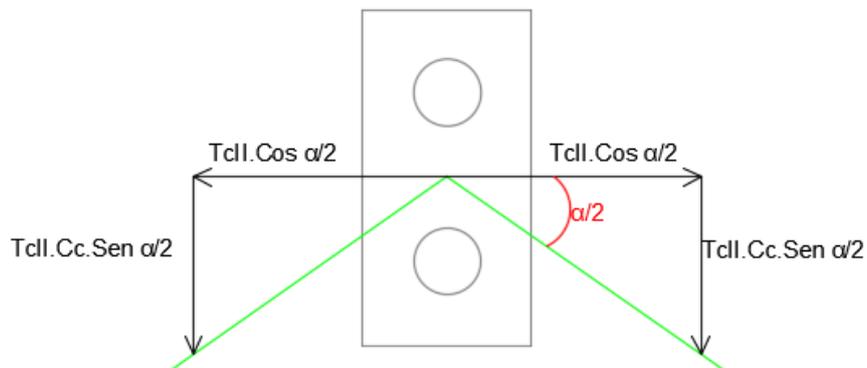
Hipótesis 1C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera por dar valores menores a los anteriores.

Hipótesis 1D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.



$T_{cII1} = 505,7 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano anterior.

$T_{cII2} = 502,43 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano posterior.

Esfuerzo transversal.

$$F_{1etr} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 5,929 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

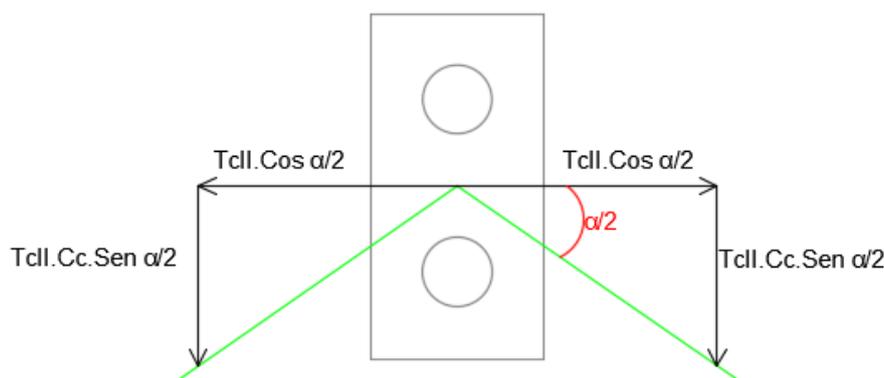
$$F_{1elong} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1832,406 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1c} = \frac{F_{1ctr}}{2} + \frac{F_{1clong}}{8} = 232,015 \text{ daN}$$

Hipótesis 2: Cargas de construcción y mantenimiento.

Hipótesis 2A: Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.



$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2atr} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 5,929 \text{ daN}$$

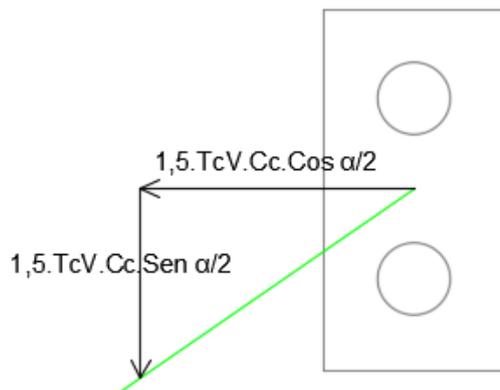
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2along} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 * F_{des} + F_{montaje} = 2039,263 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2a} = \frac{F_{2atr}}{2} + \frac{F_{2along}}{8} = 257,872 \text{ daN}$$

Hipótesis 2B: Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga 1,5. No se considera viento.



$$T_{cv1} = 295,65 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2btr} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 804,062 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

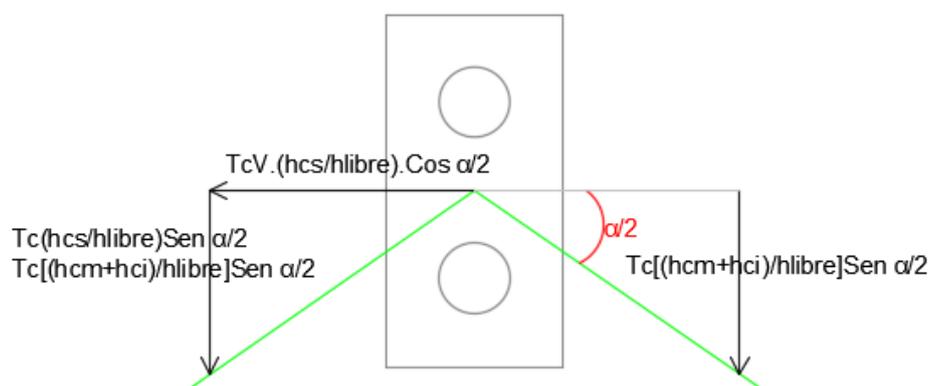
$$F_{2blong} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 F_{des} = 815,49 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2b} = \frac{F_{2btr}}{2} + \frac{F_{2blong}}{8} = 503,967 \text{ daN}$$

Hipótesis3: Cargas de contención de falla.

Hipótesis 3A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores y cables de guardia. No se considera viento.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3atr} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 327,021 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3along} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1507,499 \text{ daN}$$

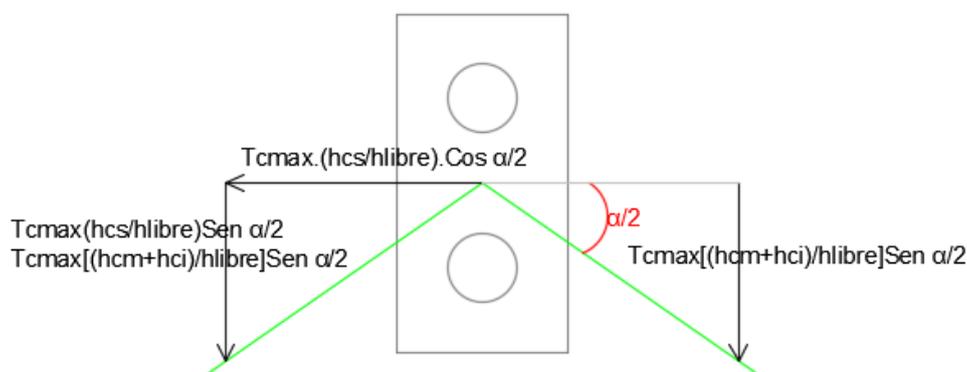
Esfuerzo equivalente.

$$F_{3a} = \frac{F_{3atr}}{2} + \frac{F_{3along}}{8} = 351,948 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductos y cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Hipótesis 3C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasiona el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase “C”.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3ctr} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 458,244 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3clong} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) * \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 2092,274 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3c} = \frac{F_{3ctr}}{2} + \frac{F_{3clong}}{8} = 490,656 \text{ daN}$$

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis	Eje Transversal [daN]	Eje Longitudinal [daN]	F. aplicado por poste [daN]
1A	$F_{1atr} = 778,785$	$F_{1along} = 2532,838$	$F_{1a} = 705,997$
1B	$F_{1btr} = 36,751$	$F_{1blong} = 3142,551$	$F_{1b} = 411,195$
1E	$F_{1etr} = 5,929$	$F_{1elong} = 1832,406$	$F_{1e} = 232,015$
2A	$F_{2atr} = 5,929$	$F_{2along} = 2039,263$	$F_{2a} = 257,872$
2B	$F_{2btr} = 804,062$	$F_{2blong} = 815,49$	$F_{2b} = 503,967$
3A	$F_{3atr} = 327,021$	$F_{3along} = 1507,499$	$F_{3a} = 351,948$
3C	$F_{3ctr} = 458,244$	$F_{3clong} = 2092,274$	$F_{3c} = 490,656$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1e}, F_{2a}, F_{2b}, F_{3a}, F_{3c}) = 705,997 \text{ daN}$$

$$F_{tmax} = \max(F_{1atr}, F_{1btr}, F_{1etr}, F_{2atr}, F_{2btr}, F_{3atr}, F_{3ctr}) = 804,062 \text{ daN}$$

$$F_{lmax} = \max(F_{1along}, F_{1blong}, F_{1elong}, F_{2along}, F_{2blong}, F_{3along}, F_{3clong}) = 3142,551 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la estructura.

$$K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1,2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{K_E * K_C * S_s}{\phi} = 1129,596$$

$$R_p = 1900 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if} (K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Para cargas cuasi permanentes se debe cumplir con:

$$K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p$$

F_{RV} = tiro resultante de aplicar las cargas para retenciones angulares y terminales para el

Estado V

$$F_{RV} = \frac{2}{8} * T_{CV1} * C_C * \sin \frac{\theta}{2} = 134,01 \text{ daN}$$

$\phi_v = 0,4$ factor global de resistencia para el estado V, cargas aplicadas cuasi permanentes.

Estructuras de retención angular y terminal.

$$\text{Verif}_V = \text{if} (K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Condiciones de servicialidad.

$$\sigma_{admV} = 4,287 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{Tensión máxima admisible para el Estado V.}$$

$$S_c = 68,97 \text{ mm}^2 \quad \text{Sección real del conductor.}$$

$$T_x = C_c * \sigma_{admV} * S_s = 758,139 \text{ daN}$$

$$T_y = F_{des} = 4,571 \text{ daN}$$

$$F_N = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 758,153 \text{ daN}$$

$$R_c = \frac{F_N}{0,4} = 1895,383 \text{ daN}$$

$$Verif_{serv} = if(R_c \leq R_p, "Verifica", "NO Verifia") = "Verifica"$$

Tablas resumen de estructuras Retención Angular 90°.

Piquete N°	20	31	39	59	60	81	94	95	107	133	134	182
Vano Anterior [m]	65	60	60	65	20	70	65	30	75	70	20	65
Vano Posterior [m]	80	80	70	20	80	80	30	80	80	20	30	80
Altura Poste Hp [m]	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Resistencia Poste Rp [daN]	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Peso Poste [daN]	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098
Altura Libre hl [m]	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Empotramiento eb [m]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
F1a [daN]	728,998	741,277	688,433	793,663	864,429	717,249	722,503	828,866	705,997	811,304	557,815	728,998
F1b [daN]	438,714	453,267	405,007	531,496	595,047	424,701	455,51	554,75	411,195	546,717	313,103	438,714
F1e [daN]	238,805	241,894	237,567	251,914	258,23	235,501	247,449	255,622	232,015	2653,904	241,77	238,805
F2a [daN]	264,648	267,73	263,389	277,671	284,01	261,351	273,221	281,416	257,872	279,669	267,497	264,648
F2b [daN]	503,944	503,932	503,908	503,802	503,837	503,955	503,826	503,861	503,967	503,814	503,719	503,944
F3a [daN]	355,238	356,735	357,652	365,982	364,644	353,637	365,119	363,383	351,948	365,561	368,117	355,238
F3c [daN]	484,422	481,134	458,444	432,712	449,361	487,594	411,324	458,35	490,656	444,663	368,117	484,422
Condición a Cumplir [daN]	1166,397	1186,042	1101,493	1269,861	1383,086	1147,598	1156,005	1326,185	1129,596	1298,087	892,503	1166,397
Verifica	Si	Si	Si									

Cálculo estructura Retención Angular 75° - Piquete N°188.

Datos del poste seleccionado.

$R_p = 1900 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9 H_p) = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Se designa el poste por norma como 13R1900.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,7 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,3 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_{nom} = 0,93 \text{ m}$	Distancia del conductor exterior al centro del poste.
$e_m = 0,2 \text{ m}$	Espesor ménsula.
$\alpha = 75^\circ$	Ángulo de desvío de la línea en grados.
$\theta = \alpha \frac{\pi}{180^\circ} = 1,309$	Ángulo de desvío de la línea en radianes.

Ubicación de los vínculos.

$h_{mi} = h_{ci} - e_m = 10,8 \text{ m}$	Altura inferior de la ménsula.
$h_{vsci} = 0,22 h_{mi} = 2,35 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y ménsula.
$h_{vsvms} = 0,24 h_{mi} = 2,60 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y vínculo medio.
$h_{vmsvmi} = 0,26 h_{mi} = 2,80 \text{ m}$	Distancia entre vínculo medio y vínculo inferior.
$h_{vmivi} = 0,28 h_{mi} = 3,02 \text{ m}$	Distancia entre vínculo inferior y empotramiento.

Separación de los postes.

$S_{cima} = 0,15 \text{ m}$	Separación entre postes en la cima.
$S_e = S_{cima} + 0,04 h_l = 0,618 \text{ m}$	Separación entre postes en el empotramiento.

Fuerzas del viento sobre los elementos.

Poste.

$Q = 0,0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f = 149,054 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{vlong} = F_v \frac{(2d_c + D)}{4} h_l = 396,964 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento longitudinal.}$$

$$F_{vtrans} = F_v \frac{(2d_c + D)}{3} h_l = 529,285 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento transversal.}$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc1} = 102,89 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_a = 2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

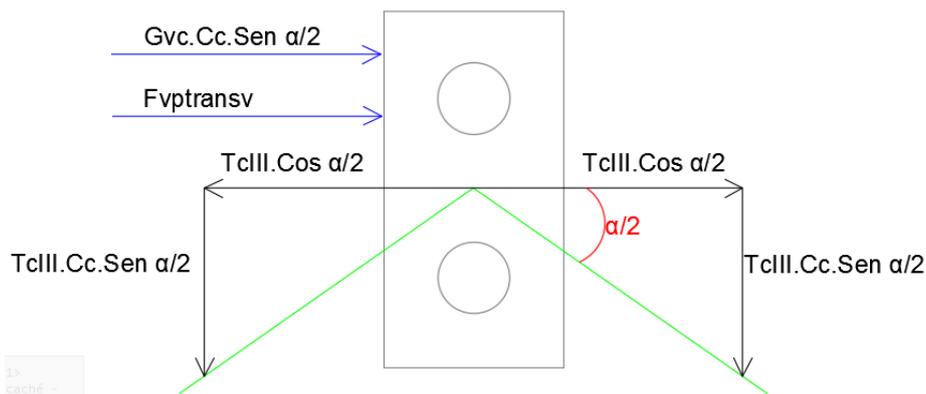
$$F_{vm} = 9 \text{ daN}$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{ci} + h_{cm} + h_{cs}}{h_l} = 2,564$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



$$a_1 = 60 \text{ m}$$

Vano anterior.

$$a_2 = 80 \text{ m}$$

Vano posterior.

$$G_c = 13,3 \text{ daN}$$

Peso del conductor.

$$G_m = 105,85 \text{ daN}$$

Peso de la ménsula.

$$G_a = 7,5 \text{ daN}$$

Peso del aislador.

$$T_{cIII1} = 623,14 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano anterior.

$$T_{cIII2} = 708,62 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano posterior.

Fuerza desequilibrada.

$$F_{des} = \frac{\left(G_c + G_a + \frac{G_m}{3}\right) l_{nom}}{h_l} = 4,458 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1atr} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} + F_{vtrans} + F_{des}$$

$$= 871,355 \text{ daN}$$

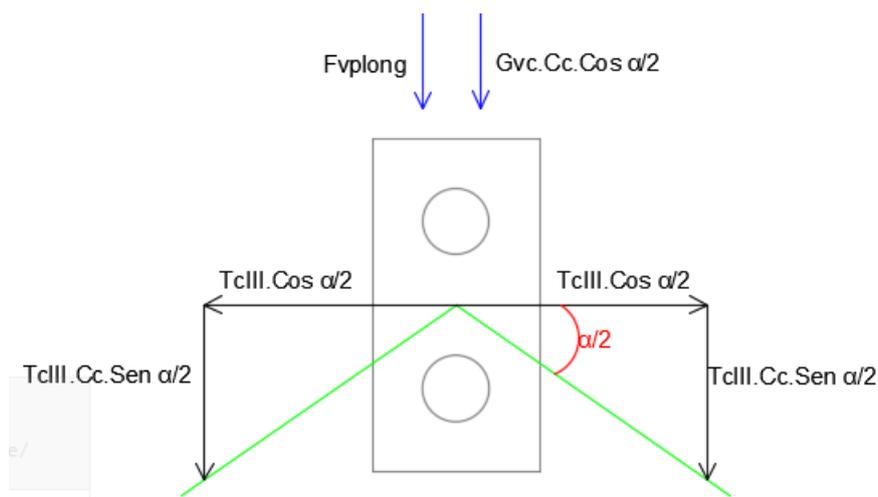
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1along} = (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 2078,78 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1a} = \frac{F_{1atr}}{2} + \frac{F_{1along}}{8} = 695,525 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Esfuerzo transversal.

$$F_{1btr} = (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 173,887 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1blong} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{vlong} + F_{des}$$
$$= 2693,573 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1b} = \frac{F_{1btr}}{2} + \frac{F_{1blong}}{8} = 423,64 \text{ daN}$$

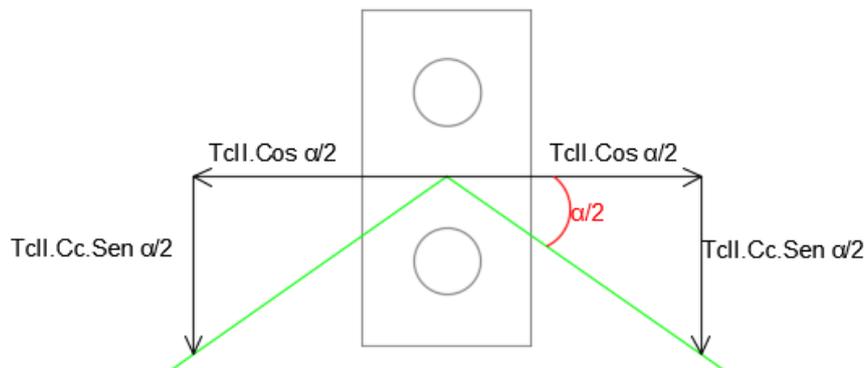
Hipótesis 1C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera por dar valores menores a los anteriores.

Hipótesis 1D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.



$T_{cII1} = 514,43 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano anterior.

$T_{cII2} = 502,43 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano posterior.

Esfuerzo transversal.

$$F_{1etr} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 24,411 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

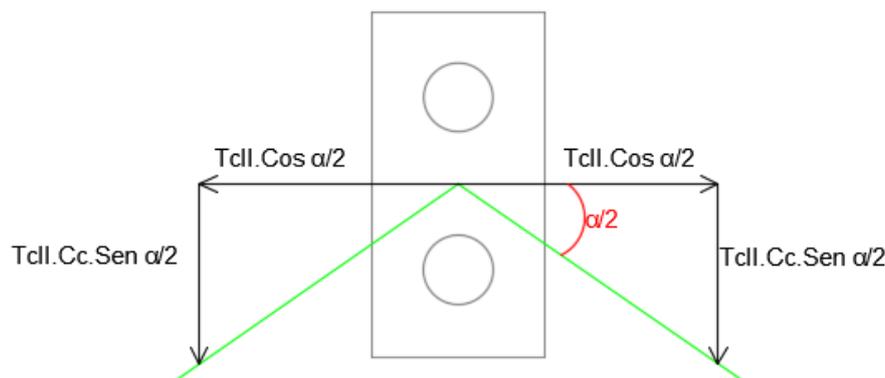
$$F_{1elong} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1591,702 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1c} = \frac{F_{1ctr}}{2} + \frac{F_{1clong}}{8} = 211,168 \text{ daN}$$

Hipótesis 2: Cargas de construcción y mantenimiento.

Hipótesis 2A: Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.



$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2atr} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 24,411 \text{ daN}$$

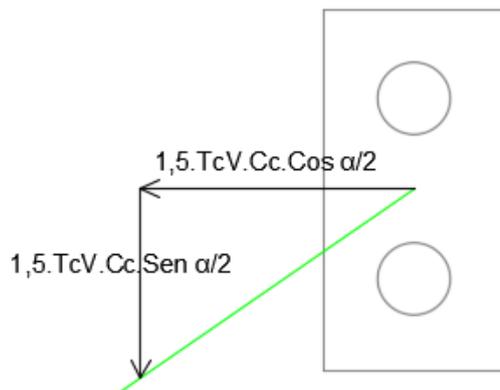
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2along} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 * F_{des} + F_{montaje} = 1798,389 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2a} = \frac{F_{2atr}}{2} + \frac{F_{2along}}{8} = 237,004 \text{ daN}$$

Hipótesis 2B: Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga 1,5. No se considera viento.



$$T_{cv1} = 295,65 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2btr} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 902,134 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

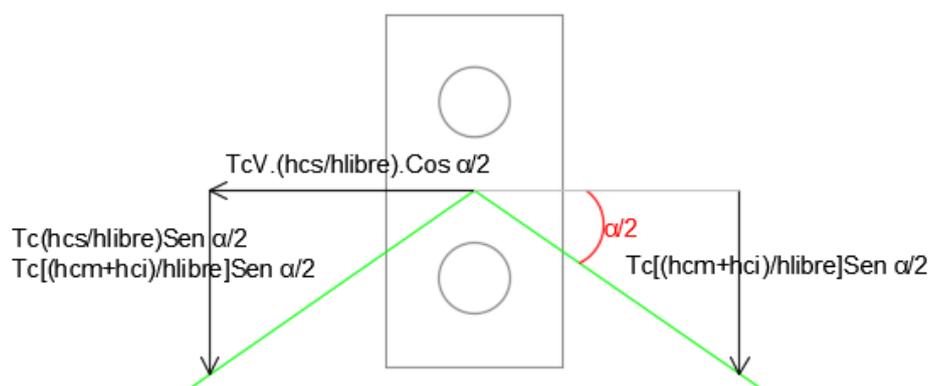
$$F_{2blong} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 F_{des} = 703,377 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2b} = \frac{F_{2btr}}{2} + \frac{F_{2blong}}{8} = 538,989 \text{ daN}$$

Hipótesis3: Cargas de contención de falla.

Hipótesis 3A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores y cables de guardia. No se considera viento.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3atr} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 373,242 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3along} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1311,984 \text{ daN}$$

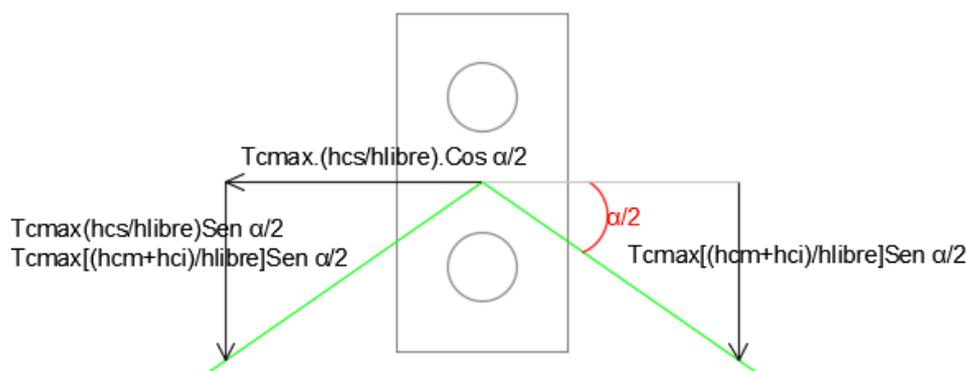
Esfuerzo equivalente.

$$F_{3a} = \frac{F_{3atr}}{2} + \frac{F_{3along}}{8} = 350,619 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductos y cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Hipótesis 3C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasiona el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase “C”.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3ctr} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 514,136 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3clong} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1736,317 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3c} = \frac{F_{3ctr}}{2} + \frac{F_{3clong}}{8} = 474,108 \text{ daN}$$

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis	Eje Transversal [daN]	Eje Longitudinal [daN]	F. aplicado por poste [daN]
1A	$F_{1atr} = 871,355$	$F_{1along} = 2078,78$	$F_{1a} = 695,525$
1B	$F_{1btr} = 173,887$	$F_{1blong} = 2693,573$	$F_{1b} = 423,64$
1E	$F_{1etr} = 24,411$	$F_{1elong} = 1591,702$	$F_{1e} = 211,168$
2A	$F_{2atr} = 24,411$	$F_{2along} = 1798,389$	$F_{2a} = 237,004$
2B	$F_{2btr} = 902,134$	$F_{2blong} = 703,377$	$F_{2b} = 538,989$
3A	$F_{3atr} = 373,242$	$F_{3along} = 1311,984$	$F_{3a} = 350,619$
3C	$F_{3ctr} = 514,136$	$F_{3clong} = 1736,317$	$F_{3c} = 474,108$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1e}, F_{2a}, F_{2b}, F_{3a}, F_{3c}) = 695,525 \text{ daN}$$

$$F_{tmax} = \max(F_{1atr}, F_{1btr}, F_{1etr}, F_{2atr}, F_{2btr}, F_{3atr}, F_{3ctr}) = 902,134 \text{ daN}$$

$$F_{lmax} = \max(F_{1along}, F_{1blong}, F_{1elong}, F_{2along}, F_{2blong}, F_{3along}, F_{3clong}) = 2693,573 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la estructura.

$$K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1,2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{K_E * K_C * S_s}{\phi} = 1112,84$$

$$R_p = 1900 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if} (K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Para cargas cuasi permanentes se debe cumplir con:

$$K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p$$

F_{RV} = tiro resultante de aplicar las cargas para retenciones angulares y terminales para el Estado V

$$F_{RV} = \frac{2}{8} * T_{CV1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 115,372 \text{ daN}$$

$\phi_v = 0,4$ factor global de resistencia para el estado V, cargas aplicadas cuasi permanentes.

Estructuras de retención angular y terminal.

$$Verif_V = \text{if} (K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Condiciones de servicialidad.

$$\sigma_{admV} = 4,287 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{Tensión máxima admisible para el Estado V.}$$

$$S_c = 68,97 \text{ mm}^2 \quad \text{Sección real del conductor.}$$

$$T_x = C_c * \sigma_{admV} * S_s = 758,139 \text{ daN}$$

$$T_y = F_{des} = 4,571 \text{ daN}$$

$$F_N = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 758,153 \text{ daN}$$

$$R_c = \frac{F_N}{0,4} = 1895,383 \text{ daN}$$

$$Verif_{serv} = \text{if}(R_c \leq R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO Verifia"}) = \text{"Verifica"}$$

Cálculo estructura Retención Angular 60° - Piquete N°228.

Datos del poste seleccionado.

$R_p = 1900 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9 H_p) = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Se designa el poste por norma como 13R1900.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,7 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,3 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_{nom} = 0,93 \text{ m}$	Distancia del conductor exterior al centro del poste.
$e_m = 0,2 \text{ m}$	Espesor ménsula.
$\alpha = 60^\circ$	Ángulo de desvío de la línea en grados.
$\theta = \alpha \frac{\pi}{180^\circ} = 1,047$	Ángulo de desvío de la línea en radianes.

Ubicación de los vínculos.

$h_{mi} = h_{ci} - e_m = 10,8 \text{ m}$	Altura inferior de la ménsula.
$h_{vsci} = 0,22 h_{mi} = 2,35 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y ménsula.
$h_{vsvms} = 0,24 h_{mi} = 2,60 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y vínculo medio.
$h_{vmsvmi} = 0,26 h_{mi} = 2,80 \text{ m}$	Distancia entre vínculo medio y vínculo inferior.
$h_{vmivi} = 0,28 h_{mi} = 3,02 \text{ m}$	Distancia entre vínculo inferior y empotramiento.

Separación de los postes.

$S_{cima} = 0,15 \text{ m}$	Separación entre postes en la cima.
$S_e = S_{cima} + 0,04 h_l = 0,618 \text{ m}$	Separación entre postes en el empotramiento.

Fuerzas del viento sobre los elementos.

Poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vlong} = F_v \frac{(2d_c + D)}{4} h_l = 396,96 \text{ daN} \quad \text{Fuerza del viento longitudinal.}$$

$$F_{vtrans} = F_v \frac{(2d_c + D)}{3} h_l = 529,28 \text{ daN} \quad \text{Fuerza del viento transversal.}$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc1} = 57,505 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_a = 2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

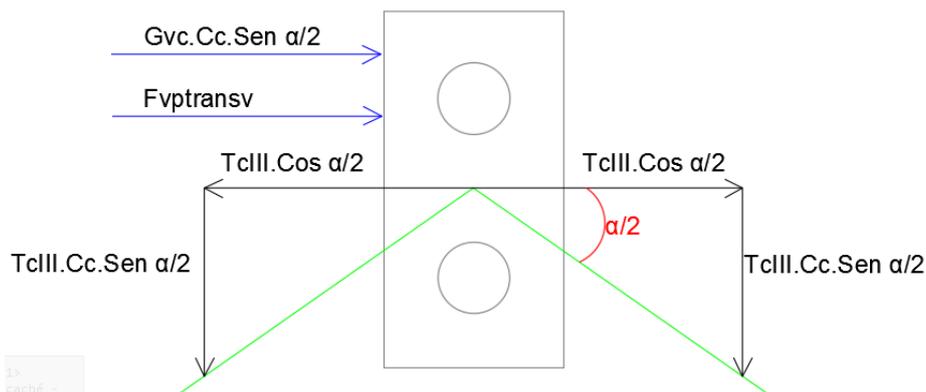
$$F_{vm} = 9 \text{ daN}$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{ci} + h_{cm} + h_{cs}}{h_l} = 2,564$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



$$a_1 = 80 \text{ m}$$

Vano anterior.

$$a_2 = 65 \text{ m}$$

Vano posterior.

$$G_c = 13,77 \text{ daN}$$

Peso del conductor.

$$G_m = 105,85 \text{ daN}$$

Peso de la ménsula.

$$G_a = 7,5 \text{ daN}$$

Peso del aislador.

$$T_{cIII1} = 708,62 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano anterior.

$$T_{cIII2} = 645,66 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano posterior.

Fuerza desequilibrada.

$$F_{des} = \frac{\left(G_c + G_a + \frac{G_m}{3}\right) l_{nom}}{h_l} = 4,458 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1atr} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} + F_{vtrans} + F_{des}$$

$$= 749,84 \text{ daN}$$

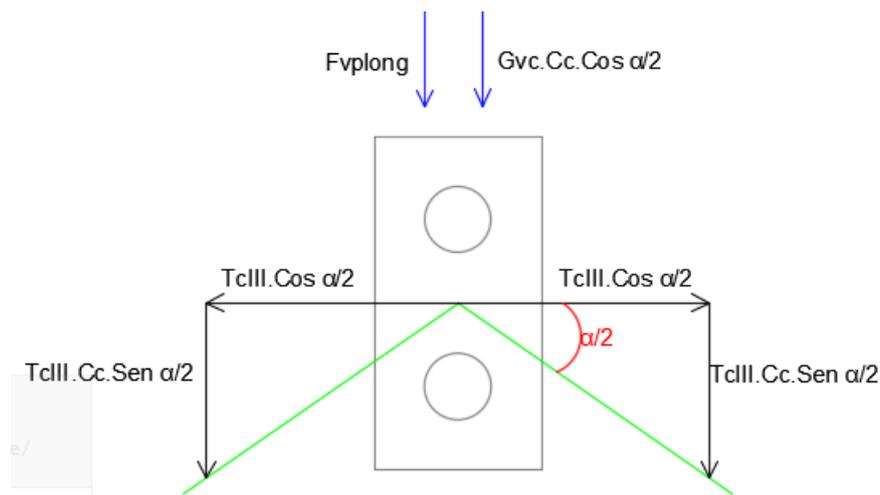
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1along} = (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 1736,256 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1a} = \frac{F_{1atr}}{2} + \frac{F_{1along}}{8} = 591,951 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Esfuerzo transversal.

$$F_{1btr} = (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 139,808 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1blong} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{vlong} + F_{des}$$
$$= 2269,813 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1b} = \frac{F_{1btr}}{2} + \frac{F_{1blong}}{8} = 353,63 \text{ daN}$$

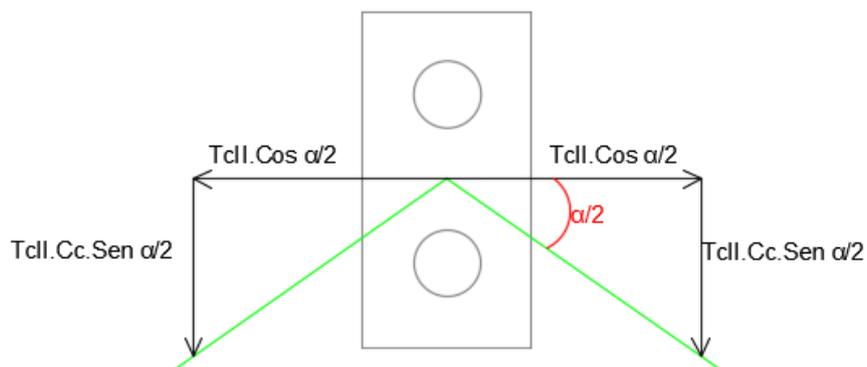
Hipótesis 1C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera por dar valores menores a los anteriores.

Hipótesis 1D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.



$T_{cll1} = 511,7 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano anterior.

$T_{cll2} = 502,43 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano posterior.

Esfuerzo transversal.

$$F_{1etr} = (T_{cll1} - T_{cll2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 20,585 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

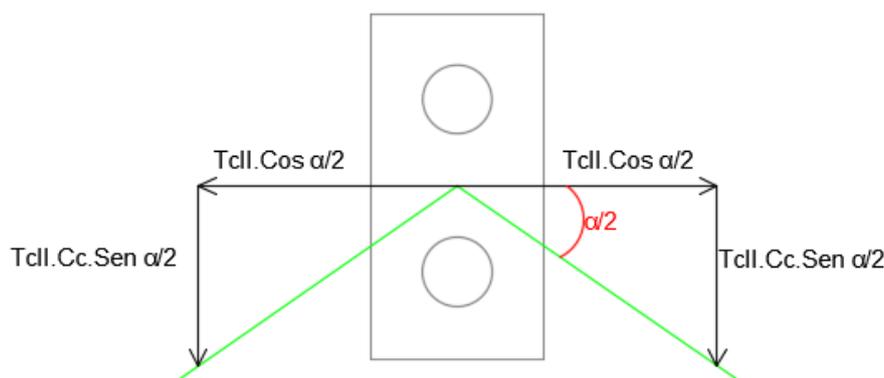
$$F_{1elong} = (T_{cll1} + T_{cll2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1304,625 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1c} = \frac{F_{1ctr}}{2} + \frac{F_{1clong}}{8} = 173,37 \text{ daN}$$

Hipótesis 2: Cargas de construcción y mantenimiento.

Hipótesis 2A: Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.



$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2atr} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 20,585 \text{ daN}$$

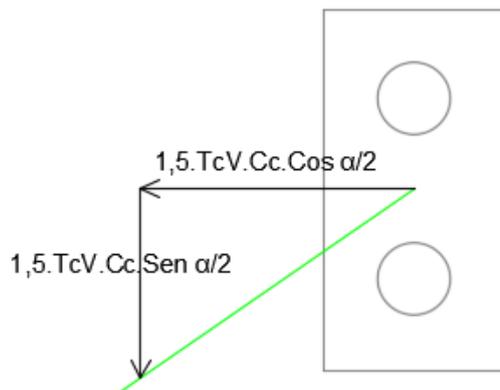
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2along} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 * F_{des} + F_{montaje} = 1511,311 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2a} = \frac{F_{2atr}}{2} + \frac{F_{2along}}{8} = 199,206 \text{ daN}$$

Hipótesis 2B: Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga 1,5. No se considera viento.



$$T_{cv1} = 295,65 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2btr} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 984,771 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

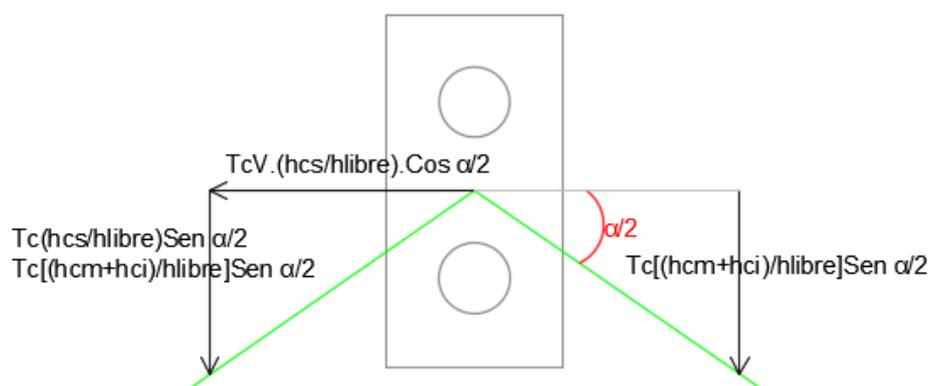
$$F_{2blong} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 F_{des} = 579,702 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2b} = \frac{F_{2btr}}{2} + \frac{F_{2blong}}{8} = 564,848 \text{ daN}$$

Hipótesis3: Cargas de contención de falla.

Hipótesis 3A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores y cables de guardia. No se considera viento.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3atr} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 405,27 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3along} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1074,881 \text{ daN}$$

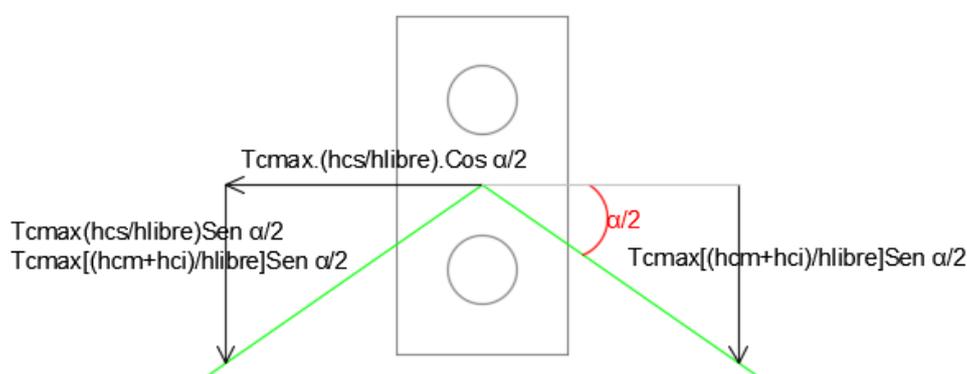
Esfuerzo equivalente.

$$F_{3a} = \frac{F_{3atr}}{2} + \frac{F_{3along}}{8} = 336,995 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductos y cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Hipótesis 3C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasiona el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase “C”.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3ctr} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 561,231 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3clong} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1426,902 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3c} = \frac{F_{3ctr}}{2} + \frac{F_{3clong}}{8} = 458,978 \text{ daN}$$

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis	Eje Transversal [daN]	Eje Longitudinal [daN]	F. aplicado por poste [daN]
1A	$F_{1atr} = 748,84$	$F_{1along} = 1736,256$	$F_{1a} = 591,951$
1B	$F_{1btr} = 139,808$	$F_{1blong} = 2269,813$	$F_{1b} = 353,63$
1E	$F_{1etr} = 20,585$	$F_{1elong} = 1304,625$	$F_{1e} = 173,37$
2A	$F_{2atr} = 20,585$	$F_{2along} = 1511,311$	$F_{2a} = 199,206$
2B	$F_{2btr} = 984,771$	$F_{2blong} = 579,702$	$F_{2b} = 564,848$
3A	$F_{3atr} = 405,27$	$F_{3along} = 1074,881$	$F_{3a} = 336,995$
3C	$F_{3ctr} = 561,231$	$F_{3clong} = 1426,902$	$F_{3c} = 458,978$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1e}, F_{2a}, F_{2b}, F_{3a}, F_{3c}) = 591,951 \text{ daN}$$

$$F_{tmax} = \max(F_{1atr}, F_{1btr}, F_{1etr}, F_{2atr}, F_{2btr}, F_{3atr}, F_{3ctr}) = 984,771 \text{ daN}$$

$$F_{lmax} = \max(F_{1along}, F_{1blong}, F_{1elong}, F_{2along}, F_{2blong}, F_{3along}, F_{3clong}) = 2269,813 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la estructura.

$$K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1,2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{K_E * K_C * S_s}{\phi} = 947,122$$

$$R_p = 1900 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if} (K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Para cargas cuasi permanentes se debe cumplir con:

$$K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p$$

F_{RV} = tiro resultante de aplicar las cargas para retenciones angulares y terminales para el Estado V

$$F_{RV} = \frac{2}{8} * T_{CV1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 94,76 \text{ daN}$$

$\phi_v = 0,4$ factor global de resistencia para el estado V, cargas aplicadas cuasi permanentes.

Estructuras de retención angular y terminal.

$$Verif_V = \text{if} (K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Condiciones de servicialidad.

$$\sigma_{admV} = 4,287 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{Tensión máxima admisible para el Estado V.}$$

$$S_c = 68,97 \text{ mm}^2 \quad \text{Sección real del conductor.}$$

$$T_x = C_c * \sigma_{admV} * S_s = 758,139 \text{ daN}$$

$$T_y = F_{des} = 4,458 \text{ daN}$$

$$F_N = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 758,153 \text{ daN}$$

$$R_c = \frac{F_N}{0,4} = 1895,383 \text{ daN}$$

$$Verif_{serv} = \text{if}(R_c \leq R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO Verifia"}) = \text{"Verifica"}$$

Cálculo estructura Retención Angular 25° - Piquete N°206.

Datos del poste seleccionado.

$R_p = 1900 daN$	Resistencia.
$P_p = 2098 daN$	Peso.
$H_p = 13 m$	Altura total.
$d_c = 0,245 m$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9 H_p) = 0,421 m$	Diámetro en el empotramiento.

Se designa el poste por norma como 13R1900.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 m$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 m$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,7 m$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11 m$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,3 m$	Altura del conductor inferior.
$l_{nom} = 0,93 m$	Distancia del conductor exterior al centro del poste.
$e_m = 0,2 m$	Espesor ménsula.
$\alpha = 25^\circ$	Ángulo de desvío de la línea en grados.
$\theta = \alpha \frac{\pi}{180^\circ} = 0,436$	Ángulo de desvío de la línea en radianes.

Ubicación de los vínculos.

$h_{mi} = h_{ci} - e_m = 10,8 \text{ m}$	Altura inferior de la ménsula.
$h_{vsci} = 0,22 h_{mi} = 2,35 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y ménsula.
$h_{vsvms} = 0,24 h_{mi} = 2,60 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y vínculo medio.
$h_{vmsvmi} = 0,26 h_{mi} = 2,80 \text{ m}$	Distancia entre vínculo medio y vínculo inferior.
$h_{vmivi} = 0,28 h_{mi} = 3,02 \text{ m}$	Distancia entre vínculo inferior y empotramiento.

Separación de los postes.

$S_{cima} = 0,15 \text{ m}$	Separación entre postes en la cima.
$S_e = S_{cima} + 0,04 h_l = 0,618 \text{ m}$	Separación entre postes en el empotramiento.

Fuerzas del viento sobre los elementos.

Poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vlong} = F_v \frac{(2d_c + D)}{4} h_l = 396,964 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento longitudinal.}$$

$$F_{vtrans} = F_v \frac{(2d_c + D)}{3} h_l = 529,285 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento transversal.}$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc1} = 55,53 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_a = 2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

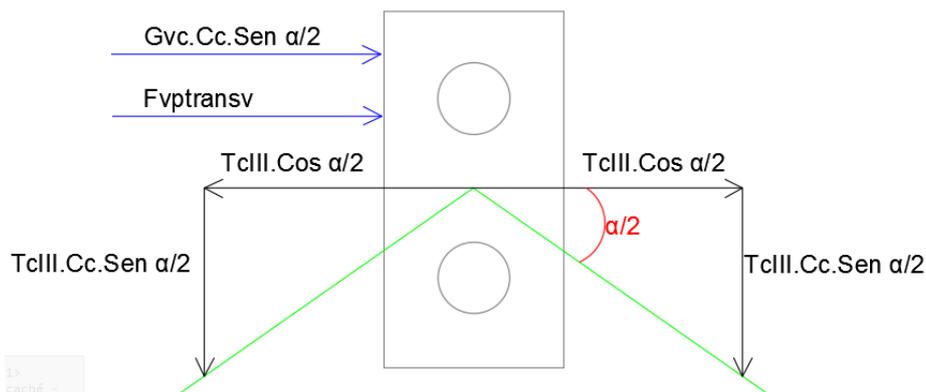
$$F_{vm} = 9 \text{ daN}$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{ci} + h_{cm} + h_{cs}}{h_l} = 2,564$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



$$a_1 = 70 \text{ m}$$

Vano anterior.

$$a_2 = 70 \text{ m}$$

Vano posterior.

$$G_c = 13,3 \text{ daN}$$

Peso del conductor.

$$G_m = 105,85 \text{ daN}$$

Peso de la ménsula.

$$G_a = 7,5 \text{ daN}$$

Peso del aislador.

$$T_{cIII1} = 667,38 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano anterior.

$$T_{cIII2} = 667,38 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano posterior.

Fuerza desequilibrada.

$$F_{des} = \frac{\left(G_c + G_a + \frac{G_m}{3}\right) l_{nom}}{h_l} = 4,458 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1atr} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} + F_{vtrans} + F_{des}$$

$$= 607,5 \text{ daN}$$

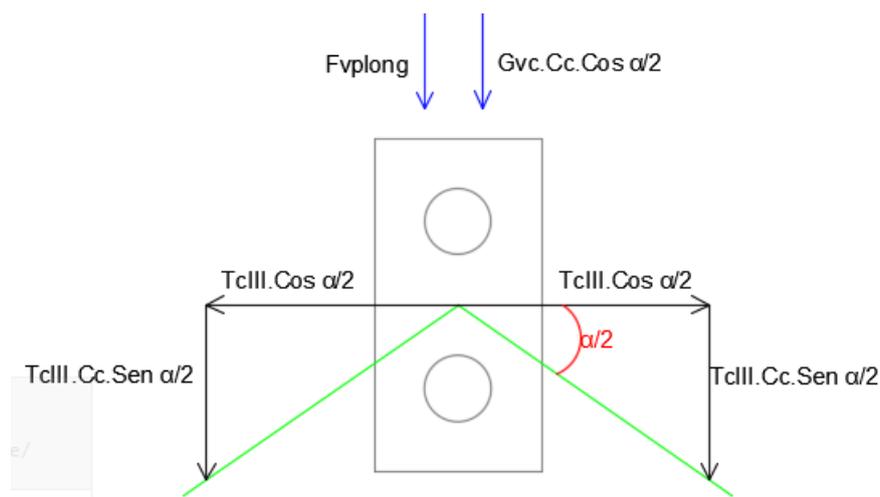
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1along} = (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 1711,231 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1a} = \frac{F_{1atr}}{2} + \frac{F_{1along}}{8} = 517,653 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Esfuerzo transversal.

$$F_{1btr} = (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1blong} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{vlong} + F_{des}$$
$$= 2240,402 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1b} = \frac{F_{1btr}}{2} + \frac{F_{1blong}}{8} = 280,05 \text{ daN}$$

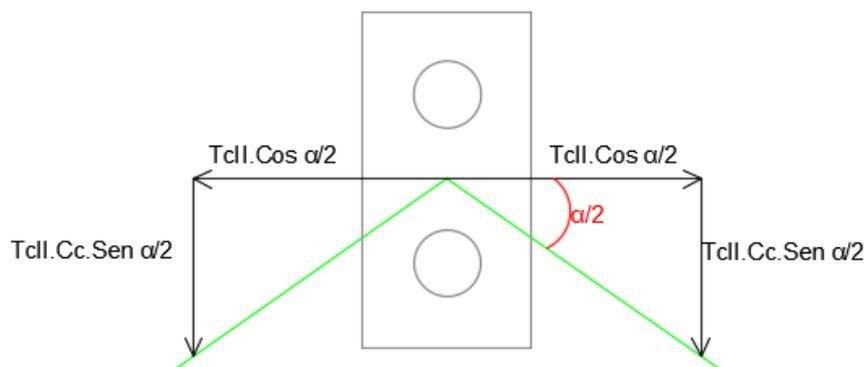
Hipótesis 1C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera por dar valores menores a los anteriores.

Hipótesis 1D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.



$T_{cII1} = 508,78 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano anterior.

$T_{cII2} = 508,78 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano posterior.

Esfuerzo transversal.

$$F_{1etr} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

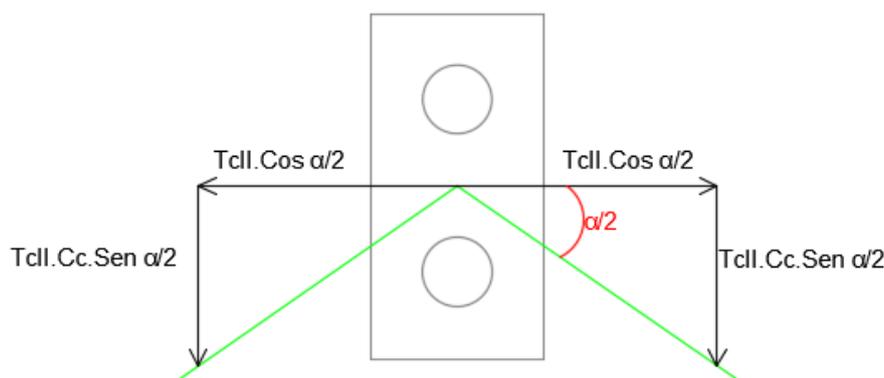
$$F_{1elong} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1309,022 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1c} = \frac{F_{1ctr}}{2} + \frac{F_{1clong}}{8} = 163,628 \text{ daN}$$

Hipótesis 2: Cargas de construcción y mantenimiento.

Hipótesis 2A: Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.



$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2atr} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

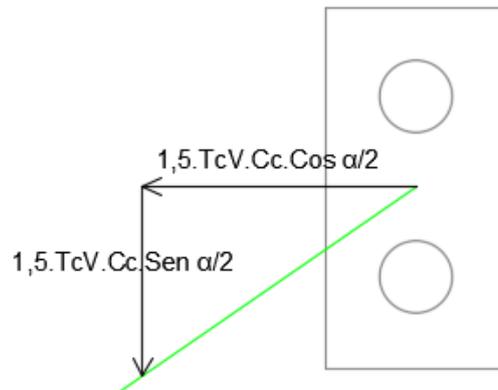
Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2along} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 * F_{des} + F_{montaje} = 1515,709 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2a} = \frac{F_{2atr}}{2} + \frac{F_{2along}}{8} = 189,464 \text{ daN}$$

Hipótesis 2B: Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga 1,5. No se considera viento.



$$T_{cv1} = 295,65 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2btr} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 984,771 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

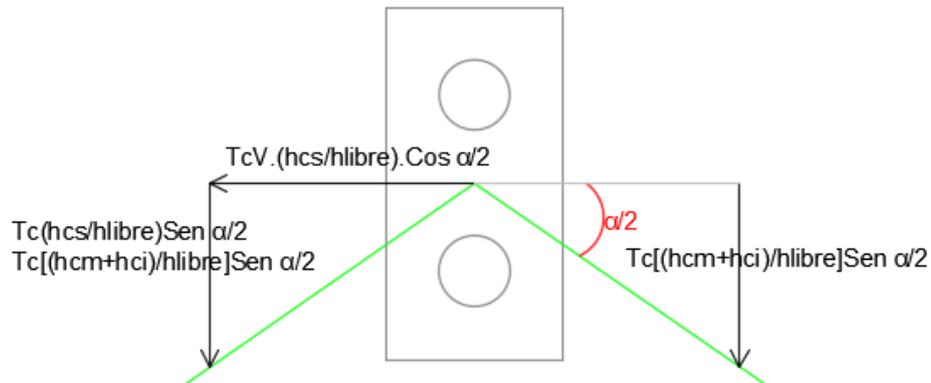
$$F_{2blong} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 F_{des} = 579,702 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2b} = \frac{F_{2btr}}{2} + \frac{F_{2blong}}{8} = 564,848 \text{ daN}$$

Hipótesis3: Cargas de contención de falla.

Hipótesis 3A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores y cables de guardia. No se considera viento.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3atr} = T_{c111} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 402,957 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3along} = \left(T_{c111} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{c111} + T_{c112}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1076,375 \text{ daN}$$

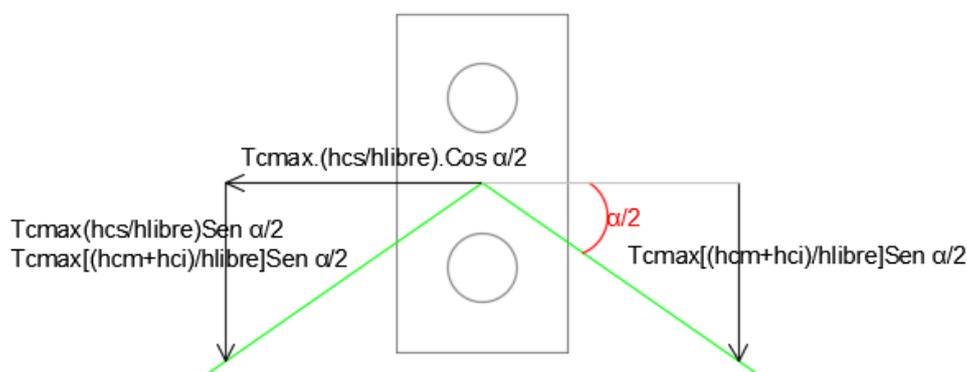
Esfuerzo equivalente.

$$F_{3a} = \frac{F_{3atr}}{2} + \frac{F_{3along}}{8} = 336,025 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductos y cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Hipótesis 3C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasiona el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase “C”.



Esfuerzo transversal.

$$F_{3ctr} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 528,569 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3clong} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) * \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 1410,519 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3c} = \frac{F_{3ctr}}{2} + \frac{F_{3clong}}{8} = 440,6 \text{ daN}$$

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis	Eje Transversal [daN]	Eje Longitudinal [daN]	F. aplicado por poste [daN]
1A	$F_{1atr} = 607,5$	$F_{1along} = 1711,231$	$F_{1a} = 517,653$
1B	$F_{1btr} = 0$	$F_{1blong} = 2240,402$	$F_{1b} = 280,05$
1E	$F_{1etr} = 0$	$F_{1elong} = 1309,022$	$F_{1e} = 163,628$
2A	$F_{2atr} = 0$	$F_{2along} = 1515,709$	$F_{2a} = 189,464$
2B	$F_{2btr} = 984,771$	$F_{2blong} = 579,702$	$F_{2b} = 564,848$
3A	$F_{3atr} = 402,957$	$F_{3along} = 1076,375$	$F_{3a} = 336,025$
3C	$F_{3ctr} = 528,569$	$F_{3clong} = 1410,519$	$F_{3c} = 440,6$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1e}, F_{2a}, F_{2b}, F_{3a}, F_{3c}) = 564,848 \text{ daN}$$

$$F_{tmax} = \max(F_{1atr}, F_{1btr}, F_{1etr}, F_{2atr}, F_{2btr}, F_{3atr}, F_{3ctr}) = 984,771 \text{ daN}$$

$$F_{lmax} = \max(F_{1along}, F_{1blong}, F_{1elong}, F_{2along}, F_{2blong}, F_{3along}, F_{3clong}) = 2240,402 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la estructura.

$$K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1,2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{K_E * K_C * S_s}{\phi} = 903,757$$

$$R_p = 1900 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if} (K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Para cargas cuasi permanentes se debe cumplir con:

$$K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p$$

F_{RV} = tiro resultante de aplicar las cargas para retenciones angulares y terminales para el Estado V

$$F_{RV} = \frac{2}{8} * T_{CV1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 94,76 \text{ daN}$$

$\phi_v = 0,4$ factor global de resistencia para el estado V, cargas aplicadas cuasi permanentes.

Estructuras de retención angular y terminal.

$$Verif_V = \text{if} (K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Condiciones de servicialidad.

$$\sigma_{admV} = 4,287 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{Tensión máxima admisible para el Estado V.}$$

$$S_c = 68,97 \text{ mm}^2 \quad \text{Sección real del conductor.}$$

$$T_x = C_c * \sigma_{admV} * S_s = 758,139 \text{ daN}$$

$$T_y = F_{des} = 4,458 \text{ daN}$$

$$F_N = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 758,153 \text{ daN}$$

$$R_c = \frac{F_N}{0,4} = 1895,383 \text{ daN}$$

$$Verif_{serv} = \text{if}(R_c \leq R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO Verifia"}) = \text{"Verifica"}$$

Cálculo estructura Retención Angular 10° - Piquete N°197.

Datos del poste seleccionado.

$R_p = 1900 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9 H_p) = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Se designa el poste por norma como 13R1900.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,7 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,3 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_{nom} = 0,93 \text{ m}$	Distancia del conductor exterior al centro del poste.
$e_m = 0,2 \text{ m}$	Espesor ménsula.
$\alpha = 10^\circ$	Ángulo de desvío de la línea en grados.
$\theta = \alpha \frac{\pi}{180^\circ} = 0,175$	Ángulo de desvío de la línea en radianes.

Ubicación de los vínculos.

$h_{mi} = h_{ci} - e_m = 10,8 \text{ m}$	Altura inferior de la ménsula.
$h_{vsci} = 0,22 h_{mi} = 2,35 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y ménsula.
$h_{vsvms} = 0,24 h_{mi} = 2,60 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y vínculo medio.
$h_{vmsvmi} = 0,26 h_{mi} = 2,80 \text{ m}$	Distancia entre vínculo medio y vínculo inferior.
$h_{vmivi} = 0,28 h_{mi} = 3,02 \text{ m}$	Distancia entre vínculo inferior y empotramiento.

Separación de los postes.

$S_{cima} = 0,15 \text{ m}$	Separación entre postes en la cima.
$S_e = S_{cima} + 0,04 h_l = 0,618 \text{ m}$	Separación entre postes en el empotramiento.

Fuerzas del viento sobre los elementos.

Poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vlong} = F_v \frac{(2d_c + D)}{4} h_l = 396,964 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento longitudinal.}$$

$$F_{vtrans} = F_v \frac{(2d_c + D)}{3} h_l = 529,285 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento transversal.}$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc1} = 116,098 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_a = 2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

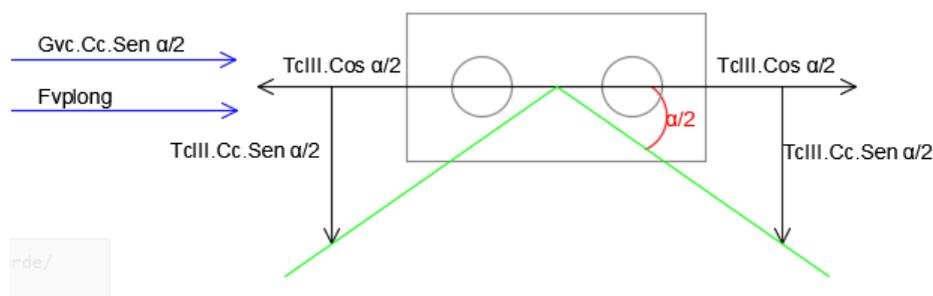
$$F_{vm} = 9 \text{ daN}$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{ci} + h_{cm} + h_{cs}}{h_l} = 2,564$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



$$a_1 = 80 \text{ m}$$

Vano anterior.

$$a_2 = 80 \text{ m}$$

Vano posterior.

$$G_c = 15,2 \text{ daN}$$

Peso del conductor.

$$G_m = 105,85 \text{ daN}$$

Peso de la ménsula.

$$G_a = 7,5 \text{ daN}$$

Peso del aislador.

$$T_{cIII1} = 708,62 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano anterior.

$$T_{cIII2} = 708,62 \text{ daN}$$

Tiro conductor vano posterior.

Fuerza desequilibrada.

$$F_{des} = \frac{(G_c + G_a + \frac{G_m}{3}) l_{nom}}{h_l} = 4,609 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1along} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} + F_{vlong} + F_{des}$$

$$= 427,965 \text{ daN}$$

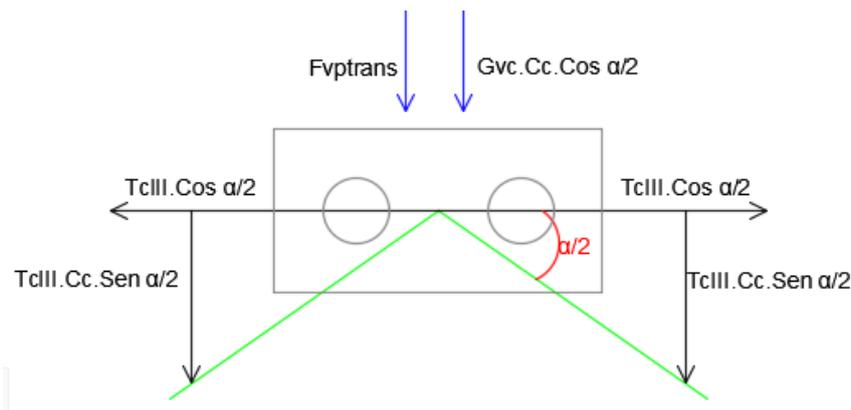
Esfuerzo transversal.

$$F_{1atr} = (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 316,719 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1a} = \frac{F_{1atr}}{2} + \frac{F_{1along}}{8} = 211,855 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1blong} = (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1btr} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{vtrans} + F_{des}$$

$$= 744,684 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1b} = \frac{F_{1btr}}{2} + \frac{F_{1blong}}{8} = 372,342 \text{ daN}$$

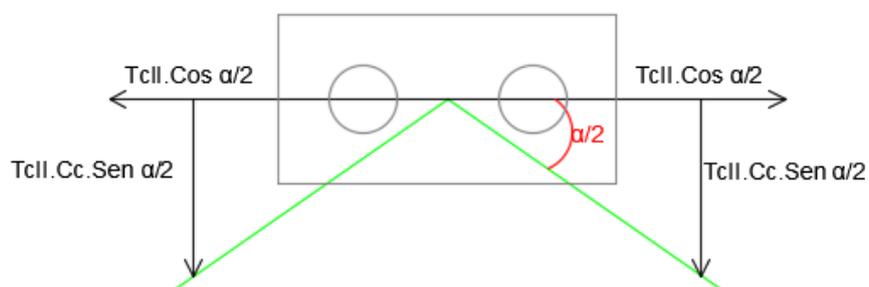
Hipótesis 1C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera por dar valores menores a los anteriores.

Hipótesis 1D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.



$$T_{cll1} = 502,43 \text{ daN}$$

Tiro conductor mínima temperatura vano anterior.

$$T_{cll2} = 502,43 \text{ daN}$$

Tiro conductor mínima temperatura vano posterior.

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1elong} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

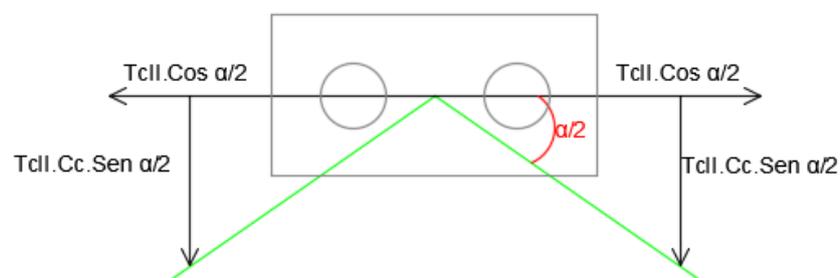
$$F_{1etr} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 229,171 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1c} = \frac{F_{1ctr}}{2} + \frac{F_{1clong}}{8} = 114,586 \text{ daN}$$

Hipótesis 2: Cargas de construcción y mantenimiento.

Hipótesis 2A: Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.



$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2along} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

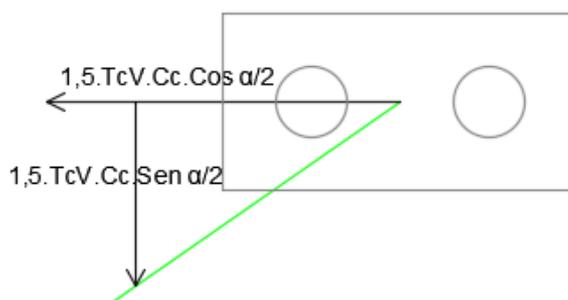
Esfuerzo transversal.

$$F_{2atr} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 * F_{des} + F_{montaje} = 436,085 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2a} = \frac{F_{2atr}}{2} + \frac{F_{2along}}{8} = 218,042 \text{ daN}$$

Hipótesis 2B: Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga 1,5. No se considera viento.



$$T_{cv1} = 295,65 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2blong} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 1132,788 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

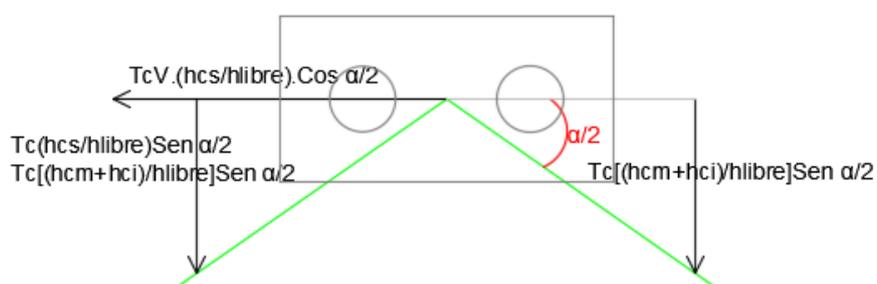
$$F_{2btr} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 F_{des} = 110,628 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2b} = \frac{F_{2btr}}{2} + \frac{F_{2blong}}{8} = 196,912 \text{ daN}$$

Hipótesis3: Cargas de contención de falla.

Hipótesis 3A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores y cables de guardia. No se considera viento.



Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3along} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 457,739 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{3atr} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 189,124 \text{ daN}$$

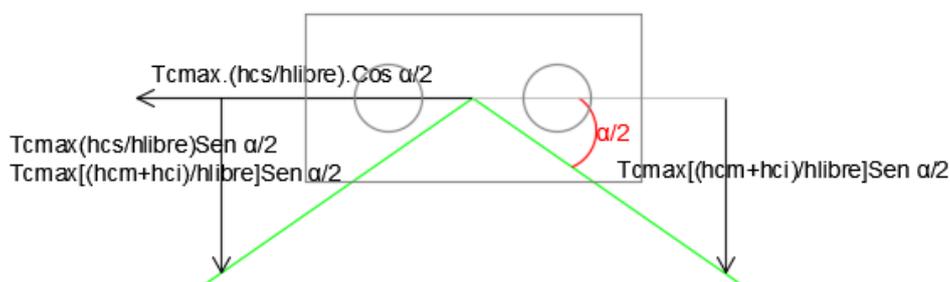
Esfuerzo equivalente.

$$F_{3a} = \frac{F_{3atr}}{2} + \frac{F_{3along}}{8} = 151,78 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductos y cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Hipótesis 3C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasiona el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase “C”.



Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3clong} = T_{c111} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 645,588 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{3ctr} = \left(T_{c111} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{c111} + T_{c112}) * \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 264,847 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3c} = \frac{F_{3ctr}}{2} + \frac{F_{3clong}}{8} = 213,122 \text{ daN}$$

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis	Eje Transversal [daN]	Eje Longitudinal [daN]	F. aplicado por poste [daN]
1A	$F_{1atr} = 316,72$	$F_{1along} = 427,965$	$F_{1a} = 211,855$
1B	$F_{1btr} = 744,684$	$F_{1blong} = 0$	$F_{1b} = 372,342$
1E	$F_{1etr} = 229,171$	$F_{1elong} = 0$	$F_{1e} = 114,586$
2A	$F_{2atr} = 436,085$	$F_{2along} = 0$	$F_{2a} = 218,042$
2B	$F_{2btr} = 110,628$	$F_{2blong} = 1132,788$	$F_{2b} = 196,913$
3A	$F_{3atr} = 189,124$	$F_{3along} = 457,739$	$F_{3a} = 151,78$
3C	$F_{3ctr} = 264,847$	$F_{3clong} = 645,588$	$F_{3c} = 213,122$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1e}, F_{2a}, F_{2b}, F_{3a}, F_{3c}) = 372,342 \text{ daN}$$

$$F_{tmax} = \max(F_{1atr}, F_{1btr}, F_{1etr}, F_{2atr}, F_{2btr}, F_{3atr}, F_{3ctr}) = 744,684 \text{ daN}$$

$$F_{lmax} = \max(F_{1along}, F_{1blong}, F_{1elong}, F_{2along}, F_{2blong}, F_{3along}, F_{3clong}) = 1132,788 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la estructura.

$$K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1,2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{K_E * K_C * S_s}{\phi} = 595,747$$

$$R_p = 1900 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if} (K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Para cargas cuasi permanentes se debe cumplir con:

$$K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p$$

F_{RV} = tiro resultante de aplicar las cargas para retenciones angulares y terminales para el Estado V

$$F_{RV} = \frac{2}{8} * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 16,518 \text{ daN}$$

$\phi_v = 0,4$ factor global de resistencia para el estado V, cargas aplicadas cuasi permanentes.

Estructuras de retención angular y terminal.

$$Verif_V = \text{if} (K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Condiciones de servicialidad.

$$\sigma_{admV} = 4,287 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Tensión máxima admisible para el Estado V.

$$S_c = 68,97 \text{ mm}^2$$

Sección real del conductor.

$$T_x = C_c * \sigma_{admV} * S_s = 758,139 \text{ daN}$$

$$T_y = F_{des} = 4,571 \text{ daN}$$

$$F_N = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 758,153 \text{ daN}$$

$$R_c = \frac{F_N}{0,4} = 1895,383 \text{ daN}$$

$$Verif_{serv} = \text{if}(R_c \leq R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO Verifia"}) = \text{"Verifica"}$$

Cálculo estructura Retención Angular 5° - Piquete N°172.

Datos del poste seleccionado.

$R_p = 1900 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9 H_p) = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Se designa el poste por norma como 13R1900.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,7 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,3 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_{nom} = 0,93 \text{ m}$	Distancia del conductor exterior al centro del poste.
$e_m = 0,2 \text{ m}$	Espesor ménsula.
$\alpha = 5^\circ$	Ángulo de desvío de la línea en grados.
$\theta = \alpha \frac{\pi}{180^\circ} = 0,087$	Ángulo de desvío de la línea en radianes.

Ubicación de los vínculos.

$h_{mi} = h_{ci} - e_m = 10,8 \text{ m}$	Altura inferior de la ménsula.
$h_{vsci} = 0,22 h_{mi} = 2,35 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y ménsula.
$h_{vsvms} = 0,24 h_{mi} = 2,60 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y vínculo medio.
$h_{vmsvmi} = 0,26 h_{mi} = 2,80 \text{ m}$	Distancia entre vínculo medio y vínculo inferior.
$h_{vmivi} = 0,28 h_{mi} = 3,02 \text{ m}$	Distancia entre vínculo inferior y empotramiento.

Separación de los postes.

$S_{cima} = 0,15 \text{ m}$	Separación entre postes en la cima.
$S_e = S_{cima} + 0,04 h_l = 0,618 \text{ m}$	Separación entre postes en el empotramiento.

Fuerzas del viento sobre los elementos.

Poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vlong} = F_v \frac{(2d_c + D)}{4} h_l = 396,964 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento longitudinal.}$$

$$F_{vtrans} = F_v \frac{(2d_c + D)}{3} h_l = 529,285 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento transversal.}$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc1} = 57,505 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_a = 2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

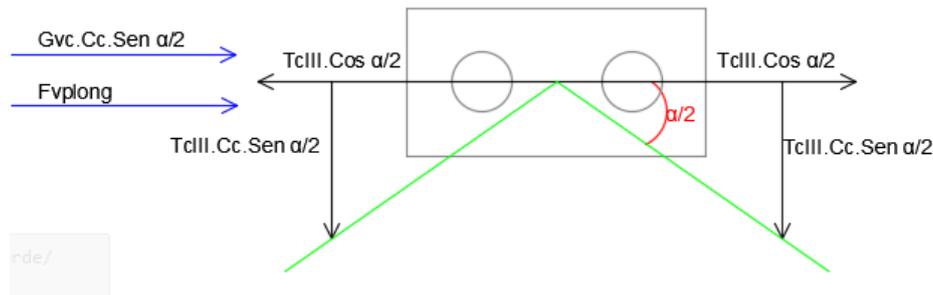
$$F_{vm} = 9 \text{ daN}$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{ci} + h_{cm} + h_{cs}}{h_l} = 2,564$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



$a_1 = 80 \text{ m}$	Vano anterior.
$a_2 = 65 \text{ m}$	Vano posterior.
$G_c = 13,775 \text{ daN}$	Peso del conductor.
$G_m = 105,85 \text{ daN}$	Peso de la ménsula.
$G_a = 7,5 \text{ daN}$	Peso del aislador.
$T_{cIII1} = 708,62 \text{ daN}$	Tiro conductor vano anterior.
$T_{cIII2} = 645,66 \text{ daN}$	Tiro conductor vano posterior.

Fuerza desequilibrada.

$$F_{des} = \frac{(G_c + G_a + \frac{G_m}{3}) l_{nom}}{h_l} = 4,496 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1along} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} + F_{vlong} + F_{des}$$

$$= 569,397 \text{ daN}$$

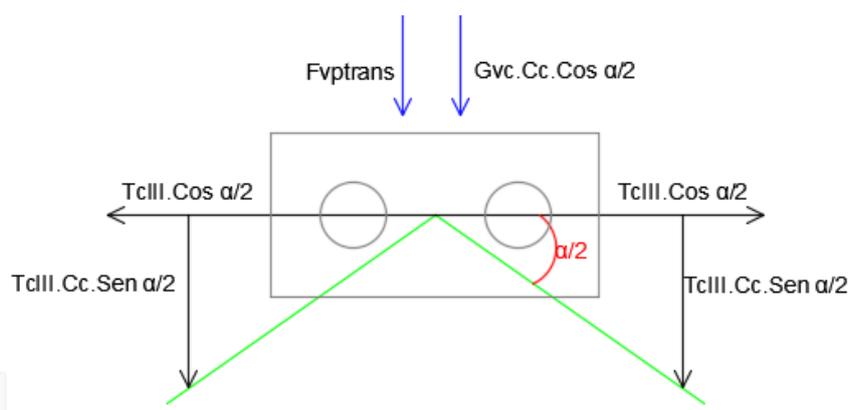
Esfuerzo transversal.

$$F_{1atr} = (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 151,469 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1a} = \frac{F_{1atr}}{2} + \frac{F_{1along}}{8} = 161,282 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1blong} = (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 161,282 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1btr} = (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{vtrans} + F_{des}$$

$$= 559,583 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1b} = \frac{F_{1btr}}{2} + \frac{F_{1blong}}{8} = 299,952 \text{ daN}$$

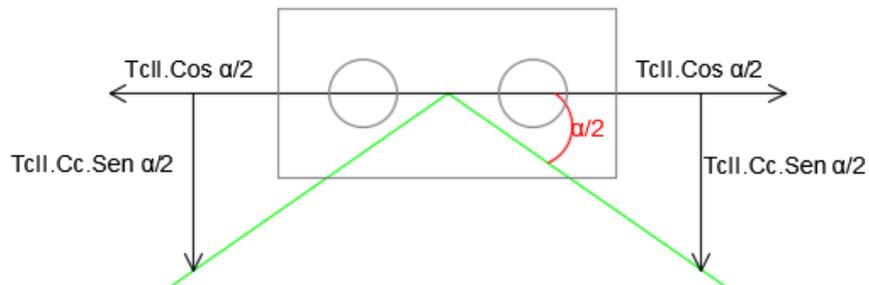
Hipótesis 1C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera por dar valores menores a los anteriores.

Hipótesis 1D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.



$T_{cll1} = 511,7 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano anterior.

$T_{cll2} = 502,43 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano posterior.

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1elong} = (T_{cll1} - T_{cll2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 23,747 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

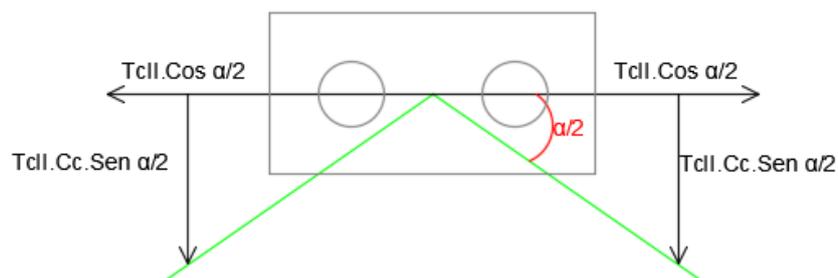
$$F_{1etr} = (T_{cll1} + T_{cll2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 117,921 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1c} = \frac{F_{1ctr}}{2} + \frac{F_{1clong}}{8} = 61,929 \text{ daN}$$

Hipótesis 2: Cargas de construcción y mantenimiento.

Hipótesis 2A: Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.



$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2along} = (T_{cll1} - T_{cll2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 23,747 \text{ daN}$$

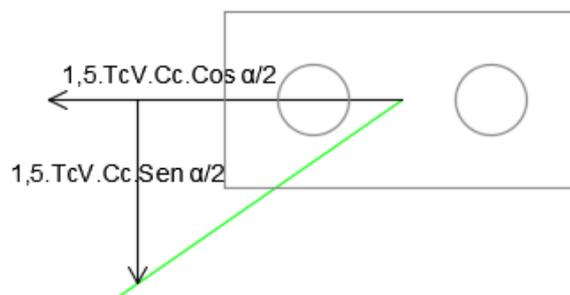
Esfuerzo transversal.

$$F_{2atr} = (T_{cll1} + T_{cll2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 * F_{des} + F_{montaje} = 324,664 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2a} = \frac{F_{2atr}}{2} + \frac{F_{2along}}{8} = 165,3 \text{ daN}$$

Hipótesis 2B: Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga 1,5. No se considera viento.



$$T_{cv1} = 295,65 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2blong} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 1136,033 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

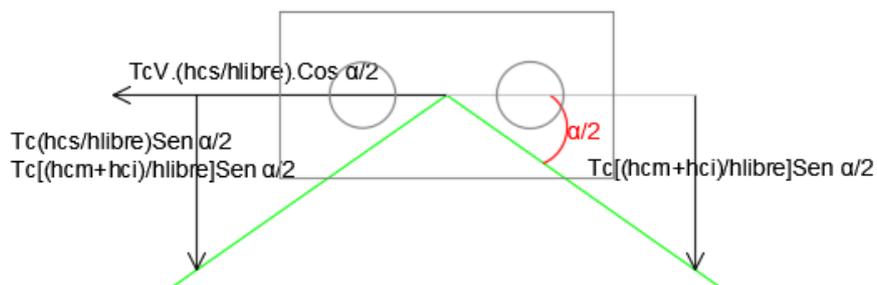
$$F_{2btr} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 F_{des} = 60,839 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2b} = \frac{F_{2btr}}{2} + \frac{F_{2blong}}{8} = 172,424 \text{ daN}$$

Hipótesis3: Cargas de contención de falla.

Hipótesis 3A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores y cables de guardia. No se considera viento.



Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3along} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 467,52 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{3atr} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 97,878 \text{ daN}$$

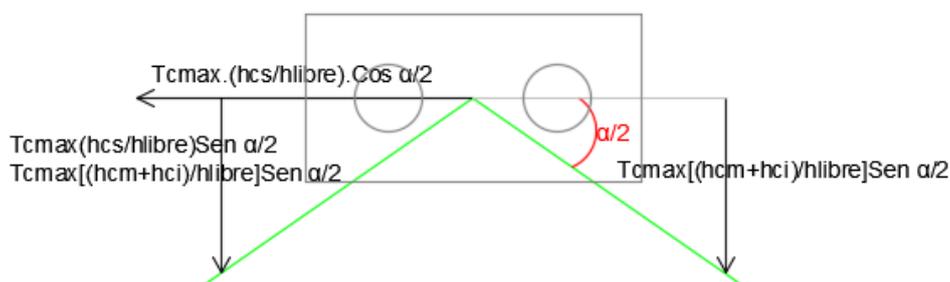
Esfuerzo equivalente.

$$F_{3a} = \frac{F_{3atr}}{2} + \frac{F_{3along}}{8} = 107,379 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductos y cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Hipótesis 3C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasiona el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase “C”.



Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3clong} = T_{c111} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 647,437 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{3ctr} = \left(T_{c111} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{c111} + T_{c112}) * \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 130,208 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3c} = \frac{F_{3ctr}}{2} + \frac{F_{3clong}}{8} = 146,034 \text{ daN}$$

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis	Eje Transversal [daN]	Eje Longitudinal [daN]	F. aplicado por poste [daN]
1A	$F_{1atr} = 151,47$	$F_{1along} = 569,397$	$F_{1a} = 146,909$
1B	$F_{1btr} = 559,583$	$F_{1blong} = 161,282$	$F_{1b} = 299,952$
1E	$F_{1etr} = 117,921$	$F_{1elong} = 23,747$	$F_{1e} = 61,929$
2A	$F_{2atr} = 324,664$	$F_{2along} = 23,747$	$F_{2a} = 165,3$
2B	$F_{2btr} = 60,839$	$F_{2blong} = 1136,033$	$F_{2b} = 172,424$
3A	$F_{3atr} = 97,878$	$F_{3along} = 467,52$	$F_{3a} = 107,379$
3C	$F_{3ctr} = 130,208$	$F_{3clong} = 647,437$	$F_{3c} = 146,034$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1e}, F_{2a}, F_{2b}, F_{3a}, F_{3c}) = 299,952 \text{ daN}$$

$$F_{tmax} = \max(F_{1atr}, F_{1btr}, F_{1etr}, F_{2atr}, F_{2btr}, F_{3atr}, F_{3ctr}) = 559,583 \text{ daN}$$

$$F_{lmax} = \max(F_{1along}, F_{1blong}, F_{1elong}, F_{2along}, F_{2blong}, F_{3along}, F_{3clong}) = 1136,033 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la estructura.

$$K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1,2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{K_E * K_C * S_s}{\phi} = 479,923$$

$$R_p = 1900 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if} (K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Para cargas cuasi permanentes se debe cumplir con:

$$K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p$$

F_{RV} = tiro resultante de aplicar las cargas para retenciones angulares y terminales para el Estado V

$$F_{RV} = \frac{2}{8} * T_{CV1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 8,267 \text{ daN}$$

$\phi_v = 0,4$ factor global de resistencia para el estado V, cargas aplicadas cuasi permanentes.

Estructuras de retención angular y terminal.

$$Verif_V = \text{if} (K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Condiciones de servicialidad.

$$\sigma_{admV} = 4,287 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{Tensión máxima admisible para el Estado V.}$$

$$S_c = 68,97 \text{ mm}^2 \quad \text{Sección real del conductor.}$$

$$T_x = C_c * \sigma_{admV} * S_s = 758,139 \text{ daN}$$

$$T_y = F_{des} = 4,496 \text{ daN}$$

$$F_N = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 758,153 \text{ daN}$$

$$R_c = \frac{F_N}{0,4} = 1895,383 \text{ daN}$$

$$Verif_{serv} = \text{if}(R_c \leq R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO Verifia"}) = \text{"Verifica"}$$

Cálculo estructura de Retención - Piquete N°53.

Datos del poste seleccionado.

$R_p = 1900 \text{ daN}$	Resistencia.
$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = d_c + 0,015 (0,9 H_p) = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento.

Se designa el poste por norma como 13R1900.

Dimensionamiento geométrico.

$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$e_b = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$h_{cs} = 11,7 \text{ m}$	Altura del conductor superior.
$h_{cm} = 11 \text{ m}$	Altura del conductor medio.
$h_{ci} = 10,3 \text{ m}$	Altura del conductor inferior.
$l_{nom} = 0,93 \text{ m}$	Distancia del conductor exterior al centro del poste.
$e_m = 0,2 \text{ m}$	Espesor ménsula.
$\alpha = 0^\circ$	Ángulo de desvío de la línea en grados.
$\theta = \alpha \frac{\pi}{180^\circ} = 0$	Ángulo de desvío de la línea en radianes.

Ubicación de los vínculos.

$h_{mi} = h_{ci} - e_m = 10,8 \text{ m}$	Altura inferior de la ménsula.
$h_{vsci} = 0,22 h_{mi} = 2,35 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y ménsula.
$h_{vsvms} = 0,24 h_{mi} = 2,60 \text{ m}$	Distancia entre vínculo superior y vínculo medio.
$h_{vmsvmi} = 0,26 h_{mi} = 2,80 \text{ m}$	Distancia entre vínculo medio y vínculo inferior.
$h_{vmivi} = 0,28 h_{mi} = 3,02 \text{ m}$	Distancia entre vínculo inferior y empotramiento.

Separación de los postes.

$S_{cima} = 0,15 \text{ m}$	Separación entre postes en la cima.
$S_e = S_{cima} + 0,04 h_l = 0,618 \text{ m}$	Separación entre postes en el empotramiento.

Fuerzas del viento sobre los elementos.

Poste.

$Q = 0,0613 \frac{kg}{m^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p = 1,03$	Factor de terreno función exposición y altura.
$V_{III} = 35 \frac{m}{s}$	Viento máximo para el Estado III.
$F_c = 1$	Factor de carga.
$G_w = 1,871$	Factor de ráfaga.
$C_f = 1$	Coefficiente de presión dinámica o de forma.

$$F_v = Q(Z_p * V_{III})^2 * F_c * G_w * C_f = 149,054 \frac{daN}{m^2}$$

$$F_{vlong} = F_v \frac{(2d_c + D)}{4} h_l = 396,964 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento longitudinal.}$$

$$F_{vtrans} = F_v \frac{(2d_c + D)}{3} h_l = 529,285 \text{ daN} \text{ Fuerza del viento transversal.}$$

Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc1} = 63,454 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores.

$$F_a = 2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$F_{vm} = 9 \text{ daN}$$

Coefficiente de reducción a la cima.

$$C_c = \frac{h_{ci} + h_{cm} + h_{cs}}{h_l} = 2,564$$

Hipótesis 1: cargas de servicio.

Hipótesis 1A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

$a_1 = 80 \text{ m}$	Vano anterior.
$a_2 = 80 \text{ m}$	Vano posterior.
$G_c = 15,2 \text{ daN}$	Peso del conductor.
$G_m = 105,85 \text{ daN}$	Peso de la ménsula.
$G_a = 7,5 \text{ daN}$	Peso del aislador.
$T_{cIII1} = 708,62 \text{ daN}$	Tiro conductor vano anterior.
$T_{cIII2} = 708,62 \text{ daN}$	Tiro conductor vano posterior.

Fuerza desequilibrada.

$$F_{des} = \frac{\left(G_c + G_a + \frac{G_m}{3}\right) l_{nom}}{h_l} = 4,609 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$\begin{aligned} F_{1along} &= (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} + F_{vlong} + F_{des} \\ &= 401,572 \text{ daN} \end{aligned}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1atr} = (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1a} = \frac{F_{1atr}}{2} + \frac{F_{1along}}{8} = 50,197 \text{ daN}$$

Hipótesis 1B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1blong} = (T_{cIII1} - T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$\begin{aligned} F_{1btr} &= (F_{vc1} + F_{va}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + (T_{cIII1} + T_{cIII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{vtrans} + F_{des} \\ &= 401,572 \text{ daN} \end{aligned}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1b} = \frac{F_{1btr}}{2} + \frac{F_{1blong}}{8} = 200,786 \text{ daN}$$

Hipótesis 1C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores en ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera por dar valores menores a los anteriores.

Hipótesis 1D: Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

No se considera manguito de hielo en la zona.

Hipótesis 1E: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.

$T_{cII1} = 502,43 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano anterior.

$T_{cII2} = 502,43 \text{ daN}$ Tiro conductor mínima temperatura vano posterior.

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{1elong} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{1etr} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 4,609 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{1c} = \frac{F_{1ctr}}{2} + \frac{F_{1clong}}{8} = 2,304 \text{ daN}$$

Hipótesis 2: Cargas de construcción y mantenimiento.

Hipótesis 2A: Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.

$$F_{montaje} = 200 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2along} = (T_{cII1} - T_{cII2}) * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2atr} = (T_{cII1} + T_{cII2}) * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 * F_{des} + F_{montaje} = 211,522 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2a} = \frac{F_{2atr}}{2} + \frac{F_{2along}}{8} = 105,761 \text{ daN}$$

Hipótesis 2B: Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase “B y C”), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga 1,5. No se considera viento.

$$T_{cv1} = 295,65 \text{ daN}$$

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{2blong} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \cos \frac{\theta}{2} = 459,487 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{2btr} = 1,5 * T_{cv1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} + 2,5 F_{des} = 4,609 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{2b} = \frac{F_{2btr}}{2} + \frac{F_{2blong}}{8} = 59,74 \text{ daN}$$

Hipótesis3: Cargas de contención de falla.

Hipótesis 3A: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores y cables de guardia. No se considera viento.

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3along} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 459,487 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{3atr} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 4,609 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3a} = \frac{F_{3atr}}{2} + \frac{F_{3along}}{8} = 59,74 \text{ daN}$$

Hipótesis 3B: Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductos y cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

No se considera sismo proyectado.

Hipótesis 3C: Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasiona el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase “C”.

Esfuerzo longitudinal.

$$F_{3clong} = T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} * \cos \frac{\theta}{2} = 648,054 \text{ daN}$$

Esfuerzo transversal.

$$F_{3ctr} = \left(T_{cII1} * \frac{h_{cs}}{h_l} + (T_{cII1} + T_{cII2}) \frac{h_{cm} + h_{ci}}{h_l} \right) * \sin \frac{\theta}{2} + F_{des} = 4,609 \text{ daN}$$

Esfuerzo equivalente.

$$F_{3c} = \frac{F_{3ctr}}{2} + \frac{F_{3clong}}{8} = 83,311 \text{ daN}$$

Resumen de esfuerzos para las distintas hipótesis.

Hipótesis	Eje Transversal [daN]	Eje Longitudinal [daN]	F. aplicado por poste [daN]
1A	$F_{1atr} = 0$	$F_{1along} = 401,572$	$F_{1a} = 50,197$
1B	$F_{1btr} = 401,572$	$F_{1blong} = 0$	$F_{1b} = 200,786$
1E	$F_{1etr} = 4,609$	$F_{1elong} = 0$	$F_{1e} = 2,304$
2A	$F_{2atr} = 211,522$	$F_{2along} = 0$	$F_{2a} = 6,241$
2B	$F_{2btr} = 211,522$	$F_{2blong} = 1137,115$	$F_{2b} = 147,901$
3A	$F_{3atr} = 4,609$	$F_{3along} = 459,487$	$F_{3a} = 59,74$
3C	$F_{3ctr} = 4,609$	$F_{3clong} = 648,054$	$F_{3c} = 83,311$

$$S_s = \max(F_{1a}, F_{1b}, F_{1e}, F_{2a}, F_{2b}, F_{3a}, F_{3c}) = 200,786 \text{ daN}$$

$$F_{tmax} = \max(F_{1atr}, F_{1btr}, F_{1etr}, F_{2atr}, F_{2btr}, F_{3atr}, F_{3ctr}) = 401,572 \text{ daN}$$

$$F_{lmax} = \max(F_{1along}, F_{1blong}, F_{1elong}, F_{2along}, F_{2blong}, F_{3along}, F_{3clong}) = 1137,115 \text{ daN}$$

Dimensionamiento de la estructura.

$$K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p$$

$$K_E = 1$$

$$K_C = 1,2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{K_E * K_C * S_s}{\phi} = 321,258$$

$$R_p = 1900 \text{ daN}$$

$$V_s = \text{if} (K_E * K_C * S_s \leq \phi * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Para cargas cuasi permanentes se debe cumplir con:

$$K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p$$

F_{RV} = tiro resultante de aplicar las cargas para retenciones angulares y terminales para el

Estado V

$$F_{RV} = \frac{2}{8} * T_{CV1} * C_c * \sin \frac{\theta}{2} = 0 \text{ daN}$$

$\phi_v = 0,4$ factor global de resistencia para el estado V, cargas aplicadas cuasi permanentes.

Estructuras de retención angular y terminal.

$$\text{Verif}_V = \text{if} (K_E * K_C * F_{RV} \leq \phi_v * R_p, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"})$$

$$V_s = \text{"Verifica"}$$

Condiciones de servicialidad.

$$\sigma_{admV} = 4,287 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{Tensión máxima admisible para el Estado V.}$$

$$S_c = 68,97 \text{ mm}^2 \quad \text{Sección real del conductor.}$$

$$T_x = C_c * \sigma_{admV} * S_s = 758,139 \text{ daN}$$

$$T_y = F_{des} = 4,609 \text{ daN}$$

$$F_N = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 758,153 \text{ daN}$$

$$R_c = \frac{F_N}{0,4} = 1895,383 \text{ daN}$$

$$Verif_{serv} = if(R_c \leq R_p, "Verifica", "NO Verifia") = "Verifica"$$

Tabla resumen de Retenciones.

Piquete N°	40	53	69	80	82	132	135	154	155	168
Vano Anterior [m]	70	80	70	60	80	70	30	70	85	70
Vano Posterior [m]	60	80	65	70	80	70	80	85	80	80
Altura Poste Hp [m]	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Resistencia Poste Rp [daN]	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Peso Poste [daN]	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098
Altura Libre hl [m]	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Empotramiento eb [m]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
F1a [daN]	94,726	50,197	72,029	94,726	50,197	50,136	293,371	111,565	70	91,761
F1b [daN]	199,368	200,786	193,897	199,368	200,786	188,555	262,501	221,01	210,68	209,012
F1e [daN]	4	2,304	3,145	4	2,304	2,228	9,849	5,418	3,412	4,3
F2a [daN]	133,806	105,761	118,657	133,806	105,761	102,304	239,144	162,462	126,638	141,398
F2b [daN]	147,617	147,901	147,667	147,617	147,901	147,117	147,428	147,853	147,948	147,805
F3a [daN]	61	59,74	60,706	61	59,74	60,389	62,31	60,447	59,755	60,427
F3c [daN]	78,483	83,311	78,502	78,483	83,311	79,016	83,121	85,534	85,176	83,273
Condición a Cumplir [daN]	319	321,258	310,077	319	321,258	301,688	420,003	353,616	337,09	334,421
Verifica	Si									

Dimensionamiento de fundaciones.

Los postes de madera son empotrados directamente en el suelo, mientras que los de hormigón se fijan al terreno por medio de un macizo de hormigón simple. El método de cálculo utilizado es el Sulzberger, el cual se describe a continuación.

Método Sulzberger.

Se utiliza para implantación en terrenos normales, tanto para el caso de fundaciones de hormigón como para empotramiento directo, cuando las fundaciones tienen como dimensión preponderante la profundidad.

Los postulados básicos, originados en resultados experimentales, se resumen en:

- Para inclinaciones limitadas del macizo de la fundación, el terreno reacciona en forma elástica.
- Para los momentos volcadores más reducidos, la estructura y su fundación giran con respecto a un eje ubicado en el fondo de la fundación. La totalidad de la superficie del fondo está en contacto con el terreno, contribuyendo a la estabilización. Con un aumento de los esfuerzos volcadores, el conjunto gira sobre un eje que ya no está en el fondo, sino más arriba, a $1/3$ de la profundidad de empotramiento.
- Se considera un ángulo de inclinación máximo bajo la acción de los momentos volcadores, tal que $tg(\alpha) < 0.015$. Este valor se establece con el fin de no alterar las condiciones de la línea (flechas y tiros del conductor).

Coefficiente de compresibilidad.

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad C , definido como la fuerza en daN que, aplicada sobre una superficie de 1 cm^2 , provoca el hundimiento de 1 cm .

Se deben diferenciar:

C_t = Coeficiente de compresibilidad en las paredes de la fundación (cargas horizontales).

C_b = Coeficiente de compresibilidad en el fondo de la fundación (cargas verticales).

El coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad. Generalmente las tablas dan valores típicos a 2 m de profundidad, por lo que se debe calcular el valor proporcional a la profundidad real del fondo de la base.

Características de suelos.									
Categoría	Naturaleza del terreno	Peso específico	Presión admisible	Índice de compresibilidad	Ángulo de tierra gravante		Ángulo de fricción interna	Coeficiente de fricción entre terreno y hormigón	
		γ kg/cm ²	σ kg/cm ²	C kg/cm ³	β_0		S°	μ	
					Vegetable	Movido		Liso	Escabroso
A	Laguna, aguazal, terreno pantanoso	650	Hasta 0,5	0,5...1,0	5°	3°	---	0,05	0,1
B	Terrenos muy blandos	1700	Hasta 0,8	1...2	5°	3°	20°	0,2	0,2
	Arena fina húmeda			2...4			30°	0,3	0,5
	Arcilla blanda			5...8			25°	0,3	0,4
C	Arcilla medio dura seca	1700	Hasta 1,8	5...8	8°	6°	25°	0,4	0,5
	Arcilla fina seca			6...9			30°	0,6	0,7
D	Arcilla rígida	1700	Hasta 3,0	10	12°	10°	25°	0,4	0,5
	Arena gruesa y pedregullo			11...13			35°	0,4	0,5
E	Arcilla gruesa seca	1700	Hasta 4,0	11...13	15°	12°	37°	0,4	0,5
F	Rígido pedregullo y canto rodado	1700	Hasta 5,0	13...16	20°	20°	40°	0,4	0,5

Momento volcador.

Los esfuerzos volcadores son las cargas horizontales que actúan sobre la estructura (tiro de los conductores, viento, etc.).

Para el caso en que la fundación trabaja parcialmente despegada del suelo, el momento volcador queda definido por:

$$M_v = F \left(h_{libre} + \frac{2}{3}t \right)$$

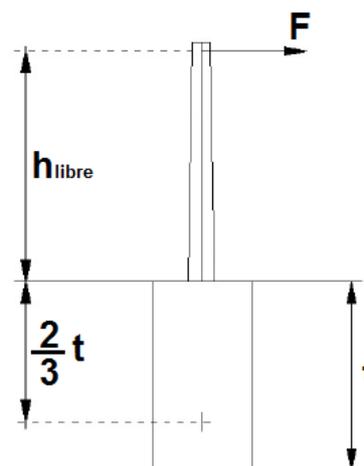
Dónde:

M_v = Momento volcador [daN m].

F = Tiro total reducido a la cima [daN].

h_{libre} = Altura libre del poste [m].

t = Profundidad del macizo de la fundación [m].



Para estructuras dobles tenemos acción en dos ejes:

$$M_{vx} = F_y \left(h_{libre} + \frac{2}{3}t \right)$$

$$M_{vy} = F_x \left(h_{libre} + \frac{2}{3}t \right)$$

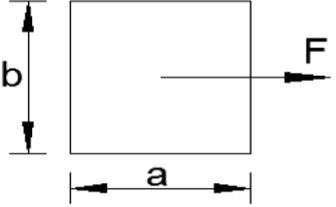
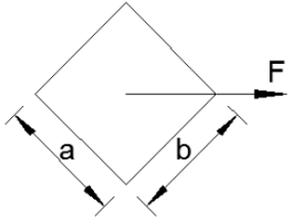
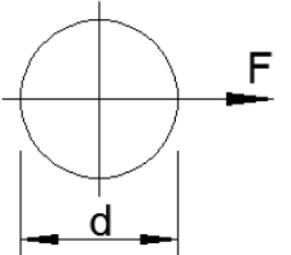
Momentos estabilizantes.

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes:

- 1) Momento de encastramiento (M_s), originado por la reacción en las paredes
- 2) Momento de reacción de fondo (M_b), provocado por las cargas verticales.

Para la determinación de los valores de los momentos estabilizantes se elaboran las fórmulas a partir de la distribución de la presión producida por la reacción del terreno ante el movimiento de la fundación, en torno al eje de giro del conjunto.

Las fórmulas a utilizar se resumen en la siguiente tabla.

Forma de la base (planta)	Momento de encastramiento.		Momento de fondo.	
	Tg α	Ms	Tg α	Mb
	$\frac{6 \mu G}{b t^2 C_t} < 0,015$	$\frac{b t^3}{36} C_t \tan \alpha$	$\frac{2 G}{a^2 b C_b} < 0,015$	$G \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b C_b \tan \alpha}} \right)$
	$\frac{4,5 \mu G}{b t^2 C_t} < 0,015$	$\frac{1,414 a t^3}{36} C_t \tan \alpha$	$\frac{1,414 G}{a^3 C_b} < 0,015$	$G \left(0,707 a - 0,5 \sqrt[3]{\frac{3 G}{C_b \tan \alpha}} \right)$
	$\frac{8,8 \mu G}{b t^2 C_t} < 0,015$	$\frac{d t^3}{52,8} C_t \tan \alpha$	<p>Esta forma de base se emplea cuando se empotra directamente el poste sin base de hormigón. Por ser reducido el diámetro respecto a la profundidad de empotramiento, se desprecia el valor del momento de fondo.</p>	

Procedimiento de diseño.

Las fundaciones deben ser verificadas con los valores de las reacciones de los apoyos, que resulten en aplicar las hipótesis del diseño de estructuras. El diseño de las fundaciones se basará en la aplicación del “Método de factorización de cargas y resistencias” (LRFD); debiéndose cumplir con la siguiente condición.

$$K_E K_C F \leq \phi R$$

Dónde:

K_E = Factor de carga que tiene en cuenta la verificación experimental del comportamiento del cimiento, mediante ensayos con prototipos a escala natura.

$K_E = 1,0$ Para solicitaciones de vuelco y compresión. Para solicitaciones de tracción cuando el comportamiento de los anclajes es verificado mediante ensayos de prototipos.

$K_E = 1,1$ Para cimentaciones sometidas a tracción cuando el comportamiento de las mismas no es verificado mediante ensayos de prototipos.

K_C = Factor de carga que tiene en cuenta el tipo de estructura y el daño que produciría la falla de dicha estructura.

F = Es una reacción última que resulta la reacción máxima de la estructura (correspondiente a cargas aleatorias con un período de recurrencia T, a cargas de montaje, o a cargas especiales) calculada según se establece la norma AEA 95301, en función del destino, condiciones de exposición de la obra y de acuerdo a las hipótesis de proyecto.

ϕ = Factor global de resistencia que dependerá del tipo de solicitación a que está sometido el cimiento (momento de vuelco, carga de hundimiento o de tracción), del tipo de fundación y de su montaje.

R = Resistencia teórica calculada para un determinado “suelo típico”, a partir de los valores geotécnicos mínimos que identifican a dicho “suelo típico” (ángulo de fricción, densidad, cohesión, grado e índice de consistencia).

Cálculo fundación directa, suspensión poste de madera.

Datos del poste.

$P_p = 2380 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13,5 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,2 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = 0,25 \text{ m}$	Diámetro en la base.
$h_l = 11 \text{ m}$	Altura libre.
$t_{emp} = 2,5 \text{ m}$	Empotramiento.

Cargas verticales.

$P_a = 3,5 \text{ daN}$	Peso del aislador.
$P_p = 2380 \text{ daN}$	Peso del poste.
$P_c = 15,2 \text{ daN}$	Peso del conductor.

Carga vertical total.

$$G_{vt} = 3P_a + 3P_c + P_p = 2436,1 \text{ daN}$$

Momento de encastramiento (Ms).

$\mu = 0,4$	Coefficiente de fricción estática.
$C_t = 12 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$	Coefficiente de compresibilidad para paredes a una profundidad de 2m.

$$\tan \alpha_s = \frac{8,8 \mu G_{vt}}{D 100 (t_{emp} 100)^2 C_t} = 0,00046 \qquad \tan \alpha = 0,015$$

$if(\tan \alpha_s < \tan \alpha, \text{"Aplica Sulzberger"}, \text{"NO Aplica Sulzberger"}) = \text{"Aplica Sulzberger"}$

$$M_s = \frac{D t_{emp}^3}{52,8} C_t 10^6 \tan \alpha = 13316,761 \text{ daN} * m$$

Momento de reacción de fondo (Mb).

Se desprecia para postes de madera directamente empotrados.

Momento volcador (Mv).

$$T_{max} = 532,367 \text{ daN}$$

$$h_l = 11 \text{ m}$$

$$M_v = T_{max} \left(h_l \frac{2}{3} t_{emp} \right) = 9760,062 \text{ daN} * m$$

Verificación de la condición de resistencia al vuelco.

$K_C = 1$ Factor de carga (suspensión).

$K_v = 1$ Factor de vuelco para postes directamente empotrados.

$\Phi_b = \frac{1}{K_v} = 1$ Factor de resistencia la vuelco.

$if(K_C M_v \leq \Phi_b M_s, \text{Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$

Verificación a las presiones verticales aplicadas sobre el terreno.

$$q_m = \frac{G_{vt}}{\frac{\pi D}{4} 10000} = 1,241$$

Presión vertical centrada sobre el terreno.

$$\sigma_{adm} = 3 \frac{daN}{cm^2}$$

Presión admisible del suelo.

$$\varphi_c = 0,5$$

Factor de minoración de resistencia al hundimiento.

$if(q_m \leq \varphi_c \sigma_{adm}, \text{"Verifica en el centro"}, \text{"NO verifica en el centro"})$
= "Verifica en el centro"

Tabla resumen de empotramiento directo, suspensión de madera.

Vano	60				65			70	
Estructura	S	S+0,5	S+1	S+1,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5
Peso Poste [daN]	2300	2380	2470	2560	2300	2380	2470	2300	2380
Altura Poste [m]	13	13,5	14	14,5	13	13,5	14	13	13,5
Altura Libre [m]	11	11,5	12	12,4	11	11,5	12	11	11,5
Empotramiento [m]	2	2	2	2,1	2	2	2	2	2
Tiro Máximo [daN]	487,316	496,037	504,674	511,529	498,579	507,335	516,004	509,842	518,633
Tgα	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Aplica Sulzberger	Si								
Momento de Encastramiento [daN m]	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76
Momento Volcador [daN m]	8934,127	11160,83	11775,72	12361,95	10802,54	11415,04	12040,09	11046,57	11669,24
Resistencia al Vuelco	Verifica								
Presiones Verticales	Verifica								

Vano	70		75		80				
Estructura	S+1	S+1,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5	S+1	S+1,5
Peso Poste [daN]	2470	2560	2300	2380	2470	2300	2380	2470	2560
Altura Poste [m]	14	14,5	13	13,5	14	13	13,5	14	14,5
Altura Libre [m]	12	12,4	11	11,5	12	11	11,5	12	12,4
Empotramiento [m]	2	2,1	2	2	2	2	2	2	2,1
Tiro Máximo [daN]	527,334	534,237	521,104	529,931	538,665	532,267	541,229	549,995	556,946
Tgα	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Aplica Sulzberger	Si								
Momento de Encastramiento [daN m]	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76	13316,76
Momento Volcador [daN m]	12304,46	12910,72	11290,58	11923,45	12568,85	9760,06	10373,55	10999,9	11458,23
Resistencia al Vuelco	Verifica								
Presiones Verticales	Verifica								

Cálculo fundación suspensión de hormigón.

Datos del poste.

$P_p = 1998 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,245 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = 0,421 \text{ m}$	Diámetro en la base.
$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$t_{emp} = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$a = 80 \text{ m}$	Vano de cálculo.

Cargas verticales.

$P_a = 7,5 \text{ daN}$	Peso del aislador.
$P_p = 1998 \text{ daN}$	Peso del poste.
$P_c = 15,2 \text{ daN}$	Peso del conductor.

Dimensionamiento de la fundación de hormigón simple.

$t_1 = t_{emp} = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$f = 0,20 \text{ m}$	Distancia entre el fondo del hueco y el de la base.
$e_a = 0,20 \text{ m}$	Distancia entre el hueco y el borde lateral.
$e_b = 0,20 \text{ m}$	Distancia entre el hueco y el borde lateral.
$a_b = D + 0,1 + 2 e_a = 0,921 \text{ m}$	Ancho de la base.
$b_b = D + 0,1 + 2 e_b = 0,921 \text{ m}$	Ancho de la base.
$t = t_1 + f = 1,5 \text{ m}$	Profundidad de la base.

Verificación de las dimensiones mínimas de la base.

$$if \left(0,2 \leq f \leq \frac{t}{5}, \text{Verifica"}, "NO verifica" \right) = \text{"Verifica"}$$

Peso del hormigón.

$$V_h = a_b b_b t - \frac{\pi(D+0,1)^2}{4} t_1 = 0,995 m^3 \quad \text{Volumen del hormigón.}$$

$$\gamma_h = 2200 \frac{daN}{m^3} \quad \text{Peso específico.}$$

$$P_h = V_h \gamma_h = 2189,474 daN \quad \text{Peso del hormigón.}$$

Carga vertical total.

$$G_{vt} = 3P_a + 3P_c + P_p + P_h = 4255,574 daN$$

Momento de encastramiento (Ms).

$$\mu = 0,4 \quad \text{Coeficiente de fricción estática.}$$

$$C_t = 12 \frac{daN}{cm^3} \quad \text{Coeficiente de compresibilidad para paredes a una profundidad de 2m.}$$

$$\tan \alpha_s = \frac{4,5 \mu G_{vt}}{D a_b 100 (t_{emp} 100)^2 C_t} = 0,00041$$

$$\tan \alpha = 0,015$$

$$if (\tan \alpha_s < \tan \alpha, \text{"Aplica Sulzberger"}, \text{"NO Aplica Sulzberger"}) = \text{"Aplica Sulzberger"}$$

$$M_s = \frac{1,411 a_b (t 100)^3}{36} C_t \tan \alpha = 21976,211 daN * m$$

Momento reacción de fondo (Mb).

$$C_b = 4 \frac{daN}{cm^3}$$

$$\tan \alpha_b = \frac{1,414 C_{vt}}{(a_b 100)^3 C_b} = 0,002$$

$if(\tan \alpha_b < \tan \alpha, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$

$$M_b = G_{vt} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} a_b - \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{3 G_{vt}}{C_b \tan \alpha 100^3}} \right) = 1501,129 daN * m$$

Momento volcador (Mv).

$T_{max} = 629,212 daN$ Tiro máximo.

$h_l = 11,7 m$ Altura libre.

$$M_v = T_{max} \left(h_l \frac{2}{3} t \right) = 7361,78 daN * m$$

Verificación de la condición de resistencia al vuelco.

$K_c = 1$ Factor de carga (suspensión).

$K_v = 1$ Factor de vuelco para postes directamente empotrados.

$\Phi_b = \frac{1}{K_v} = 1$ Factor de resistencia la vuelco.

$if(K_c M_v \leq \Phi_b M_s, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$

Verificación a las presiones verticales aplicadas sobre el terreno.

Presión máxima en el borde.

$$q_b = \sqrt[3]{3C_{vt} C_b^2 \tan \alpha_s^2} = 0,325 \frac{daN}{cm^2}$$

$$\sigma_{adm} = 3 \frac{daN}{cm^2} \quad \text{Presión admisible del suelo.}$$

$$\varphi_c = 0,5 \quad \text{Factor de minoración de resistencia al hundimiento.}$$

$$if(q_b \leq 1,3 \varphi_c \sigma_{adm}, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

Presión máxima en el centro.

$$q_m = \frac{G_{vt}}{(a_b / 100)^2} = 0,502 \frac{daN}{cm^2}$$

$$if(q_m \leq \varphi_c \sigma_{adm}, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

Tabla resumen fundaciones, suspensión de hormigón.

Vano	60			70			75			80		
	S	S+0,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5	S	S+0,5	S+1		
Estructura	S	S+0,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5	S	S+0,5	S+1		
Peso Poste [daN]	1998	2218	1998	2218	2344	1998	2218	1998	2218	2344		
Altura Poste [daN]	13	13,5	13	13,5	14	13	13,5	13	13,5	14		
Altura Libre [m]	11,7	12,15	11,7	12,15	12,6	11,7	12,15	11,7	12,15	12,6		
Empotramiento [m]	1,3	1,35	1,3	1,35	1,4	1,3	1,35	1,3	1,35	1,4		
Tiro Máximo [daN]	584,209	610,814	606,852	633,513	647,184	618,174	644,863	629,495	656,212	669,935		
Tg α	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004		
Aplica Sulzberger	Si											
Lado a [m]	0,921	0,942	0,921	0,942	0,949	0,921	0,942	0,921	0,942	0,949		
Lado b [m]	0,921	0,942	0,921	0,942	0,949	0,921	0,942	0,921	0,942	0,949		
Profundidad [m]	1,5	1,55	1,5	1,55	1,6	1,5	1,55	1,5	1,55	1,6		
Volumen de H° [m3]	0,995	1,064	0,995	1,064	1,11	0,995	1,064	0,995	1,064	1,11		
Momento de Encastramiento [daN m]	21976,211	24800,784	21976,211	24800,784	27481,825	21976,211	24800,784	21976,211	24800,784	27481,825		
Momento Reacción de Fondo [daN m]	1501,129	1661,728	1501,129	1661,728	1743,139	1501,129	1661,728	1501,129	1661,728	1743,139		
Momento Volcador [daN m]	6835,245	7668,77	7100,168	7953,756	8698,153	7232,636	7953,756	7361,78	8238,742	9003,926		
Resistencia al Vuelco	Verifica											
Presiones Verticales	Verifica											

Cálculo fundación retención angular 90°.

Datos del poste.

$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso.
$H_p = 13 \text{ m}$	Altura total.
$d_c = 0,260 \text{ m}$	Diámetro en la cima.
$D = 0,436 \text{ m}$	Diámetro en la base.
$h_l = 0,9 H_p = 11,7 \text{ m}$	Altura libre.
$t_{emp} = 0,1 H_p = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.

Cargas verticales.

$P_a = 7,5 \text{ daN}$	Peso del aislador.
$P_p = 2098 \text{ daN}$	Peso del poste.
$P_c = 15.52 \text{ daN}$	Peso del conductor.
$P_m = 105.85 \text{ daN}$	Peso de la ménsula.
$P_v = 200 \text{ daN}$	Peso de cada vínculo.

Dimensionamiento de la fundación de hormigón simple.

$t_1 = t_{emp} = 1,3 \text{ m}$	Empotramiento.
$f = 0,20 \text{ m}$	Distancia entre el fondo del hueco y el de la base.
$e_a = 0,20 \text{ m}$	Distancia entre el hueco y el borde lateral.
$e_b = 0,20 \text{ m}$	Distancia entre el hueco y el borde lateral.
$S_s = 0,63 \text{ m}$	Separación de los postes en la base.
$a_b = 2 D + 0,2 + 2 e_a + S_s = 2,102 \text{ m}$	Largo de la base.
$b_b = D + 0,1 + 2 e_b = 0,936 \text{ m}$	Ancho de la base.
$t = t_1 + f = 1,5 \text{ m}$	Profundidad de la base.

Verificación de las dimensiones mínimas de la base.

$$if \left(0,2 \leq f \leq \frac{t}{5}, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"} \right) = \text{"Verifica"}$$

Peso del hormigón.

$$V_h = a_b b_b t - 2 \frac{\pi(D+0,1)^2}{4} t_1 = 2,365 m^3 \quad \text{Volumen del hormigón.}$$

$$\gamma_h = 2200 \frac{daN}{m^3} \quad \text{Peso específico.}$$

$$P_h = V_h \gamma_h = 5201,987 daN \quad \text{Peso del hormigón.}$$

Carga vertical total.

$$G_{vt} = 6P_a + 3P_c + 2P_p + P_h + P_m + 3P_v = 10195,397 daN$$

Momento de encastramiento (Ms).

$$\mu = 0,4 \quad \text{Coeficiente de fricción estática.}$$

$$C_t = 12 \frac{daN}{cm^3} \quad \text{Coeficiente de compresibilidad para paredes a una profundidad de 2m.}$$

$$\tan \alpha_s = \frac{6 \mu G_{vt}}{D b_b 100 (t_{emp} 100)^2 C_t} = 0,0013$$

$$\tan \alpha = 0,015$$

$$if (\tan \alpha_s < \tan \alpha, \text{"Aplica Sulzberger"}, \text{"NO Aplica Sulzberger"}) = \text{"Aplica Sulzberger"}$$

$$M_s = \frac{b_b (t 100)^3}{36} C_t \tan \alpha = 15795 daN * m$$

Momento reacción de fondo (Mb).

$$C_b = 4 \frac{daN}{cm^3}$$

$$\tan \alpha_b = \frac{2 C_{vt}}{(a_b 100)^2 (b_b 100) C_b} = 0,001$$

$$if(\tan \alpha_b < \tan \alpha, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

$$M_b = G_{vt} \left(\frac{a_b}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G_{vt}}{b_b C_b \tan \alpha 100^3}} \right) = 8673,67 daN * m$$

Momento volcador (Mv).

$T_{max} = 717,249 daN$ Tiro máximo.

$h_l = 11,7 m$ Altura libre.

$$M_v = T_{max} \left(h_l \frac{2}{3} t \right) = 8391,813 daN * m$$

Verificación de la condición de resistencia al vuelco.

$K_C = 1,2$ Factor de carga (suspensión).

$K_v = 1$ Factor de vuelco para postes directamente empotrados.

$\Phi_b = \frac{1}{K_v} = 1$ Factor de resistencia la vuelco.

$$if(K_C M_v \leq \Phi_b M_s, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

Verificación a las presiones verticales aplicadas sobre el terreno.

Presión máxima en el borde.

$$q_b = \sqrt[3]{3C_{vt} C_b^2 \tan \alpha_s^2} = 0,933 \frac{daN}{cm^2}$$

$$\sigma_{adm} = 3 \frac{daN}{cm^2} \quad \text{Presión admisible del suelo.}$$

$$\varphi_c = 0,5 \quad \text{Factor de minoración de resistencia al hundimiento.}$$

$$if(q_b \leq 1,3 \varphi_c \sigma_{adm}, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

Presión máxima en el centro.

$$q_m = \frac{G_{vt}}{(a_b / 100)^2} = 0,231 \frac{daN}{cm^2}$$

$$if(q_m \leq \varphi_c \sigma_{adm}, \text{"Verifica"}, \text{"NO verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

Tabla resumen de fundaciones Retenciones Angulares.

Piquete N°	20	31	39	59	60	81	94	95	107
Ángulo de Desvío	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Peso Poste [daN]	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098
Altura Poste [daN]	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Altura Libre [m]	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Empotramiento [m]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Tiro Máximo [daN]	728,998	741,277	688,433	793,663	864,429	717,249	722,503	828,866	705,997
Tg α	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
Aplica Sulzberger	Si								
Largo a [m]	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102
Ancho b [m]	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936
Profundidad [m]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Volumen de H° [m3]	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365
Momento de Encastramiento [daN m]	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795
Momento Reacción de Fondo [daN m]	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67
Momento Volcador [daN m]	8529,277	8672,941	8054,667	9285,857	10113,82	8391,813	8453,285	9697,732	8260,165
Resistencia al Vuelco	Verifica								
Presiones Verticales	Verifica								

Tabla resumen de fundaciones Retenciones Angulares.

Piquete N°	133	134	182	188	197	206	221	228
Ángulo de Desvío	90	90	90	75	10	25	5	60
Peso Poste [daN]	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098
Altura Poste [daN]	13	13	13	13	13	13	13	13
Altura Libre [m]	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Empotramiento [m]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Tiro Máximo [daN]	811,304	557,815	728,998	695,525	372,342	517,653	299,952	591,951
Tg α	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
Aplica Sulzberger	Si							
Largo a [m]	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102
Ancho b [m]	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936
Profundidad [m]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Volumen de H° [m3]	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365
Momento de Encastramiento [daN m]	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795
Momento Reacción de Fondo [daN m]	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67
Momento Volcador [daN m]	9492,257	6526,436	8529,277	6197,128	3317,567	4612,288	2672,572	5274,283
Resistencia al Vuelco	Verifica							
Presiones Verticales	Verifica							

Tabla resumen fundaciones Retenciones.

Piquete	40	53	69	80	82	132	135	154	155	168
Peso Poste [daN]	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098	2098
Altura Poste [daN]	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Altura Libre [m]	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Empotramiento [m]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Tiro Máximo [daN]	199,368	200,786	193,897	199,368	200,786	188,555	262,501	221,01	210,68	209,012
Tg α	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
Aplica Sulzberger	Si									
Largo a [m]	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102	2,102
Ancho b [m]	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936
Profundidad [m]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Volumen de H° [m3]	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365
Momento de Encastramiento [daN m]	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795	15795
Momento Reacción de Fondo [daN m]	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67	8673,67
Momento Volcador [daN m]	1776,369	1780,003	1727,622	1776,369	1780,003	1680,025	2338,884	1969,199	1877,159	1862,297
Resistencia al Vuelco	Verifica									
Presiones Verticales	Verifica									

Análisis económico y financiero.

Recupero de la inversión.

Se planifica recuperar la inversión por medio de la comercialización de la energía eléctrica a través de la línea a reemplazar. Cabe aclarar que el cómputo será realizado sobre la potencia y energía diferencial, es decir, aquella la cual no podría venderse sin la realización de este proyecto.

Costos.

La estimación de costos se realizó por medio de presupuestos provenientes de varios proveedores y distribuidores, como así también a través de profesionales y prestadores de servicios. Estos precios han sido afectados por las variaciones del IPC a lo largo de la realización de este proyecto.

Materiales

Descripción	Unidad	USD/Unidad	ARS/Unidad	Cantidad	Subtotal USD	Subtotal ARS
Poste Madera 13 m	u	USD 149,50	\$ 148.005,00	103	USD 15.398,50	\$ 15.244.515,00
Poste Madera 13,5 m	u	USD 149,50	\$ 148.005,00	69	USD 10.315,50	\$ 10.212.345,00
Poste Madera 14 m	u	USD 162,50	\$ 160.875,00	14	USD 2.275,00	\$ 2.252.250,00
Poste Madera 14,5 m	u	USD 165,20	\$ 163.548,00	3	USD 495,60	\$ 490.644,00
Poste Hormigón 13 m	u	USD 988,00	\$ 978.120,00	29	USD 28.652,00	\$ 28.365.480,00
Aisladores Line Post	u	USD 45,50	\$ 45.045,00	654	USD 29.757,00	\$ 29.459.430,00
Aisladores Retención	u	USD 74,10	\$ 73.359,00	162	USD 12.004,20	\$ 11.884.158,00
Jabalina Cu 2m	u	USD 54,60	\$ 54.054,00	55	USD 3.003,00	\$ 2.972.970,00
Cable desnudo Ac-Cu 50mm ²	m	USD 4,88	\$ 4.831,20	275	USD 1.342,00	\$ 1.328.580,00
Cable Al 70 mm ²	m	USD 5,66	\$ 5.603,40	54795	USD 310.139,70	\$ 307.038.303,00
Hormigón para bases y excavación	m ³	USD 682,50	\$ 675.675,00	29	USD 19.792,50	\$ 19.594.575,00
Subtotal					USD 433.175,00	\$ 428.843.250,00

Mano de Obra

Descripción	Unidad	USD/Unidad	ARS/Unidad	Cantidad [h]	Subtotal ARS	Subtotal USD
Cuadrilla p/Tendido	h	USD 22,10	\$ 21.879,00	280	USD 6.188,00	\$ 6.126.120,00
Camión Grúa p/Tendido	h	USD 45,50	\$ 45.045,00	280	USD 12.740,00	\$ 12.612.600,00
Cuadrilla p/Montaje	h	USD 22,10	\$ 21.879,00	520	USD 11.492,00	\$ 11.377.080,00
Camión Grúa p/Montaje	h	USD 42,90	\$ 42.471,00	560	USD 24.024,00	\$ 23.783.760,00
Planos y Dirección	u	5%	5%	1	USD 2.722,20	\$ 2.694.978,00
Subtotal					USD 57.166,20	\$ 56.594.538,00

Costo Total USD 490.341,20 \$ 485.437.788,00

Ingresos.

Los ingresos serán determinados por las ganancias producidas por la comercialización de energía a través de la línea.

La facturación se realiza aplicando el cuadro tarifario actual brindado por el Ente Provincial de la Regulación de la Energía (EPRE) vigente desde 1 de abril de 2024.

Descripción de las tarifas.

Tarifa 1 – Pequeñas demandas ($P < 10\text{kW}$)

- ✓ Cargo fijo (\$/mes).
- ✓ Cargo variable en escalones de energía (\$/kWh).

Tarifa 2 – Medianas demandas ($10\text{kW} \leq P < 50\text{kW}$)

- ✓ Capacidad de suministro contratada (\$/kW-mes).
- ✓ Cargo variable por energía (\$/kWh).

Tarifa 3 – Grandes demandas ($50\text{kW} < P$)

- ✓ Cargo fijo (\$/mes).
- ✓ Capacidad de suministro contratada diferenciando horas punta y fuera de punta (\$/kW-mes).
- ✓ Cargo fijo por potencia adquirida (\$/kW-mes).
- ✓ Consumo de energía diferenciando horas punta, valle nocturno y restantes (\$/kWh).

A continuación, se transcriben las diferentes tarifas según la Resolución EPRE N°45/24:

TARIFA 1 - PEQUEÑAS DEMANDAS				
T1-R Uso residencial	ALTOS INGRESOS	MENORES INGRESOS	MEDIANOS INGRESOS	
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	
Cargo fijo \$/mes	1.011,26	1.011,26	Cargo fijo \$/mes	1.011,2600
Cargo variable por energía:			Cargo variable por energía:	
Primeros 100 kWh/mes	90,3232	25,3798	Primeros 100 kWh/mes	26,3844
Siguientes 100 kWh/mes	100,4376	35,4941	Siguientes 100 kWh/mes	36,4987
Siguientes 100 kWh/mes	114,1053	49,1619	Siguientes 100 kWh/mes	50,1664
Excedente de 300 kWh/mes	122,1433	57,1998	Siguientes 100 kWh/mes	58,2044
			Excedente de 400 kWh/mes	122,1433

TARIFA 2 - MEDIANAS DEMANDAS	
Por capacidad de suministro contratada \$/kW-mes	6.921,1000
Cargo variable por energía \$/kWh	82,1428

TARIFA 3 - GRANDES DEMANDAS	
Vinculación Inferior en Media Tensión	
Cargo fijo \$/mes	157.476,71
Por capacidad de suministro contratada en hs de punta \$/kW-mes	2.484,34
Por capacidad de suministro contratada en hs fuera de punta \$/kW-mes	2.484,34
Cargo fijo por potencia adquirida \$/kW-mes	2.884,83
Por consumo de energía \$/kWh	
Periodo horas restantes	51,9243
Periodo horas de valle nocturno	50,8884
Periodo horas de punta	53,7294

Egresos.

Los egresos producidos en las finanzas de la Cooperativa Eléctrica y otros servicios de Concordia Ltda. con respecto al proyecto estarán determinados por la compra y transporte de energía, los costos de operación y mantenimiento, la inversión inicial y los costos financieros del préstamo bancario.

En primer lugar, la cantidad de energía comprada se calcula de la misma manera que la energía vendida, de manera diferencial entre periodos anuales. El precio de la energía está determinado por el mercado eléctrico mayorista (CAMMESA), RESOL-2024-7-APN-SE#MEC.

		Precio de Referencia de la Potencia	Precio Estabilizado de la Energía (PEE)		
		(\$POTREF)	Horas Pico (\$PER.PICO)	Hora Resto (\$PER.RESTO)	Hora Valle (\$PER.VALLE)
		\$/MW-mes	\$/MWh	\$/MWh	\$/MWh
Demanda Distribuidor RESTO	Resto Segmentos	2.682.088	46.018	44.401	43.473
Demanda Distribuidor RESIDENCIAL	Nivel 2	80.000	3.129	2.981	2.832
	Nivel 3 hasta 400 kWh/mes o 650 kWh/mes	80.000	3.943	3.756	3.568

Además del costo de abastecimiento de energía, se encuentran los costos del transporte de la energía, tanto los extras jurisdiccionales como los provinciales, descriptos a continuación.

Nemo Agente	Descripción Agente	\$PEAT \$/MWh	\$PDT \$/MWh	\$PET \$/MWh
CEOSCOEW	CEOS CONCORDIA	1265	113	1378

TARIFA DE PEAJE - COOPERATIVAS				
Vinculación Superior	Residencial			Resto Segmentos
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Cargo fijo \$/mes	208509,49	208509,49	208509,49	208509,49
Por capacidad de transporte en hs de punta \$/kW-mes	567,15	567,15	567,15	567,15
Por capacidad de transporte en hs fuera de punta \$/kW-mes	567,15	567,15	567,15	567,15
Cargo fijo por potencia transportada \$/kW-mes	52,25	1,56	1,56	52,25
Cargo variable por energía \$/kWh				
Período horas restantes	0,846322	0,069181	0,083282	0,846322
Período horas de valle nocturno	0,829437	0,06647	0,079862	0,829437
Período horas de punta	0,875743	0,071874	0,086685	0,875743

La relación calculada entre la compra y la venta de energía ronda un 30%.

Operación y mantenimiento.

Los costos de facturación, operación y mantenimiento se estiman en un 10% respectivamente de la diferencia entre la energía comprada y vendida.

Impuesto.

Se le aplica al proyecto el impuesto correspondiente a las cooperativas el cual se calcula en base al 1,5% de ingresos.

Préstamo.

Para financiar la inversión inicial, la Cooperativa Eléctrica de Concordia adquirirá un préstamo bancario por el 70% del valor de la obra con las siguientes características:

- ✓ Monto: \$339.806.451
- ✓ Tipo: Francés.
- ✓ Tasa de interés: 38%
- ✓ Años a pagar: 5
- ✓ Periodicidad de pago: semestral
- ✓ Tipo de cuota: Fija

Crédito - Sistema Francés

Cuota	Capital	Interés	Cuota
1	\$ 12.727.286,36	\$ 63.592.274,05	\$ 76.319.560,38
2	\$ 15.345.187,77	\$ 60.974.372,61	\$ 76.319.560,38
3	\$ 18.501.570,67	\$ 57.817.989,71	\$ 76.319.560,38
4	\$ 22.307.196,39	\$ 54.012.363,99	\$ 76.319.560,38
5	\$ 26.895.609,00	\$ 49.423.951,39	\$ 76.319.560,38
6	\$ 32.427.821,56	\$ 43.891.738,85	\$ 76.319.560,38
7	\$ 39.097.966,15	\$ 37.221.594,24	\$ 76.319.560,38
8	\$ 47.140.106,35	\$ 29.179.454,03	\$ 76.319.560,38
9	\$ 56.836.450,76	\$ 19.483.109,63	\$ 76.319.560,38
10	\$ 68.527.255,97	\$ 7.792.304,43	\$ 76.319.560,38

Flujo de fondos.

- Optimista:

	0	1	2	3	4	5	6
Inversión Inicial	-\$ 485.437.788,00						
Venta de Energía	\$ 164.066.162,15	\$ 340.679.280,64	\$ 526.564.587,84	\$ 722.208.873,68	\$ 928.124.484,52	\$ 1.144.850.664,93	
Compra y Transporte de energía	-\$ 108.504.940,88	-\$ 229.845.650,37	-\$ 357.556.747,12	-\$ 491.972.676,44	-\$ 633.445.442,05	-\$ 782.345.527,86	
Mantenimiento	-\$ 16.406.616,21	-\$ 34.067.928,06	-\$ 52.656.458,78	-\$ 72.220.887,37	-\$ 92.812.448,45	-\$ 114.485.066,49	
Impuestos	-\$ 2.460.992,43	-\$ 5.110.189,21	-\$ 7.898.468,82	-\$ 10.833.133,11	-\$ 13.921.867,27	-\$ 17.172.759,97	
Total	-\$ 485.437.788,00	\$ 36.693.612,62	\$ 71.655.512,99	\$ 108.452.913,12	\$ 147.182.176,76	\$ 187.944.726,75	\$ 230.847.310,60
Acumulado	-\$ 485.437.788,00	-\$ 448.744.175,38	-\$ 377.088.662,39	-\$ 268.635.749,27	-\$ 121.453.572,50	\$ 66.491.154,24	\$ 297.338.464,85

	7	8	9	10	11	12	13	14	15
\$	1.372.954.969,81	\$ 1.613.034.750,70	\$ 1.865.718.720,09	\$ 2.131.668.597,87	\$ 2.411.580.844,23	\$ 2.706.188.483,52	\$ 3.016.263.023,88	\$ 3.342.616.477,61	\$ 3.686.103.487,66
-\$	939.062.868,17	-\$ 1.104.007.868,85	-\$ 1.277.612.482,06	-\$ 1.460.331.337,47	-\$ 1.652.642.932,79	-\$ 1.855.050.886,86	-\$ 2.068.085.258,52	-\$ 2.292.303.934,69	-\$ 2.528.294.091,36
-\$	137.295.496,98	-\$ 161.303.475,07	-\$ 186.571.872,01	-\$ 213.166.859,79	-\$ 241.158.084,42	-\$ 270.618.848,35	-\$ 301.626.302,39	-\$ 334.261.647,76	-\$ 368.610.348,77
-\$	20.594.324,55	-\$ 24.195.521,26	-\$ 27.985.780,80	-\$ 31.975.028,97	-\$ 36.173.712,66	-\$ 40.592.827,25	-\$ 45.243.945,36	-\$ 50.139.247,16	-\$ 55.291.552,31
\$	276.002.280,11	\$ 323.527.885,52	\$ 373.548.585,21	\$ 426.195.371,64	\$ 481.606.114,35	\$ 539.925.921,06	\$ 601.307.517,62	\$ 665.911.648,00	\$ 733.907.495,22
\$	573.340.744,96	\$ 896.868.630,48	\$ 1.270.417.215,70	\$ 1.696.612.587,34	\$ 2.178.218.701,69	\$ 2.718.144.622,75	\$ 3.319.452.140,37	\$ 3.985.363.788,37	\$ 4.719.271.283,59

- Intermedio:**

	0	1	2	3	4	5	6
Inversión Inicial	- \$ 485.437.788,00						
Venta de Energía	\$ 108.131.682,82	\$ 223.916.055,03	\$ 343.752.880,28	\$ 467.783.994,40	\$ 596.156.197,52	\$ 729.021.427,75	
Compra y Transporte de energía	- \$ 70.075.579,20	- \$ 149.624.357,87	- \$ 231.957.343,80	- \$ 317.171.984,23	- \$ 405.369.137,08	- \$ 496.653.190,28	
Mantenimiento	- \$ 10.813.168,28	- \$ 22.391.605,50	- \$ 34.375.288,03	- \$ 46.778.399,44	- \$ 59.615.619,75	- \$ 72.902.142,77	
Impuestos	- \$ 1.621.975,24	- \$ 3.358.740,83	- \$ 5.156.293,20	- \$ 7.016.759,92	- \$ 8.942.342,96	- \$ 10.935.321,42	
Total	- \$ 485.437.788,00	\$ 25.620.960,09	\$ 48.541.350,83	\$ 72.263.955,24	\$ 96.816.850,81	\$ 122.229.097,73	\$ 148.530.773,28
Acumulado	- \$ 485.437.788,00	- \$ 459.816.827,91	- \$ 411.275.477,08	- \$ 339.011.521,83	- \$ 242.194.671,02	- \$ 119.965.573,29	\$ 28.565.199,99

	7	8	9	10	11	12	13	14	15
\$	866.536.941,04	\$ 1.008.865.497,29	\$ 1.156.175.553,01	\$ 1.308.641.460,68	\$ 1.466.443.675,12	\$ 1.629.768.967,06	\$ 1.798.810.644,23	\$ 1.973.768.780,09	\$ 2.154.850.450,71
- \$	591.132.185,33	- \$ 688.917.945,22	- \$ 790.126.206,70	- \$ 894.876.757,34	- \$ 1.003.293.577,24	- \$ 1.115.504.985,85	- \$ 1.231.643.793,75	- \$ 1.351.847.459,93	- \$ 1.476.258.254,43
- \$	86.653.694,10	- \$ 100.886.549,73	- \$ 115.617.555,30	- \$ 130.864.146,07	- \$ 146.644.367,51	- \$ 162.976.896,71	- \$ 179.881.064,42	- \$ 197.376.878,01	- \$ 215.485.045,07
- \$	12.998.054,12	- \$ 15.132.982,46	- \$ 17.342.633,30	- \$ 19.629.621,91	- \$ 21.996.655,13	- \$ 24.446.534,51	- \$ 26.982.159,66	- \$ 29.606.531,70	- \$ 32.322.756,76
\$	175.753.007,48	\$ 203.928.019,88	\$ 233.089.157,71	\$ 263.270.935,37	\$ 294.509.075,24	\$ 326.840.550,01	\$ 360.303.626,39	\$ 394.937.910,45	\$ 430.784.394,45
\$	204.318.207,47	\$ 408.246.227,35	\$ 641.335.385,06	\$ 904.606.320,42	\$ 1.199.115.395,66	\$ 1.525.955.945,67	\$ 1.886.259.572,06	\$ 2.281.197.482,51	\$ 2.711.981.876,96

- Pesimista.

	0	1	2	3	4	5	6
Inversión Inicial	-\$ 485.437.788,00						
Venta de Energía	\$ 52.197.203,49	\$ 109.110.536,21	\$ 167.019.852,25	\$ 225.942.581,32	\$ 285.896.458,15	\$ 346.899.527,83	
Compra y Transporte de energía	-\$ 31.646.217,53	-\$ 70.748.093,03	-\$ 110.534.251,36	-\$ 151.016.667,46	-\$ 192.207.525,84	-\$ 234.119.224,24	
Mantenimiento	-\$ 5.219.720,35	-\$ 10.911.053,62	-\$ 16.701.985,22	-\$ 22.594.258,13	-\$ 28.589.645,82	-\$ 34.689.952,78	
Impuestos	-\$ 782.958,05	-\$ 1.636.658,04	-\$ 2.505.297,78	-\$ 3.389.138,72	-\$ 4.288.446,87	-\$ 5.203.492,92	
Total	-\$ 485.437.788,00	\$ 14.548.307,56	\$ 25.814.731,51	\$ 37.278.317,88	\$ 48.942.517,01	\$ 60.810.839,63	\$ 72.886.857,89
Acumulado	-\$ 485.437.788,00	-\$ 470.889.480,44	-\$ 445.074.748,93	-\$ 407.796.431,05	-\$ 358.853.914,04	-\$ 298.043.074,41	-\$ 225.156.216,52

	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	\$ 408.970.151,22	\$ 472.127.010,53	\$ 536.389.114,87	\$ 601.775.806,04	\$ 668.306.764,30	\$ 736.002.014,33	\$ 804.881.931,24	\$ 874.967.246,70	\$ 946.279.055,17
	-\$ 276.764.377,36	-\$ 320.155.820,67	-\$ 364.306.614,23	-\$ 409.230.046,68	-\$ 454.939.639,19	-\$ 501.449.149,58	-\$ 548.772.576,40	-\$ 596.924.163,18	-\$ 645.918.402,74
	-\$ 40.897.015,12	-\$ 47.212.701,05	-\$ 53.638.911,49	-\$ 60.177.580,60	-\$ 66.830.676,43	-\$ 73.600.201,43	-\$ 80.488.193,12	-\$ 87.496.724,67	-\$ 94.627.905,52
	-\$ 6.134.552,27	-\$ 7.081.905,16	-\$ 8.045.836,72	-\$ 9.026.637,09	-\$ 10.024.601,46	-\$ 11.040.030,21	-\$ 12.073.228,97	-\$ 13.124.508,70	-\$ 14.194.185,83
	\$ 85.174.206,47	\$ 97.676.583,65	\$ 110.397.752,43	\$ 123.341.541,66	\$ 136.511.847,21	\$ 149.912.633,11	\$ 163.547.932,75	\$ 177.421.850,14	\$ 191.538.561,09
	-\$ 139.982.010,06	-\$ 42.305.426,41	\$ 68.092.326,02	\$ 191.433.867,69	\$ 327.945.714,90	\$ 477.858.348,00	\$ 641.406.280,75	\$ 818.828.130,90	\$ 1.010.366.691,98

Rentabilidad del proyecto.

Período de repago.

El periodo de repago es el tiempo en que el flujo de fondos pasa de ser negativo a positivo.

Los resultados obtenidos para los tres escenarios son:

- Pesimista: 8 años y 5 meses.
- Intermedio: 5 años y 10 meses.
- Optimista: 4 años y 8 meses.

VAN.

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador financiero fundamental para evaluar la rentabilidad de una inversión. Se define como la suma de los valores actuales de todos los flujos de caja netos generados por el proyecto a lo largo de su vida útil, descontando cada flujo de caja a la tasa de descuento elegida.

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

Dónde:

F_j = Es el flujo de caja neto generado en el período j .

i = Es la tasa de descuento.

j = Es el número de períodos de la vida útil del proyecto.

Los resultados son:

- Pesimista: \$952.844.677,39
- Intermedio: \$2.587.125.697,26
- Optimista: \$4.513.467.782,75

TIR.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero fundamental para evaluar la rentabilidad de una inversión. Se define como la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto sea igual a cero. En otras palabras, la TIR representa la tasa de retorno que genera la inversión, considerando el valor del dinero en el tiempo.

La TIR considera el valor del dinero en el tiempo y permite comparar proyectos con diferentes vidas útiles.

Los resultados obtenidos son:

- Pesimista: 13%
- Intermedio: 23%
- Optimista: 31%

Conclusión.

Considerado los resultados obtenidos a lo largo de este proyecto, se concluye que posee una alta factibilidad técnica, es necesario para el servicio a los usuarios y superior a otras alternativas de construcción.

Desde el punto de vista económico, los tres escenarios presentan VAN y TIR positivas, es decir, que devuelven el capital invertido además de pagar un porcentaje de interés y proporcionar un excedente de ingresos. En cuanto al período de repago se observa que se encuentra dentro de la vida útil de la instalación. Lo expuesto anteriormente indica que, al igual que desde el punto de vista técnico, económicamente es viable.

Si bien se debe recordar que la Cooperativa Eléctrica y otros Servicios de Concordia Ltda. debe priorizar el beneficio a sus socios por medio de un servicio confiable y de calidad, se propone fomentar a través de la Municipalidad de Concordia y otros Organismos la instalación de nuevas empresas y emprendimientos turísticos en la zona, con el objetivo de alcanzar, e incluso superar, los escenarios planteados en este trabajo.

Bibliografía.

Asociación electrotécnica argentina. (2007). AEA 95301-Reglamentación de líneas aéreas exteriores de media tensión y alta tensión.

Información técnica proporcionada por la Cooperativa eléctrica y Otros Servicios de Concordia Ltda.

Resolución Secretaría de Energía: RESOL-2024-7-APN-SE#MEC

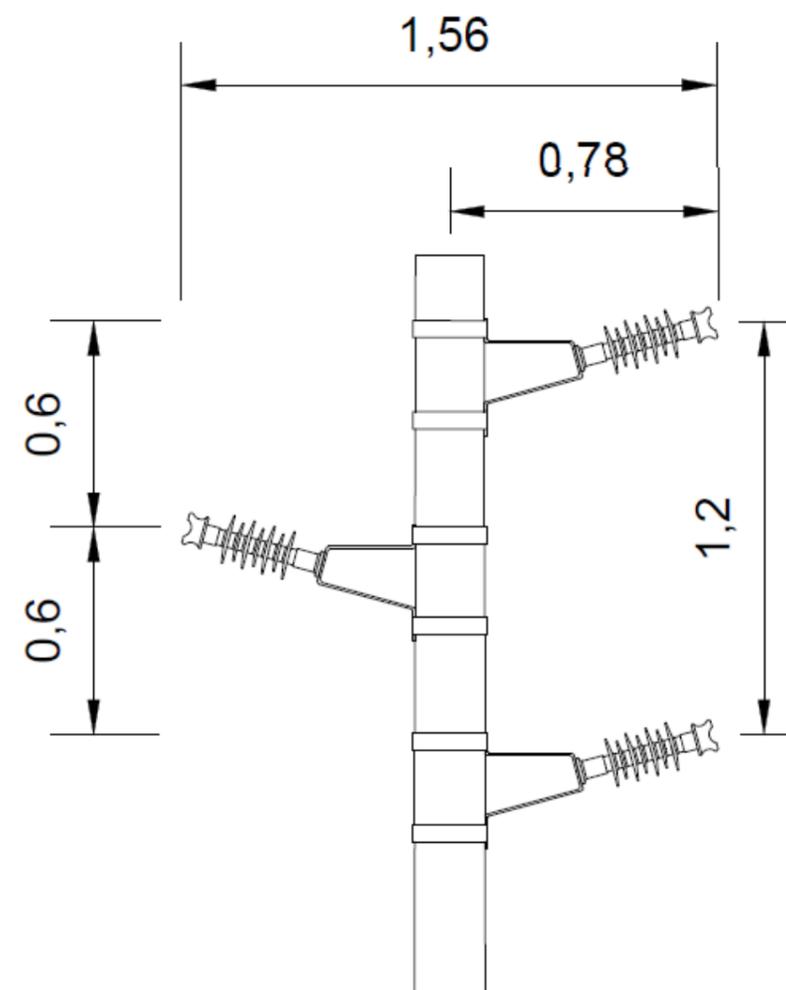
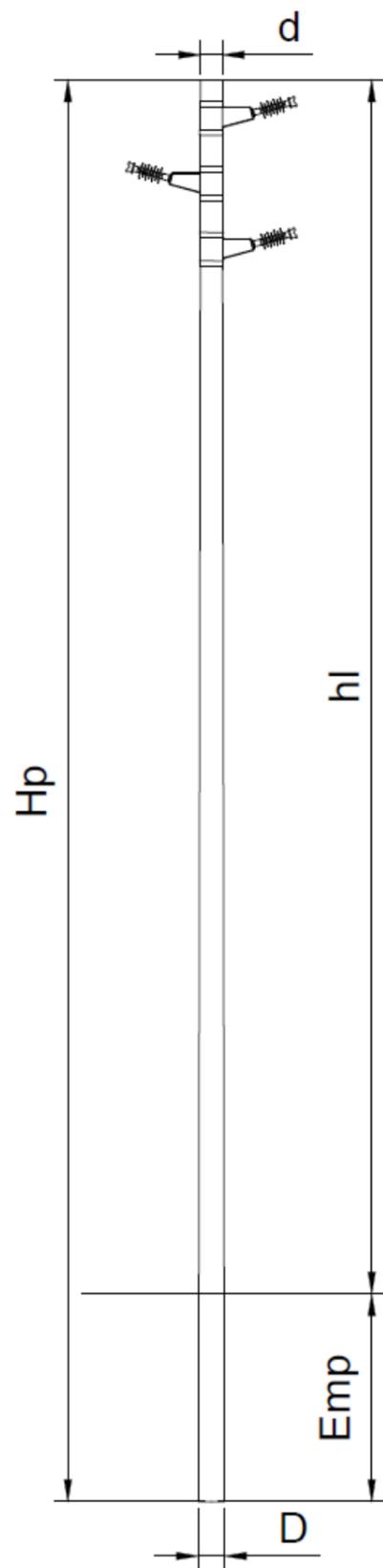
Apuntes de cátedra Generación y Distribución de la Energía Eléctrica (2020). Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Concordia.

Apuntes de cátedra Generación y Distribución de la Energía Eléctrica (2022). Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario.

Planos.

SUSPENSIÓN DE MADERA

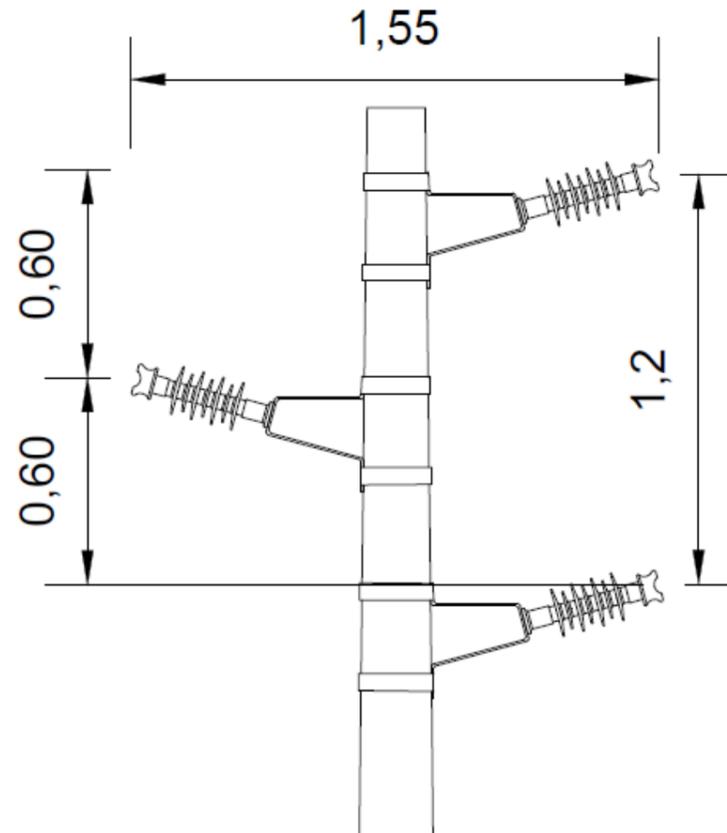
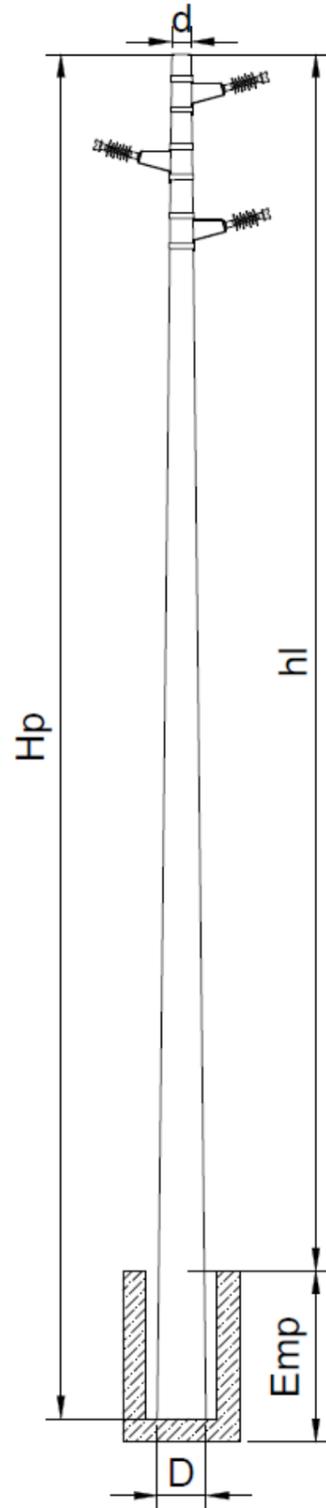
	Hp [m]	hl [m]	Emp [m]	d [cm]	D [cm]	Rp [daN]
S	13	11	2	0,17	0,19	800
S+0,5	13,5	11,5	2	0,17	0,19	800
S+1	14	12	2	0,18	0,21	875
S+1,5	14,5	12,5	2,1	0,18	0,22	875



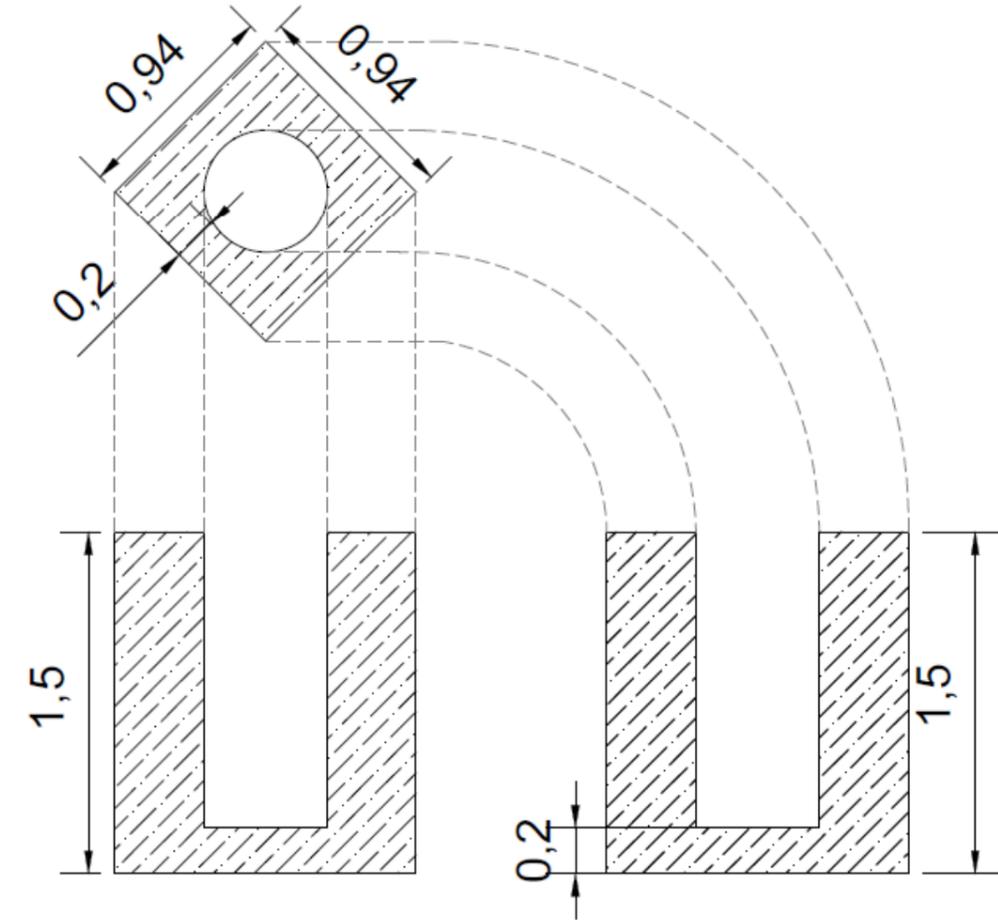
	Proyecto:	Línea 33 kV	
	Plano:	Suspensión de madera	
	Fecha: 2023	Escala: 1:60	CHALLIOL, Andrés M.
		Archivo:	

SUSPENSIÓN DE HORMIGÓN

	Hp [m]	hl [m]	Emp [m]	d [cm]	D [cm]	Rp [daN]
S	13	11,7	1,3	0,24	0,43	900
S+0,5	13,5	12,15	1,35	0,24	0,44	900
S+1	14	12,6	1,4	0,26	0,45	1000

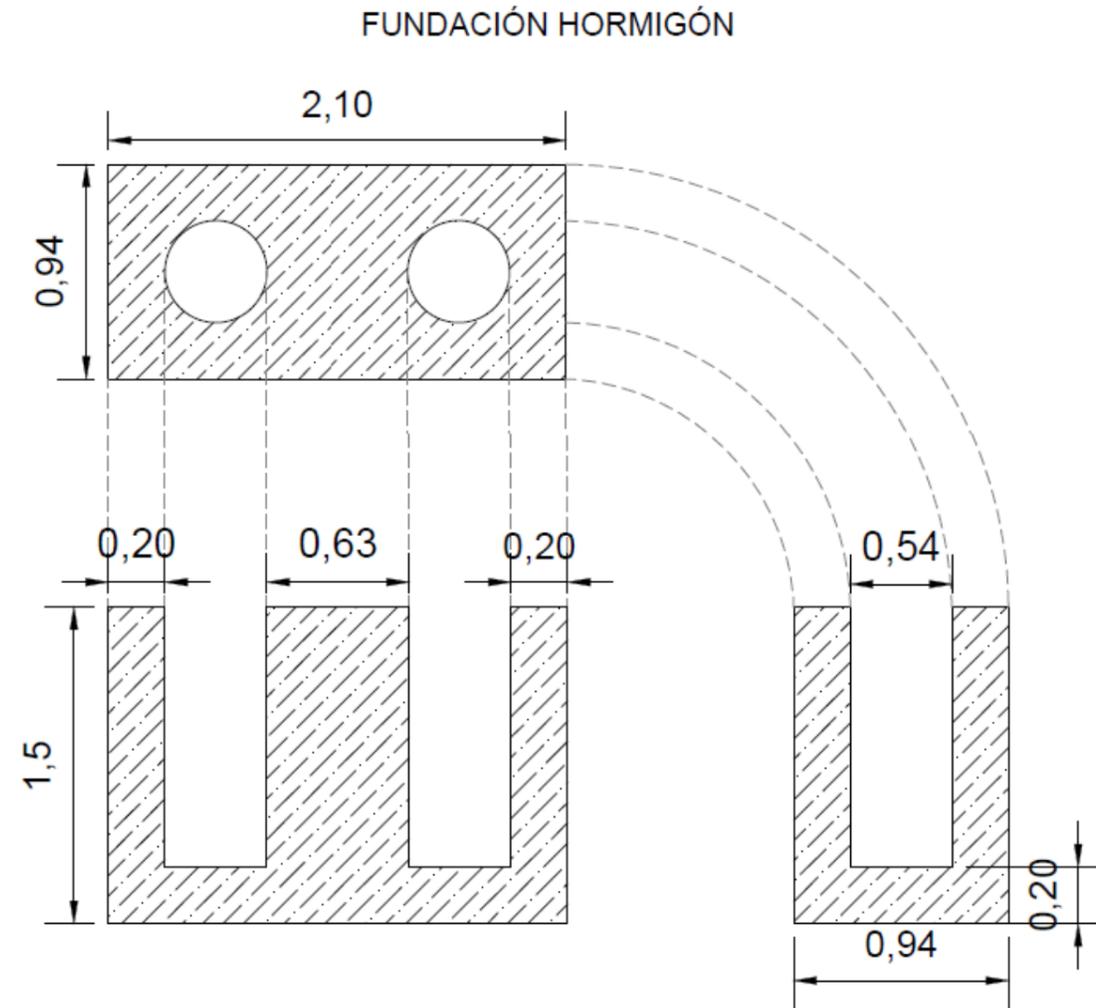
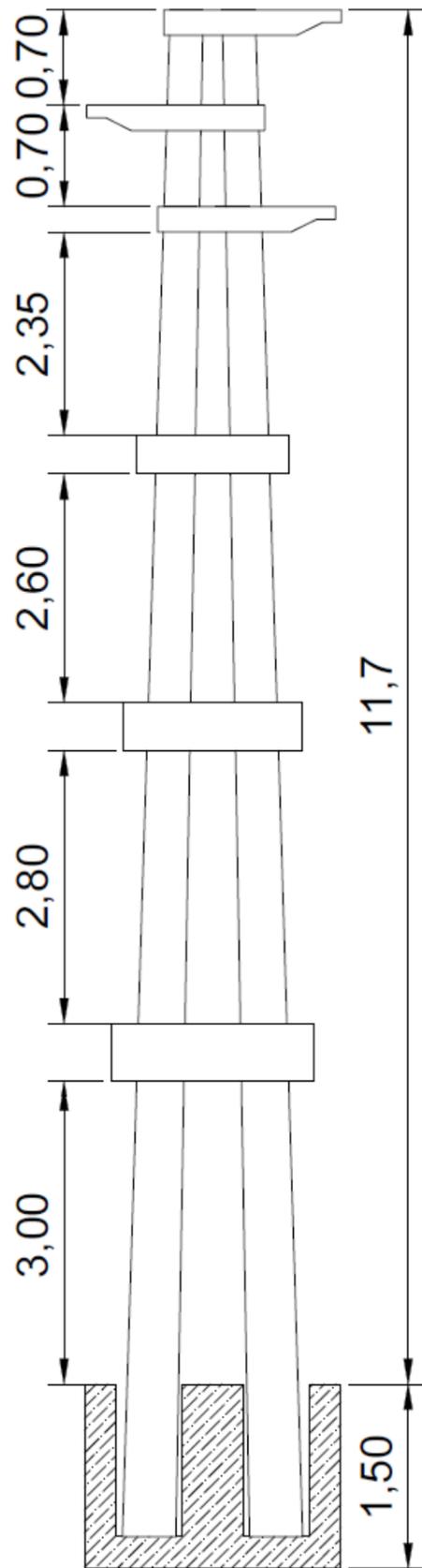


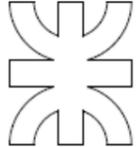
FUNDACIÓN SIMPLE



	Proyecto:	Línea 33 kV	
	Plano:	Suspensión de hormigón	
	Fecha: 2023	Escala: 1:60	CHALLIOL, Andrés M.
		Archivo:	

RETENCIÓN DOBLE



	Proyecto:	Línea 33 kV	
	Plano:	Retención doble	
	Escala: 1:60	CHALLIOL, Andrés M.	
Fecha: 2023	Archivo:		