

2019

Proyecto final de Ingeniería Eléctrica Electrificación del ramal La Plata – Brandsen de la línea Roca.



Autores:

Baron, Erwin

Trevolazavala, Marcelino

UTN FRLP

Departamento de Ingeniería Eléctrica



Introducción

El presente trabajo constituye la culminación de una etapa como alumnos de la universidad. Pretende mostrar una metodología de cálculo para construir una catenaria ferroviaria. El ramal elegido, actualmente en desuso, tiene una importancia estratégica para el desarrollo de las zonas de influencia, dado el constante aumento del parque automotor que dificulta el acceso a la ciudad de La Plata. Esto implica acceso a educación, trabajo, salud, y recreación, entre otras. No nos detendremos en la importancia que reviste para el tráfico de cargas, baste mencionar que representa la salida por ferrocarril hacia el sur del país, para el Puerto de La Plata y la Refinería de YPF. Es nuestro deseo que este trabajo sirva como base para futuros desarrollos ferroviarios para beneficio de la sociedad, dadas las ventajas que posee, por ser un medio de transporte eficiente, rápido, económico y sustentable.

Queremos agradecer muy especialmente a nuestras familias, por el apoyo que nos han dado en esta tarea, y a los docentes Ing. Horacio Talpone por las consultas, el material y el asesoramiento, y al Ing. José Maccarone, por el acompañamiento y las sugerencias que ayudaron a concretarlo.

Muchas gracias.



Resumen

El presente proyecto tiene por objeto calcular una catenaria para un ramal ferroviario de vía única, perteneciente a la línea Roca, para utilizar con trenes de pasajeros entre las estaciones de Ringuelet y Brandsen. La longitud a electrificar es de 39 km, y el terreno puede suponerse sin grandes pendientes y en línea recta. Atraviesa zonas urbanas en la periferia de La Plata, y espacios rurales dedicados al cultivo en las proximidades de Brandsen. La máxima velocidad de circulación es uno de los principales factores de diseño para una catenaria. En nuestro caso, el límite por ley es de 120 km/h. Antes de comenzar necesitamos conocer también la demanda de trenes, y para ello, la cantidad de pasajeros prevista para el momento actual y la proyección de crecimiento, por lo menos, para los próximos treinta años. Adoptaremos el nivel de tensión de 25 kV CA con alimentación aérea (catenaria – pantógrafo), que es el utilizado en los servicios suburbanos de la línea Roca. Este nivel de tensión es conveniente para minimizar las pérdidas a lo largo del ramal y para integrar las primeras estaciones que son compartidas con el ramal entre La Plata y Plaza Constitución, y que ya se encuentra electrificado. Además, como veremos más adelante, contamos con energía disponible en las subestaciones existentes.

El proyecto abarca los siguientes ítems:

- Cálculo de potencia necesaria para tracción y fuerza motriz en las estaciones.
- Cálculo de caídas de tensión.
- Cálculo mecánico de la catenaria y soportes.
- Elección del equipamiento eléctrico en media y baja tensión.
- Estudio de impacto ambiental.

Previo a la electrificación, es necesario llevar a cabo tareas de restauración y reconstrucción de vías, puentes y alcantarillas, contemplar el paso a distinto nivel de las vías y las rutas nacional N°2 y provinciales N°6 y 36, que actualmente es al mismo nivel y demandará una importante obra civil. En el caso del camino Centenario se podrían reponer las barreras a nivel. El paso bajo el Camino General Belgrano se encuentra obstruido por una prolongación improvisada de la avenida 19. Esas obras no están comprendidas en el presente proyecto, pero se entiende que son vitales para evitar accidentes y lograr una circulación fluida de los trenes y los vehículos automotores.



Índice

Introducción.....	1
Resumen.....	2
Índice.....	3

Capítulo I – Descripción del proyecto:

1.1. Antecedentes.....	7
1.1.1. Origen del Ferrocarril General Roca.....	7
1.1.2. Proyecto de electrificación de la Línea Roca.....	7
1.1.3. Historia del ramal La Plata a Brandsen.....	7
1.2. Sistema, definiciones generales.....	8
1.2.1. Vías.....	9
1.2.2. Estaciones.....	9
1.2.3. Señalamiento.....	9
1.2.4. Gálibo.....	9
1.2.5. Pantógrafo.....	10
1.2.6. Catenaria.....	11
1.2.7. Líneas y niveles de tensión.....	11
1.2.8. Subestaciones y AT (autotransformador).....	12
1.2.9. Soportes.....	12
1.2.10. Ménsulas.....	12
1.2.11. Aisladores.....	12
1.2.12. Interacción Catenaria Pantógrafo. Tensión mecánica, elasticidad, etc.....	13
1.2.13. Normas consultadas.....	14
1.2.14. Referencias.....	14

Capítulo II – Proyecto de la catenaria:

2.1. Proyecto.....	15
--------------------	----



2.2. Justificación del tipo de catenaria.....	15
2.3. Condiciones de carga.....	17
2.4. Coches.....	17
2.5. Unifilar de tracción.....	22
2.6. Cálculo de la demanda de pasajeros.....	23
2.7. Cálculo de la demanda de potencia y energía.....	24
2.8. Estimación de la demanda de energía eléctrica para tracción.....	34
2.9. Disponibilidad de potencia en la Subestación.....	35
2.10. Caídas de tensión.....	35
2.11. Distancias eléctricas mínimas a partes con tensión.....	38
2.12. Cadena de aisladores de suspensión.....	39
2.13. Puesta a tierra del sistema de tracción.....	40
2.14. Calidad de la toma de corriente.....	40
2.15. Selección y verificación de conductores de líneas de contacto y sostén.....	40
2.16. Configuración del poste.....	42
2.17. Configuración de ménsulas.....	43
2.18. Características y dimensiones de los cables.....	52
2.19. Descentramiento en las curvas.....	52
2.20. Estados climáticos.....	55
2.21. Cálculo de esfuerzos sobre el poste.....	56
2.22. Cálculo del poste de suspensión de una ménsula para un vano de 60 metros.....	58
2.23. Conclusiones sobre el dimensionamiento de postes.....	64

Capítulo III – Equipamiento eléctrico:

3.1. Seccionadores.....	66
3.2. Puesto de seccionamiento auxiliar (PSA) - Ringuelet.....	72
3.3. Puesto de seccionamiento y autotransformadores (PSA / PAT).....	73
3.4. Interruptores – Celdas (GIS) Bifásicas – Monofásicas.....	73
3.5. Disposición del Puesto de seccionamiento y autotransformadores.....	78
3.6. Puesta a tierra.....	79
3.7. Barra de Neutro.....	86
3.8. Línea de protección.....	86



3.9. Descargadores de sobretensiones.....	90
3.10. Aisladores.....	96

Capítulo IV – Estaciones, instalación eléctrica:

4.1. Estaciones de trenes.....	99
4.2. Cálculo de alumbrado interior.....	100
4.3. Cálculo de alumbrado exterior.....	102
4.4. Protecciones de cada circuito.....	102

Capítulo V – Estudio de impacto ambiental:

5.1. Resumen no técnico.....	103
5.2. Declaración del propósito y objetivos de la propuesta.....	103
5.3. Referencias de la estructura política, legislativa y regulatoria.....	103
5.4. Descripción del proyecto de la propuesta y cómo deberá implementarse.....	106
5.5. Matrices de Leopold.....	107
5.6. Comparación de las propuestas alternativas.....	112
5.7. Consideración de los principales impactos.....	112

Conclusiones, resultados y anexos:

6.1. Resultados y Análisis.....	113
6.2. Conclusiones y Propuestas.....	113
6.3. Bibliografía.....	114
Anexo I: Uso del Autotransformador.....	116
Anexo II: Cálculo del Autotransformador.....	124
Anexo III: Cálculo del poste de suspensión de una ménsula.....	128
Anexo IV: Cálculo del poste de suspensión de dos ménsulas.....	165
Anexo V: Cálculo del poste de retención de fin de cantón.....	183
Anexo VI: Cálculo del poste de retención de centro de cantón.....	201
Anexo VII: Cálculo del poste de retención LDF.....	219



Planos:

I. Sistema de 2 x 25 kV.....	252
II. Uni bifilar sistema de tracción.....	253
III. Centro de autotransformación.....	254
IV. Unifilar TGBT y MT.....	255



Capítulo I – Descripción del proyecto:

1.1. Antecedentes:

1.1.1. Origen del Ferrocarril General Roca.

El Ferrocarril General Roca es un conglomerado de ramales que se construyeron al sur de la ciudad de Buenos Aires entre mediados del siglo XIX y mediados del siglo XX, con capitales británicos. Se llamó así en alusión al presidente Julio Argentino Roca, luego de nacionalizarse el ferrocarril, entre los años 1946 y 1948. Recorre el centro y sur de la Provincia de Buenos Aires, este de La Pampa, Río Negro y Neuquén. En Chubut y Santa Cruz existen algunos ramales aislados que nunca se conectaron a la red troncal. El ancho de vía es de 1676 mm (trocha ancha), con excepción de un ramal de 750 mm, conocido como “la Trochita” entre Ing. Jacobacci (Río Negro) y Esquel (Chubut). En la actualidad presta un intenso tráfico de pasajeros entre la estación cabecera de Plaza Constitución, en la Capital Federal, y algunas localidades de la provincia de Buenos Aires, distantes en promedio entre 30 y 50 km: La Plata, Ezeiza, Alejandro Korn, Haedo, Bosques. Estos ramales se encuentran electrificados con 25 kV de CA, excepto el tramo Temperley - Haedo. El resto de la red en servicio cuenta con algunos servicio de pasajeros y es utilizada mayormente para tráfico de cargas, con locomotoras diesel.

1.1.2. Proyecto de electrificación de la Línea Roca.

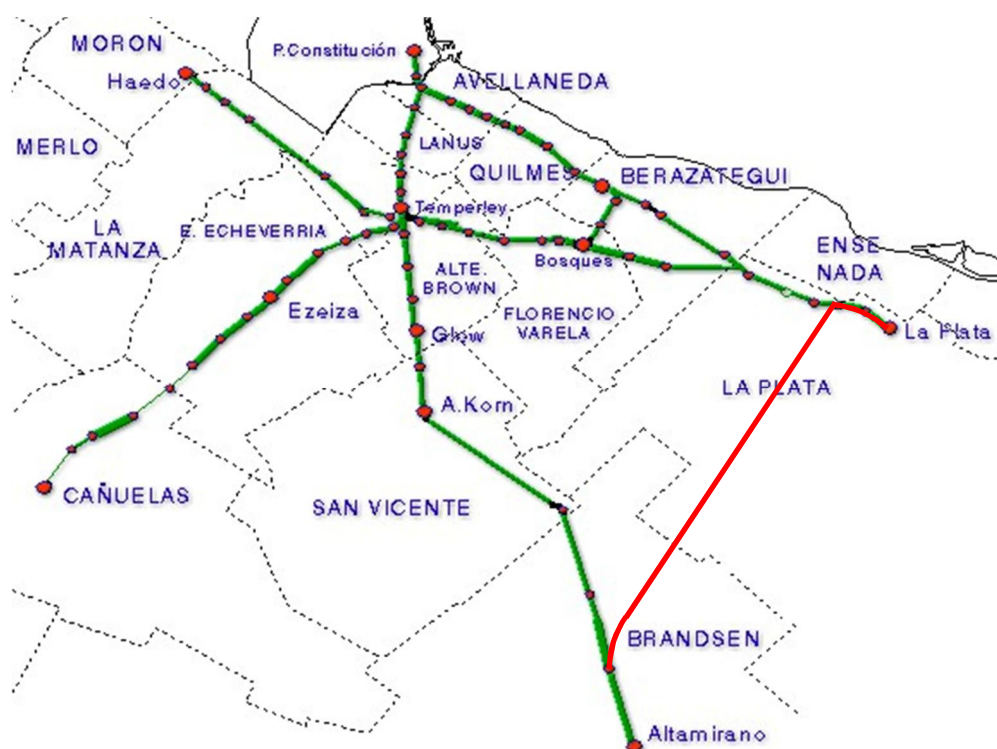
El proyecto para electrificar los ramales urbanos del Ferrocarril General Roca, se desarrolló a principios de la década de 1970, por un conjunto de empresas japonesas (JARTS) y argentinas (CONARSUD). El sistema seleccionado fue de 2 x 25 kV – 50 Hz con autotransformador (AT). El proyecto contemplaba la construcción de dos subestaciones transformadoras, para tracción y servicios auxiliares de señalamiento y fuerza motriz para las estaciones, que debían recibir energía eléctrica de la red de suministro público de 132 kV, administrada por SEGBA en aquel momento, y que hoy está concesionada a EDESUR. Ambas estarían emplazadas en las localidades de Temperley y Berazategui. A principios de la década de 1980 se concretó la primera etapa de electrificación, con los tramos Plaza Constitución – Temperley – Ezeiza/Glew, y se construyó la primera subestación en las inmediaciones de la estación Temperley. Posteriormente se realizaron las extensiones entre Glew y Alejandro Korn, y Temperley – Claypole (esto en 1 x 25 kV). La segunda etapa no comenzó hasta el año 2015. En octubre de 2017 se habilitó el servicio hasta La Plata, y en octubre de 2018, la Vía Circuito, no estando previsto aún la electrificación desde Bosques a Villa Elisa. La segunda subestación, que estaba previsto construir en inmediaciones de la estación Berazategui, se reubicó en Quilmes debido a la falta de terrenos disponibles, entró en servicio a principios de 2019.

1.1.3. Historia del ramal La Plata a Brandsen.

“El ramal tiene una extensión de 44 km y fue construido en 1882 por el Ferrocarril Oeste de Buenos Aires, propiedad de la Provincia de Buenos Aires, con el objeto de



conectar las vías del ferrocarril Sud en la estación Ferrari (hoy Coronel Brandsen) con la nueva capital provincial. Se inauguró y habilitó al servicio el 1° de Julio de 1883. En 1890 fue arrendado al Ferrocarril Buenos Aires al Puerto de la Ensenada. Este último fue a su vez adquirido en 1898 por el Ferrocarril del Sud, de capitales británicos, quien también había adquirido el ramal a la provincia ese mismo año. Pasó a ser parte del Ferrocarril General Roca al nacionalizarse los ferrocarriles en 1948. La estación Ringuélet es intermedia de los servicios metropolitanos que presta Trenes Argentinos entre La Plata y Plaza Constitución. La estación Coronel Brandsen se encuentra activa para pasajeros en los servicios entre Plaza Constitución - Mar del Plata, y Alejandro Korn - Chascomús.”ⁱ



Mapa de los servicios suburbanos de la Línea Roca.ⁱⁱ

— Ubicación del ramal entre La Plata y Brandsen.

Si bien el tramo comprendido entre Ringuélet y Brandsen se encuentra fuera de servicio desde la década de 1990, en el “Plan Operativo Quinquenal 2016 - 2020” publicado por el Ministerio del Interior en el año 2015ⁱⁱⁱ, se plantea la reapertura del ramal con servicios de coche motor diesel. A mediados del año 2017 el departamento de Ingeniería Mecánica de la UNLP publicó un “Relevamiento del estado de situación”^{iv} de la traza que incluye una descripción del estado general, las tareas que sería necesario ejecutar y un presupuesto estimado para la reactivación del mismo.

1.2. Sistema, definiciones generales:

Antes de comenzar con el cálculo del proyecto, daremos algunas definiciones



básicas de la terminología empleada en las instalaciones ferroviarias.

1.2.1. Vías.^v

Las vías férreas son el elemento esencial de la infraestructura ferroviaria y constan, básicamente, de carriles de acero apoyados sobre traviesas (durmientes) de madera, acero u hormigón, y que generalmente se disponen dentro de una capa de balasto. Constan de una Infraestructura que es el conjunto de obras de tierra como ser plataformas, terraplenes, trincheras, túneles, puentes, viaductos, drenajes y pasos a nivel.

La Superestructura de la vía es el conjunto integrado por los carriles, contracarriles, las traviesas, las sujeciones, los aparatos de vía y el lecho elástico formado por el balasto.

1.2.2. Estaciones.

Las estaciones ferroviarias son las instalaciones donde los trenes parten y llegan. En general sirven como acceso de pasajeros o cargas, en cuyo caso pueden albergar salas de espera, venta de pasajes, sanitarios, locales comerciales y gastronómicos, etc.

1.2.3. Señalamiento.

Es un área de la infraestructura que ejerce control sobre el tráfico para evitar accidentes y lograr la circulación fluida y segura de las formaciones. Si bien existen diversos sistemas diferentes entre sí, el señalamiento se conforma básicamente con indicadores tipo semáforo que permiten o prohíben la marcha de los trenes, según sean las condiciones operativas de la vía. En algunos casos, permiten la marcha pero limitando la velocidad de circulación. Abarca, además de los semáforos, detectores de vía ocupada, barreras e indicadores fono luminosos en pasos a nivel, manejo de cambios de vía, enclavamientos, y sistemas de frenado automático.

1.2.4. Gálibo.^{vi}

El término gálibo, designa las dimensiones máximas, tanto de altura como de anchura, que pueden tener todos los vehículos, y las mínimas que deben guardar las instalaciones próximas a ellos.

En ferrocarriles, indica la distancia mínima de paso que deben permitir los túneles, puentes y demás estructuras, y por tanto la cercanía máxima de postes, semáforos, señales y resto de objetos contiguos a la vía. Se usa también para marcar la medida máxima de los vagones y vehículos. Dado que el gálibo puede verse como una norma de dimensiones para evitar el choque de vehículos entre sí y de los mismos con el ambiente en el que se mueven, se dice que los vehículos poseen gálibos máximos y los ambientes gálibos mínimos. Esto significa que ningún vehículo puede ser mayor que su gálibo máximo estipulado invadiendo la zona de estructuras, y que ninguna estructura puede invadir la zona de vías por debajo de un gálibo mínimo estipulado. Al mismo tiempo los gálibos máximos y mínimos no coinciden, sino que están distanciados por un margen de seguridad. También se distingue entre gálibo estático y dinámico. El primero aplica para trenes detenidos, mientras que el segundo contempla los desplazamientos horizontales y



verticales de las formaciones en movimiento, producto del sistema de suspensión y el estado de la vía.

1.2.5. Pantógrafo.

El pantógrafo es un mecanismo articulado que sujeta un patín, que capta la energía eléctrica de la catenaria y la transmite a una locomotora u otro vehículo, para proporcionar fuerza de tracción y alimentar servicios auxiliares. Se sitúa en el techo de la unidad tractora y es regulable en altura de forma automática, para poder alcanzar la catenaria independientemente de la altura a la que se encuentre el hilo de contacto aéreo. Para evitar que el patín se desgaste en un sólo punto, la trayectoria de la catenaria se dispone en zig zag, de modo que vaya barriendo la mayor parte del patín provocando un desgaste uniforme en toda su superficie. El sistema articulado puede estar dispuesto en forma de rombo o diamante, o en forma de brazo articulado. La presión necesaria sobre el hilo de contacto puede obtenerse de manera neumática o mecánica por medio de resortes.



Pantógrafo del mismo tipo que los utilizados en la línea Roca.^{vii}
La altura de trabajo adoptada en la Línea Roca se muestra en el cuadro:

Elemento	Catenaria	Pantógrafo	
Condición	Altura de la línea de contacto (mm)	Altura de servicio (mm)	Desviación por oscilación del material rodante (mm).
Máxima	5500	5950	208
Normal	5250	5250	191
Mínima	4850	4835	180



1.2.6. Catenaria.

Una catenaria es una curva ideal que representa físicamente la curva generada por una cadena, cuerda o cable sin rigidez, suspendida de sus dos extremos y sometida a un campo gravitatorio uniforme. En el ámbito ferroviario se denomina catenaria al conjunto de cables aéreos de alimentación que transmiten energía eléctrica a las locomotoras o unidades motoras. Las tensiones de alimentación más comunes van desde 600 V a 3 kV en corriente continua, y entre 15 y 25 kV en corriente alterna. La mayor parte de las instalaciones funcionan con corriente continua o alterna monofásica, aunque existieron algunas instalaciones de alterna trifásicas. En las instalaciones monofásicas, la corriente de retorno circula por los rieles. Para que el pantógrafo pueda tomar la tensión de alimentación, la Línea Aérea de contacto (LAC ó LC) debe aproximarse a una recta paralela a la vía. Para ello se tiende un cable llamado Línea de Sostén (LS), con forma de catenaria, sujeto a ménsulas apropiadas, y de este se cuelga la Línea de Contacto mediante péndolas, de manera que forme una recta. No obstante, se denomina catenaria a todo el conjunto de los cables alimentadores, apoyos y elementos de tracción y suspensión de los cables que transmiten la energía eléctrica.

1.2.7. Líneas y niveles de tensión.

Paralelamente a las vías se montan cuatro líneas:

- Una catenaria formada por la línea de sostén (LS) y la línea de contacto (LC) que suministra energía a los trenes. El sistema de alimentación de tracción es del tipo autotransformador 2 x 25 kV. En la subestación, existen transformadores cuyo primario se alimenta en 132 kV, en el secundario entregan 50 kV nominales y poseen dos puntos de conexión, +25/-25 kV. En los autotransformadores distribuidos a lo largo de la vía, se conectan ambas líneas y un punto medio al riel. El tren se alimenta con +25 kV a través de la catenaria mientras la corriente retorna por las vías. Cada 10 km aproximadamente, se ubica un autotransformador de relación 1:1, que conecta ambas líneas, con punto medio al riel. De esta manera la transmisión se realiza en 50 kV, minimizando las pérdidas y caídas de tensión. Los niveles de tensión para tracción están estandarizados por las norma EN 50 124-1. En ella se establece que, para la tensión nominal de 25 kV ca, el máximo es de 27,5 kV. No obstante, como los coches de la línea Roca están diseñados para trabajar con un rango de tensión de entre 19 y 29 kV, y el equipamiento es de 33 kV, lo que se adopta este valor como límite.
- Una línea de alimentación (LA) que transmite energía entre los autotransformadores a 50 kV respecto de catenaria.
- Una línea trifásica de fuerza motriz para estaciones (LDF), comunicaciones y señalamiento en 13,2 kV. En las estaciones se cuenta con suministro local de la empresa distribuidora de energía, y en caso de falla en la línea de fuerza, conmuta automáticamente entre ambos.
- Una línea de protección (LP), que protege a las instalaciones ante descargas atmosféricas y está unida a los rieles, para mejorar la circulación de la corriente de tracción y reducir el efecto de las interferencias por inducción en líneas cercanas.



1.2.8. Subestaciones y AT (autotransformador).viii

La Línea Roca cuenta con dos subestaciones transformadoras principales que se conectan a la red de 132 kV en Temperley y en Quilmes. El dimensionamiento del proyecto prevé que si una de las subestaciones sale de servicio por cualquier causa, la restante se encontrará en condiciones de permitir, bajo determinadas restricciones, la prestación de un servicio de trenes eléctricos en todos los tramos de la red. Ambas cuentan con dos transformadores de potencia para tracción de 132/55/27,5 kV de 50 MVA (Temperley) y 30 MVA (Quilmes), y transformadores para fuerza motriz en las estaciones y señalamiento de 132/13,2 kV y 10 MVA.

Para atender los consumos de iluminación y tomas de fuerza en cada estación y demás establecimientos operativos se instalarán transformadores de relación 13,2/0,4/0,23 kV, y las potencias variarán entre 16 y 25 kVA según necesidad.

Para los equipos de señalamiento se instalarán transformadores monofásicos de 13,2/0,11 kV, pudiendo ser de entre 3 y 25 kVA, según la necesidad.

Los transformadores de media tensión serán en aceite para instalación intemperie, o secos si se ubicaran en interiores.

Se instalarán cuatro autotransformadores de relación $\pm 27,5/\pm 27,5$ kV y 3000 kVA a lo largo de las vías, y aproximadamente cada 10 km.

1.2.9. Soportes.

Para la construcción de la línea se preferirá siempre que sea posible, la utilización de postes de hormigón, de sección cilíndrica. Fuera de la zona de andenes, las ménsulas y crucetas estarán ubicadas directamente sobre el poste. En los lugares previstos para ascenso y descenso de pasajeros, los postes se ubicarán a mayor distancia respecto del eje de la vía, y utilizarán vigas reticuladas para soportar la catenaria.

1.2.10. Ménsulas.

Las ménsulas que soportarán la catenaria en general serán móviles, para compensar el movimiento de los cables a causa de la temperatura. Llevan aisladores en su base, por lo tanto todo el conjunto se encontrará al potencial de la línea.

La línea de alimentación de tracción estará suspendida de una cadena de aisladores, mientras que las líneas de 13,2 kV se montarán sobre aisladores de porcelana en crucetas de hierro galvanizado.

1.2.11. Aisladores.

Para el nivel de 25 kV será suficiente utilizar aisladores para una tensión de servicio de 33 kV eficaces. Las ménsulas de catenaria estarán soportadas sobre aisladores de viga, de porcelana, y permitirán el movimiento de éstas por dilatación de la línea de sostén a causa de variaciones de temperatura.

Las demás líneas utilizarán aisladores tipo campana o pedestal de porcelana, tanto en suspensiones como retenciones.



1.2.12. Interacción Catenaria Pantógrafo.

Un elemento fundamental en el diseño de una catenaria es la calidad de la toma de corriente, tanto en situación estática como a todas las velocidades de trabajo, y para ello es necesario que el pantógrafo ejerza presión sobre la línea de contacto.

Existe un parámetro de diseño llamado *elasticidad* de la catenaria, que mide el desplazamiento vertical de la línea de contacto en relación a la fuerza ejercida por el pantógrafo en movimiento (se mide en mm/kg), y que se establece en función de la máxima velocidad de circulación. En rigor, la elasticidad nunca es constante a lo largo del vano, por lo que se mide la variación de elasticidad, designada como *u*.

Algunas de las variables que la determinan son la tensión mecánica de las líneas de sostén y contacto, la disposición de las péndolas, la longitud de los vanos y la fuerza vertical del pantógrafo sobre la catenaria. También se tiene en cuenta la influencia del viento. Debajo de las ménsulas la elasticidad es menor que en el centro del vano, y como es deseable que la sea lo más homogénea posible, se recurre a diferentes maneras de ubicar las péndolas para ello. La fuerza que ejerce el pantógrafo es aproximadamente constante, y para que este se adapte rápidamente a los vaivenes verticales, es que se diseña con la menor masa posible. Como fuerza es igual a masa x aceleración, si la masa se reduce, la aceleración aumenta para la misma fuerza.

La fuerza de empuje del pantógrafo con la altura normal de servicio en la Línea Roca es de 5,5 kg.

En el libro “Líneas de contacto para ferrocarriles eléctricos” de SIEMENS, encontramos que la elasticidad es aproximadamente:

$$e \approx \frac{l}{k_E \times (H_{cw} + H_{ca})}$$

donde:

e es la elasticidad (mm/kg)

l es la longitud del vano (m): 60

k_E es un coeficiente de diseño: 4

H_{cw} es la tensión mecánica de la línea de contacto (kN): 9,8

H_{ca} es la tensión mecánica de la línea de sostén (kN): 9,8

Nos da un valor aproximado de:

$$e \approx \frac{60 \text{ m}}{4 \times (9,8 \text{ kN} + 9,8 \text{ kN})} = 0,76 \text{ mm/N}$$

Si la fuerza es de 5,5 kg = 53,9 N

El desplazamiento vertical es de aproximadamente:

$$0,76 \text{ mm/N} \times 53,9 \text{ N} = 41 \text{ mm}$$

“La línea aérea de contacto debería diseñarse de forma que no presente más que una pequeña variación, *u*, de la elasticidad, *e*. La elasticidad *e*, expresada en milímetros por



Newton (mm/N), es la elevación dividida por el esfuerzo medido en el hilo de contacto. En cada vano hay un punto de elasticidad máximo y un punto de elasticidad mínimo. Los valores de elasticidad deben ser valores estáticos. Estos valores describen la variación u :

$$u = \frac{em_{\text{máx}} - em_{\text{mín}}}{em_{\text{máx}} + em_{\text{mín}}} \times 100 (\%)$$

La elasticidad y su variación dependen de la configuración de la línea aérea de contacto. En el sistema de líneas aéreas de contacto se deben tener en cuenta los siguientes factores principales:

- número de hilos de contacto y de catenaria
- tensión mecánica de los hilos de contacto y de catenaria
- longitud del vano
- uso de cables en Y
- tipo de soporte
- tipo, número y posición de las péndolas

Si no se realizan simulaciones dinámicas, el cliente puede especificar la elasticidad y la variación. La elasticidad debería calcularse normalmente con un valor para la fuerza igual bien a la fuerza de contacto media a la máxima velocidad de la línea, o bien al doble de la fuerza de contacto estática.”^{ix}

1.2.13. Normas consultadas:

- AEA 95301 - Líneas Aéreas Media y Alta Tensión.
- EN 50119 - 2009 Sistemas de Catenaria.
- EN 50122-1 Aplicaciones de ferrocarriles – Instalaciones fijas.
- EN 50124-1 (niveles de tensión)
- EN 50149 Líneas de Contacto.

1.2.14. Referencias:

ⁱ https://es.wikipedia.org/wiki/Ramal_ferroviario_Ringuelet-Coronel_Brandsen

ⁱⁱ https://mapas.owje.com/5356_mapa-de-la-linea-roca-area-metropolitana-de-buenos-aires-argentina.html

ⁱⁱⁱ Plan Operativo Quinquenal 2016 – 2020, Nuevos ferrocarriles Argentinos, Operadora Ferroviaria. Ministerio del Interior y Transporte.

^{iv} Relevamiento del estado de situación, línea General Roca, ramal Ringuelet – Brandsen. IAME – Departamento de Mecánica - Facultad de Ingeniería – UNLP

^v Fuente. Manual Integral de Vías, NCA, 2014

^{vi} <https://es.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1libo>

^{vii} https://www.schunk-carbontechnology.com/es/productos/produkt-detail/cc_portfolioselكتورcarbon/show/Produkt///pantografos-para-el-transporte-local/

^{viii} <https://www.uec.gob.ar/uec2009/shared/uploads/web/filelibrary/CATENARIA%20Tomo%20II%20%20Publicado.pdf>

^{ix} Norma EN 50119, 2009, 5.2.2 página 22.



Capítulo II – Proyecto de la catenaria:

2.1. Proyecto.

Vamos a definir más precisamente los aspectos técnicos que atenderemos en el presente proyecto. En primer lugar vamos a dimensionar una catenaria de 1 x 25 kV para la circulación de un único tren que atenderá todo el recorrido, según veremos en la estimación de demanda y tráfico. En el cálculo mecánico de los postes está contemplada la línea de alimentación, para el sistema de 2 x 25 kV, por si se decidiera implementarla. En segundo lugar, justificaremos el hecho de que no es necesario instalar autotransformadores mientras circule un solo tren. No obstante, en los anexos presentamos brevemente el cálculo de los mismos en caso de que se requiriera aumentar el tráfico. Haremos los cálculos con una formación CSR de origen chino, como las adquiridas por la empresa Trenes Argentinos en 2013.

2.2. Justificación del tipo de catenaria.

En el libro “Líneas de contacto para ferrocarriles eléctricos” de Siemens, vemos una lista de los distintos sistemas de catenaria que pueden implementarse en función de la máxima velocidad de circulación de los trenes, que en nuestro caso es de 120 km/h: vano máximo de 80 metros, sin péndola en Y, con sustentador compensado, altura del hilo de contacto independiente de la temperatura.

Table 4.1: Overhead contact line equipment designs.

Number	Design	Properties	Application
1	Simple overhead contact line equipment without continuous catenary wire, fixed termination or flexible tensioning	Contact wire height changes with temperature, limited span length and current carrying capacity	Light rail systems (tramways) with low electrical load, sidings on main-line railways, speed up to 100 km/h
2	Vertical contact line equipment without stitch wire, tensioned contact wire, catenary wire fixed or tensioned	Contact wire height independent of temperature, span lengths up to 80 m are possible, current carrying capacity can be adapted by selecting suitable catenary wire and contact wire cross sections, large variation of elasticity between mid-span and support	Tramways with high electrical load, main-line railways at speeds up to 120 km/h, two parallel contact wires are often employed with DC traction supplies
3	As (2), but with stitch wire, automatically tensioned contact wire and catenary wire	As (2), however lower elasticity differences between mid-span and support	Main-line railways with high electrical loading and speeds up to 350 km/h
4	Vertical contact line with auxiliary contact line automatically tensioned	As (3), however higher current carrying capacity and more uniform elasticity	Main-line railways with very high electrical loading and very high speeds



La longitud del vano se determina en función de la máxima velocidad del tren, del viento y del radio de curva. A mayor longitud de vano, menos postes y reducción de costos, pero el hilo de contacto se desplaza más y reduce la calidad de toma de corriente. En las curvas, la longitud del vano genera el desplazamiento horizontal del hilo de contacto respecto al centro de la vía. En el cuadro vemos los vanos que adoptan distintos países de Europa, en función de la velocidad el viento y el radio de curva.

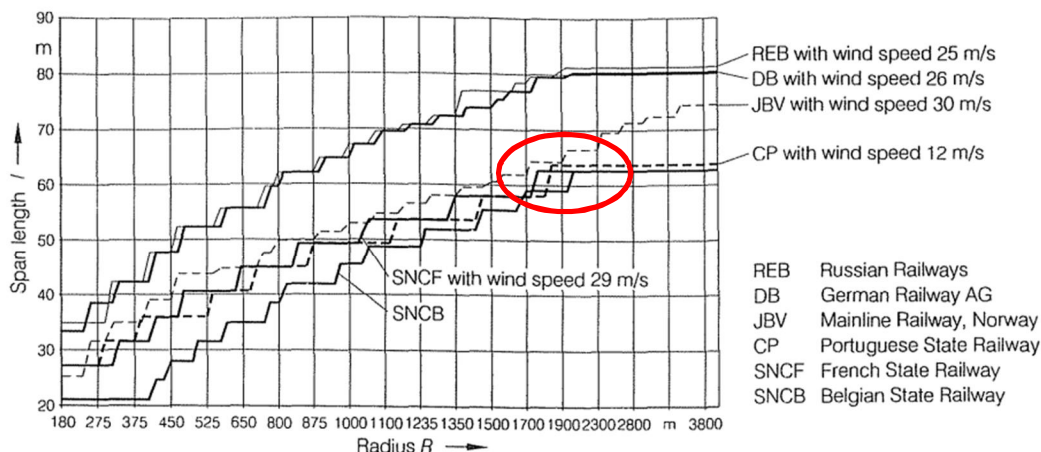


Figure 4.4: Span lengths relative to track radius at European railways.

En la línea Roca se estableció en 60 m el vano máximo para vía recta. Para las curvas, los valores se muestran en la siguiente tabla:

Radio de curva	Longitud del vano
$R = \infty$ (vía recta)	60
$R \geq 1000$ m	50
$1000 \text{ m} \geq R \geq 500$ m	40
$500 \text{ m} \geq R \geq 300$ m	30

En la bibliografía mencionada vemos que la longitud mínima de una péndola para la velocidad requerida es de 300 mm, y con una separación de 10 metros. La línea utiliza una separación de péndolas de 5 metros y la longitud mínima es de 150 mm. La desviación en zigzag será de +/- 150 mm en vía principal, y +/- 200 mm en curvas y vías secundarias

$v \leq 120$ km/h	$l_{H \min} = 300$ mm;
$120 \text{ km/h} < v < 250$ km/h	$l_{H \min} = 500$ mm;
$v \geq 250$ km/h	$l_{H \min} = 600$ mm.



2.3. Condiciones de carga.

El nivel de ocupación de los trenes se define de la siguiente manera:

- AW0 = Coche vacío.
- AW1 = Cantidad de pasajeros sentados y la tripulación.
- AW2 = AW1 + 2 pasajeros parados por metro cuadrado.
- AW3 = AW1 + 4 pasajeros parados por metro cuadrado.
- AW4 = AW1 + 6 pasajeros parados por metro cuadrado.

2.4. Coches.

Veremos algunas características técnicas de los coches eléctricos considerados en el presente proyecto. Los datos fueron extraídos del Manual Técnico escrito por el Sr. Carlos Pisano¹, para Trenes Argentinos.

Los coches eléctricos de la Línea Gral. Roca, conocidos como EMU (Unidad Eléctrica Múltiple), son de dos clases, coche motor, llamados MC1 y MC2, y remolcados, llamados R1 y R2. Los coches motrices MC1 y MC2 poseen cabina de conducción con los controles de tracción y freno, controles para la operación de la formación, pantalla, comando de luces, aire acondicionado, y convertidor de tracción, auxiliar y cargador de baterías. El coche R1, posee los pantógrafos por los que colecta la energía de catenaria, interruptores de aislamiento, pararrayos, VCB (interruptor al vacío de media tensión), transformador de tracción, control de batería, control de compresor auxiliar (ACM) y compresor auxiliar, control de compresor principal y compresor principal, etc. Todos los coches poseen controlador de freno (EBCU) y su correspondiente tablero de válvulas, gabinete eléctrico, gabinete de aire acondicionado y su equipo de aire acondicionado. El coche R2 no posee pantógrafos ni transformador de tracción.

Los coches pueden agruparse de las siguientes maneras:

Módulo de 3 coches: MC1-R1-MC2

Módulo de 4 coches: MC1-R1-R2-MC2

A su vez, ambos módulos pueden unirse para formar un tren con siete coches.

En el coche cabeza MC1 y MC2, se conviene en nombrar la parte delantera o extremo "1", coincidente con la cabina de conducción. La parte trasera o extremo "2" es la opuesta. En los coches R1 y R2, la parte delantera o extremo "1" es la opuesta al gabinete eléctrico, y la parte trasera o extremo "2" la coincidente con el gabinete eléctrico. Los vehículos MC1 y MC2 en su respectivo extremo "1" posee para su acoplamiento mecánico un sistema de acople semiautomático mientras que por el extremo "2" posee acople semipermanente. Los vehículos R1 y R2 en ambos extremos "1" y "2" poseen acople semipermanente. La conexión eléctrica se establece por el cable de puente que se fija entre los coches. La función neumática se transmite a través de la manga entre los coches que se sirve para la conexión.

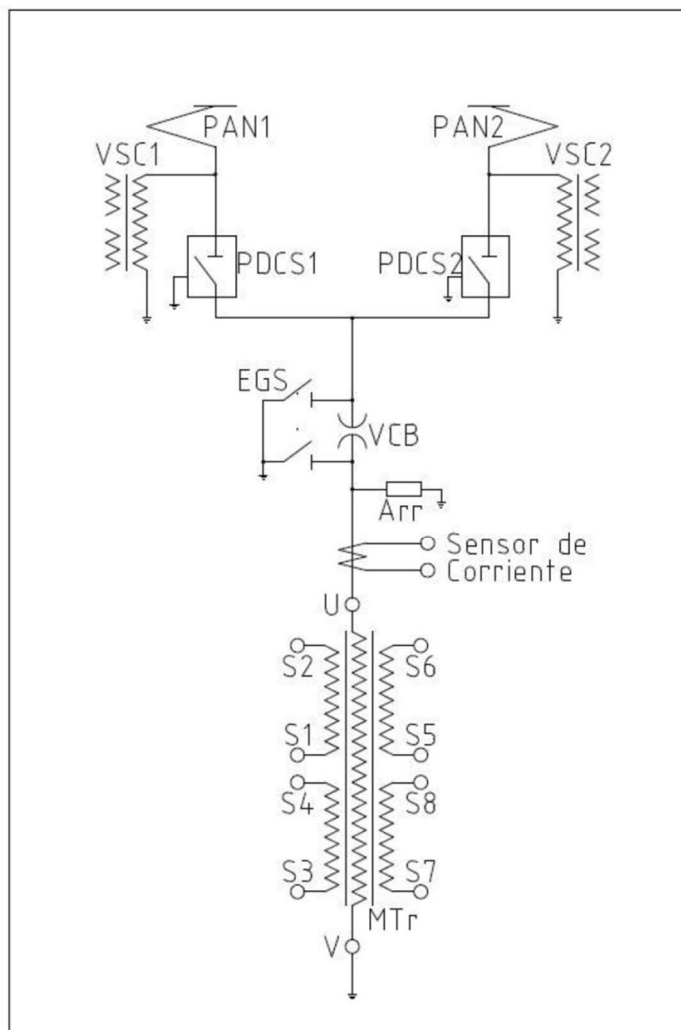


Ilustración 11 Diagrama general del circuito de alta tensión

PAN1 Y PAN2: Pantógrafos
 MTr: Transformador de Tracción.
 PDCS1 y PDCS2: Interruptores de aislamiento de alta tensión.
 VSC1 y VSC2: Sensores de alta tensión
 VCB: Interruptor de circuito al vacío (Vacuum Circuit Breaker)
 EGS: Tierra de protección
 Arr: Protector de transitorios de alta tensión (Pararrayos)

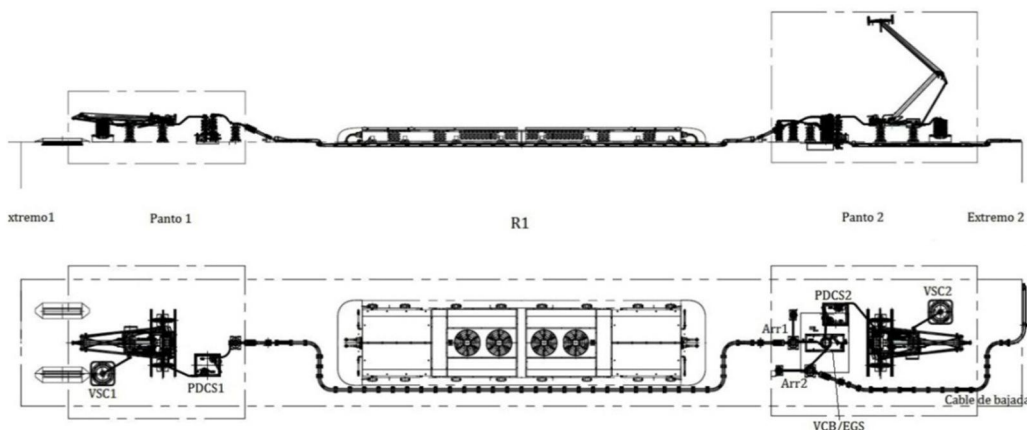


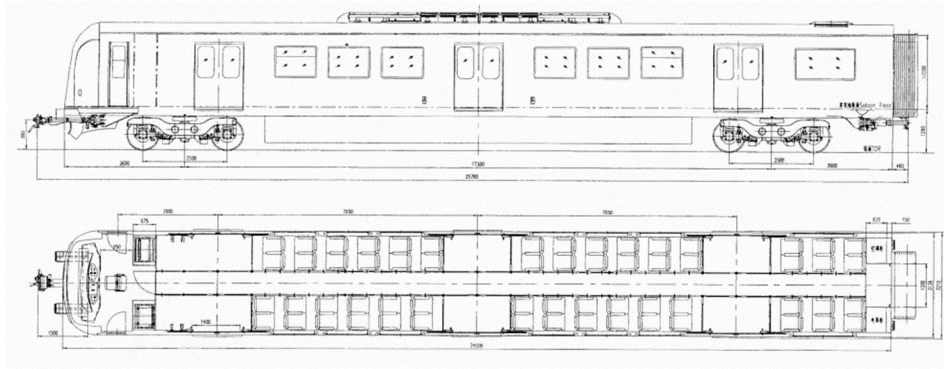
Ilustración 12 Distribución de equipos sobre el techo de R1



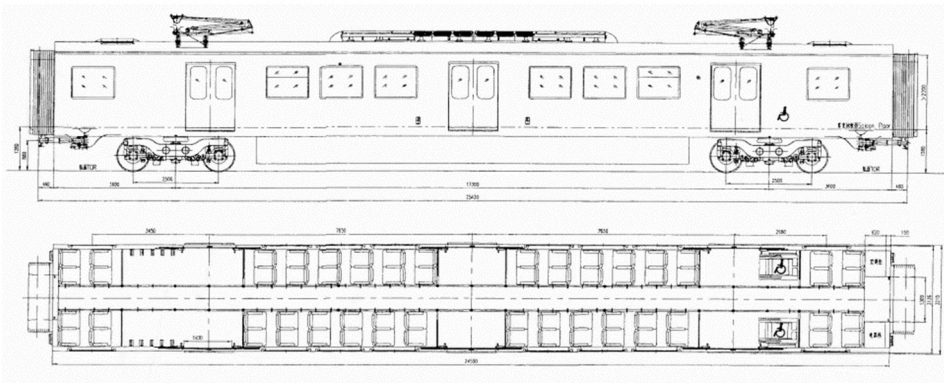
Generalidad del tren.	Parámetros técnicos.
Tensión nominal:	25 kV – 50 Hz
Rango de tensión permitido:	19 kV ~ 29 kV – 49 ~ 51Hz
Dimensión total del cada coche (longitud entre acoples):	
Coches extremos MC1 y MC2:	25,977mm
Coches intermedios R1 y R2:	25,420 mm
Longitud del módulo de 3 coches:	77,374 mm
Longitud del módulo de 4 coches:	102,794 mm
Ancho del coche a la altura de la plataforma:	3,214 mm
Altura entre el techo y la parte superior del riel con ruedas nuevas:	4,211 mm
Altura del interior del salón de pasajeros (altura entre la superficie del piso y la línea central del techo del interior del coche):	2,200 mm
Altura mínima de la zona de pasajeros de pie:	≥1,900 mm
Altura entre la superficie del piso y el nivel del riel (funcionamiento en vacío, inflado total de resorte neumático, nueva rueda):	1,280 mm
Distancia entre centros de bogies:	17,500 mm
Distancia entre ejes de los bogies:	2,450 mm
Trocha:	1,676 mm
Tara de una tripla:	151,1 Tn
Tara de una cuádrupla:	191,6 Tn
Carga máxima por eje	< 18,5 Tn
Carga nominal de pasajeros de una Tripla:	202,5 Tn
Carga nominal de pasajeros de una Cuádrupla:	260,6 Tn
Sobrecarga de una Tripla:	215,6 Tn
Sobrecarga de una Cuádrupla:	278 Tn
Peso por tipo de coche – condición AW0 (coche vacío)	
MC1:	51 Tn



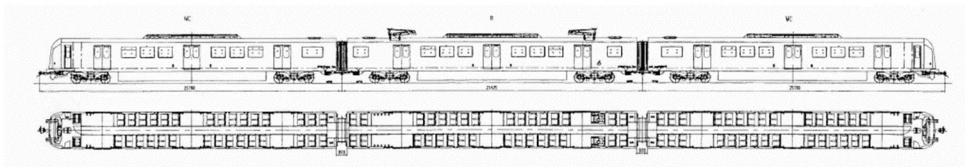
MC2:	50,9 Tn
R1:	49,1 Tn
R2:	40,6 Tn
Diámetro de rueda:	
Rueda nueva	915 mm
Desgaste medio	880 mm
Desgaste máximo	845 mm
Velocidad máxima:	120 km/h
Equipos de potencia	
Configuración del motor:	Un conversor de tracción acciona 4 motores asíncronos CA.
Configuración de transformador de tracción y convertidor de tracción:	MC1 y MC2 está equipado con convertidor de tracción. R1 está equipado con un transformador de tracción.
Pendiente máxima:	
Línea principal:	3,27‰
Línea auxiliar	4‰
Tramo de coches:	1‰
Aceleración promedio de arranque:	$(0 - 30 \text{ km/h}) \geq 0,8 \text{ m / s}^2$
Características del freno del tren	
Desaceleración promedio freno de servicio:	$(120 \text{ km/h} - 0) 1,0 \text{ m/s}^2$
Desaceleración promedio freno de emergencia y el freno rápido:	$(120 \text{ km/h} - 0) \geq 1,2 \text{ m / s}^2$



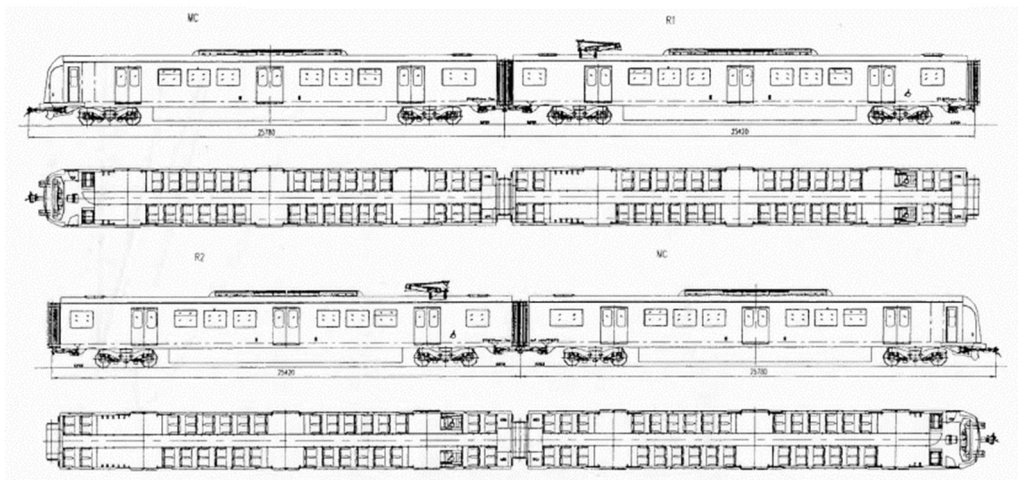
Coche motor MC1 – MC2.



Coche remolcado R1.



Tripla.



Cuádrupla



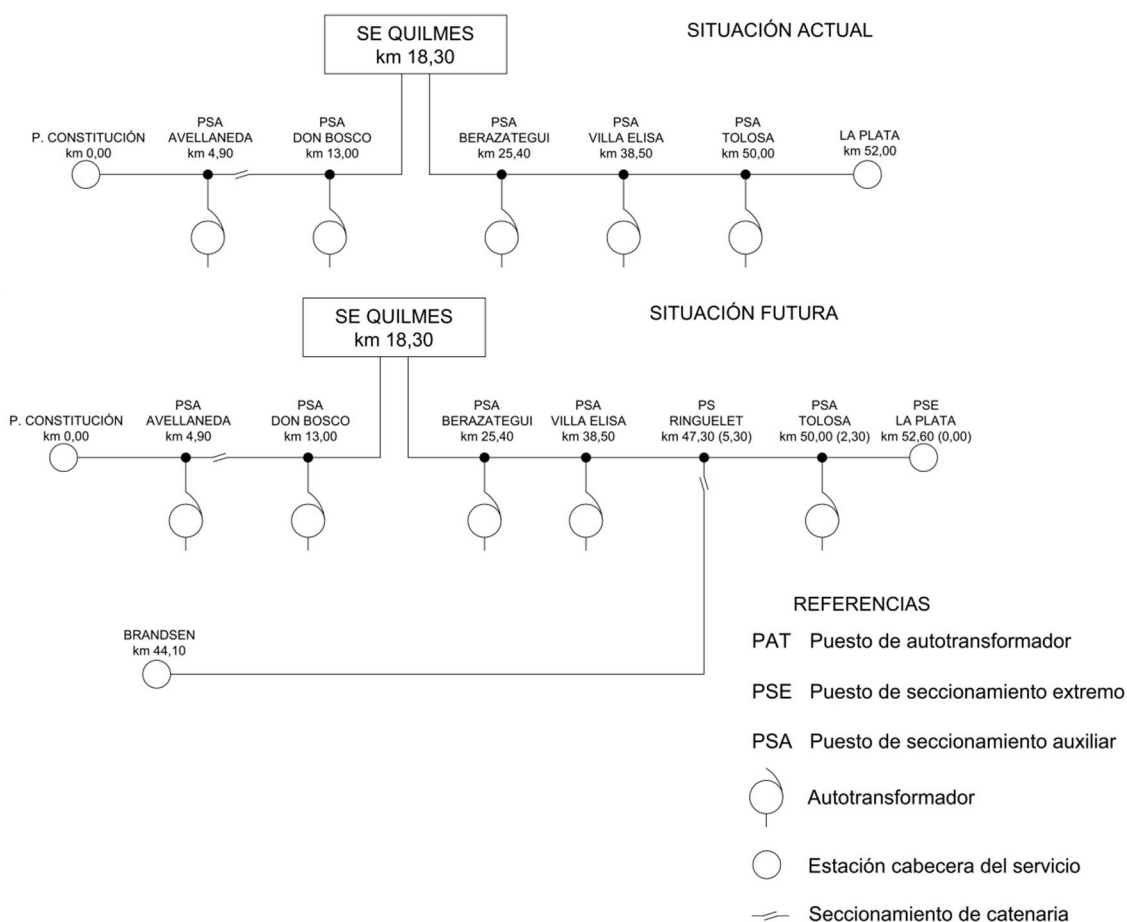
2.5. Unifilar de tracción.

La catenaria es una línea de transmisión aérea, con la particularidad que permite la captación de energía de un vehículo en movimiento debajo de ella. En el diseño se busca la seguridad, la confiabilidad de la operación, y la economía y facilidad tanto de construcción como de mantenimiento, a fin de preservarla siempre en óptimas condiciones.

Nuestra catenaria recibirá energía desde la SE Quilmes, que alimenta la línea entre Avellaneda y La Plata. La conexión se realizará por medio de un interruptor en un puesto de seccionamiento a instalar en proximidades de la estación Ringuelet.

En condiciones normales, la alimentación proviene de la subestación Quilmes, y en caso de falla, podemos alimentarnos de SE Temperley. Cuando la frecuencia entre trenes es elevada, del orden de un tren cada 10 minutos, se instalan a lo largo de la línea puestos de autotransformador cada 10 a 15 kilómetros aproximadamente, para compensar las caídas de tensión y reducir la circulación de corriente en los rieles. En nuestro caso no instalaremos los autotransformadores, ya que la caída de tensión está dentro de los límites establecidos.

En la imagen de abajo vemos el diagrama unifilar del circuito Plaza Constitución a La Plata. La subestación Quilmes alimenta desde el PSA Avellaneda hasta La Plata, mientras que Constitución se alimenta de SE Temperley.



Unifilar de tracción



2.6. Cálculo de la demanda de pasajeros.

Las tres primeras estaciones, La Plata, Tolosa y Ringuelet, son compartidas con el servicio a Plaza constitución y se encuentran electrificadas y en servicio. Después de Ringuelet se encuentran las estaciones José Hernández, Melchor Romero y Abasto, en la zona suburbana de La Plata y con una alta densidad poblacional. A partir de este punto comienzan las zonas rurales dedicadas a cultivos. Las estaciones que siguen son Gómez y Brandsen, y entre ellas, dos apeaderos llamados km 65 y km 82, ubicados en la progresiva correspondiente. Entre Ringuelet y Brandsen el ramal es de vía única. A modo de resumen, las distancias entre estaciones son las siguientes:

	Estación	Progresiva original (km)	Distancia a próxima estación (km)
1	La Plata	52,83	2,28
2	Tolosa	50,55	3,02
3	Ringuelet	47,53	3,50
4	José Hernández	51,03	5,47
5	Melchor Romero	56,50	5,40
6	Abasto	61,90	3,74
7	km 65,635	65,64	7,80
8	Gómez	73,44	8,56
9	km 82	82,00	4,30
10	Brandsen	86,30	-

Veamos en primer lugar la cantidad de pasajeros que deberíamos transportar. Nos basaremos en suposiciones ya que el servicio no se encuentra operativo y es difícil estimar qué nivel de uso tendrá. No obstante, comparando con el servicio entre La Plata y Plaza Constitución, se espera que tenga mucha aceptación por el bajo costo del pasaje, la velocidad y la comodidad. Se estima que alrededor del 10% de las personas que viven en Brandsen se desplaza con frecuencia a La Plata para trabajar, estudiar, o concurrir a un hospital, entre otras, y se espera que esta proporción se mantenga en el futuro. Según un estudio publicado por el INDEC, la población de Brandsen en el año 2010 era de 26480 personas. La proyección del crecimiento de la población hasta el año 2025 es de 33061 personas, que representa un aumento del 25% en 15 años. Como la relación es aproximadamente lineal, podemos extrapolar y suponer que dentro de 30 años, en el año 2049, la población sería de aproximadamente 44000 personas.

Para el año 2019 la población prevista es de 30597 personas. El 10% de la población serían unas 3060 personas. Para el año 2049, el 10% serían 4400 personas.

Como los transportes por autobús y automóvil seguirán en servicio, al suponer que todas las personas se movilizan en tren, compensamos a las personas que utilizarían el servicio en las paradas intermedias.

Realizaremos el cálculo con las unidades eléctricas CSR que prestan servicio en la Línea Roca, las cuales pueden estar formadas por entre 3 y 9 coches, y cada coche puede



transportar un máximo de 220 personas, entre sentadas y de pie. Los coches se agrupan en triplas (tres coches) o cuádruplas (cuatro coches), pudiéndose utilizar como máximo tres triplas juntas. Cualquiera de las dos combinaciones está formada por dos unidades motoras con cabina de conducción en los extremos. La tripla posee un coche remolcado que lleva los pantógrafos y el transformador de tracción. En la cuádrupla se suma otro coche remolcado pero que solo lleva los servicios auxiliares de aire acondicionado e iluminación.

Para la situación actual consideramos el traslado de 3060 personas y una tripla, que puede transportar hasta 660 personas. Por lo tanto: $3060/660 = 4,64$ necesitamos de 5 trenes diarios. Vamos a simular el tráfico para un solo tren que realiza el recorrido en ambos sentidos. Como demostraremos más adelante, necesitamos unos 38 minutos para recorrer la traza, incluido el tiempo de detención en las estaciones. Dejando 22 minutos de margen, suponemos que el tren demora una hora en hacer el recorrido en un sentido. Suponiendo que el primer tren saliera a las 6 am desde Brandsen, el próximo sale a las 7 am desde La Plata, etc., mantenemos un tren cada 2 horas hasta las 20 hs. Para la situación futura, supuesta dentro de 30 años, tendríamos: $4400/660 = 6,67$. Necesitaríamos 7 trenes diarios. Podemos agregar un coche remolcado y convertir la tripla en una cuádrupla. En este caso necesitaríamos $4400/880 = 5$ trenes, igual que en la situación actual, con lo cual no sería necesario ampliar la instalación ni aumentar la frecuencia.

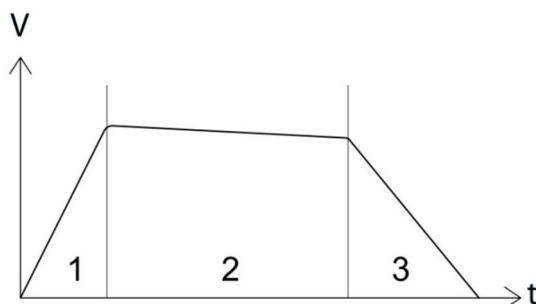
2.7. Cálculo de la demanda de potencia y energía.

Desarrollar un modelo realista del consumo de tres trenes circulando en una vía de 44 km es una tarea compleja y está fuera del alcance de este trabajo. Para tener una estimación de la energía necesaria modelaremos la marcha de un tren conociendo su potencia, su aceleración, velocidad y consumos de los servicios auxiliares.

Nuestro modelo consta de las siguientes suposiciones:

- a) Los servicios auxiliares y equipos de aire acondicionado funcionan en todo momento a la máxima potencia.
- b) La máxima potencia del tren se desarrolla durante el arranque hasta alcanzar máxima velocidad (punto 1 del gráfico).
- c) Alcanzada la máxima velocidad, se desconectan los motores de tracción y el tren continúa en deriva por su propia inercia, quedando en marcha los servicios auxiliares (punto 2). En los puntos intermedios puede acelerar si es necesario recuperar velocidad.
- d) Durante el frenado los trenes entregan energía a la red por tener frenado regenerativo (punto 3). Los frenos mecánicos se utilizan sólo cuando el regenerativo no es suficiente, o en emergencia.
- e) En las estaciones solo consumen energía los servicios auxiliares y equipos de aire acondicionado.

Esta manera de operar se llama marcha ideal porque es la condición de menor consumo posible.



La velocidad máxima en el ramal, es de 120 km/h por norma, y coincide con la máxima velocidad de diseño de los trenes. La máxima aceleración es de 1,1 m/s² porque es un valor aceptable para los pasajeros. No obstante, para la estimación de los tiempos de viaje, tomaremos como velocidades máximas 60, 90 y 100 km/h, según densidad de población, y los pasos a nivel de cada tramo.

	Estación	Kilometraje	Velocidad máxima en el tramo (km/h)
1	La Plata	0	60
2	Tolosa	2,28	100
3	Ringuelet	5,3	60
4	José Hernández	8,8	90
5	Melchor Romero	14,27	90
6	Abasto	19,67	100
7	km 65,635	27,83	100
8	Gómez	31,21	100
9	km 82	39,99	100
10	Brandsen	44,07	0

Los tiempos de marcha contemplados son:

a) Tramo Ringuelet – Hernández:

$$\text{Distancia } (D_1) = 3500 \text{ m}$$

$$V_0 = 0 \text{ km/h}$$

$$V_1 = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 16,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = 1,1 \text{ m/s}^2$$

Tiempo durante el cual acelera:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{16,67 \text{ m/s}}{1,1 \text{ m/s}^2} = 15,15 \text{ s}$$



El tren acelera durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 \text{ m/s}^2 \times (15,15 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 126 \text{ m}$$

Tiempo durante el cual frena:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{-16,67 \text{ m/s}}{-1,1 \text{ m/s}^2} = 15,15 \text{ s}$$

El tren frena durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \times (-1,1) \text{ m/s}^2 \times (15,15 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 126 \text{ m}$$

Los trenes circulan en deriva:

$$x_d = 3500 \text{ m} - 126 \text{ m} - 126 \text{ m} = 3248 \text{ m}$$

$$t = x_d / V$$

$$t = \frac{3248 \text{ m}}{16,67 \text{ m/s}} = 195 \text{ s}$$

Tiempo total de marcha más 30 s de detención en estación:

$$15,15 \text{ s} + 195 \text{ s} + 15,15 \text{ s} + 30 \text{ s} = 255,3 \text{ s} = 4,25 \text{ minutos}$$

b) Tramo Hernández – Romero:

$$\text{Distancia } (D_1) = 5470 \text{ m}$$

$$V_0 = 0 \text{ km/h}$$

$$V_1 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = 1,1 \text{ m/s}^2$$



Tiempo durante el cual acelera:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{25 \text{ m/s}}{1,1 \text{ m/s}^2} = 22,73 \text{ s}$$

El tren acelera durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 \text{ m/s}^2 \times (22,73 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 284 \text{ m}$$

Tiempo durante el cual frena:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{-25 \text{ m/s}}{-1,1 \text{ m/s}^2} = 22,73 \text{ s}$$

El tren frena durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \times (-1,1) \text{ m/s}^2 \times (22,73 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 284 \text{ m}$$

Los trenes circulan en deriva:

$$x_d = 5470 \text{ m} - 284 \text{ m} - 284 \text{ m} = 4902 \text{ m}$$

$$t = x_d / V$$

$$t = \frac{4902 \text{ m}}{25 \text{ m/s}} = 196 \text{ s}$$

Tiempo total de marcha más 30 s de detención en estación:

$$22,73 \text{ s} + 196 \text{ s} + 22,73 \text{ s} + 30 \text{ s} = 271,46 \text{ s} = 4,53 \text{ minutos}$$



c) Tramo Romero – Abasto:

$$\text{Distancia } (D_1) = 5400 \text{ m}$$

$$V_0 = 0 \text{ km/h}$$

$$V_1 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = 1,1 \text{ m/s}^2$$

Tiempo durante el cual acelera:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{25 \text{ m/s}}{1,1 \text{ m/s}^2} = 22,73 \text{ s}$$

El tren acelera durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 \text{ m/s}^2 \times (22,73 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 284 \text{ m}$$

Tiempo durante el cual frena:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{-25 \text{ m/s}}{-1,1 \text{ m/s}^2} = 22,73 \text{ s}$$

El tren frena durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \times (-1,1) \text{ m/s}^2 \times (22,73 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 284 \text{ m}$$

Los trenes circulan en deriva:

$$x_d = 5400 \text{ m} - 284 \text{ m} - 284 \text{ m} = 4832 \text{ m}$$



$$t = x_d / V$$

$$t = \frac{4832 \text{ m}}{25 \text{ m/s}} = 193 \text{ s}$$

Tiempo total de marcha más 30 s de detención en estación:

$$22,73 \text{ s} + 193 \text{ s} + 22,73 \text{ s} + 30 \text{ s} = 268,46 \text{ s} = 4,48 \text{ minutos}$$

d) Tramo Abasto – k 65:

$$\text{Distancia } (D_1) = 8160 \text{ m}$$

$$V_0 = 0 \text{ km/h}$$

$$V_1 = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = 1,1 \text{ m/s}^2$$

Tiempo durante el cual acelera:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{27,78 \text{ m/s}}{1,1 \text{ m/s}^2} = 25,25 \text{ s}$$

El tren acelera durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 \text{ m/s}^2 \times (25,25 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 351 \text{ m}$$

Tiempo durante el cual frena:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{-27,78 \text{ m/s}}{-1,1 \text{ m/s}^2} = 25,25 \text{ s}$$



El tren frena durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \times (-1,1) \text{ m/s}^2 \times (25,25 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 351 \text{ m}$$

Los trenes circulan en deriva:

$$x_d = 8160 \text{ m} - 351 \text{ m} - 351 \text{ m} = 7458 \text{ m}$$

$$t = x_d / V$$

$$t = \frac{7458 \text{ m}}{27,78 \text{ m/s}} = 268 \text{ s}$$

Tiempo total de marcha más 30 s de detención en estación:

$$25,25 \text{ s} + 268 \text{ s} + 25,25 \text{ s} + 30 \text{ s} = 348,5 \text{ s} = 5,82 \text{ minutos}$$

e) Tramo k 65 – Gómez:

$$\text{Distancia } (D_1) = 3380 \text{ m}$$

$$V_0 = 0 \text{ km/h}$$

$$V_1 = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = 1,1 \text{ m/s}^2$$

Tiempo durante el cual acelera:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{27,78 \text{ m/s}}{1,1 \text{ m/s}^2} = 25,25 \text{ s}$$

El tren acelera durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 \text{ m/s}^2 \times (25,25 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 351 \text{ m}$$



Tiempo durante el cual frena:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{-27,78 \text{ m/s}}{-1,1 \text{ m/s}^2} = 25,25 \text{ s}$$

El tren frena durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \times (-1,1) \text{ m/s}^2 \times (25,25 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 351 \text{ m}$$

Los trenes circulan en deriva:

$$x_d = 3380 \text{ m} - 351 \text{ m} - 351 \text{ m} = 2678 \text{ m}$$

$$t = x_d / V$$

$$t = \frac{2678 \text{ m}}{27,78 \text{ m/s}} = 96,4 \text{ s}$$

Tiempo total de marcha más 30 s de detención en estación:

$$25,25 \text{ s} + 96,4 \text{ s} + 25,25 \text{ s} + 30 \text{ s} = 176,9 \text{ s} = 2,95 \text{ minutos}$$

f) Tramo Gómez – k 82:

$$\text{Distancia } (D_1) = 8780 \text{ m}$$

$$V_0 = 0 \text{ km/h}$$

$$V_1 = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = 1,1 \text{ m/s}^2$$

Tiempo durante el cual acelera:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$



$$t = \frac{27,78 \text{ m/s}}{1,1 \text{ m/s}^2} = 25,25 \text{ s}$$

El tren acelera durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 \text{ m/s}^2 \times (25,25 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 351 \text{ m}$$

Tiempo durante el cual frena:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{v_1 - v_0}{a}$$

$$t = \frac{-27,78 \text{ m/s}}{-1,1 \text{ m/s}^2} = 25,25 \text{ s}$$

El tren frena durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \times (-1,1) \text{ m/s}^2 \times (25,25 \text{ s})^2$$

$$x_1 = 351 \text{ m}$$

Los trenes circulan en deriva:

$$x_d = 8780 \text{ m} - 351 \text{ m} - 351 \text{ m} = 8078 \text{ m}$$

$$t = x_d / V$$

$$t = \frac{8078 \text{ m}}{27,78 \text{ m/s}} = 290,78 \text{ s}$$

Tiempo total de marcha más 30 s de detención en estación:

$$25,25 \text{ s} + 290,78 \text{ s} + 25,25 \text{ s} + 30 \text{ s} = 371,28 \text{ s} = 6,19 \text{ minutos}$$

g) Tramo k82 – Brandsen:

$$\text{Distancia } (D_1) = 4080 \text{ m}$$

$$V_0 = 0 \text{ km/h}$$



$$V_1 = 100 \frac{km}{h} \times \frac{1000 m}{1 km} \times \frac{1 h}{3600 s} = 27,78 \frac{m}{s}$$

$$a = 1,1 m/s^2$$

Tiempo durante el cual acelera:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{27,78 m/s}{1,1 m/s^2} = 25,25 s$$

El tren acelera durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 m/s^2 \times (25,25 s)^2$$

$$x_1 = 351 m$$

Tiempo durante el cual frena:

$$V_1 = V_0 + a \times t$$

$$t = \frac{V_1 - V_0}{a}$$

$$t = \frac{-27,78 m/s}{-1,1 m/s^2} = 25,25 s$$

El tren frena durante la longitud de:

$$x_1 = x_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \times (-1,1) m/s^2 \times (25,25 s)^2$$

$$x_1 = 351 m$$

Los trenes circulan en deriva:

$$x_d = 4080 m - 351 m - 351 m = 3378 m$$

$$t = x_d / V$$

$$t = \frac{3378 m}{27,78 m/s} = 121,60 s$$



Tiempo total de marcha más 30 s de detención en estación:

$$25,25 \text{ s} + 121,60 \text{ s} + 25,25 \text{ s} + 30 \text{ s} = 202,1 \text{ s} = 3,37 \text{ minutos}$$

	Estación	Tiempo * (minutos)	Aceleración 0 a 60 km/h		Aceleración 0 a 90 km/h		Aceleración 0 a 100 km/h		Marcha constante		Frenado a 0 km/h	
			tiempo (s)	distancia (m)	tiempo (s)	distancia (m)	tiempo (s)	distancia (m)	tiempo (s)	distancia (m)	tiempo (s)	distancia (m)
1	La Plata	3,03	15,15	126					122	2028	15,15	126
2	Tolosa	2,76					25,25	351	82	2283	28	386
3	Ringuelet	4,25	15,15	126					195	3248	15,15	126
4	José Hernandez	4,53			22,73	284			196	4902	22,73	284
5	M. Romero	4,48			22,73	284			193	4832	22,73	284
6	Abasto	5,82					25,25	351	268	7458	25,25	351
7	km 65,635	2,95					25,25	351	96	2678	25,25	351
8	Gomez	6,19					25,25	351	291	8078	25,25	351
9	km 82	3,37					25,25	351	122	3378	25,25	351
10	Brandsen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Contempla los 30 segundos de detención en la estación

Tiempo total (m)	37,4
------------------	------

Los trenes se detendrán por lo menos 30 segundos en cada estación. De esta manera necesitamos 38 minutos para recorrer los 44 km, y nos queda un margen de 22 minutos para la inversión de marcha y para compensar las diferencias en los trenes reales, por cruces a nivel, reducción de velocidad en curvas y espera en el cruce de trenes. Con esto estimamos que un tren necesita aproximadamente una hora para ir de un extremo del recorrido hasta el otro, y estar listo para regresar.

2.8. Estimación de la demanda de energía eléctrica para tracción

Para calcular la energía consumida por un tren utilizamos la siguiente fórmula:

$$E = c \times p \times N \times L \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}$$

Dónde:

C = es el consumo específico.

P = peso de cada coche en tn.

N = es el número de coches.

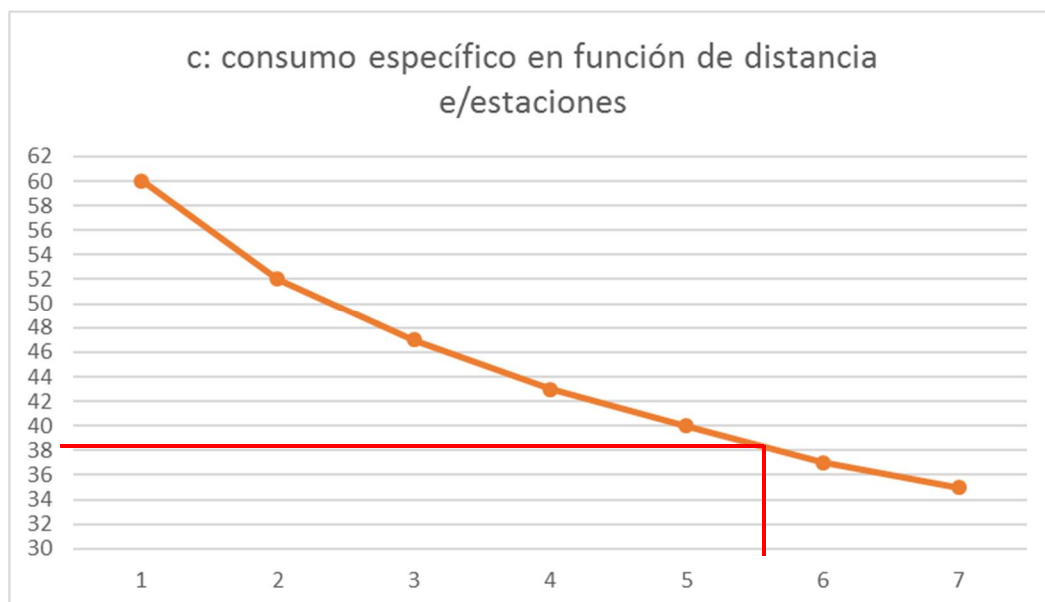
L = es la longitud del tramo.

La distancia promedio entre estaciones es:



El concepto de Consumo Específico $\frac{Wh}{tn \times km}$, varía con la distancia entre estaciones según la siguiente curva (tomamos la distancia promedio):

$$L_{prom} = \frac{3,50 \text{ km} + 5,47 \text{ km} + 5,40 \text{ km} + 8,16 \text{ km} + 3,38 \text{ km} + 8,78 \text{ km} + 4,08 \text{ km}}{7} = 5,54 \text{ km}$$



$$C = 38,5$$

$$E = 38,5 \frac{Wh}{tn \times km} \times 65 \text{ tn} \times 3 \times 39 \text{ km} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = 292,8 \text{ kWh}$$

2.9. Disponibilidad de potencia en la Subestación.

En una hora pico, entre Avellaneda y La Plata, y Avellaneda y Bosques vía Quilmes, tenemos 10 trenes simultáneos. Considerando el caso más desfavorable, y que están acelerando, suman una potencia de $10 \times 2500 \text{ kVA} = 25 \text{ MVA}$. En el ramal objeto de nuestro proyecto tendremos un único tren, y la demanda sería de $25 \text{ MVA} + 2,5 \text{ MVA} = 27,5 \text{ MVA}$. La SE Quilmes cuenta con dos transformadores de 30 MVA, o sea que estaríamos consumiendo un 92% de la potencia nominal de uno de los transformadores.

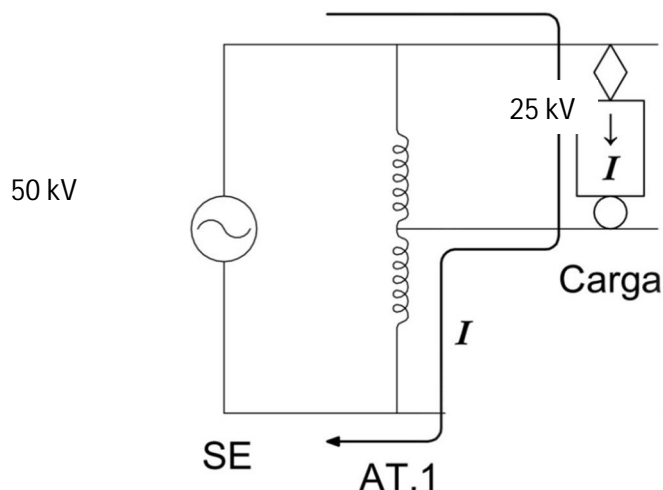
2.10. Caídas de tensión.

Inicialmente realizamos los cálculos utilizando autotransformadores. La caída de tensión es prácticamente nula. Mientras en Ringuelet tenemos 25 kV, en el otro extremo, en Brandsen, con el tren acelerando, tenemos 24,32 kV. Esto representa 2,71%. Mostramos el cálculo en el anexo I.

Demostraremos la caída de tensión sin autotransformador.



El tren es una carga monofásica que se alimenta a 25 kV desde la catenaria a través del pantógrafo, retornando la corriente por los rieles. La tensión de catenaria proviene de la subestación, el retorno se toma del punto medio de los autotransformadores ubicados en el tramo Quilmes – La Plata. La distribución de corrientes para nuestro tren se muestra en el siguiente gráfico.



La corriente que circula por un tren es:

$$I = \frac{S}{V}$$

Cuando está acelerando la corriente es máxima, y será:

$$I = \frac{2500 \text{ kVA}}{25 \text{ kV}} = 100 \text{ A}$$

En deriva se desconectan los motores y sólo hay consumo de los servicios auxiliares. Se reduce a aproximadamente un 20% de la máxima:

$$I = \frac{2500 \text{ kVA} \times 0,2}{25 \text{ kV}} = 20 \text{ A}$$

Durante el frenado, entrega:

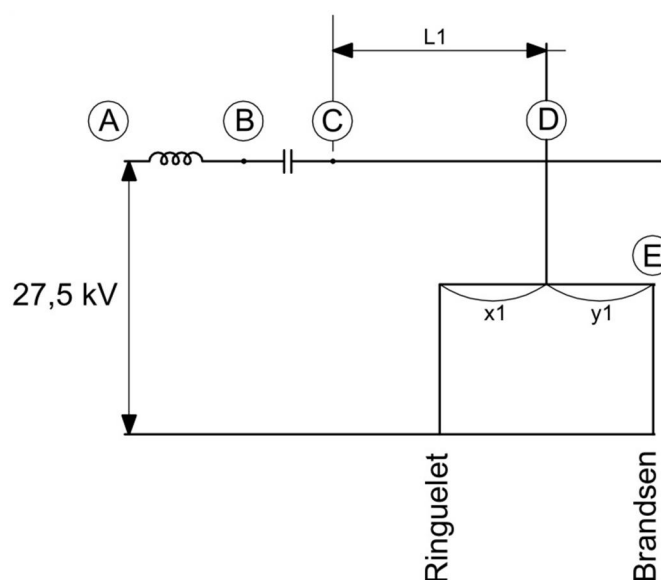
$$I = \frac{2500 \text{ kVA}}{25 \text{ kV}} = 100 \text{ A}$$

Detenido en una estación, IDEM deriva:

$$I = 20 \text{ A}$$



Los valores de impedancia del circuito de alimentación se obtienen sumando en serie la impedancia por kilómetro de la catenaria y la de los rieles, y multiplicándolos por la distancia en km entre el tren y el punto de conexión "C" en Ringuelet. Si el tren se encuentra en el punto "D", la impedancia de alimentación es $Z_{al} = (ZL + ZV) \times L1$, y la tensión en D es $U_D = C - I \times (ZL + ZV) \times L1$.



El factor de potencia varía con la posición del tren, y modifica la caída de tensión. Fijamos su valor en 0,8 para calcular la caída de tensión por unidad de corriente y por kilómetro.

Para la catenaria simple los valores de impedancia son:

En la línea de contacto:

$$ZL = 0,0739 + j 0,1205 \Omega/\text{km}$$

En los rieles:

$$ZV = 0,1852 + j 0,4542 \Omega/\text{km}$$

$$Z_{al} = \sqrt{(0,0739 + 0,1852)^2 + (j 0,1205 + j 0,4542)^2} \Omega / \text{km}$$

$$Z_{al} = \sqrt{(0,2591)^2 + (0,5747)^2} \Omega / \text{km}$$

$$Z_{al} = 0,6319 \Omega / \text{km}$$



$$Z_{\max} = 0,6319 \, \Omega / \text{km} \times 39 \, \text{km} = 24,64 \, \Omega$$

$$U_D = C - I \times Z \times L1$$

$$U_D = 25000 \, \text{V} - 100 \, \text{A} \times 0,6319 \, \Omega / \text{km} \times 39 \, \text{km}$$

$$U_D = 22536 \, \text{V}$$

$$\Delta U = I \times Z \times L1$$

$$\Delta U = 100 \, \text{A} \times 0,6319 \, \Omega / \text{km} \times 39 \, \text{km}$$

$$\Delta U = 2464 \, \text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_C} \times 100 \%$$

$$\Delta U\% = \frac{2464}{25000} \times 100 \%$$

$$\Delta U\% = 9,86 \%$$

En la situación más desfavorable, con el tren en el extremo Brandsen y acelerando, la caída de tensión es de aproximadamente 2,46 kV y estamos dentro del margen de operación, con 22,54 kV. Debemos recordar que este cálculo supone que tenemos 25 kV en Ringuelet, pero este valor puede ser más alto, entre 26 y 27 kV.

Por lo dicho, la catenaria debería ser capaz de suministrar 100 A en la situación actual. Si en el futuro tuviéramos 2 trenes simultáneamente en dos puntos de la línea, debería suministrar 200 A. La línea de contacto a utilizar de 110 mm² puede transportar de manera continua hasta 780 A. Considerando que la línea de sostén (carga de rotura mayor a 3900 kg), de acero y 90 mm², se tiende en paralelo, la capacidad de transporte de corriente aumenta, con lo cual en caso de ampliar la demanda, no es necesario cambiar los conductores.

2.11. Distancias mínimas a partes con tensión.

La norma europea UN 50122-1 del año 1997, regula las medidas de protección relacionadas con la seguridad eléctrica y la puesta a tierra. Ella establece que la protección contra contactos directos será mediante distancias, o mediante obstáculos.

En lo referente a partes activas que estén por encima del nivel del suelo, en el exterior de los vehículos, como en zonas de espera de pasajeros, debe guardarse una distancia de seguridad mínima de 3,50 m.

En cruces de calles o rutas, la distancia mínima de la línea de contacto aérea y los



alimentadores asociados debe ser de 5,50 m, desde la superficie de la calle hasta el punto más bajo de la línea. En cuanto a la distancia desde el punto más alto de los vehículos que transiten debajo de la línea, hasta la parte con tensión, podrá ser de 0,50 m siempre que se instale una barrera, un obstáculo rígido o un cable fijado firmemente y con una señal de advertencia que lo haga visible (5.1.2.3). La distancia mínima con árboles y arbustos será en todos los casos de 2,50 m (5.1.2.5).

Los obstáculos sólo se utilizarán cuando las distancias mínimas no puedan ser mantenidas, y deberán estar conformadas por paredes sólidas o puertas de pared de sólida, o mallas de material conductor puestas a tierra, con una sección máxima de 1200 mm², que equivale a cuadrados de aproximadamente 35 x 35 mm. La norma prohíbe el uso de materiales no conductores recubiertos con plástico (5.1.3.1.1). La distancia mínima entre obstáculos y partes activas será de 30 mm en paredes o puertas sólidas, y 100 mm cuando se trate de mallas (5.1.3.1.2).

En lugares donde hubiera partes activas a nivel del suelo, al lado de superficies de espera, se deberán separar con malla conductora puesta a tierra, de una altura no inferior a 1,80 m, y una separación mínima de 0,60 m entre la malla y la parte activa. La norma establece otras alternativas cuando estas medidas no pudieran observarse.

En estructuras donde fuera posible escalarlos, y que se aproximen peligrosamente a partes activas, la autoridad del ferrocarril puede especificar si es necesario equipar las estructuras con dispositivos antiescalada.

La norma EN 50119 (2009) estipula para un nivel de tensión de 25 kV una distancia mínima de aislamiento de 270 mm para la condición estática, y 150 mm para la dinámica. No obstante, estas distancias pueden reducirse o aumentarse en función de otros parámetros como la humedad ambiente, contaminación, temperatura, presión atmosférica, etc.

Para las partes bajo tensión entre dos fases con una diferencia de 180° y tensión relativa de 50 kV, establece una distancia de 540 mm para el caso dinámico, y 300 para el estático.

2.12. Cadena de aisladores de suspensión.

Por el nivel de tensión es suficiente utilizar 3 aisladores. Para una cadena de suspensión, el número de aisladores necesarios es:

$$N = \frac{U_n}{15} + 1$$

Siendo U_n la tensión nominal en kV.

$$N = \frac{25}{15} + 1 = 2,67$$

Utilizaríamos 3 aisladores.

La circulación de locomotoras diesel, la presencia de polvo u hollín, contaminará el sistema de catenaria, reduciendo la aislación y provocando descargas de fuga. Estas



descargas causan ruidos molestos que pueden perturbar a los habitantes que viven en las inmediaciones de la línea por lo que sería necesario realizar una limpieza frecuente de los aisladores. Con el objeto de reducir costos de mantenimiento se adopta la instalación de un cuarto aislador en la cadena de suspensión.

2.13. Puesta a tierra del sistema de tracción.

Para mitigar el efecto de las corrientes vagabundas por fuga a tierra, no se pondrán a tierra los rieles. Sólo se aislarán con el apoyo sobre un lecho de balasto, y se conectarán a la línea de protección cada 5 km, esto es en cada AT y a mitad de camino entre ellos. En los AT se colocarán descargadores para sobretensiones de origen atmosférico, y dónde exista riesgo de contacto directo se utilizará cable aislado para el nivel de 3,3 kV.

El nivel básico de aislación (NBA/BIL) del sistema catenaria de 25 kV para el sector ya electrificado es de 200 kV, y de 95 kV para la red de 13,2 kV.

2.14. Calidad de la toma de corriente.

Generalidades y fuerzas de contacto.

La norma EN 50119 2009 establece que el diseño de los pantógrafos debe asegurar una adecuada toma de corriente, minimizando el desgaste de la línea de contacto y de las bandas de frotamiento. Las fuerzas de contacto deben considerar los desplazamientos verticales de los trenes por causa de la vía, y el efecto aerodinámico a la máxima velocidad. La fuerza de contacto máxima, para velocidades de hasta 200 km/h en corriente alterna es de 300 N, y la mínima basta con que sea positiva.

La pérdida de contacto entre las bandas de frotamiento y la línea de contacto produce arcos eléctricos que aumentan el desgaste de ambos componentes.

2.15. Selección y verificación de conductores de líneas de contacto y sostén.

a) Línea de contacto.

La Línea Roca utiliza para tramos como el presente, sustentador de 90 mm² e hilo de contacto de 110 mm². En el siguiente cálculo extraído del libro de Siemens, vemos que la norma EN 50119 2009 establece que el esfuerzo de tracción admisible de la línea de contacto se calculará multiplicando la carga mínima de rotura por un coeficiente de seguridad η no superior a 0,65 y otros coeficientes que son:

$$\sigma_w = \sigma_{\min} \times \eta \times K_{\text{temperatura}} \times K_{\text{desgaste}} \times K_{\text{hielo_viento}} \times K_{\text{esfuerzo}} \times K_{\text{fijación}} \times K_{\text{soldadura}}$$

- $K_{\text{temperatura}}$: para cable de cobre vale 1,0 si la temperatura máxima es $\leq 80^\circ\text{C}$, y 0,8 si $t = 100^\circ\text{C}$

La temperatura máxima de servicio admisible es de 90°C , 45°C ambiente + 45°C de



sobreelevación, para la corriente nominal de 780 A. Interpolando, $K_{\text{temperatura}} = 0,975$

- $K_{\text{desgaste}} = 1 - x$ donde x es el desgaste admisible en tanto por ciento / 100.

Para $x = 0,3$ $K = 1 - 0,3 = 0,7$

- $K_{\text{hielo_viento}}$: para líneas de contacto y catenaria de tensado automático vale 0,95 si consideramos hielo y viento, y vale 1,00 si sólo consideramos viento.
- K_{esfuerzo} : viene especificado por el fabricante. Salvo caso contrario, se le asigna valor 1,0.
- $K_{\text{fijación}}$: es igual a 1,00 si la fuerza de fijación de los herrajes es igual o mayor al 95% de la resistencia a la tracción del hilo de contacto.
- $K_{\text{soldadura}}$: es igual a 1,00 si no se realizan soldaduras. Caso contrario debe ser igual a la relación de la resistencia a la tracción de las juntas por soldadura y la mayor resistencia a la tracción del hilo de contacto.

Tomamos $K = 0,95$

Tensión mínima de rotura 3900 kg

$$\sigma_w = 3900 \text{ kg} \times 0,65 \times 0,975 \times 0,7 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,95$$

$$\sigma_w = 3900 \text{ kg} \times 0,4214 = 1644 \text{ kg}$$

Tensión máxima de trabajo 1000 kg < 1644 kg

Para velocidades de hasta 100 km/h las líneas de sostén y contacto deben tensarse automáticamente.

La desviación horizontal del hilo de contacto debe ser tal que no sea posible que el cable de contacto se separe de la cabeza del pantógrafo. Se debe considerar la influencia del viento y las distancias mínimas de aislamiento.

En cuanto a la variación de la altura del hilo de contacto, la norma establece como valores máximos, para velocidades de hasta 100 km/h, un gradiente máximo de 1/167, 6‰, y una variación del gradiente máxima de 1/333, 3‰.

La altura mínima del cable de contacto debe ser siempre mayor que la envolvente máxima (definida en el gálibo), considerando la distancia de aislamiento en el aire y a altura mínima de trabajo del pantógrafo.

b) Línea de sostén.

Carga de tracción admisible para la línea de sostén.

$$F_w = F_{\text{min}} \times \eta \times K_{\text{temperatura}} \times K_{\text{hielo}} \times K_{\text{viento}} \times K_{\text{esfuerzo}} \times K_{\text{fijación}} \times K_{\text{carga}}$$



- $K_{\text{temperatura}}$: ídem anterior, $K_{\text{temperatura}} = 0,975$
- K_{viento} : para tensado automático y velocidad de viento mayor a 100 km, $K_{\text{viento}} = 0,95$
- K_{hielo} : para tensado automático, $K_{\text{hielo}} = 1,00$
- K_{esfuerzo} : viene especificado por el fabricante. Salvo caso contrario, se le asigna valor 1,00.
- $K_{\text{fijación}}$: es igual a 1,00 si la fuerza de fijación de los herrajes es igual o mayor al 95% de la resistencia a la tracción del hilo de contacto.
- K_{carga} : es el efecto de las cargas verticales sobre la línea de sostén se define como $K_{\text{carga}} = 0,80$

Tensión de rotura ≥ 12200 kg

$$F_w = 12200 \text{ kg} \times 0,65 \times 0,975 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,95 \times 0,80$$

$$F_w = 12200 \text{ kg} \times 0,4576 = 5582 \text{ kg}$$

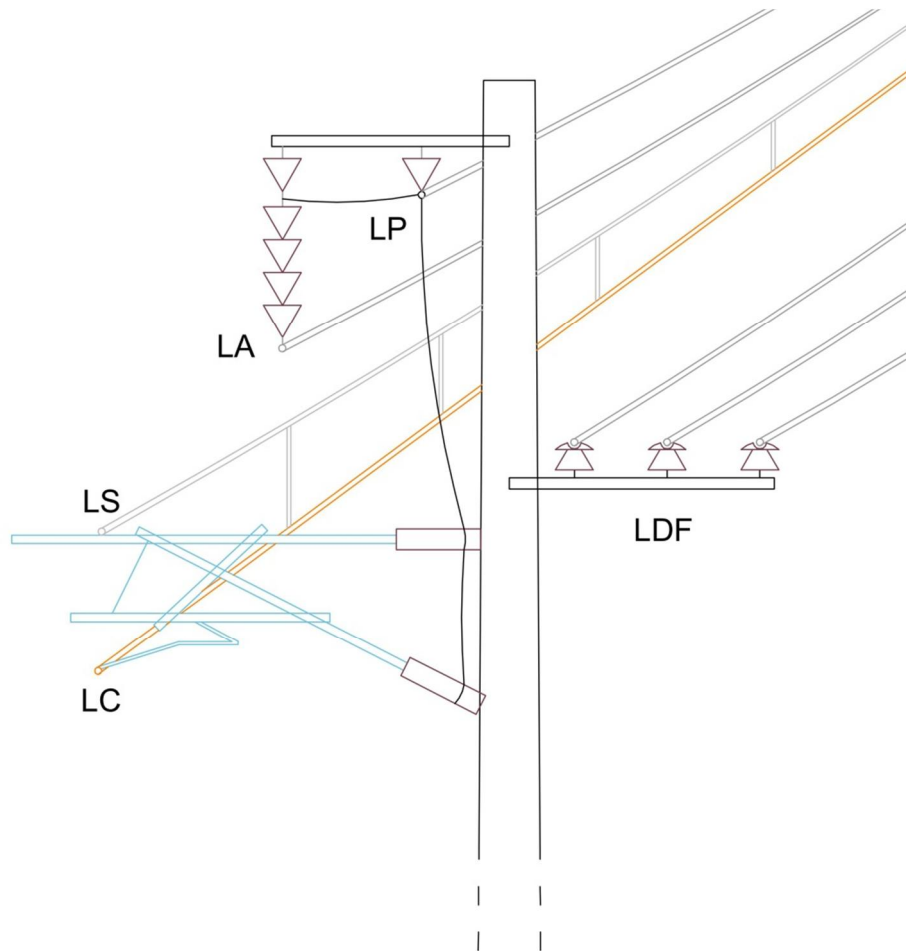
Tensión máxima de trabajo $1000 \text{ kg} < 5582 \text{ kg}$

2.16. Configuración del poste.

Vamos a exponer los criterios seguidos en la elección y dimensionamiento de los postes. Haremos los cálculos para postes cilíndricos troncocónicos de hormigón, porque son los más económicos, desestimaremos las columnas metálicas ya que sufren corrosión debido a la humedad del ambiente y modelaremos la traza como un terreno llano, sin grandes pendientes y en línea recta. El nivel de tensión es de $\pm 27,5$ kV para tracción, y 13,2 kV para la línea de fuerza.

En primer lugar, debemos saber que tenemos 5 líneas distintas distribuidas en 3 ménsulas, montadas en los postes de suspensión:

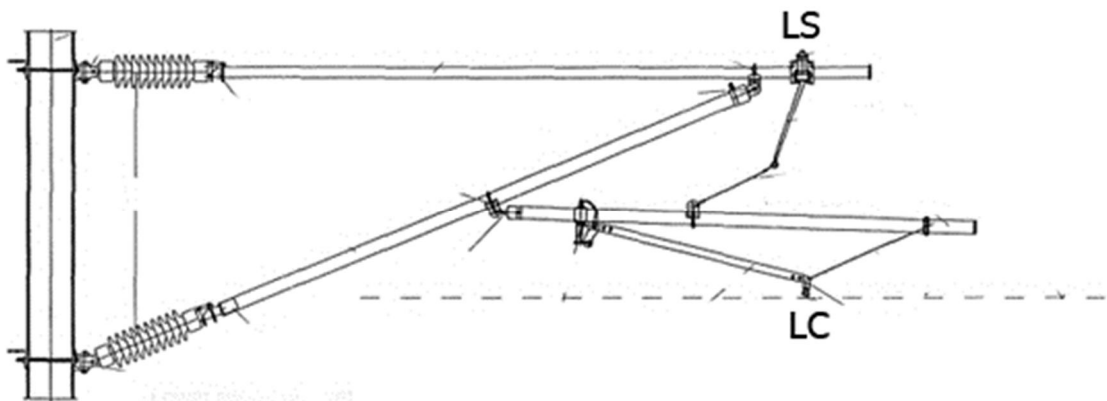
- La línea de sostén (LS), de acero y 90 mm^2 que sostiene a la de contacto.
- La línea de contacto (LC), de cobre y 110 mm^2 que transmite energía al pantógrafo del tren.
- La línea de alimentación (LA), de aleación de aluminio y 70 mm^2 que es un feeder negativo a -27,5 kV.
- La línea de protección (LP), de aleación de aluminio y 120 mm^2 , que funciona como hilo de guardia.
- La línea de fuerza (LDF), de aleación de aluminio y 70 mm^2 trifásica en 13,2 kV.



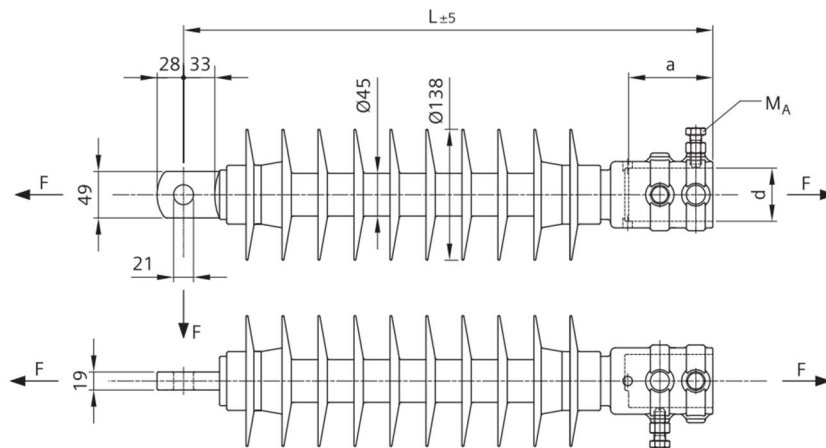
Configuración del poste de suspensión.

2.17. Configuración de ménsulas.

La ménsula de catenaria está formada por dos aisladores soporte de porcelana y un juego de tubos de aluminio y morsetería. Además, los soportes que la sujetan al poste son tipo bisagra para permitir el movimiento longitudinal por dilatación o contracción de las líneas, a causa de los cambios de temperatura:



Ménsula de suspensión.



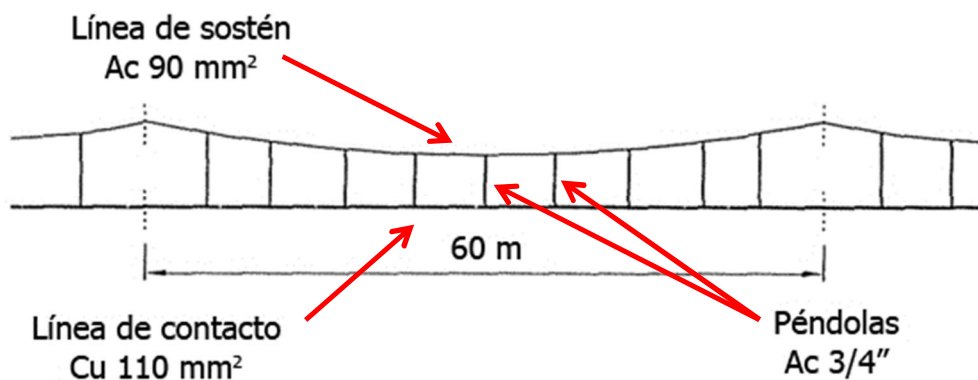
Aisladores cerámicos para tubos de aluminio.

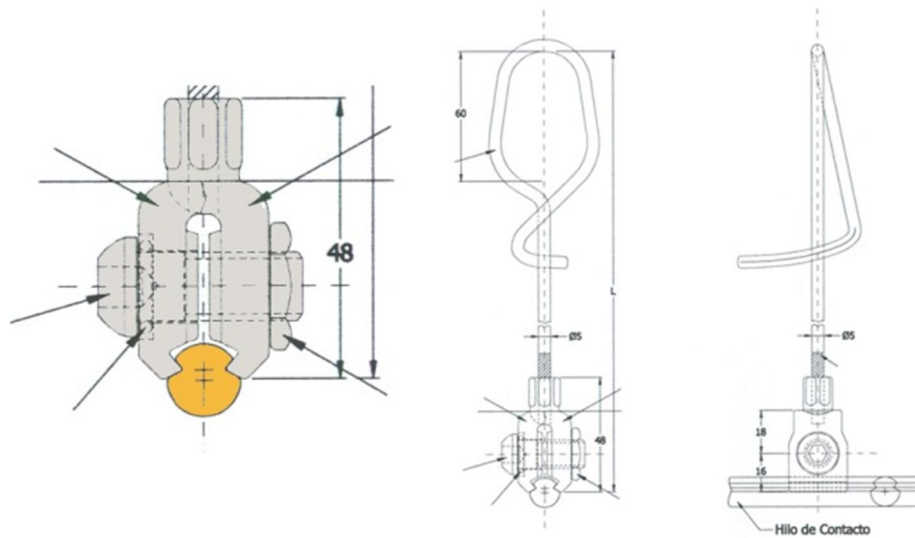
Imágenes extraídas del catálogo de productos Siemens (2010)

Las ménsulas de las líneas de fuerza, alimentación y protección se fabrican con perfil de hierro en ángulo.



Las líneas de sostén y contacto se disponen como en la figura, unidas mediante péndolas de acero de diámetro 3/4 de pulgada:





Detalle de péndola de suspensión.

Las líneas de alimentación y protección utilizan cadenas de aisladores de suspensión, de porcelana. La cadena de la línea de alimentación es de 5 aisladores. La de protección es de un aislador.

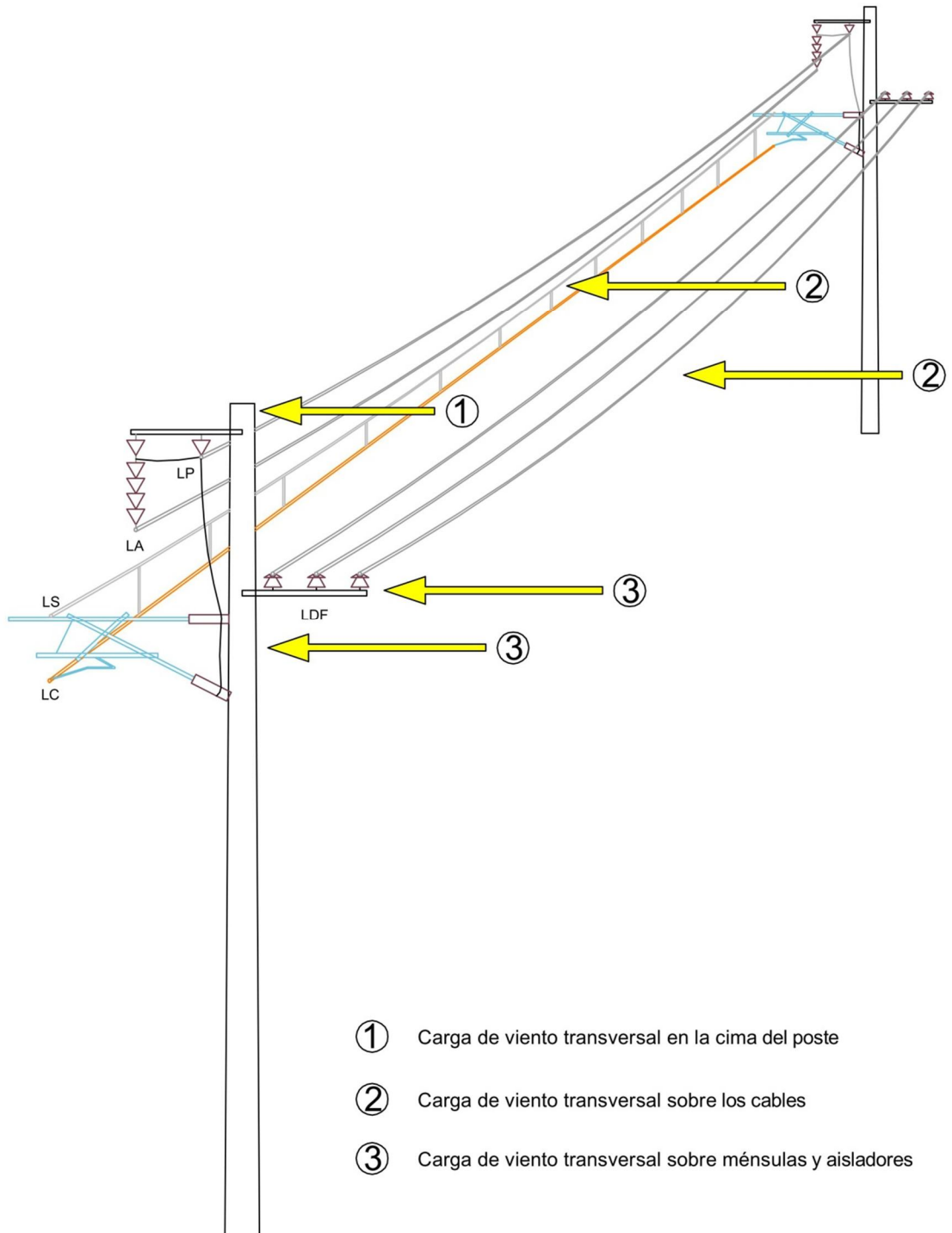


Aislador campana para línea de alimentación y protección.

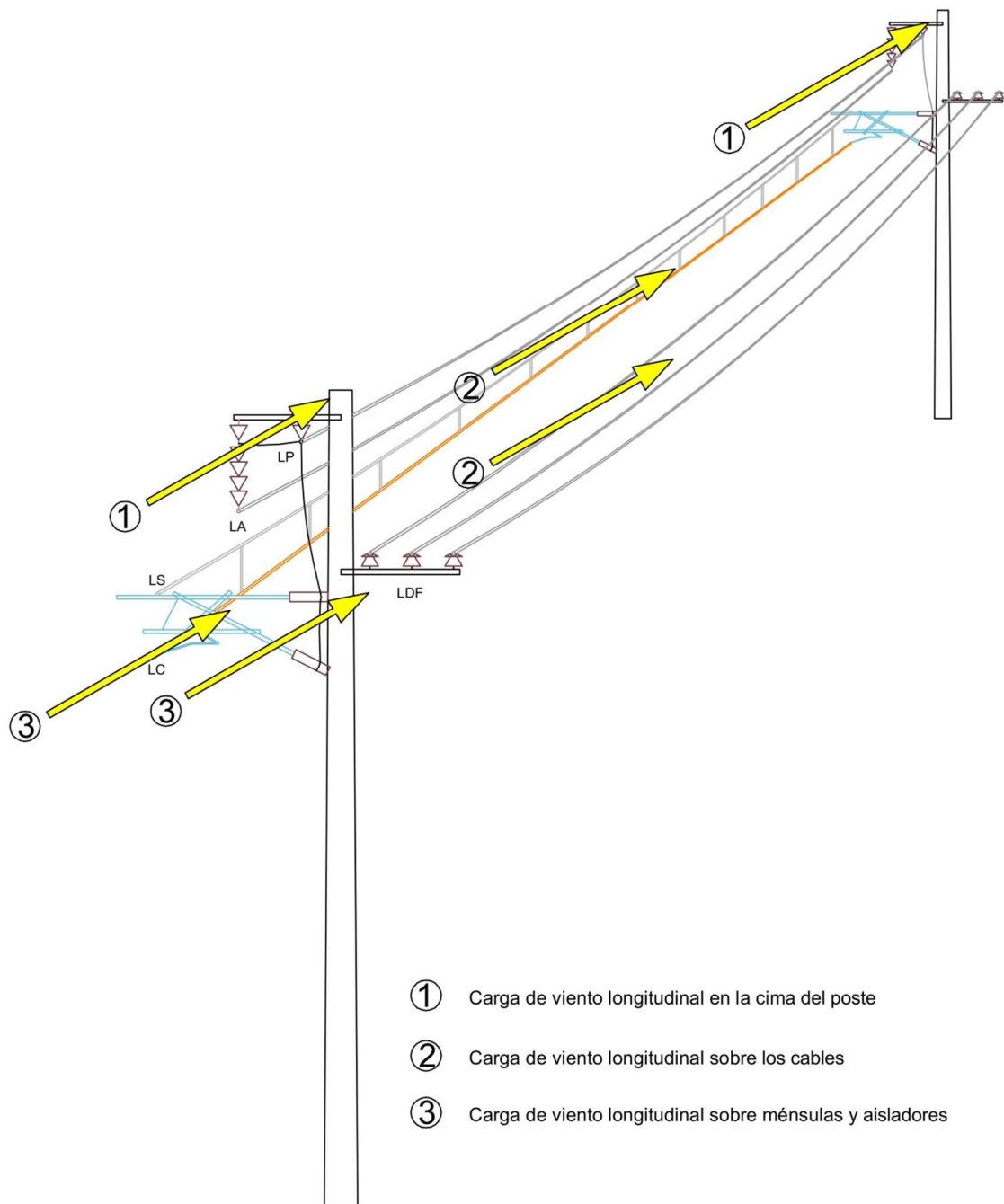


Aislador pedestal para línea de fuerza.

Las superficies expuestas al viento en los conductores a lo largo del vano, sobre ménsulas, aisladores y el propio poste se resumen en las siguientes figuras:



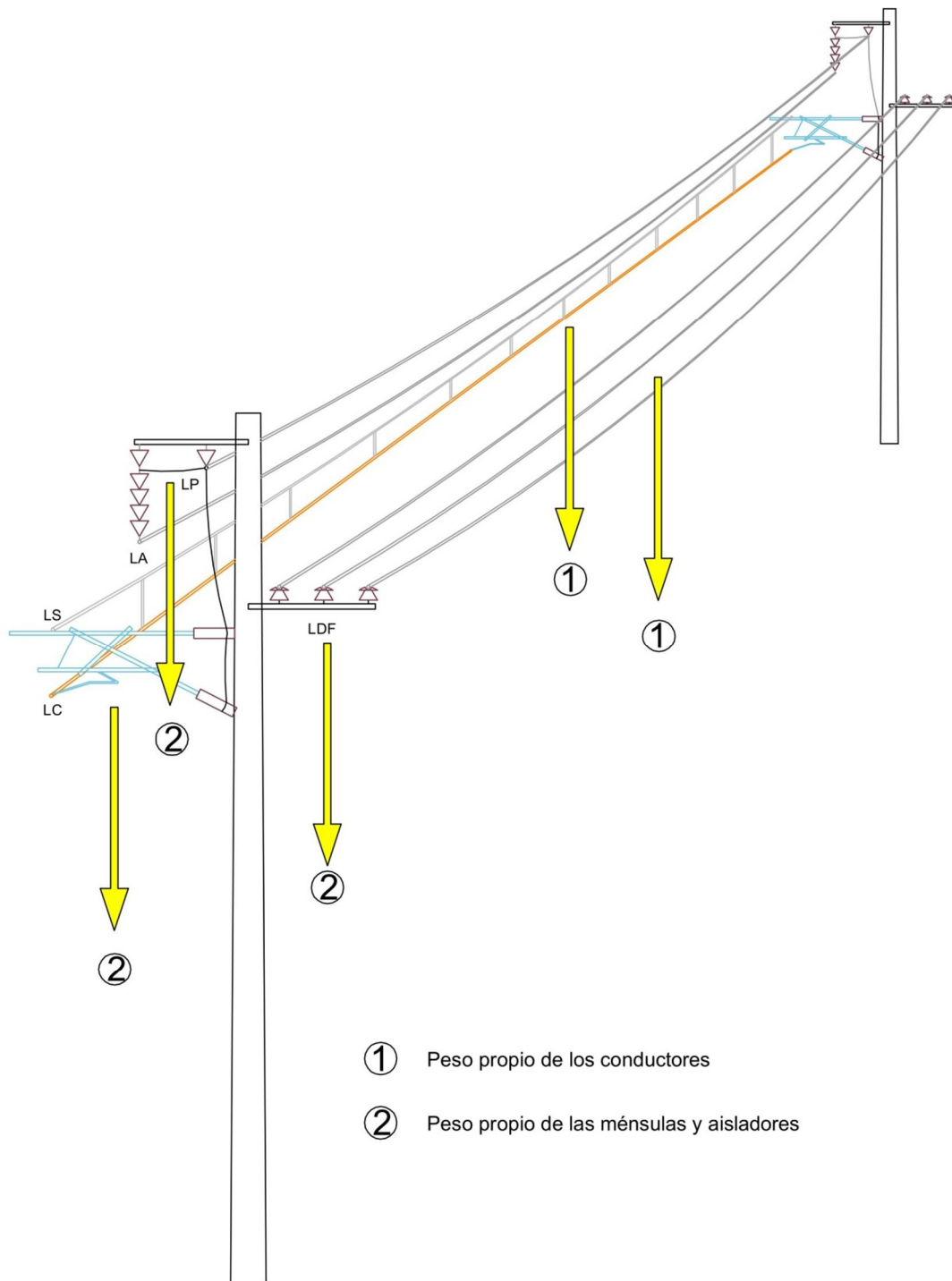
Carga de viento transversal a la línea.



- ① Carga de viento longitudinal en la cima del poste
- ② Carga de viento longitudinal sobre los cables
- ③ Carga de viento longitudinal sobre ménsulas y aisladores

Carga de viento en el sentido de la línea.

Los postes soportan dos clases de esfuerzos, aquellos producidos por el peso propio de las ménsulas, aisladores, conductores y cualquier otro equipamiento que cuelgan de ellos, y los esfuerzos a causa del viento. Es justamente la fuerza del viento la más importante a tener en cuenta, sobretodo el viento tiene sentido transversal a la línea. La combinación de estos esfuerzos se traduce en flexiones y torsiones que se aplican al poste.



- ① Peso propio de los conductores
- ② Peso propio de las ménsulas y aisladores

Peso propio de conductores, ménsulas y aisladores.

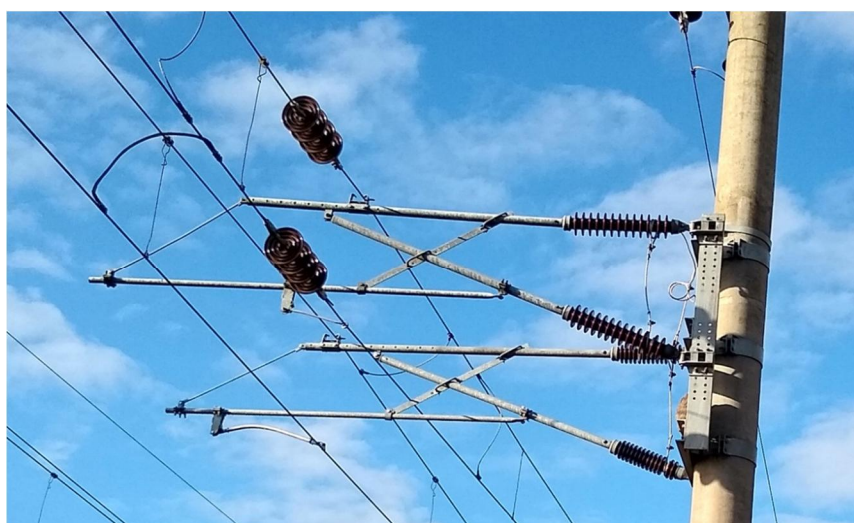
La longitud de los vanos se ha determinado experimentalmente en diferentes países atendiendo a las características climáticas (viento) y geográficas (tipo de suelo). Aclaremos que las dimensiones de la línea Roca corresponden a un diseño japonés, desarrollada para

resistir sismos, e implantarse en terrenos rocosos. No obstante, por el tipo de suelo y clima, nuestro cálculo se asemeja al de los países Europeos. Veremos la secuencia de cálculo para un vano recto de 60 metros.

El cálculo completo para un ramal ferroviario es más extenso, en virtud de los accidentes geográficos, curvas, pendientes, estaciones, puentes, túneles, etc. que existen. En rigor, vamos a tener 4 tipos de poste y 4 longitudes de vano diferentes, un total de 16 combinaciones, cada una con la misma secuencia de cálculo. Uno de ellos es el poste de suspensión que vemos en las imágenes anteriores. En el centro del cantón existe una retención para las líneas de sostén y contacto, que permite el ajuste con los contrapesos, y que se conforma con una viga de reticulado y riendas. Y en los extremos de cantón tenemos el poste que sujeta a los contrapesos, y, antes de ese, un par de postes con dos ménsulas, la de fin de cantón, y la de inicio del cantón siguiente.



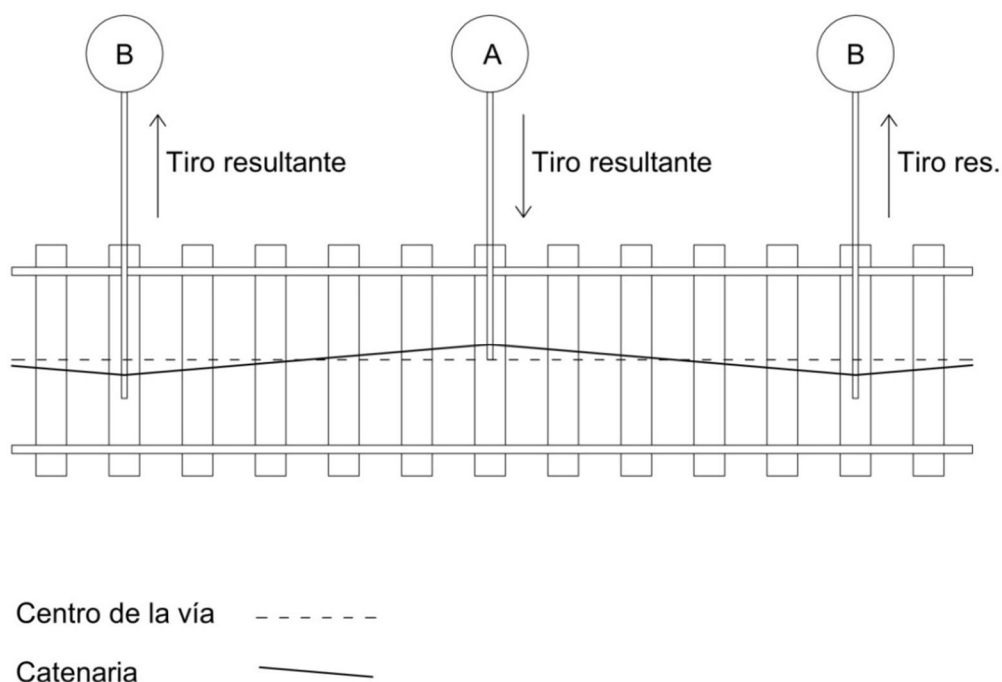
Postes de centro de cantón, con retención.



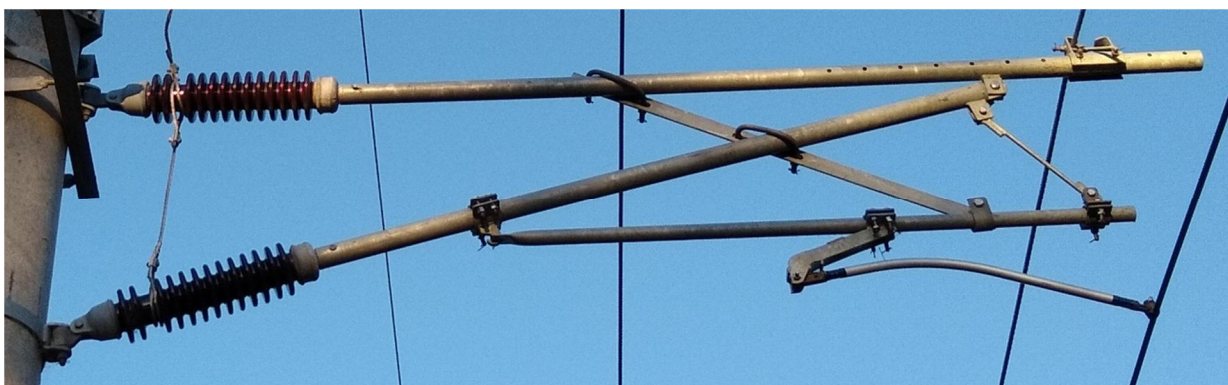
Poste con dos ménsulas.



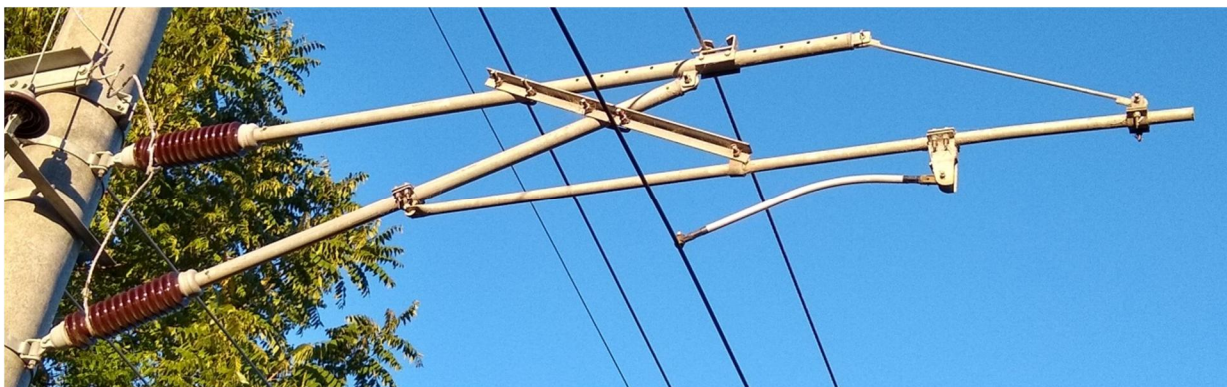
El hilo de contacto no sigue la línea recta del riel, sino que tiene un zigzag o descentramiento para que el desgaste del pantógrafo sea más lento y uniforme. El valor del descentramiento en vía recta será de ± 150 mm, y en las curvas podrá ser de hasta ± 200 mm. En los seccionamientos se podrá llegar a valores mayores, sin sobrepasar los límites del patín de pantógrafo. A causa de este descentramiento, en los vanos rectos las ménsulas son de dos tipos, una más corta y una más larga, y se alternan como puede verse en el siguiente gráfico:



Llamaremos ménsula A (la más corta) a la que ejerce un tiro del poste hacia el centro de la vía y llamaremos ménsula B a aquellas que empujan en sentido contrario. Las ménsulas A y B son ligeramente diferentes:



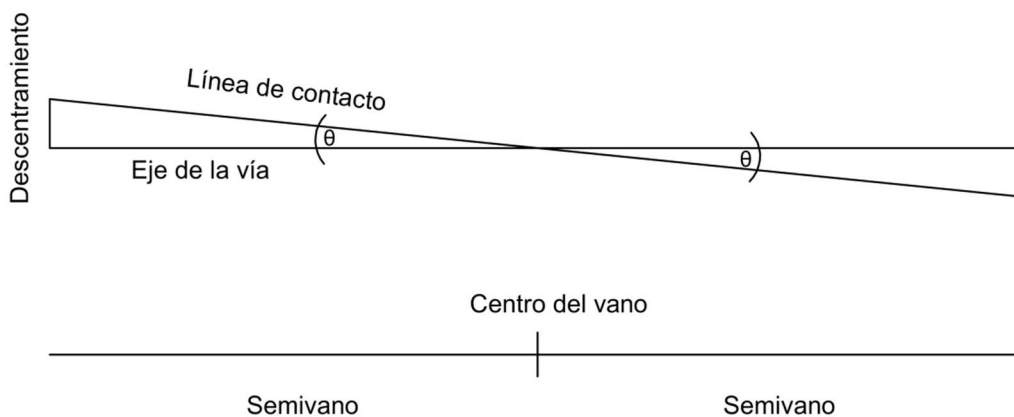
Ménsula tipo A.



Ménsula tipo B.

La tensión mecánica de la catenaria es de 2000 kg, que se reparten 1000 kg en la línea de sostén y 1000 kg en la línea de contacto. El ángulo que forma la línea de contacto con el eje de la vía a causa del descentramiento es de aproximadamente de 17' 11'' ó 0,29°. El tiro que ejerce dicha línea sobre la ménsula puede calcularse de la siguiente manera:

Suponiendo que la línea de contacto es la hipotenusa de un triángulo rectángulo, y siendo sus catetos el descentramiento y el eje de la vía, obtenemos el tiro de medio vano, ya que el otro medio vano empuja en sentido contrario. Luego sumamos el tiro del otro semivano.



En un semivano:

Eje de la vía: 30000 mm

Descentramiento: 150 mm

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{\text{descentramiento}}{\text{eje de la vía}}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{150 \text{ mm}}{30000 \text{ mm}}\right) = 0,287^\circ = 17' 11'' \approx 0,29^\circ$$

Tiro resultante (Tr) de un semivano:

$$\text{Tr} = T \text{ sen } \theta$$



$$Tr = 1000 \text{ kg} \cdot \sin 0,29^\circ = 5,06 \text{ kg}$$

Si sumamos el tiro de dos semivanos:

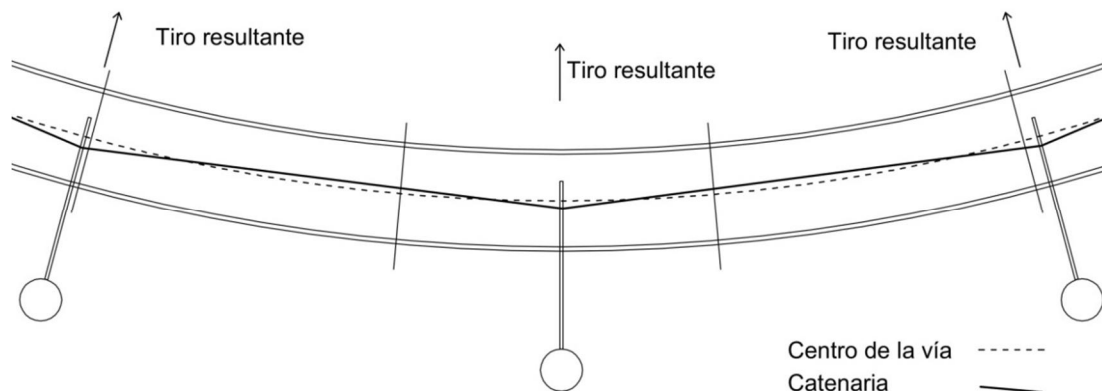
$$Tr2 = Tr \times 2 = 10,12 \text{ kg}$$

2.18. Características y dimensiones de los cables:

	Línea de sostén	Línea de contacto	Línea de alimentación	Línea de protección	Línea de Fuerza Motriz
Material	Acero	Cobre	Aleación de aluminio	Aleación de aluminio	Aleación de aluminio
Sección (mm ²)	90	110	185	120	3 x 70
Diámetro (mm)	12,70	12,34	17,64	14,30	12,80
Peso específico (kg/m)	0,780	0,578	0,506	0,335	0,190
Longitud del vano (m)	60				
Peso (kg)	46,80	34,68	30,36	20,10	34,20
Area transversal (m ²)	0,762	0,740	1,058	0,429	2,304
Flecha máxima (m)	0,72	0	0,42	0,70	0,70
Área longitudinal (m ²)	0,009	0,0001	0,007	0,010	0,027

2.19. Descentramiento en las curvas.

En las curvas no se ejecuta el descentramiento alternando ménsulas diferentes, sino que se genera por la disposición de los postes, como se ve en el gráfico de abajo. El radio menor es el más desfavorable porque genera el mayor tiro transversal a la línea. Calculamos con los postes del lado externo a la curva, por ejercer el esfuerzo más desfavorable.



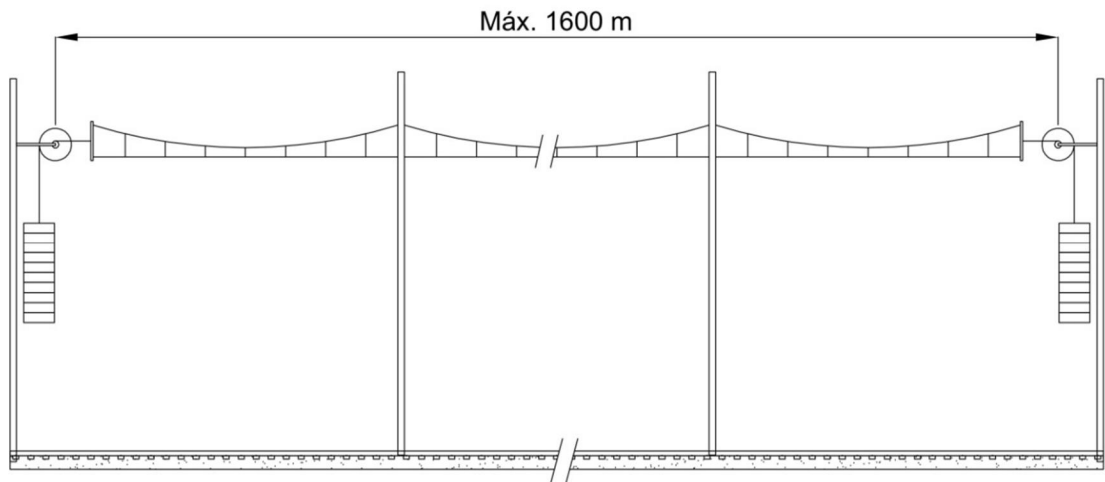
La línea de fuerza tiene su poste de retención separado de la catenaria, con una estructura de doble poste.



En los anexos, al final del proyecto, se encuentran los cálculos de todos los postes. Al final del capítulo enumeramos la cantidad de postes a utilizar y su resistencia mecánica.

Vamos a modelar el recorrido como un terreno llano, sin grandes pendientes. Aunque no contamos con la altimetría de la zona consideremos que La Plata se encuentra a 26 metros sobre el nivel del mar, y Brandsen a 17 metros. Suponiendo una pendiente constante tendríamos:

$$\text{Pendiente: } \frac{26 \text{ m} - 17 \text{ m}}{44,1 \text{ km}} = \frac{9 \text{ m}}{44,1 \text{ km}} = 0,204 \text{ m/km} = 0,2 \%$$



Ejemplo de cantón.

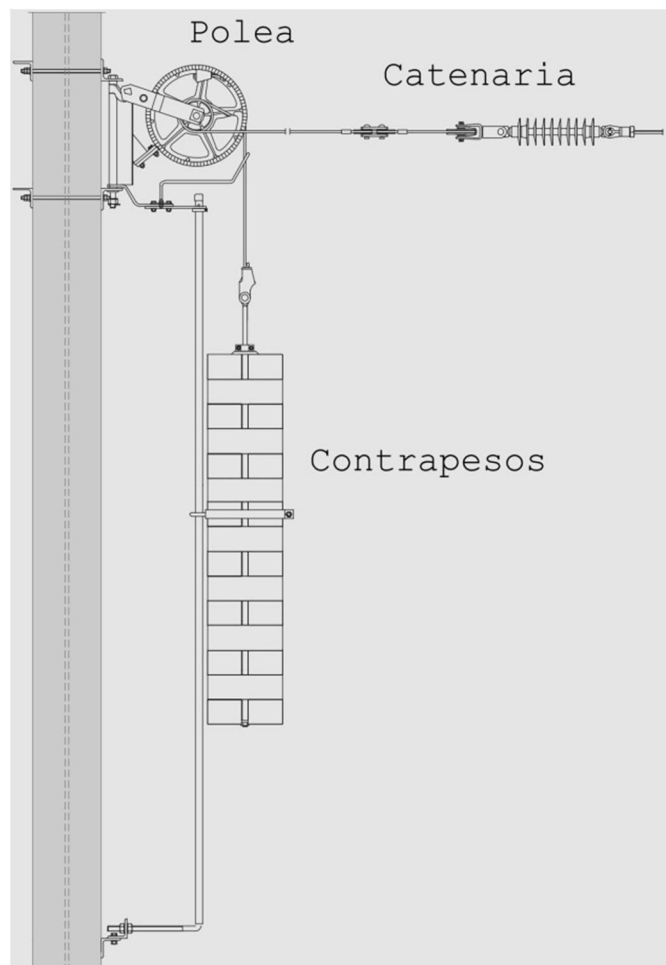


Imagen de un tensor a polea Siemens.ⁱⁱ



2.20. Estados climáticos.

Las condiciones climáticas a considerar para el cálculo están definidas como zona C en la "Reglamentación para Líneas Eléctricas Aéreas Exteriores" de la Asociación Electrotécnica argentina (AEA 95301): *"zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas tales como cercas, árboles o construcciones muy aisladas, con alturas entre 1,5 y 10 m. Por ejemplo campo abierto, granjas o sembrados. Esta exposición es la representativa del terreno de aeropuertos donde son efectuadas las mediciones de la velocidad de viento"*.

Las características de los estados climáticos a considerar son:

Estado climático	Temperatura	Velocidad del viento	Manguito de hielo	Observaciones
I	-10 °C	-	No se considera	Temp. mínima
II	10 °C	130 km/h	No se considera	Viento máximo
III	-5 °C	50 km/h	No se considera	Viento medio
IV	50 °C	-	No se considera	Temp. máxima
V	15 °C	-	No se considera	Temp. media

Siendo los estados II y IV los determinantes en el cálculo, por considerar la máxima temperatura y el viento máximo. La velocidad de los trenes no debe verse restringida por el comportamiento de la catenaria. Cuando el viento superara los 100 km/h se activará una alarma y se detendrán automáticamente, ya que el balanceo de la línea de contacto no asegura una buena toma de corriente.

La catenaria está formada por cantones superpuestos en los extremos. Un cantón es un tramo de catenaria retenido en el centro y en cuyos extremos cuenta con algún tipo de sistema autoajutable, generalmente contrapesos y poleas (en vías secundarias puede utilizarse un sistema a resorte), para absorber las dilataciones y contracciones longitudinales de los cables a causa de los cambios de temperatura. Su longitud máxima está estipulada en 1600 metros, para mantener la elasticidad dentro de los límites necesarios. El solapamiento de sus extremos debe hacerse de manera tal que el tren pase suavemente entre ellos sin que se vea afectada la marcha.

En el centro del cantón tendremos dos postes de retención, con una viga de acero reticulada y riendas. En los extremos de cantón tenemos dos postes de suspensión con dos ménsulas, una de cada cantón, y dos postes con una ménsula, y que cuentan con contrapesos a polea y rienda, para mantener la tensión mecánica de la línea. En el resto tendremos postes de suspensión con una ménsula, excepto en las estaciones, donde tendremos vigas de reticulado sobre dos postes. Las ménsulas de la línea de fuerza motriz se montan en los mismos postes que la catenaria, excepto en las retenciones, en las que se colocará un poste doble con dos vínculos. Los vanos rectos serán de 60 metros, mientras que en las curvas se reducirán en función del radio, y podrán ser de 50, 40 ó 30 metros, cuidando que la diferencia entre vanos contiguos no supere 10 metros.

La línea desde Ringuelet a Brandsen se alimentará desde una fase, pudiendo conmutar a la otra en caso de falla, en el nuevo puesto de seccionamiento auxiliar Ringuelet. El seccionamiento y la conexión se efectúan desde los seccionadores e interruptores ubicados



en la subestación, y en los puestos de seccionamiento. En los puntos donde se encuentren dos fases distintas se instalará una sección neutra de material aislante de 8 metros.

2.21. Cálculo de esfuerzos sobre el poste.

En el cálculo de la fuerza del viento, los vanos se consideran como dos semivanos, esto se debe a que tomamos el poste entre dos medios vanos y la fuerza aplicada a cada lado. Así, cuando en las fórmulas veamos $(2 \times (F_{LS} + F_{LC}))$, querrá decir que multiplicamos x 2 la fuerza de viento sobre un semivano de la línea de sostén (F_{LS}), y un semivano de la línea de contacto (F_{LC}).

Por ejemplo:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{\text{MORS.}} + F_{\text{PÉND.}} + F_P$$

La fórmula se lee de la siguiente manera:

F_t : Fuerza total del viento.

$(2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.})$: fuerza de viento sobre dos semivanos de línea de sostén y contacto + fuerza de viento sobre aisladores y ménsula.

$((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.})$: fuerza de viento sobre dos semivanos de línea de alimentación + aisladores + ménsula.

$((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.})$: fuerza de viento sobre seis semivanos de línea de fuerza + 3 aisladores + ménsula.

$(2 \times F_{LP}) + \text{aisl.})$: fuerza de viento sobre dos semivanos de línea de protección + aisladores.

$F_{\text{MORS.}}$: fuerza de viento sobre la morsetería.

$F_{\text{PÉND.}}$: fuerza de viento sobre las péndolas

F_P : fuerza de viento sobre el poste

La fuerza del viento surge de la siguiente expresión:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S$$

Donde:

F es la fuerza del viento y se mide en kg.

C se denomina coeficiente de presión dinámica.

k es un factor que contempla la desigualdad del viento a lo largo del vano.

V es la velocidad del viento en m/s.



S es la superficie en m^2

Ejemplo: debido a lo irregular de la forma del aislador campana, se simplifica el cálculo suponiéndolo como un triángulo, cuya base es el diámetro (255 mm) y su altura, el paso (146 mm):

$$S = b \times h/2 = 0,255 \text{ m} \times 0,146 \text{ m}/2 = 0,0186 \text{ m}^2$$

Para un viento máximo estimado de 130 km/h (36,11 m/s), la fuerza del viento sobre un aislador es:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S$$

$$F = 1 \times 1 \times ((36,11 \text{ m/s})^2/16) \times 0,0186 \text{ m}^2 = 1,516 \text{ kg}$$

Para calcular la fuerza sobre el poste necesitamos conocer su superficie:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times \left[\frac{1}{6} \times h_p \times (2 \times d_0 + d_2) \right]$$

Dónde:

h_p : es la altura libre del poste, que corresponde a la altura total menos la parte empotrada.

$2 \times d_0$: es dos veces el diámetro en la cima.

d_2 : es el diámetro en la base, a la altura del suelo.

En nuestro caso, la altura libre h_p será de 9,7 metros. En la fundación se entierra el 10% de la longitud del poste, por lo tanto, la altura total del mismo será:

$$H = \frac{h_p}{0,9} =$$

$$H = \frac{9,7 \text{ m}}{0,9} = 10,78 \text{ m}$$

Como los postes se fabrican de a medio metro, utilizaremos uno de 11m.

Buscamos las características del poste de una tabla ofrecida por un fabricante (Prear). Para nuestro poste, el diámetro en la cima: 0,340 mm

El diámetro en la base surge de conocer la conicidad del poste. Esta aumenta a razón de 15 mm por cada metro de altura. Así, si el diámetro en la cima es de 0,340 m, en la base será:

$$d_2 = d_0 + (\text{conicidad} \times \text{altura})$$

$$d_2 = 0,340 \text{ m} + (0,015 \text{ mm} \times 9,7 \text{ m}) = 0,486 \text{ m}$$

El área del poste expuesta al viento es:



$$S = \frac{hl \times ((2 \times d0) + d2)}{6}$$

$$S = \frac{9,7 \text{ m} \times ((2 \times 0,340 \text{ m}) + 0,486 \text{ m})}{6}$$

$$S = 1,885 \text{ m}^2$$

El centro de masa es:

$$hcgp = \frac{((2 \times d0) + d2) \times hl}{3 \times (d0+d2)}$$

$$hcgp = \frac{((2 \times 0,340 \text{ m}) + 0,486 \text{ m}) \times 9,7 \text{ m}}{3 \times (0,340 \text{ m} + 0,486 \text{ m})}$$

$$hcgp = 4,57 \text{ m}$$

Y la fuerza sobre el poste será (el coeficiente de presión dinámica vale C = 0,7):

$$F = 1 \times 0,7 \times ((36,11 \text{ m/s})^2/16) \times [\frac{1}{6} \times 9,7 \text{ m} \times (2 \times 0,340 \text{ m} + 0,486 \text{ m})] = 107,49 \text{ kg}$$

Se muestran los valores de fuerza de viento para un vano de 60 metros. Los cálculos se encuentran en los anexos.

	Viento transversal	Viento longitudinal
Fuerza sobre ménsula de LS/LC	3,23 kg	30,56 kg
Fuerza sobre ménsula LA	0,08 kg	6,88 kg
Fuerza sobre ménsula LDF	0,08 kg	8,02 kg
Fuerza sobre péndolas	5,66 kg	5,66 kg
Fuerza sobre un semivano LS	23,29 kg	0,56 kg
Fuerza sobre un semivano LC	22,63 kg	0,01 kg
Fuerza sobre un semivano LA	32,35 kg	0,45 kg
Fuerza sobre un semivano LP	26,22kg	0,61 kg
Fuerza sobre un semivano LDF	23,47 kg	0,55 kg

- 2.22. Cálculo de los postes de suspensión de una ménsula para un vano de 60 metros.
Consideramos las hipótesis normales 1 y 2, y la extraordinaria 1.

Hipótesis normal 1:

- Cargas permanentes.



- Cargas adicionales (Si existen).
- Carga del viento máximo en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los elementos de cabecera y sobre los cables de las semilongitudes adyacentes.

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea (F_v). Es la suma de la fuerza de viento sobre cada uno de los elementos de la línea:

$$F_v = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_P$$

$$F_v = (2 \times (23,29 \text{ kg} + 22,63 \text{ kg}) + 3,32 \text{ kg}) + ((2 \times 32,35 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 23,47 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 17,60 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 5,66 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 466,77 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima (C_{vc}). Surge de sumar la fuerza de viento multiplicada por la altura (h) aplicada en cada elemento, y dividirlo por la altura del poste (h_p):

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

Donde:

$(2 \times F_{LS} \times h_{LS})$: es la fuerza en dos semivanos de la línea de sostén multiplicada por la altura en la que aplica dicha fuerza la línea de sostén

$(F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}})$: fuerza sobre la ménsula de las líneas de sostén y contacto multiplicada por la altura de su centro de masa ($h_{CG\text{mens.}}$: centro de gravedad de la ménsula).

$$C_{vc} = [(46,57 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (45,25 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (64,69 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (140,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (35,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,66 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 314,80 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima (D_v). Es la suma de los pesos de todos los elementos que cuelgan del poste, multiplicados por su distancia al eje del poste, y dividido



por la altura libre del poste (se calculó dos veces, una con ménsula A y otra con ménsula B, aunque la diferencia es mínima):

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times L_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times L_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (L_{\text{mens.1}} + L_{\text{mens.2}} + L_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times L_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times L_{\text{mens.}}) + (P_{\text{PÉND.}} \times L_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/h_p$$

Aquí la P es de “peso”, y los subíndices indican el objeto. dist._{CG} es la distancia al centro de gravedad.

$$D_v = [(2 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (33,84 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 35,12 \text{ kg}$$

Las fuerzas transversales (Ft) surgen de sumar el efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste (Dv), el tiro resultante del descentramiento de la LC (que llamamos TA) y la carga del viento reducida a la cima (Cvc).

$$F_t = D_v + TA + C_{vc}$$

$$F_t = 35,12 \text{ kg} + 10,12 \text{ kg} + 314,80 \text{ kg}$$

$$F_t = 360,04 \text{ kg}$$

Las fuerzas longitudinales (Fl) en esta hipótesis valen 0.

La fuerza total (Fc) en la cima del poste es:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2}$$

$$F_c = \sqrt{0 + (360,04 \text{ kg})^2}$$

$$F_c = 360,04 \text{ kg}$$

El coeficiente de seguridad para la hipótesis normal N° 1 es 3.

Adoptamos un poste de 3350 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.



$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{360,04 \text{ kg}} = 9,30 \geq 3 \quad \text{Verifica}$$

Hipótesis normal 2:

- Cargas permanentes.
- Carga del viento máximo en dirección perpendicular al eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste y los elementos de cabecera.

$$F_t = 103,55 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{103,55 \text{ kg}} = 32,35 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

Hipótesis excepcional 1:

Es similar a la hipótesis normal n°1, pero consideramos el corte de un conductor, es decir que tenemos un semivano menos:

- Cargas adicionales (si existen): no aplica porque no se considera manguito de hielo.
- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine. Los cálculos se pueden consultar en los anexos.

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$



M_f es la suma de los momentos flectores en la base del poste, y M_t la suma de los momentos torsores.

Tiro equivalente en la cima: 14308,3 kg

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14308,3 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1475,1 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1475,1 \text{ kg}} = 2,27 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

La hipótesis que determinó la resistencia del poste es la excepcional n°1.

Seleccionamos el poste adecuado del catálogo del fabricante:



Rotura Ø Cima (cm) Largo (m)	300/750	900/1050	1950/2400	2550/2650	3000/3300	3450/4200	4350/4950	5100/6000
7,00	491	582	1111	1238	1587	1688	2034	2302
7,50	538	635	1207	1343	1724	1831	2202	2494
8,00	587	691	1306	1451	1865	1978	2374	2690
8,50	638	748	1406	1561	2009	2128	2548	2890
9,00	690	806	1510	1673	2157	2281	2726	3093
9,50	743	866	1615	1787	2307	2437	2907	3301
10,00	799	928	1723	1904	2461	2596	3091	3511
10,50	856	992	1833	2023	2618	2759	3278	3726
11,00	914	1057	1945	2144	2778	2924	3468	3944

http://www.prear.com.ar/descargas/Tabla_pesos.pdf



Dimensiones del poste de suspensión de catenaria	
Peso aprox.:	3264 kg
Altura:	11 m
Carga de rotura:	3350 kg
Diámetro en la cima:	340 mm
Diámetro en la base:	490 mm

Datos obtenidos de la empresa PREAR (<http://www.prear.com.ar/>)

Resumen de los valores obtenidos en el cálculo para la resistencia de los postes:

Poste de suspensión 1 ménsula				
Coeficiente de seguridad para las hipótesis normales:				3
Coeficiente de seguridad para las hipótesis excepcionales:				2,25
Vano (m)	Carga de rotura del poste (kg)	HN1	HN2	HE1
60	3350	8,89	30,15	2,27
50	3350	7,99	20,21	2,27
40	3350	7,77	15,81	2,28
30	3350	7,93	13,79	2,28
Poste de suspensión 2 ménsulas				
60	3350	6,96	22,29	2,25
50	3350	5,60	11,79	2,26
40	3350	5,09	8,62	2,26
30	3350	4,96	7,33	2,27
Poste de fin de cantón				
60	4150	7,27	14,99	2,26
50	4150	6,86	13,88	2,26
40	4150	6,81	13,00	2,27
30	4100	6,93	12,21	2,25
Poste de centro de cantón				
60	1800	54,66	26,71	2,29
50	1850	51,95	27,15	2,28
40	1900	51,76	27,64	2,29
30	1900	52,41	27,51	2,26



Retención LDF						
Coeficiente de seguridad para las hipótesis normales:						3
Coeficiente de seguridad para las hipótesis excepcionales:						2,25
Vano (m)	Carga de rotura del poste (kg)	HN1	HN2	HN3	HN4	HE1
60	750	9,97	124,78	9,42	7,25	2,27
50	800	8,75	35,09	9,72	5,84	2,31
40	800	8,11	22,42	9,54	5,13	2,26
30	800	8,24	20,06	9,51	5,10	2,27

2.23. Conclusiones sobre el dimensionamiento de los postes de hormigón.

De los cálculos realizados, obtuvimos diferentes valores de carga mecánica en los postes. Resulta conveniente comprar la menor variedad de postes posible a fin de obtener mejor precio en fábrica y evitar inconvenientes con la logística de los mismos. Estimando en 25 el número de cantones del proyecto, proponemos lo siguiente:

- Los postes de suspensión de una y dos ménsulas verifican para 3350 kg.
- Los postes dobles de centro de cantón verifican con 1800, 1850 y 1900 kg. Tendremos alrededor de 25 cantones en todo el proyecto, utilizaremos 50 postes de 3350 kg.
- Los postes de fin de cantón verifican con 4100 y 4150 kg, utilizamos de 4150 kg.
- Para las retenciones de la línea de fuerza motriz, que verifican con 750 y 800 kg, utilizaremos postes dobles de 800 kg

Si estimamos en 50 metros el vano promedio de un cantón de 1600 m, tendremos;

$$\frac{1600 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 32 \text{ vanos}$$

Considerando el primer poste: $32 + 1 = 33$ vanos.

Tenemos 2 postes de fin de cantón, 4 postes de suspensión de doble ménsula, 2 postes de centro de cantón y 28 postes de suspensión de una ménsula.

Para 25 cantones tendremos:



	Cantidad por vano	Vanos	Total	Tiro en la cima (kg)	Altura (m)
Poste de suspensión de una ménsula	28	25	700	3350	11
Poste de suspensión de dos ménsulas	4	25	100	3350	11
Poste de fin de cantón	2	25	50	4150	11
Poste (doble) de centro de cantón	2	25	50	3350	11
Poste (doble) de retención de LDF	2	25	50	800	8

i Pisano, Carlos (2018). Manual Técnico. Distribución de componentes y sus funciones. Explicación de planos eléctricos de los coches CSR de la línea Roca. Parte 1. Documento interno de material rodante, Trenes Argentinos Operaciones.

ii <https://w3.usa.siemens.com/mobility/us/Documents/en/rail-solutions/railway-electrification/contact-line/product-catalog-mass-transit-2010-en.pdf>



Capítulo III –Equipamiento eléctrico:

3.1. Seccionadores.

Sabemos que los seccionadores son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien de mantenimiento. La misión de estos aparatos es la de aislar en forma visible tramos de circuitos.

Los dispositivos de catenaria utilizables en los tramos a electrificar se clasifican en la siguiente tabla:

CLASIFICACION POR FUNCION	TIPO	VELOCIDAD DE Sobrepaso km/h	OBSERVACIONES
Mecánicos	Conexión aérea	120	
Mecánicos y Eléctricos	Seccionamiento aéreo	120	
Eléctricos	Aislador de Sección	120	En sentido inverso, la velocidad se reduce.
	Seccionamiento Tipo Aislador	70/45	

Conexión Aérea: Es el dispositivo que permitirá la continuidad eléctrica en una sección paralela, es decir, en un vano donde se conjugan el comienzo de un cantón de suspensión de catenaria y la finalización del que le antecede.

Seccionamiento Aéreo: Es el equipamiento que además de cumplir con la condición de separación mecánica de dos tramos o cantones contiguos de suspensión de catenaria, posibilita la separación eléctrica de los mismos.

Aislador de Sección: Es el dispositivo con el que podrá suplantarse el seccionamiento aéreo, permitiendo la continuidad mecánica de una suspensión de catenaria y posibilitando la separación eléctrica de los sectores ubicados a ambos lados del mismo. Dentro del seccionamiento aéreo de la catenaria, podemos tener de dos tipos: Seccionadores de catenaria para la misma fase y Seccionadores de catenaria para distinta fase.

Seccionadores de Catenaria para la misma fase: Son los utilizados para la suspensión de la catenaria sobre un cambio de vías, entre vías principales, a los efectos de separar eléctricamente las catenarias de cada una de ellas entre sí. En su reemplazo podrán utilizarse aisladores de sección para la misma fase del tipo Arthur Flury.



Aislador de sección líneas aéreas Arthur Flury –Mod. AF-HL25

Características Nominales:

- Para velocidades: De hasta 200 km/h.
- Carga de rotura del aislador de seccionamiento: 120 kN.
- Carga de rotura de las varillas aislantes 80 kN cada una.
- Carga de servicio máxima recomendada para 1 contacto 22,5 kN.
- Carga de servicio máxima recomendada para 2 contactos 2 x 22,5 kN.
- Material Aislador de GRP/PTFE patines de cobre, todas las demás piezas son de material no corrosivo.
- Aplicación: Para catenarias para electrificación.
- Corriente de corto circuito máxima 10 kA – 0,15 s

Seccionamiento de catenaria para distinta fase: Es el utilizado para vincular mecánicamente catenarias alimentadas por distintas fases del sistema, también se encuentran denominados como tramos neutros o aisladores de sección para distintas fases del tipo Arthur Flury.



Aislador de sección líneas aéreas Arthur Flury –Mod. AF-NSE25



Características Nominales:

- Para velocidades: De hasta 200 km/h
- Carga de rotura del aislador de seccionamiento: 120 kN
- Carga de rotura de las varillas aislantes 80 kN cada una
- Carga de servicio máxima recomendada para 1 contacto 22,5 kN
- Carga de servicio máxima recomendada para 2 contactos 2 x 22,5 kN
- Material Aislador de GRP/PTFE patines de cobre, todas las demás piezas son de material no corrosivo.
- Aplicación Para catenarias para electrificación.
- Comentarios Corriente de corto circuito máxima 10 kA – 0,15 s

En nuestro caso utilizaremos el primero de los mencionados, ya que nuestra línea se compone de una única fase. El seccionamiento descrito divide los tramos de catenaria en sectores eléctricamente independientes, entre vía ascendente y descendente, por ejemplo, pero debe mantener la continuidad mecánica del sistema aéreo por medio de una ejecución definida para tal fin.

Seccionadores de 36 kV para uso ferroviario – (En Líneas de Alimentación y Contacto)-

Estos seccionadores serán ubicados sobre pórticos en los PSA y deben cumplir con las siguientes características de funcionamiento:

1. La forma de instalación es en forma horizontal y hacia arriba.
2. La dirección del movimiento de las cuchillas y la cantidad de puntos de contacto son en forma horizontal para el mismo lado con un solo punto de contacto.
3. Mecanismos de accionamiento:
 - a) Los seccionadores comandados están provistos de mecanismo de accionamiento tanto remoto como manual.
 - b) La manija y mecanismos de accionamiento se montan a una distancia de trabajo conveniente sobre las plataformas de seguridad de tierra de las estructuras que soportan los seccionadores.



- c) Los ejes de accionamiento están provistos de cables flexibles de puesta a tierra.
- d) Los mecanismos de accionamiento manual son del tipo de caja de engranajes, o de palanca de descenso o giratoria.
- e) Los mecanismos de accionamiento tienen sus puntos muertos en las posiciones conectadas, de manera que las cuchillas no puedan abandonar sus respectivas posiciones por acción de la gravedad, presión del viento, efectos electrodinámicos, vibraciones o esfuerzos accidentales sobre las barras del mecanismo de comando.
- f) La tensión de servicios auxiliares, como la de los motores eléctricos en los seccionadores comandados a distancia son de 110 V en corriente continua.
- g) El mecanismo de accionamiento es a prueba de tiempo (condiciones atmosféricas) y está protegido de modo de impedir la entrada de polvo o arena a los engranajes, la caja de mecanismo, los cojinetes y otras partes sujeta a deterioro. Todos los cojinetes están totalmente sellados y lubricados permanentemente y no requieren de ajustes y mantenimiento en servicio.

Especificaciones del Seccionador de 36 kV y comando por motor eléctrico

N°	DETALLE	ESPECIFICACIONES
1	TIPO	2 Polos - Monocontacto
2	NORMAS	CEI - 129
3	SITIO	Externo
4	MÉTODO DE OPERACIÓN	Motor Eléctrico 110 v C.C.
5	TENSIÓN	36 kV
6	CORRIENTE	630 A
7	SOBRE CORRIENTE	20 kA
8	NIVEL DE AISLACIÓN	Impulso 200 kV C.A. 50 Hz 70 kV
9	ANTIPOLUCIÓN	0.06 mg/cm ² 36 kV
10	ACCESORIOS	Cont. Aux. 8 NA y 8 NC , Indicador C/A Manipulador Manual – Caja de Operación



Fotos del PSA (Puesto de Seccionamiento Auxiliar) Villa Elisa, Línea Roca





Seccionadores para Línea de Fuerza – (LDF) -

Para la línea de distribución o LDS, en nuestro caso utilizamos la línea trifásica (3 x 13,2 kV), para fuerza motriz (Estaciones, Iluminación, etc.) y señalamiento respectivamente, emplearemos seccionadores fusibles tipo Kearney para el seccionamiento de la misma. Dichos seccionadores estarán ubicados sobre postes de retención montados sobre ménsulas metálicas, un perfil de acero tipo L calidad F 24.





Los mismos se utilizarán como seccionadores longitudinales de las líneas en la retención inmediata posterior a la entrada y en la salida de cada estación, considerando el sentido aguas debajo de la alimentación.

Estos seccionadores son del tipo abierto con tubo porta fusible, de alta capacidad de ruptura, y con capuchón superior expulsable permitiendo un rápido alivio de las presiones al exterior.

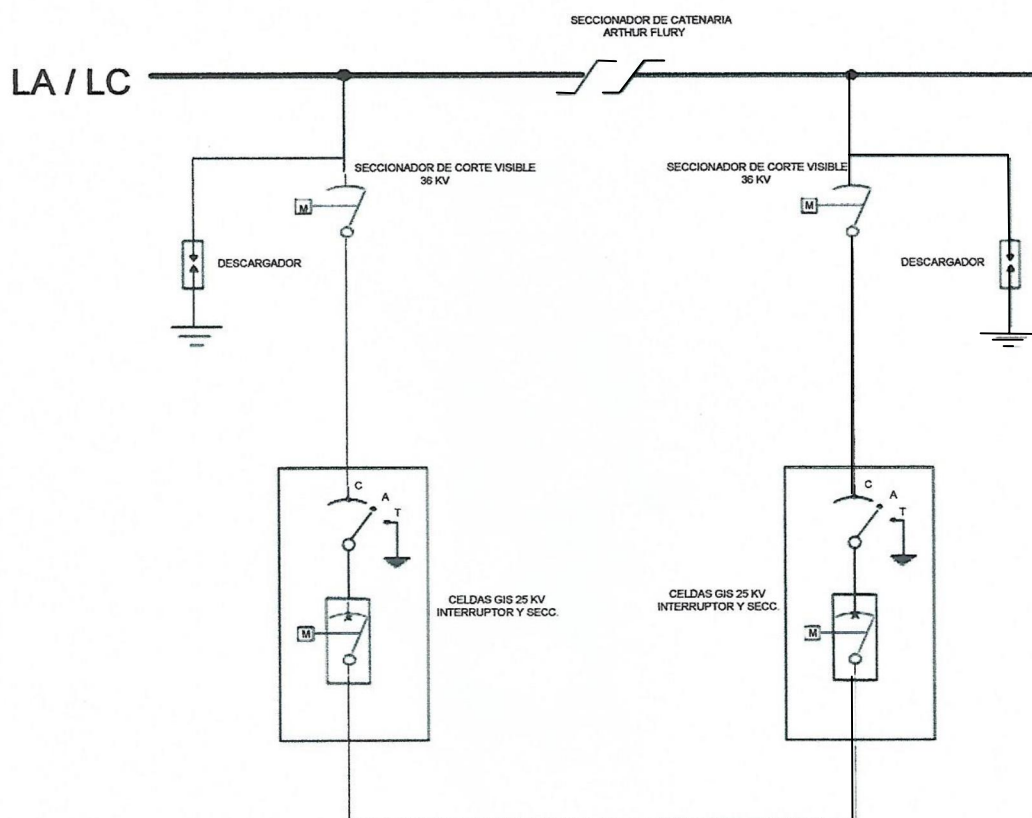
Los terminales superiores e inferiores serán de bronce estañado, aptos para conductores de hasta 90 mm². Son accionados por pértiga portátil, y poseen un enganche seguro para evitar las caídas del fusible por vibraciones.

3.2. Puesto de Seccionamiento Auxiliar (PSA) – RINGUELET –

El seccionamiento más importante de la línea estará dispuesto en la estación de Ringuelet, ya que aquí, es el comienzo de la misma. También se estima otro seccionamiento en la mitad del recorrido de la línea, debido a que, si hubiera alguna falla en el tramo final de la misma, el tren pueda llegar hasta allí, evitando de esta forma que la línea salga de servicio en su totalidad. El otro PSA propuesto estará ubicado entre las estaciones de Abasto y Gomez en cercanías del apeadero Km 65.



PSA - RINGUELET



3.3. Puesto de Seccionamiento y Autotransformadores - (PSA / PAT) –

Si bien, el proyecto se desarrolla para una línea de 1 x 25 Kv, todos los cálculos realizados y proyectados en el mismo son para una línea de 2 x 25 kv, incluyendo los equipamientos y puestos de autotransformadores (PAT) que en nuestro caso serán tres, los mismos están referidos en los anexos. A continuación describiremos los equipos y dispositivos de protección, como así también, los cálculos de malla de tierra y descargadores, los cuales forman parte del PAT y PSA respectivamente.

3.4. Interruptores – Celdas (GIS Bifásicas-Monofásicas)

Para el nivel de tensión de 25 kV usaremos celdas GIS que permitirán la operación de seccionamiento y protección de las secciones de catenarias adyacentes y alimentación de autotransformadores y transformadores de servicios auxiliares.

Las celdas que utilizaremos según lo mencionado en el párrafo anterior, serán del tipo: Celdas fijas Bifásicas, Marca SIEMENS Modelo: 8DA 11/12 cuyas especificaciones se detallan a en el siguiente esquema:



Datos eléctricos comunes, nivel funcional y temperatura	Nivel de aislamiento asignado	Tensión asignada U_r	kV	27,5	
		Tensión nominal asignada según IEC60850/EN50163	kV	25	
		Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial U_G :	kV		
		– Fase / tierra, distancia entre contactos abierta		95	
		– A través de la distancia de seccionamiento		110	
		Tensión soportada asignada de impulso tipo rayo U_p :	kV		
		– Fase/tierra, distancia entre contactos abierta		200 220 ⁴⁾	
		– A través de la distancia de seccionamiento			
		Frecuencia asignada f_r		HZ	50 / 60
		Corriente asignada en servicio continuo I_r	del embarrado ⁹⁾	A	1250 2000 2500 3150
	Nivel funcional asignado (relativo) del embarrado p_{re}			120 kPa a 20 °C	
	Presión funcional mínima p_{me}			100 kPa a 20 °C	
	Temperatura del aire ambiente			-5 °C hasta +55 °C ¹³⁾	

Celda con interruptor de potencia, celda con seccionador	Corriente asignada en servicio continuo I_r ⁹⁾		A	1250 1600 2000 2500
	Corriente admisible asignada de corta duración $I_k t_k = 3$ s		Hasta kA	31,5
	Valor de cresta de la corriente admisible asignada I_p ⁵⁾		Hasta kA	80 / 82
	Corriente asignada de cierre en cortocircuito I_{ma} ⁵⁾		Hasta kA	80 / 82
	Corriente asignada de corte en cortocircuito I_{sc}		Hasta kA	31,5
	Endurancia eléctrica del interruptor de potencia al vacío con corriente asignada en servicio continuo			20.000 ciclos de maniobra
	con corriente asignada de corte en cortocircuito			50 operaciones de corte
	Nivel funcional asignado p_{re} (relativo) para derivaciones			120 kPa a 20 °C
	Presión funcional mínima p_{me}			100 kPa a 20 °C



Celda con interruptor de Potencia 8DA 11/12



Dentro del centro de autotransformación (ver punto 3.4.), también tenemos niveles de tensión de 13,2 kV correspondiente a la línea de fuerza (LDF 3 x 13,2 kV). Para dicho requerimientos se instalarán celdas compactas que recibirán energía de la línea exterior que proviene de la SET Quilmes y así alimentar el transformador trifásico de 13,2/0,4 - 0,23 kV de SSAA de 100 kVA tipo seco.

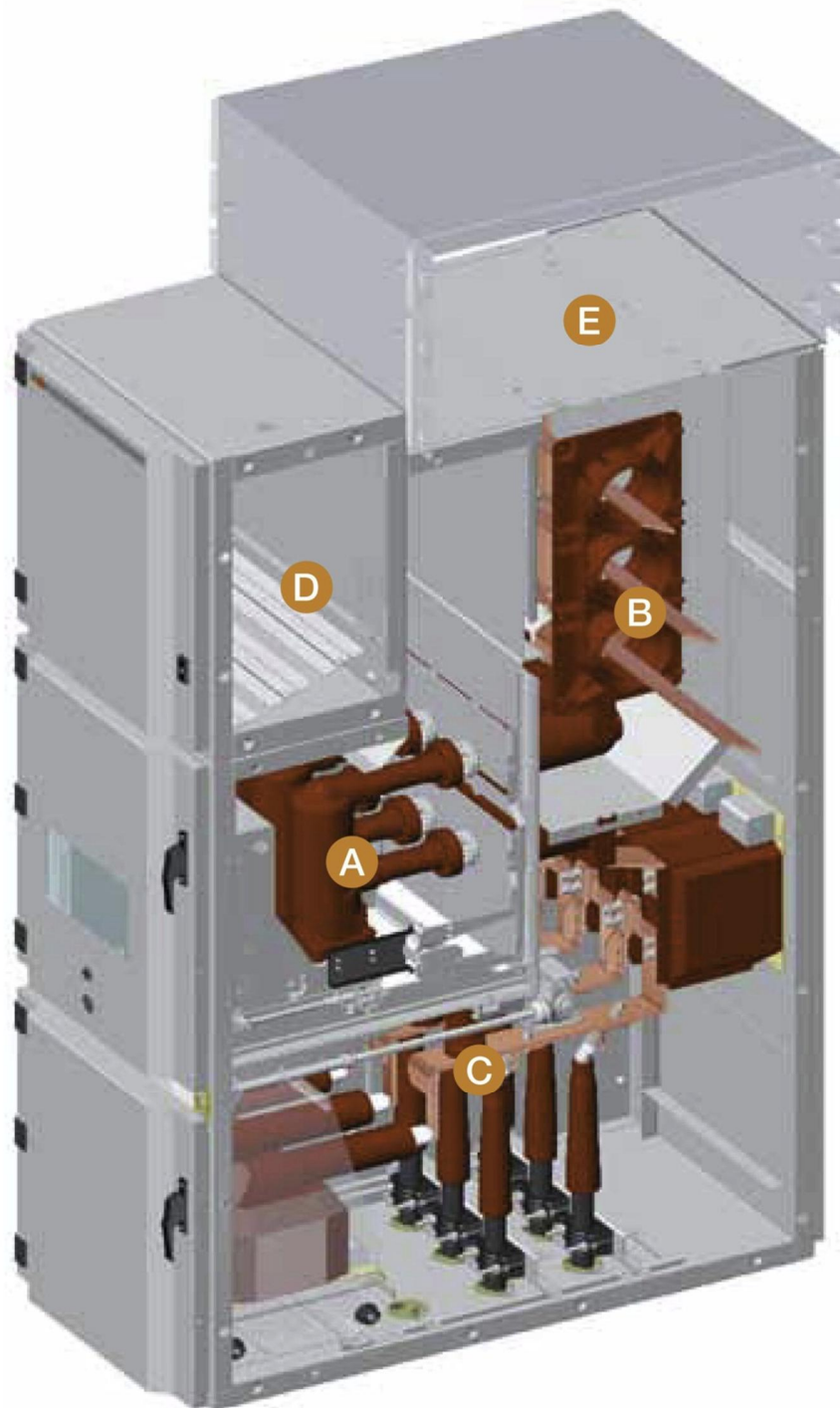
Celdas e Interruptores de 13,2 kV

Se utilizarán cuadros de media tensión con cuerpo metálico idóneo para instalaciones interiores. Los compartimientos de las unidades están segregados metálicamente entre si y las partes bajo tensión están aisladas en aire. Las unidades funcionales del cuadro tienen capacidad para soportar el arco interno en conformidad con la Norma IEC 62271 – 200. Todas las operaciones de puesta en servicio y mantenimiento se pueden efectuar desde la parte frontal. Los aparatos de maniobra y los seccionadores de tierra pueden ser maniobrados desde la parte frontal y con la puerta cerrada.

El cuadro puede ser equipado con interruptores extraíbles, contactores de vacío extraíbles, e interruptores de maniobra - seccionadores en versión fija. El cuadro puede ser equipado con transformadores de medida o sensores para la medida de corriente, tensión y con cualquier tipo de unidad de control y protección.

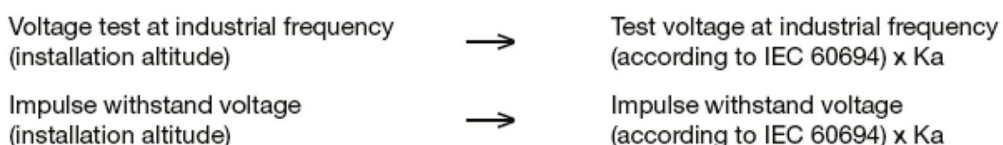
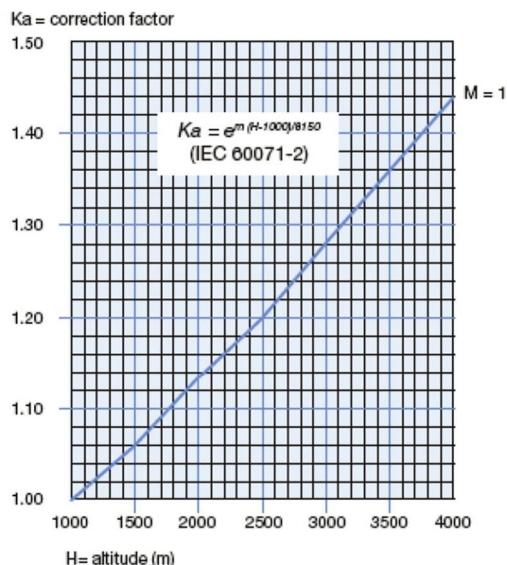
Marca	ABB
Modelo	UniGear ZS1
Tensión asignada	17,5 kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	38 kV durante 1 min
Tensión soportada a impulso	95 kV
Corriente asignada de corta duración admisible	50 kA durante 3 s
Corriente de cresta	125 kA
Corriente de ensayo a arco interno	50 kA durante 1 s
Corriente asignada de las barras principales	hasta 4000 A
Clasificación de segregación	PM (partition of metal – segregación metálica)

Rated and insulation voltage kV	Test voltage at industrial frequency		Impulse withstand voltage	
	For the insulation distance kV	For the phase-phase and phase-earth distance kV	For the insulation distance kV	For the phase-phase and phase-earth distance kV
3.6	12	10	46	40
7.2	23	20	70	60
12	32	28	85	75
17.5	45	38	110	95
24	60	50	145	125
36	80	70	190	170



Compartimientos de la unidad

- A Compartimiento interruptor
- B Compartimiento barras
- C Compartimiento línea
- D Compartimiento baja tensión
- E Conducto de alivio de los gases compacto



3.5. Disposición del Puesto de Seccionamiento y Autotransformadores

El edificio donde se encuentran los dispositivos antes mencionados, se compone de una planta rectangular de 7,5 m de ancho por 21 m de largo y consta de varias salas:

Sala de Media Tensión:

Esta sala se compone de los siguientes equipos: Autotransformador de $\pm 27,5 / \pm 27,5$ kV, Celdas Gis de 27,5 kV (Marca Siemens) que permitirán la operación de seccionamiento y protección de las catenarias adyacentes y alimentar un transformador monofásico auxiliar de 25/0,22 kV de 1 kVA, tipo seco para servicios auxiliares (SSAA). Se incluirá también toda la canalización correspondiente para los conductores subterráneos.

Sala de Media – Baja Tensión:

En este recinto se instalará el transformador tipo seco de 13,2 / 0,4 – 0,23 kV para servicios auxiliares que alimentará el tablero general (Cargador de baterías, iluminación general, señalamiento, y tomas de usos generales en las estaciones) conjuntamente estarán emplazadas las celdas compactas (Marca ABB) modelo UNIGEAR ZS1 17,5 kV, descripta anteriormente.

Sala de Tablero General:

En este compartimiento se ubicará el tablero general TGBT, el mismo se alimentará directamente desde el transformador de servicios Auxiliares. El mismo alimentará los circuitos mencionados anteriormente y a tableros seccionales que requiera la estación correspondiente.



Sala de Baterías:

Se dispone de este compartimiento para la provisión de energía de emergencia, que alimentará sistemas de control, protecciones y el accionamiento de los equipos de maniobra. Se diseñará con ambos polos aislados de tierra para operar con 110 Vcc. La energía es provista por la barra de corriente alterna, mediante un grupo rectificador – inversor y cargador que alimenta a su vez a un banco de baterías.

Este cuarto debe ser cerrado, seco, bien ventilado y sin vibraciones que puedan originar desprendimiento de gases y desgaste prematuro de las placas de las baterías. El mismo estará provisto de un extractor de gases que deberá arrancar unos minutos antes de la apertura de la puerta de entrada del personal, con el fin de eliminar la posible acumulación de hidrogeno, que se desprende de las descargas intensas de las baterías, que podrían causar una explosión.

Observación: Cabe mencionar que en caso de una posible falla en el sistema de alimentación de la línea, se deberá prever, una conmutación con un sistema de alimentación alternativo, que en este caso lo dispondría la empresa Distribuidora Edelap.

3.6. Puesta a tierra

El centro de autotransformación, tendrá una red de tierra principal, compuesta por una malla enterrada a 0,8 m de profundidad por debajo de la planta, formando cuadrículas lo más uniformemente posible y efectuando conexiones de la misma a las estructuras del edificio (hierros de losa, columnas y vigas) de modo de constituir un equipotencial y a través de la red de tierras del edificio, a todos los aparatos del CAT.

Para el cálculo de puesta a tierra nos basaremos en la documentación de las disposiciones de las instrucciones técnicas de la Norma VDE 0141, ET N° 75

Información Facilitada y Datos de Partida:

- Tensiones de CAT. = 55/27,5 kV–13,2/0,400/0,230 kV
- Resistividad del Terreno = 10 Ω .m (ρ)
- Superficie cubierta por la malla = 12x24m = 288 m² (A)
- Cantidad de cuadrículas = 32
- Longitud total del conductor enterrado = 228 m (Lm)
- Número de jabalinas = 6 (nj)
- Corriente de falla monofásica: 7kA (Según datos de la empresa Distribuidora)

Datos de Partida

- Profundidad de la Jabalina enterrada = 6 m (Lj)
- Profundidad de la malla enterrada = 0.80 m (h)



- Diámetro de la jabalina = 0,0190 m (Φ_j)
- Diámetro del conductor de la malla = 0,0126 m (Φ_c)
- Cable desnudo de Cu de 95 mm² de sección

Determinación de la corriente máxima de puesta a tierra:

Características del terreno:

Consideraremos una resistividad de 10 Ω .m según estudios de suelos de la provincia de Buenos Aires

Tiempo de aislamiento de la falla:

Considerando que las fallas de tierra serán aisladas en 0,5 seg. Por los relés de protección, como a tiempo máximo.

Desarrollo de Cálculo:

Resistencia total de Jabalina (R_j)

$$R_j = \frac{0,159 \rho}{n \cdot L_j} \left[2,303 \log \frac{8L_j}{\Phi_j} - 1 + 2 \cdot \frac{K1 \cdot L_j}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$$

$$R_j = \frac{0,159 \times 10}{4 \times 6} \left[2,303 \log \frac{8 \times 3}{0,019} - 1 + 2 \times \frac{1,33 \times 3}{\sqrt{288}} \times (\sqrt{4} - 1)^2 \right]$$

$$R_j = 0,46 \Omega$$

Cálculo de la Resistencia de Malla (R_m):

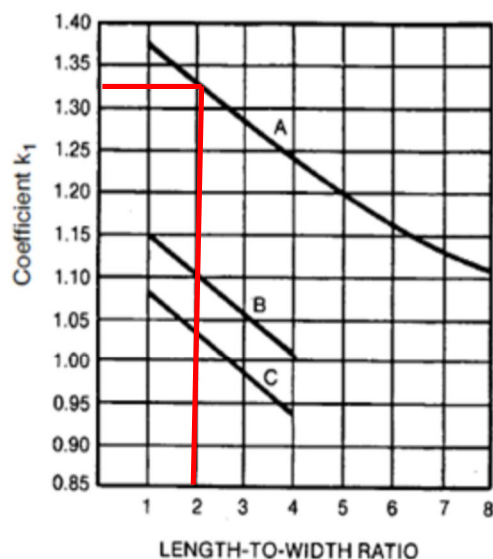
$$R_m = 0,313 \frac{\rho}{L_m} \left(2,313 \log \frac{2 L_m}{\sqrt{\Phi_c \cdot h}} + K1 \frac{L_m}{\sqrt{A}} - K2 \right)$$

$$R_m = 0,313 \times \frac{10}{228} \left(2,313 \times \log \frac{2 \times 228}{\sqrt{0,0126 \times 0,80}} + 1,33 \times \frac{229}{\sqrt{192}} - 5,7 \right)$$

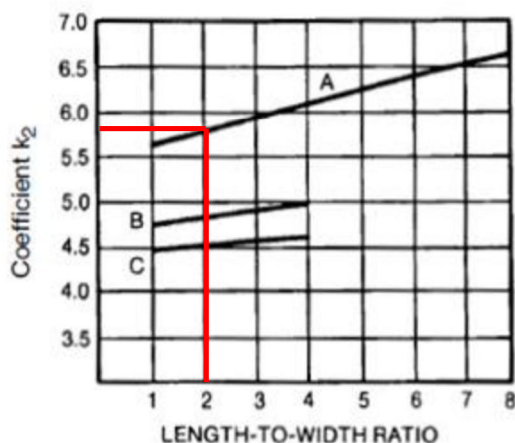
$$R_m = 0,37 \Omega$$



Las curvas para las constantes K_1 y K_2 se pueden observar a continuación:



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$
 $\gamma_A = -0.04x + 1.41$
 CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$
 $\gamma_B = -0.05x + 1.20$
 CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$
 $\gamma_C = -0.05x + 1.13$



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$
 $\gamma_A = 0.15x + 5.50$
 CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$
 $\gamma_B = 0.10x + 4.68$
 CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$
 $\gamma_C = -0.05x + 4.40$

Para entrar en las tablas es necesario calcular largo/ancho de la malla de puesta a tierra:

$$\text{Largo/Ancho} = 24 \text{ m}/12\text{m} = 2$$

$$K_1 = 1,33$$

$$K_2 = 5,7$$

Cálculo de la Resistencia Mutua (R_w):

$$R_w = R_m - \frac{0,318 \times \rho}{L_m} \left(2,303 \log \frac{L_j}{\sqrt{\Phi_c \cdot h}} - 1 \right)$$



$$R_w = 0,37 - \frac{0,318 \times 10}{228} \times (2,303 \times \log \frac{6}{1}) - \frac{1}{\sqrt{0,0126 \times 0,80}}$$

$$R_w = 0,34 \, \Omega$$

Cálculo de la Resistencia del conjunto Malla – Jabalina (Rc)

$$R_c = R_m \times R_j + (R_w)^2$$

$$R_m + R_j - 2 R_w$$

$$R_c = 0,37 \times 0,46 + (0,34)^2$$

$$0,37 + 0,46 - 2 \times 0,34$$

$$R_c = 1,92 \, \Omega$$

De acuerdo al resultado obtenido, vemos que, dicho valor de resistencia (conjunto malla –jabalina) es más que aceptable.

Verificación Térmica del conductor empleado en la Malla

Desarrollo del Cálculo

En esta parte del trabajo calcularemos el tiempo máximo que el conductor empleado puede soportar la corriente de falla, sin exceder su temperatura final de 200°C (obtenido de tabla), luego verificaremos que el tiempo así obtenido sea mayor que el tiempo de actuación de las protecciones.

$$S_{\min} \text{ (mm}^2\text{)} = \frac{1000 \cdot I_s \text{ (t)} \cdot \sqrt{t}}{\sqrt{\frac{9,64 \cdot c \cdot g}{\rho \cdot a} \log [1 + a \cdot (T_g - T_1)]}}$$

Is: Valor eficaz de la corriente de cortocircuito promedio en el tiempo t (kA)

t: Duración del cortocircuito en seg (salvo indicación se adoptará 1seg)

C: Calor específico del cobre = 0,0925 Cal/g°C

g: Peso específico del cobre = 88,9 g/ cm³

ρ: Resistividad del cobre a temperatura T1



$$\rho = \rho_{20} [1 + a \cdot (T_1 - 20)]$$

Siendo

ρ_{20} : Resistividad del cobre a 20 °c = 0,017 (ohm . mm)/m

a = 0,004

T1: Temperatura inicial del conductor en °c (salvo indicación, se adopta T1 = 40 °c)

$$\rho = 0,017 \times [1 + 0,004 \times (40 - 20)]$$

$$\rho = 0,0183$$

Debe tenerse en cuenta, a los efectos térmicos, que toda la corriente de cortocircuito monofásica pasará por el conductor de conexión a tierra de un determinado aparato durante fallas internas en el centro de autotransformación, es decir, que Is es función del valor adoptado para el cortocircuito y difiera del valor de corriente Im cuando en el CAT existen neutros de transformadores o cuando se considera la disipación provocada por los hilos de guardia de las líneas que llegan y salen del mismo

Instalaciones	Tg (°C)
Estaciones importantes, urbanas o proximas a centrales generadoras	200
Estaciones rurales situadas en terrenos agresivos	230
Estaciones rurales situadas en terrenos normales	270

En nuestro caso tomamos 200 °c por ende tenemos:

$$S_{min}(mm^2) = \frac{1000 \cdot 7 \text{ kA} \cdot \sqrt{1s}}{\sqrt{9,64 \cdot \frac{0,0925 \text{ cal/g} \cdot \text{°c} \times 8,9 \text{ g/cm}^3}{0,01836 \text{ } \Omega\text{mm/m} \times 0,004 \text{ } 1/\text{°c}} \times \log[1 + 0,004 \text{ } 1/\text{°c} (200 \text{ °c} - 40 \text{ °c})]}}$$

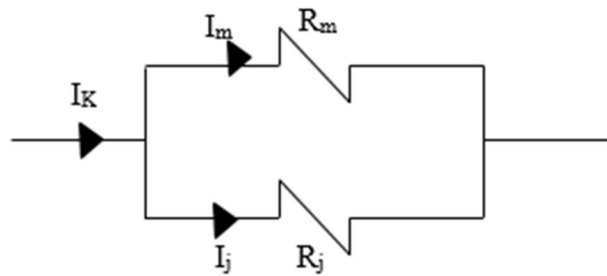
$$S_{min} = 46,0 \text{ mm}^2$$



Como se puede observar el resultado obtenido, vemos, que la sección elegida por nosotros es mayor que la sección mínima calculada por lo tanto cumple con la sollicitación térmica.

Calculo de las tensiones de Paso (U_p) y de Contacto (U_c)

Distribución de las corrientes:



$$1) I_m + I_j = I_k$$

$$2) I_m \times R_m = I_j \times R_j \longrightarrow 3) I_m = \frac{I_j \times R_j}{R_m}$$

Reemplazando 3 en 1

$$\frac{I_j \times R_j}{R_m} + I_j = I_k \longrightarrow I_j = \frac{I_k}{(R_j + 1) R_m}$$

$$I_j = 7\text{kA} / \frac{(0,44 + 1)}{0,37} = 3,19\text{kA}$$

$$I_m = I_k - I_j = 7\text{kA} - 3,19\text{kA} \longrightarrow \boxed{I_m = 3,81\text{kA}}$$

Tensiones de Paso ($U_p < 125 \text{ v}$) y Tensiones de Contacto ($U_c < 125 \text{ v}$)

Tensión de Paso:

$$U_p = \frac{0,16 \cdot \rho \cdot I_m}{L_m \cdot h}$$

$$U_p = \frac{0,16 \times 10 \times 3810}{228 \times 0,8} < 125 \text{ v} \longrightarrow \boxed{U_p = 38,86 \text{ v}}$$

Tensión de Contacto

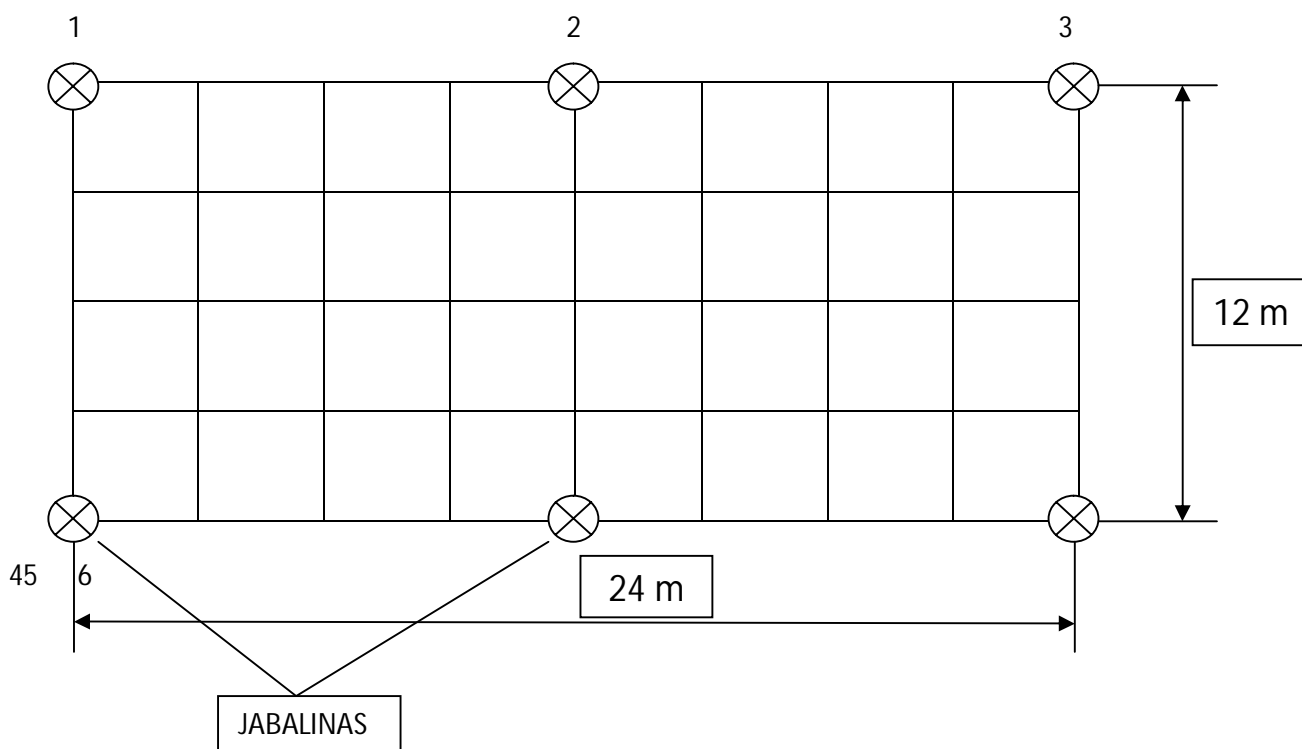


$$U_c = \frac{0,7 \cdot \rho \cdot I_m}{L_m}$$

$$U_c = \frac{0,7 \times 10 \times 3810}{228} < 125 \text{ v} \quad \longrightarrow \quad \boxed{U_c = 116,9 \text{ v}}$$

Conclusión: Vemos que todos los valores calculados están por debajo de los máximos fijados (125 V) por la Norma de referencia ET N° 75 AyEE.

MALLA DE PUESTA A TIERRA



Observaciones Generales

La puesta a tierra de los equipos deberá ser realizada de manera que su resistencia sea menor a 10 Ω. La puesta a tierra de las estructuras metálicas, como postes de acero, cercos de protección, puentes sobre vías, etc. deberá ser menos de 20 Ω.

Los electrodos de puesta a tierra y el cable enterrado se separarán más de 1 metro de los equipos de señales, cables de comunicaciones, etc. En la instalación de puesta a tierra de equipos, se colocará un indicador de puesta a tierra, justo encima del electrodo más alejado; para las puestas a tierra de la estructura de catenaria se usará cable de sección adecuada 35 mm² de cobre o sección equivalente. Todos los descargadores, sostenes y demás elementos componentes del sistema de distribución deberán conectarse



a tierra, teniendo en cuenta las premisas siguientes:

El conductor de puesta a tierra será de acero galvanizado de sección 100 mm^2 y estará protegido con caño de PVC rígido de 2,50 m de longitud, de los que 0,50m estarán enterrados y los otros 2 m irán sobre la superficie.

Las distancias mínimas serán: entre la toma de tierra y conductores de baja tensión, 1m; y con respecto a otra toma de tierra, 5m. Cuando con una jabalina no se alcance el valor requerido de resistencia se instalarán otras en paralelo.

En las instalaciones que así se indique se colocará una cámara de inspección por cada jabalina, la que permitirá acceder a la conexión de esta con el conductor de tierra. En lugares donde las características del suelo hagan difícil alcanzar el valor exigido se admitirán hasta 30 Ohmios como máximo, siempre que las tensiones de paso y de contacto no superen los valores expresados en la norma.

Todos los postes irán conectados a tierra mediante jabalinas tipo copperweld.

3.7. Barra de Neutro

Esta barra se podrá disponer en un armario el cual se encuentra situado en el exterior del edificio, próximo al pórtico de salida a catenaria y feeders. A él llegan los cables procedentes del punto central de los arrollamientos secundarios del autotransformador y la conexión al circuito de retorno (cable de retorno y conexión a vías). Las dimensiones de este armario serán aproximadamente de $1600 \times 1200 \times 500 \text{ mm}$ y un grado de protección IP 65 o superior. La barra está aislada de tierra y se conectará a la misma un descargador.

Podrá estar equipada con transformadores de intensidad para conocer la corriente que retorna al centro de autotransformación por tierra y por el circuito de retorno. A la barra concurren:

- Tomas centrales de los devanados del secundario del autotransformador.
- Retornos de las vías.

Las conexiones de la barra de neutro del armario con cada una de las vías, se llevaran a cabo mediante cables de cobre de $1 \times 150 \text{ mm}^2$ de sección y aislamiento 36/66 kV.

3.8. Línea de protección (LP)

Corre paralelo al sistema electrificado y por ella circula parte de la corriente de tracción. Se utiliza conductor de aleación de aluminio 120 mm^2 de sección 19 hilos.

Se la utilizará para realizar las derivaciones a los aisladores de viga y/o antenados, en retenciones a balanceadores, con un conductor de aleación de aluminio con alma de acero de $50/8 \text{ mm}^2$ de sección. En las estaciones la línea de protección pasará por encima del cuadro de la estación en un sistema aporticado compuesto por postes de cemento y vigas metálicas, en las cuales se montaran las suspensiones de LP, brazos colgantes y suspensiones de catenarias correspondientes.

En los postes de cemento la LP, estará suspendida sobre la ménsula superior generalmente metálica, la que será compartida con la suspensión de la línea de alimentación. La línea de protección se conectará además rígidamente al punto medio de las ligas de impedancia cada 5 km.



Protección contra descargas atmosféricas

El método de Langrehr consiste en hallar gráficamente la zona de protección que brinda un hilo de guardia situado en la parte superior de un poste a una altura h . En caso de que algún aparato cercano al poste se encuentre fuera del área determinada habrá que aumentar la altura del poste y con ello la altura del hilo de guardia, aumentando con ello el espacio protegido.

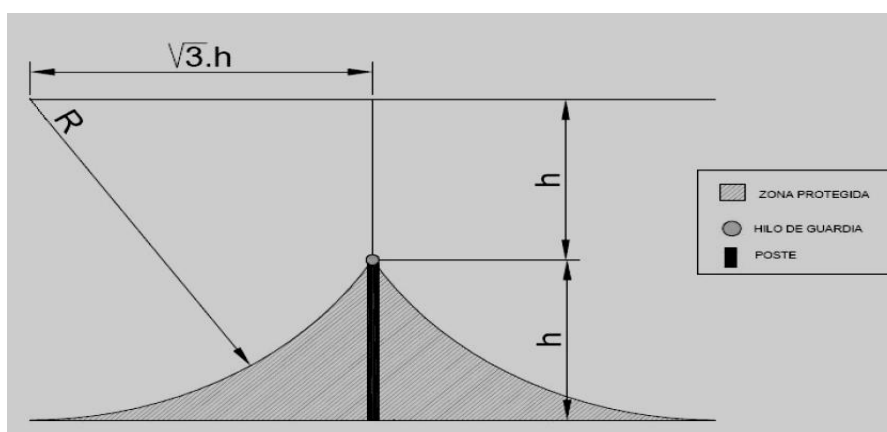
No se puede garantizar que una ubicación determinada del cable de protección asegure plenamente la imposibilidad de descarga de un rayo sobre el cable de energía, ya que la naturaleza del rayo, es de forma aleatoria, desde el comienzo de la ignición del aire hasta la determinación de la descarga resulta ascendente o descendente.

La función del cable de protección, es captar las posibles descargas para que no continúen su viaje hacia el cable de energía. Ocurrido esto, drenará la energía que transporta el rayo en dos o más caminos, donde se irán descargando a tierra en cada uno de los postes.

El método de Langrehr tiene tres aplicaciones posibles:

- Poste Simple
- Dos postes de igual altura
- Dos postes a distinta altura

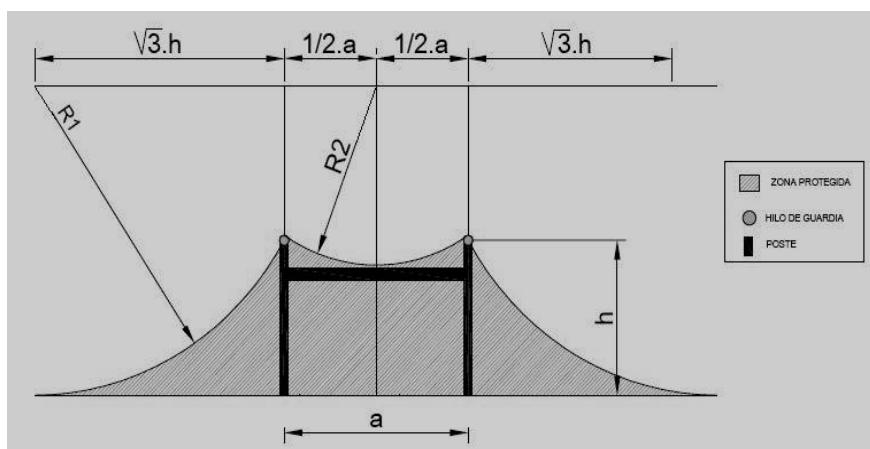
1. Poste Simple



Se comienza definiendo una posición genérica. Sea un poste de altura h , a partir de la altura del hilo de guardia se traza una recta vertical de altura h , luego una recta horizontal a ambos lados del poste de distancia $\sqrt{3}x h$. De ahí se traza un arco de circunferencia de radio $R = 2h$ y nos dará la zona de protección que brinda el hilo de guardia.



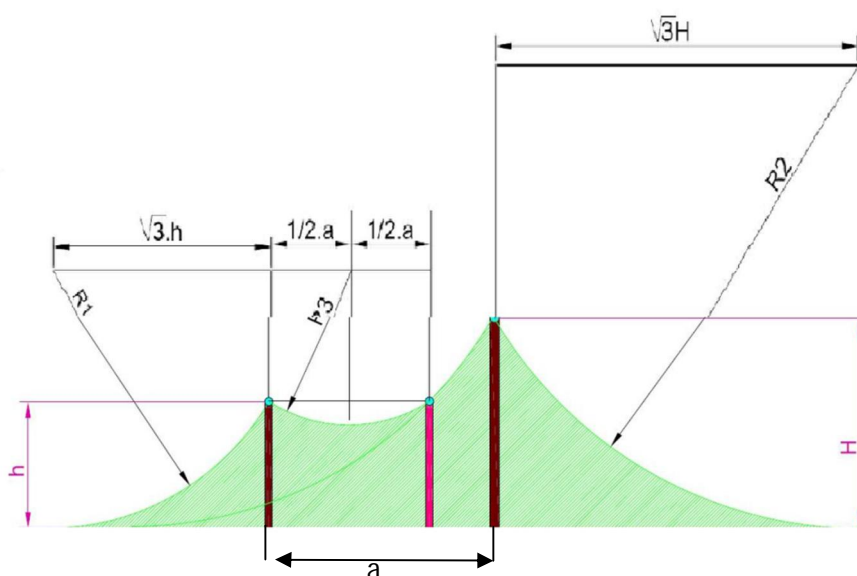
2. Postes de igual altura



En este caso los hilos de guardia se sitúan en la parte superior de cada extremo del mismo como se indica en la figura.

A ambos lados del pórtico, la zona de protección se determina exactamente igual al caso de un poste de altura h . Luego en la parte superior del pórtico, entre los dos hilos de guardia, si el pórtico tiene un ancho " a ", se traza una perpendicular a dicho ancho en la mitad del pórtico, de longitud $2h$, siendo h como dijimos, la parte superior del pórtico. Esto determinará un punto, desde allí hacemos un arco de circunferencia que una ambos hilos de guardia, marcando de esta forma, una zona superior de radio R_2 , que sumada a las zonas de radio $R_1 = 2h$ nos dará la zona de protección de la estructura antes descargas atmosféricas.

3. Dos postes a distinta altura





Se puede observar en la figura dos postes separados una distancia "a", estando dichos postes a una altura h y H respectivamente. La zona de protección de la izquierda del poste de altura h y a la derecha del poste de altura H se determina según lo explicado en los casos anteriores, obteniendo de esta forma dos arcos de circunferencia uno de radio R1 y otra de radio R2. Lugo de la cima del poste de mayor altura (H) se traza una circunferencia de radio R2, obteniendo un punto que dará la ubicación de un poste virtual, es decir que no existe, pero será útil para determinar la zona de protección entre los dos postes. Entre el poste de menor altura (h) y el poste virtual se obtiene la zona de protección de acuerdo con el método 2. Por último, entre el poste de mayor altura (H) y el poste virtual, la zona de protección queda determinada por el arco de circunferencia R2.

Un sistema de catenaria posible, de acuerdo a nuestro proyecto sería:

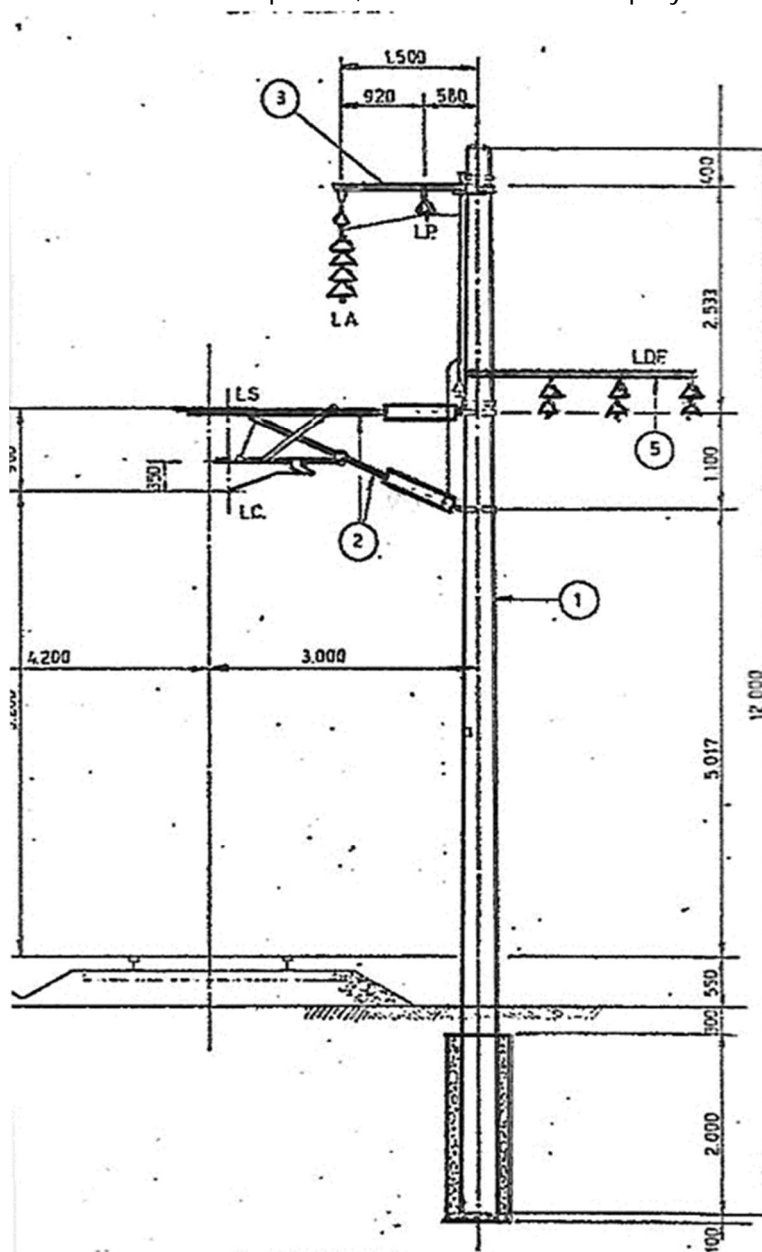


Imagen cortesía de JARTS CONARSUD.



3.9. Descargadores de Sobretensiones.

Los descargadores de sobretensión constituyen la protección principal contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento. La norma IRAM 2318 lo define de la siguiente manera: Dispositivo para la protección de las aislaciones contra las sobretensiones transitorias, o sea atmosféricas y de maniobra. Por regla general se conectan en paralelo con los equipos a proteger para disipar la sobrecorriente. Los elementos activos (bloques de ZnO) de los descargadores de sobretensiones están fabricados con un material de resistencia cerámico altamente alineal, compuesto principalmente por óxido de cinc mezclado y sinterizado con otros óxidos metálicos.

Proceso de Selección del Descargador (En línea de 27,5 kV)

Tensiones máximas del Sistema (Us)

$$\text{Tensión Máxima de Servicio (Us)} = Us + 10\% (Us) = 27,5 \text{ kV} \times 1,1 = 30\text{kV}$$

$Us = 30\text{kV}$

TABLA 1	
Tensión máxima del sistema (kV eficaz) Corriente nominal de descarga (In)	
Un ≤ 72,5 kV	5 kA
72,5 < Un ≤ 245 kV	10 kA
245 < Un ≤ 420 kV	10 kA
Un ≥ 420 kV	20kA

En base a la tabla anterior seleccionamos la corriente nominal del descargador:

$$In (DSE) = 5\text{kA}$$

Tensión de funcionamiento continuo (Uc)

$$Uc = Us/\sqrt{3} = 30/\sqrt{3} = 17 \text{ kV}$$

$Uc = 17 \text{ kV}$

Tensión de operación Permanente Mínima (Ucmin)

$$Ucmin = Uc + 5\% = 17 \text{ kV} \times 1,05 = 17,8 \text{ kV}$$

Con la pre selección de la tensión permanente de operación mínima requerida, un factor que usualmente tiene un valor de 1.25 colabora para alcanzar la tensión $Ur1 = 1,25 \times$



U_{cmin}.

Esta es una posible aunque no definitiva tensión nominal de un descargador.

$$U_{r1} = 1,25 \times U_{cmin}$$

$$U_{r1} = 1,25 \times 17,8 = 22 \text{ kV}$$

$$U_{r1} = 22 \text{ kV}$$

Criterio de elección de las sobretensiones Temporales (TOVc)

Se determina una tensión equivalente U_{eq} para 10 seg.

$$U_t = K \times (U_s/\sqrt{3})$$

$$U_{eq} = U_t \times \left(\frac{T}{10}\right)^{0,02}$$

Donde obtendremos el valor de K de la siguiente tabla:

TABLA 2	
Conexión del neutro	K
Neutro rígido a tierra	$k \leq 1,4$
Neutro no rígido a tierra	$1,4 \leq k \leq 1,73$
Neutro aislado	$1,73 \leq k \leq 1,9$

En la siguiente tabla se dan los valores característicos del factor de falla a tierra en función del tipo de conexión de neutro del sistema (redes hasta 220 kV), elegimos el k que es el factor de falla a tierra.

En nuestro caso tenemos neutro rígido a tierra.

$$K = 1,4$$

Elegiremos el valor de T = 1 seg (Tiempo máximo que puede soportar el descargador una sobretensión máxima entre sus terminales)

$$U_t = K \times (U_s/\sqrt{3}) = 1,4 \times (30/\sqrt{3}) = 24 \text{ kV}$$

$$U_t = 24 \text{ kV}$$

$$U_{eq} = U_t \times \left(\frac{T}{10}\right)^{0,02} = 24 \times \left(\frac{1}{10}\right)^{0,02} = 23 \text{ kV}$$

$$U_{eq} = 23 \text{ kV}$$

Por último, se debe comparar con el descargador elegido, con su capacidad para soportar sobretensiones temporales de TOVc.

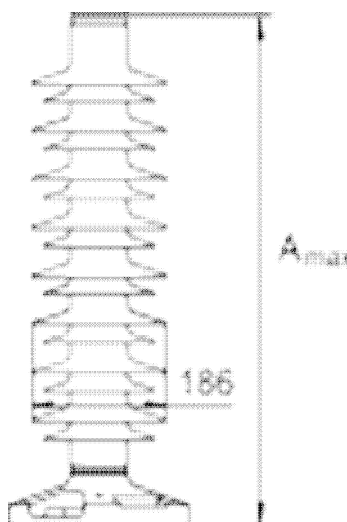


$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq U_{eq}$$

Desarrollamos el siguiente criterio de Elección:

VALORES	CRITERIO
Corriente nominal (I_n)	5 kA
Tensión nominal (U_r)	22 kV
Tensión de funcionamiento continuo (U_c)	$\geq 17\text{kV}$
TOVc (10seg)	$\geq 23 \text{ kV}$

Según los datos anteriores elegimos un descargador tipo BB SurgeArrester, Mod PEXLIM R.



Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)	
		según IEC	según ANSI/IEEE	1 s	10 s
U_m kV _{rms}	U_r kV _{rms}	U_c kV _{rms}	MCOV kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}
24 ³⁾	18	14,4	15,3	20,7	19,8
	21	16,8	17,0	24,1	23,1
	24	19,2	19,5	27,6	26,4
	27	21,6	22,0	31,0	29,7
36 ³⁾	30	24,0	24,4	34,5	33,0
	33	26,4	26,7	37,9	36,3
	36	28,8	29,0	41,4	39,6
	39	31,2	31,5	44,8	42,9
	42	34	34,0	48,3	46,2
	48	38	39,0	55,2	52,8
52	42	34	34,0	48,3	46,2



Proceso de Selección del Descargador (En línea de 13,2kV)

Tensiones máximas del Sistema (Us)

Tensión Máxima de Servicio (Us) = $Us + 10\% (Us) = 13,2 \text{ kV} \times 1,1 = 14,5 \text{ kV}$

Us = 14,5kV

TABLA 1	
Tensión máxima del sistema (kV eficaz) Corriente nominal de descarga (In)	
Un ≤ 72,5 kV	5 kA
72,5 < Un ≤ 245 kV	10 kA
245 < Un ≤ 420 kV	10 kA
Un ≥ 420 kV	20kA

En base a la tabla anterior seleccionamos la corriente nominal del descargador:

In (DSE) = 5kA

Tensión de funcionamiento continuo (Uc)

$Uc = Us/\sqrt{3} = 14,5/\sqrt{3} = 8 \text{ kV}$

Uc = 8,3kV

Tensión de operación Permanente Mínima (Ucmin)

$Ucmin = Uc + 5\% = 8,3 \text{ kV} \times 1,05 = 8,8 \text{ kV}$

Con la pre selección de la tensión permanente de operación mínima requerida, un factor que usualmente tiene un valor de 1,25 colabora para alcanzar la tensión $Ur1 = 1,25 \times Ucmin$.

Esta es una posible aunque no definitiva tensión nominal de un descargador.

$Ur1 = 1,25 \times Ucmin$

$Ur1 = 1,25 \times 8,8 = 22 \text{ kV}$

Ur1 = 22 kV

Criterio de elección de las sobretensiones Temporales (TOVc)

Se determina una tensión equivalente Ueq para 10 seg.



$$U_t = K \times (U_s/\sqrt{3})$$

$$U_{eq} = U_t \times \left(\frac{T}{10}\right)^{0,02}$$

Donde obtendremos el valor de K de la siguiente tabla:

TABLA 2	
Conexión del neutro	K
Neutro rígido a tierra	$k \leq 1,4$
Neutro no rígido a tierra	$1,4 \leq k \leq 1,73$
Neutro aislado	$1,73 \leq k \leq 1,9$

En la siguiente tabla se dan los valores característicos del factor de falla a tierra en función del tipo de conexión de neutro del sistema (redes hasta 220 kV), elegimos el k que es el factor de falla a tierra.

En nuestro caso tenemos neutro rígido a tierra.

$$K = 1,4$$

Elegiremos el valor de T = 1 seg (Tiempo máximo que puede soportar el descargador una sobretensión máxima entre sus terminales)

$$U_t = K \times (U_s/\sqrt{3}) = 1,4 \times (14,5/\sqrt{3}) = 11,7 \text{ kV}$$

$$U_t = 11,7 \text{ kV}$$

$$U_{eq} = U_t \times \left(\frac{T}{10}\right)^{0,02} = 11,7 \times \left(\frac{1}{10}\right)^{0,02} = 11,1 \text{ kV}$$

$$U_{eq} = 11,1 \text{ kV}$$

Por último se debe comparar con el descargador elegido, con su capacidad para soportar sobretensiones temporales de TOVc.

$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq U_{eq}$$

Desarrollamos el siguiente criterio de Elección:

VALORES	CRITERIO
Corriente nominal (In)	5 kA
Tensión nominal (Ur)	11kV
Tensión de funcionamiento continuo (Uc)	$\geq 8,3 \text{ kV}$
TOVc (10seg)	$\geq 11,1 \text{ kV}$



Según los datos anteriores elegimos un descargador de sobretensión de óxido metálico (MO) sin explosores, diseñado y testeado de acuerdo con la Norma IEC 60099-4 con resistencias de óxido metálico fabricados por ABB tipo POLIM H N.



Los dispositivos descargadores se instalarán en ambos extremos de las estaciones, estarán conectados a línea de protección, a los rieles a través del punto medio de la liga de impedancia y finalmente a tierra.

El descargador propiamente dicho se instalará a más de 4 m de altura, respecto del nivel del suelo, y a más de 0,5 m de líneas adicionales como, por ejemplo, las de distribución de energía el cable a utilizar es el indicado para la línea neutra.

Se deberán instalar además en los seccionadores sobre los pórticos de entrada y salida de los centros de autotransformación.

Para la distribución de media tensión se ubicarán en seccionadores si el seccionador es de uso normalmente cerrado, se instalarán descargadores en un solo extremo del mismo. Si en cambio fuera normalmente abierto, se instalarán en ambos extremos. En empalmes entre cables subterráneos y líneas aéreas, se instalarán descargadores en todos los postes donde se realizan dichos empalmes o únicamente se instalarán en un solo de los extremos del cable, cuando este tenga una longitud menor de 75 m.

Para retenciones terminales se deberán instalar en el poste si dentro de los 200 m no existieran otros.

En retenciones intermedias los descargadores se instalarán en el poste de retención si no existieran otros dentro de los 300 m.

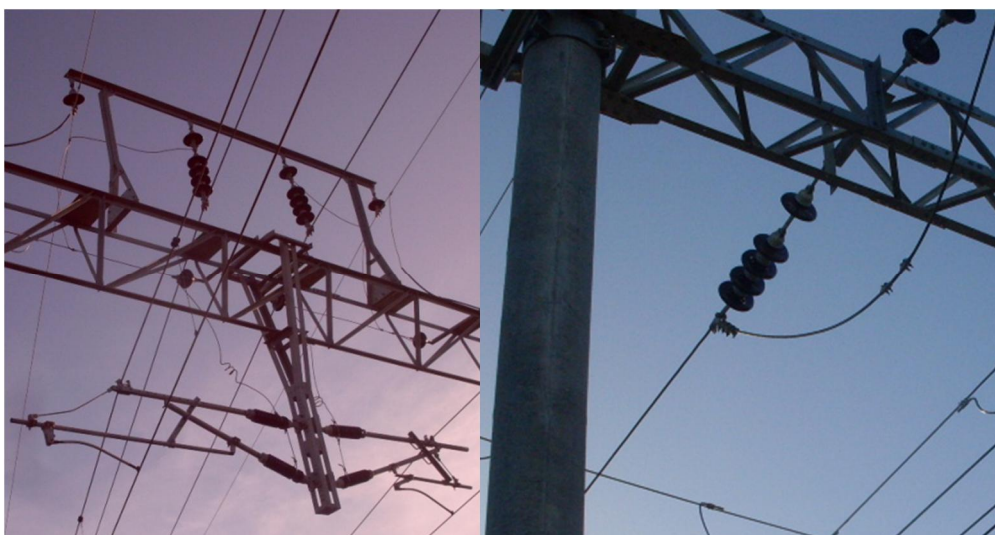
En derivaciones se instalarán sobre los postes de derivación si la longitud del circuito que se deriva de la línea principal es mayor a 200 m. En todos los casos se debe entender que la instalación de los descargadores se realizará colocando uno para cada fase de la línea.



3.10. Aisladores

Se tendrán tres tipos de aisladores: de Suspensión, de Retención y de Viga. Estos cumplen la función de aislar eléctricamente respecto de las estructuras de sostén o retención a las distintas líneas que componen el sistema de catenaria, a la vez de soportar los esfuerzos mecánicos, a los que se hallan sometidos por efecto de las fuerzas originadas por el peso de los cables, las fuerza del viento sobre los mismos y las fuerzas de tensado de las líneas. Los aisladores tanto para la línea de Protección como la de Alimentación, tendrán un diámetro de 255 mm para poder cumplir con los requerimientos de la aislación eléctrica requerida.

Las cadenas de aisladores estarán configuradas por un aislador para la línea de protección de (255) mm y por cuatro aisladores para aislar el sistema de (255) mm, en total cinco aisladores. Esta disposición se empleará tanto en las retenciones como en las suspensiones.



Aisladores de Suspensión: Construidos en cerámica de color marrón, del tipo órbita y badajo, se emplea en los tendidos de líneas de alimentación ya sea en las suspensiones o en ménsulas ubicadas en los pórticos.

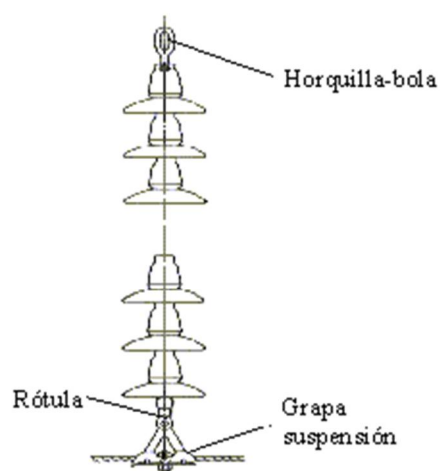
Aisladores de Retención: Construidos también en cerámica de color marrón del tipo perno y horquilla, se emplea en los tendidos de la línea de catenaria (Sostén y Contacto) tanto en las retenciones como en las suspensiones del sistema, en el tendido de las líneas de protección ya sea en las suspensiones, retenciones, antenados y en las retenciones bajo puentes o en parrillas de la línea de alimentación y de protección.

Aisladores de Viga: El aislador de viga o de ménsula, debe cumplir la función de aislar eléctricamente la parte metálica de las ménsulas giratorias respecto de los postes, a la vez que vincula mecánicamente a los mismos, soportando los esfuerzos originados en el peso de la suspensión de catenaria, las fuerzas de atirantado que dependen del tensado de las mismas y las fuerzas del viento.

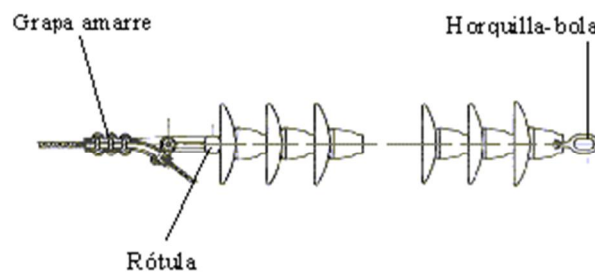


Características:

AISLADORES DE SUSPENSIÓN Y RETENCIÓN		
NUMERO	ELEMENTO	USO
1	Aislador de suspensión de campana, Ø 255 mm	Suspensión de hilo de guardia y líneas de distribución
1	A horquilla, Ø 255 mm	Retención del hilo de guardia y líneas de distribución
2	Aislador de campana normal, Ø 255 mm	Suspensión de catenaria



Aislador en cadena de suspensión

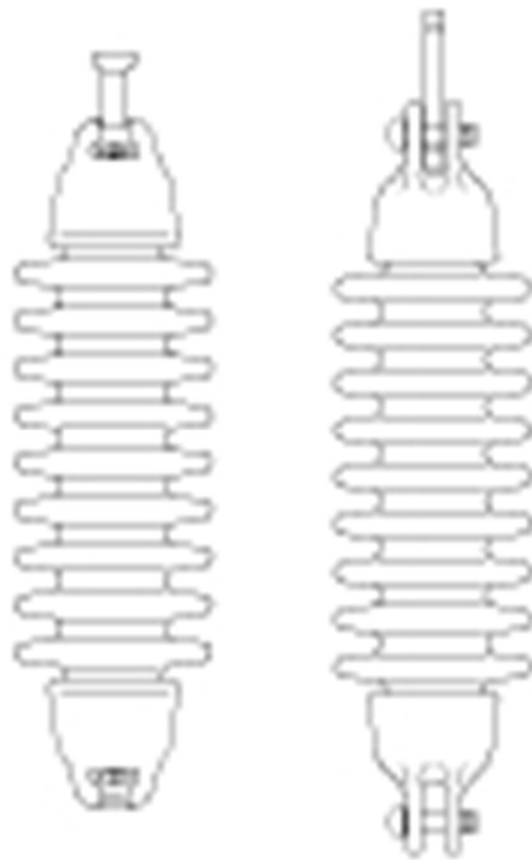


Aislador en cadena de amarre

Las características técnicas se detallan a continuación:

Características	Aislador	
	N°1	N°2
Tensión de contorno en seco (KV)	60	95
Tensión de contorno bajo lluvia (KV)	33	50
Carga mínima de rotura a la Tracción (KN)	70	120

Aisladores de Viga	
Tensión de contorno en seco (KV)	230
Tensión de contorno bajo lluvia (KV)	180
Carga de rotura a la Tracción (KN)	73.5





Capítulo VI – Estaciones:

4.1. Estaciones de trenes

El objeto de la presente unidad es especificar las condiciones técnicas, de ejecución de una instalación eléctrica de una estación de trenes de tamaño medio, la cual poseerá alimentación de dos fuentes, la red de media tensión de 13,2 kV propia del ferrocarril, y otra de la empresa distribuidora EDELAP, existente en cada estación. La conmutación entre una u otra será automática, teniendo prioridad la línea de fuerza propia. El proyecto de la instalación se realizó teniendo en cuenta la Norma AEA 90364 – Reglamentación para la ejecución de Instalaciones Eléctricas en inmuebles, parte 7.

Cabe mencionar también, que la toma de energía en las estaciones desde la línea (LDF) de 13,2 KV se realizará a través de transformadores aéreos del tipo rural, serán del tipo trifásico de relación 13,2/0,4/0,23 KV \pm 5% cuya potencia va desde los 10 a 20 kVA.

La base del transformador se deberá instalar a una altura mínima de tres metros del nivel del suelo.

La línea de bajada se soporta sobre aisladores de perno rígido, y la distancia máxima entre soportes será de 2,5 m y la distancia entre fases de 0,6 m.

Los seccionadores fusibles se colocaran sobre un travesaño, a una distancia de 0,25 m entre sí, y a una altura que permita una fácil operación sin riesgos.

Emplazamientos

Según los visto en unidades anteriores la línea del tren roca del presente proyecto está compuesta por diez estaciones o paradas, siendo las mismas:

	Estación	Progresiva original (km)	Distancia a próxima estación (km)
1	La Plata	52,83	2,28
2	Tolosa	50,55	3,02
3	Ringuelet	47,53	3,50
4	José Hernández	51,03	5,47
5	Melchor Romero	56,50	5,40
6	Abasto	61,90	3,74
7	km 65,635	65,64	7,80
8	Gómez	73,44	8,56
9	km 82	82,00	4,30
10	Brandsen	86,30	-

Las instalaciones de las estaciones La plata, Tolosa y Ringuelet fueron renovadas recientemente y se encuentran vigentes para su utilización, perteneciendo actualmente al ramal La Plata - Constitución. Por lo tanto, lo que veremos a continuación se aplicará para



las siete estaciones restantes.

Será un modelo de estación de tamaño pequeño. La misma estará dividida en dos andenes de ida y vuelta, separados por las vías del tren. Constará de una entrada o hall principal con dimensiones de 10 metros de largo por 5 de ancho por 2,6 metros de altura, la cual tendrá dos baños, dos vestuarios, un vestíbulo para atención a clientes, todo esto ubicado del lado ida a La Plata. Los andenes serán de 120 metros de largo por 3 metros de ancho, provistos con dos techos como refugio de 10 metros x 2,5 metros de ancho ubicado en las puntas del mismo. (Ver plano adjunto)

La estación de trenes será diseñada y construida con el fin de satisfacer al usuario que en este caso es el viajero, el cual pueda disfrutar de unas instalaciones nuevas. La actividad principal que realizará esta nueva obra será cumplir con el horario de trenes exigido por la empresa, haciendo que los viajeros utilicen el servicio público de una forma cómoda y satisfactoria, y consigan realizar su recorrido rutinario como es el hecho de ir a trabajar.

4.2. Cálculo de alumbrado interior.

Teniendo en cuenta que el hall principal es un rectángulo y que por su uso será exclusivamente como sala de espera y recepción de pasajeros, no será necesario que ningún punto del mismo sea iluminado de manera puntual, por lo que para calcular la iluminación del mismo, utilizaremos el método de los lúmenes.

Datos de entrada:

- Largo del hall 10 metros.
- Ancho 5 metros.
- Altura 2,6 metros.
- Altura de plano de trabajo 0,85 (en caso de ser necesario el mantenimiento del edificio).
- Nivel de iluminancia media E_m por ser sala de espera, será de 150 lux.
- Se utilizará tubo fluorescente PHILIP MASTER TL-D Secura 18W/840 SLV/25 con nivel de iluminación de 1300 lúmenes.
- La luminaria será PHILIP TMS022 2xTL-D18W HFS a la cual se le colocarán dos tubos por luminaria. (catálogos adjuntos).

Las luminarias se colocarán lo más alto posible en el techo, es decir, a 2,6 metros del piso.

Cálculo del índice del local (K)

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Teniendo en cuenta que h es la altura del techo al plano de trabajo, en nuestro caso 1,75 m y que $a = 10$ metros (largo) y $b = 5$ metros (ancho)



$$K = \frac{10.5}{1.75 \cdot (10 + 5)} = 1.9$$

El siguiente dato necesario para el cálculo es el coeficiente de reflexión. El hall central de nuestra estación consta de dos paredes cerradas y una entrada y salida abiertas. Debido a esto tomaremos como coeficiente de reflexión el valor de 0.

Con este valor y tomando la tabla que nos da el fabricante de la luminaria, podemos observar que para $K = 1,5$ el coeficiente de reflexión es 0,42 y para $K = 2$, el coeficiente de reflexión es 0,49.

Si extrapolamos para un valor de $K = 1,9$ el coeficiente de reflexión nos dará 0,46, el cual utilizaremos para finalizar los cálculos.

Para calcular el flujo total utilizaremos entonces los siguientes valores:

- Nivel de iluminancia medio E_m 150 lux
- Superficie a iluminar 50 m^2
- Coeficiente de mantenimiento 0,8 (normalizado para ambientes limpios)
- Coeficiente de utilización (C_u) calculado anteriormente 0,46

$$\Phi_{total} = \frac{E_m \cdot s}{C_u \cdot C_m}$$

$$\Phi_{total} = \frac{150 \times 50}{0,46 \times 0,8}$$

$$\Phi_{total} = 20380 \text{ lumenes}$$

Cantidad de luminarias necesarias:

Si tenemos en cuenta que cada tubo tiene 1300 lúmenes y que se utilizarán dos tubos por luminaria, el cálculo nos dará:

$$N_{lum} = \frac{20380}{2 \times 1300} = 7,83 \text{ luminarias}$$

Por lo que se utilizarán 8 luminarias para la entrada de los pasajeros y quedarán en disposición según el plano adjunto. Además cada uno de los techos que posee la mitad del ancho del hall, se iluminara con la mitad de las luminarias dispuestas, es decir 4 luminarias por techo.



Habiendo realizado este cálculo, podemos proceder a calcular la potencia del circuito de iluminación interior, la cual estará dada por la potencia de cada tubo.

$$\text{Potencia de tubo} = 18 \text{ w}$$

$$\text{Cantidad de tubos} = 48$$

$$\text{Potencia de iluminacion interior} = 864 \text{ w}$$

4.3. Cálculo de alumbrado exterior.

Se utilizarán para iluminación exterior entre los techos del andén, faroles LED de la marca PARK, los cuales estarán a una distancia de 10 metros unos de otros sobre el andén.

Según el catálogo de las luminarias adjunto, los mismos poseen una potencia de 100 w cada uno, teniendo en cuenta que se instalarán unos 20 entre ambos andenes, la potencia instalada de alumbrado exterior será de 2000 w.

4.4. Protecciones de cada circuito.

Habiendo realizado los cálculos de potencia de iluminación exterior e interior podemos diseñar el tablero de protección que alimentará los distintos circuitos de la estación.

Circuito	Tension (V)	Potencia (W)	Corriente (A)	PIA	Diferencial
General	380			SICA 4 X 20 A	
Alumbrado int	220	864	3.92 (fase R)	SICA 2x10 A	SICA 25 A 30 mA
Alumbrado ext.	220	2000	9 (fase R)	SICA 2x10 A	SICA 25 A 30 mA
Toma general	220	3450	15.68 (fase S)	SICA 2X20 A	SICA 25 A 30 mA
Tomas especial	220	3000	13.63 fase (T)	SICA 2X15 A	SICA 25 A 30 mA



Capítulo V – Estudio de impacto ambiental.

Para elaborar el estudio, se sugieren los siguientes ítems que propone el libro “Criterios para la elaboración de estudios de impacto ambiental”, de Luis Fernando Reinoso, escrito para la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable en el año 2013.

5.1. Resumen no técnico (que suele utilizarse para la apertura de información al público en general).

El presente proyecto se refiere a la construcción de una catenaria para transmisión de energía eléctrica para tracción en una línea ferroviaria en 27,5/55 kV, con sistema de autotransformador. Incluye una línea de media tensión trifásica, de 13,2 kV para señalamiento y fuerza motriz en las estaciones. Se considera el impacto durante tres etapas: construcción, explotación y abandono.

Los elementos de impacto a considerar son el movimiento de suelo, material y personal durante el proceso de construcción de la línea y subestaciones, la generación de empleo directo, indirecto, transitorio y permanente, el Impacto visual en el paisaje, el riesgo de electrocución y las intensidades de campo eléctrico y magnético durante la explotación.

5.2. Una declaración del propósito, y objetivos de la propuesta.

El objeto del proyecto es mejorar las condiciones de transporte público de pasajeros entre las ciudades de Brandsen, La Plata y zonas de influencia. Se busca la preservación del medioambiente durante las etapas de construcción y explotación de la línea. Luego de la construcción se dejará el entorno en las mismas condiciones en que estaba antes de la misma, prestando especial atención a las personas que viven en las proximidades de la vía, la flora y la fauna. Es importante mencionar que el uso de vehículos eléctricos reduce el consumo de combustibles dentro de las áreas urbanas, mejorando la calidad del aire.

5.3. Referencias de la estructura política, legislativa y regulatoria.

El proyecto cuenta con el apoyo de la Ley N° 27132: “Política de reactivación de los ferrocarriles de pasajeros y de cargas, renovación y mejoramiento de la infraestructura ferroviaria, incorporación de tecnologías y servicios. Declaración de interés público nacional”, sancionada el 15 de abril de 2015 y promulgada el 20 de mayo del mismo año.

Para la elaboración del proyecto se tomaron en cuenta las siguientes normativas, que hacen referencia a las distancias mínimas de seguridad y puesta a tierra que deben observarse en las obras, según los niveles de tensión:



- AEA 95301 - Líneas Aéreas Media y Alta Tensión.
- EN 50119 - 2009 Sistemas de Catenaria.
- EN 50122-1 Aplicaciones de ferrocarriles – Instalaciones fijas.
- EN 50124-1 (niveles de tensión).
- EN 50149 Líneas de Contacto.

Extracto de la Res 77/98

Reproducimos a continuación parte de la Resolución S.E. 77/98 de la Secretaria de Energía, que describe las condiciones que deben cumplir el proyecto, la ejecución y la explotación de instalaciones de transmisión y distribución de energía eléctrica, a efectos de garantizar la compatibilidad de las instalaciones con el ambiente. En dicha reglamentación se establecen los siguientes parámetros ambientales cuyo cumplimiento garantiza la compatibilidad mencionada:

“Anexo 1: parámetros ambientales.

- a) Ocupación del espacio. Se refiere al nivel de modificación que tendrá la obra sobre el espacio y el uso, presente y futuro. En nuestro caso no es muy significativo ya que la vía existe desde hace tiempo.
- b) Impacto visual. Se consideran los siguientes aspectos:
 - El punto de vista paisajístico.
 - La afectación de la flora y fauna.
 - El respeto a las condiciones de escurrimiento natural de las aguas.
 - La incidencia sobre el patrimonio histórico y cultural.
 - La ocupación del espacio.
 - La interferencia con otras instalaciones.
- c) Radiointerferencia. Se debe al campo eléctrico intenso en las cercanías de los conductores y la morsetería, que se manifiesta en dos fenómenos distintos: el efecto corona y las microdescargas disruptivas.

Efecto corona: son descargas eléctricas parciales en un medio dieléctrico gaseoso, en regiones de alta intensidad de campo eléctrico del entorno de los conductores. Estas dependen del diseño de la línea y las condiciones climáticas, e interfieren casi exclusivamente en la banda de frecuencias inferiores a Treinta Mega Hertz (30 MHz) (radio AM), fenómeno reconocido como Radiointerferencia (RI).

Descargas disruptivas (microdescargas que tienen lugar generalmente en la morsetería y que se deben a falsos contactos o a imperfecciones en el ensamble entre un aislador y su morsetería). Estas dependen de aspectos constructivos e interfieren en un espectro que



alcanzan los centenares de MHz (radio FM y TV). Los elementos de las líneas y las subestaciones deben ser ensayados y cumplir con los requerimientos de Radiointerferencia indicados en los procedimientos del Comité Internacional Especial De Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR) N° 18 Partes 1, 2 y 3: Características de líneas y equipamientos de alta tensión relativas a perturbaciones radioeléctricas; Parte 1: Descripción del problema, Parte 2: Métodos de medición y procedimientos para la determinación de límites, Parte 3: Práctica para minimizar la generación de ruido). Cumplidos los requerimientos anteriores, el cálculo de los niveles de Radiointerferencia (RI) se realiza sólo por descarga corona en los conductores. El nivel tolerable de Radiointerferencia (RI) depende de:

- Los tipos de comunicaciones a proteger.
- Los niveles de señal de las comunicaciones a proteger.
- El nivel de la calidad de la recepción.
- Los límites de tiempo en la interferencia prevista.

Para la definición de la franja perturbada, se utilizarán los procedimientos indicados por el Comité Internacional Especial De Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR) N° 18- 1, 2 y 3.

De acuerdo con las normas de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, se fija un nivel máximo de Radiointerferencia (RI) en: cincuenta y cuatro decibeles (54 dB) durante el ochenta por ciento (80 %) del tiempo, en horarios diurnos (Norma SC-S3.80.02/76 - Resolución ex - SC N° 117/78), medidos a una distancia horizontal mínima de CINCO (5) veces la altura de la línea aérea en sus postes o torres de suspensión (Norma SC-M- 150.01).

Se fija un valor de máxima interferencia de treinta decibeles (30dB), para protección de señales radiofónicas, con calidad de recepción de interferencia no audible (Código 5 de CIGRE).

d) Ruido.

En las subestaciones se evaluarán los datos garantizados de ruido máximo a producir por los transformadores u otros equipos. Los mismos deberán cumplir con las exigencias de la norma IEC 651 (1987) e IRAM N° 4074-1/88 "Medición de niveles de presión sonora".

Se deberá cumplir con la norma IRAM N° 4062/84 (Ruidos molestos al vecindario).

e) Campos de baja frecuencia (eléctrico y de inducción magnética).

En presencia de campos eléctricos y magnéticos generados por las líneas, pueden aparecer por acoplamiento electrostático (E/S) y acoplamiento magnético (E/M) tensiones y corrientes en instalaciones cercanas, tales como alambrados, cercas, cañerías de riego, líneas de comunicación, etc., las cuales pueden producir efectos sobre las personas y/o las instalaciones.

En base a las documentos elaborados conjuntamente por la Organización Mundial De La Salud (OMS), La Asociación Internacional De Protección Contra La Radiación No Ionizante (IRPA) Y El Programa Ambiental De Naciones Unidas, los cuales recopilan en diferentes países, los valores típicos de la mayoría de las líneas que se encuentran en operación, se



adopta el siguiente valor límite superior de campo eléctrico no perturbado para las líneas, en condiciones de tensión nominal y conductores a temperatura máxima anual: Tres Kilovoltios Por Metro (3 kV/m), en el borde de la franja de servidumbre, fuera de ella y en el borde perimetral de las subestaciones, medido a un metro del nivel del suelo.

Cuando no estuviera definida la franja de servidumbre, el nivel de campo deberá ser igual o inferior a dicho valor en los puntos resultantes de la aplicación de las distancias mínimas establecidas en la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) sobre Líneas Eléctricas Aéreas Exteriores.

Campo de inducción magnética: En base a la experiencia de otros países, algunos de los cuales han dictado normas interinas de campos de inducción magnética y a los valores típicos de las líneas en operación, se adopta el siguiente valor límite de campo de inducción magnética para líneas, en condiciones de máxima carga definida por el límite térmico de los conductores:

Doscientos Cincuenta Mili Gaussios (250 mG) ó 25 μ T (microTeslas), en el borde de la franja de servidumbre, fuera de ella y en el borde perimetral de las subestaciones, medido a un metro del nivel del suelo.

Cuando no estuviera definida la franja de servidumbre, el valor de campo deberá ser igual o inferior a dicho valor en los puntos resultantes de la aplicación de las distancias mínimas establecidas en la Reglamentación de la ASOCIACION ELECTROTECNICA ARGENTINA (AEA) sobre Líneas Eléctricas Aéreas Exteriores.

f) Limitación de la corriente de contacto.

El nivel máximo de campo eléctrico y de campo de inducción magnética, en cualquier posición, deberá ser tal que las corrientes de contacto en régimen permanente, debido al contacto con objetos metálicos largos cercanos a las líneas, no deberán superar el límite de salvaguarda de cinco mili amperios (5mA)."

5.4. Descripción del proyecto de la propuesta y cómo deberá implementarse (construcción, operación y cierre).

a) Los siguientes aspectos se deberán tener en cuenta durante la etapa de construcción.

En los movimientos de suelo deberá cuidarse de disponer el material de las excavaciones de manera que no interfiera con la vía, los caminos adyacentes, instalaciones y cursos de agua cercanos. Una vez finalizada la obra, se distribuirá y nivelará evitando montículos, tratando en lo posible que el terreno tenga el mismo aspecto que tenía antes del inicio de las tareas. Se deberán disponer todos los residuos generados según las normativas vigentes, tanto para los de origen doméstico como los de tipo industrial, evitando el vertido directo sobre el suelo y cursos de agua. En caso que sea necesario talar árboles por causa de la obra, se deberán reponer al menos uno por cada árbol eliminado. En toda la obra se deberán demarcar y vallar las excavaciones, así como los equipos y vehículos que entrañen algún riesgo como grúas, excavadoras, etc. Una vez finalizada la obra, la zona debe quedar



totalmente prolija, nivelada y limpia.

- b) Aspectos a verificar durante la operación y puesta en marcha.

Se medirá el nivel de ruido audible. Se verificará la ausencia de interferencia en las frecuencias de radio, y se medirán las intensidades de campos eléctrico y magnético. Todas las estructuras metálicas cercanas a la vía deberán ponerse a tierra para evitar la presencia de tensiones inducidas como consecuencia de la corriente de tracción.

- c) En la etapa de abandono.

Cuando el sistema llegue al final de su vida útil, se desmontarán los cables de la catenaria y se retirarán los postes y pórticos. En los edificios que alberguen transformadores u otros equipos, luego de desmontarlos y retirarlos, se verificará su estado y se determinará si serán demolidos o reconvertidos para otro uso. Dado que la humanidad experimenta cambios tecnológicos grandes en poco tiempo, se deja para el momento de cese de la explotación la elaboración del mejor plan que se pueda llevar adelante con los recursos y conocimientos disponibles en ese momento.

5.5. Matrices de Leopold.

Presentamos a continuación las matrices de Leopold para enumerar y ponderar los distintos impactos considerados en las tres etapas del proyecto. Consisten en cuadros de doble entrada de relación causa efecto. Se utilizan para identificar el impacto inicial en un entorno natural. En ellas se enumeran las actividades a desarrollar durante el proyecto, asignándoles un valor y un signo (positivo o negativo).

CUADRO N° 1

RESUMEN MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS		ACTIVIDAD FASE DE PREPARACIÓN DEL TERRENO Y CONSTRUCCIÓN																			
		Desbroce de la vegetación a lo largo de la vía y franja de servidumbre		Transporte de equipos y materiales		Obras civiles		Trabajos eléctricos e instrumentación		Tendido de línea de transmisión		Manejo de residuos		Contratación de maquinaria y equipos		Suma de impactos positivos		Suma de impactos negativos			
		CATEGORIA		ATRIBUTO																	
ELEMENTOS AMBIENTALES		CONDICIONES BIOLÓGICAS		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS		Agua		Calidad de agua de río													
						Suelo		Calidad del suelo													
FACTORES CULTURALES		Flora		Atmosfera		Calidad (gases y partículas)		-15		-20		-26									
						Ruido		30		-20		-26									
Estatus cultural		Fauna		Radiaciones no ionizantes		Plantas		-20		-15		-5									
						Animales				-2											
Infraestructura		Estética		Vistas escénicas y panorámicas		Salud y seguridad (poblac./trabaj.)		-10		-5		-20		-5		-5					
						Vivienda y agricultura		35		25		30		30		30		30			
Suma de impactos positivos		Transporte público		Estatus cultural		Estatus cultural		35		25		30		30		30		30		25	
						Suma de impactos positivos		65		25		30		30		25		25		25	
Suma de impactos negativos		Infraestructura		Estética		Transporte público		-35		-105		-139		-25		-110		-57			
						Suma de impactos negativos		-35		-105		-139		-25		-110		-57			

Importancia	Valoración
No significativo	<8
Bajo	9-13
Moderado	14-29
Relevante	30-45
Muy Severo	>45

CUADRO N° 2

RESUMEN MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS			ACTIVIDAD FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							
ELEMENTOS AMBIENTALES	CATEGORÍA	ATRIBUTO	Operación de Catenaria y Subestaciones	Mantenimiento de la Catenaria	Manejo de residuos	Contratación de servicios	Riesgos	Suma de impactos positivos	Suma de impactos negativos	
ELEMENTOS AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	Atmósfera	Ruido	-20	-5				-25	
			Radiaciones no ionizantes							
			Flora	Plantas	-5	-21				-26
	CONDICIONES BIOLÓGICAS	Fauna	Animales	-7				-15	-22	
			Estética	Vistas escénicas y panorámicas	-10	-15				-25
				Salud y seguridad (poblac./trabaj.)	-5				-5	-10
	FACTORES CULTURALES	Estatus cultural	Vivienda y agricultura							
			Empleo (Servicios)	30	30	10	32		102	
			Infraestructura	Transporte público	40					40
	Suma de impactos positivos			70	30	10	32		284	
	Suma de impactos negativos			-47	-41	-2		-22		-222

Importancia	Valoración
No significativo	<8
Bajo	9-13
Moderado	14-29
Relevante	30-45
Muy Severo	>45

CUADRO N° 3

RESUMEN MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS		ACTIVIDAD ABANDONO						Suma de impactos positivos	Suma de impactos negativos
		Desmontaje equipos e instalaciones electromecánica	Demolición de obras civiles	Relleno de excavaciones	Manejo de residuos sólidos	Contratación de maquinaria y personal			
ELEMENTOS AMBIENTALES	CATEGORÍA	ATRIBUTO							
			FACTORES CULTURALES		CONDICIONES BIOLÓGICAS		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS		
	Agua	Calidad de agua de río							
	Suelo	Calidad del suelo	-20	-5	-10				-35
	Atmósfera	Calidad (gases y partículas)	-25	-10	-10	-5			-50
		Ruido	-25	-20	-10	-10			-65
		Radiaciones no ionizantes							
	Flora	Plantas	-20	-20		10		10	-40
	Fauna	Animales	-5			10		10	-5
	Estética	Vistas escénicas y panorámicas	-10	-20	10			10	-30
		Salud y seguridad (poblac./trabaj.)		-10	5	20		25	-10
	Estatus cultural	Vivienda y agricultura							
		Empleo (Servicios)	10				35	45	
	Infraestructura	Transporte público							
	Suma de impactos positivos		10		15	40	35	200	
	Suma de impactos negativos		-105	-85	-30	-15			-470

Importancia	Valoración
No significativo	<8
Bajo	9-13
Moderado	14-29
Relevante	30-45
Muy Severo	>45

Medio receptor				Construcción ampliación					Operación			
				Acciones	Movimiento de suelos	Movimiento vehicular	Colocación de postes	Tendido de cables	Construcción de accesos y zonas exteriores	Mantenimiento de espacios verdes adyacentes a la vía	Operación	Servicios auxiliares
Medio natural	Aire	Calidad de aire	Gases	TR	TR	--	--	TR	--	--	--	
			Material particular	TR	TR	TR	--	TR	PR	--	--	
		Ruido			TR	TR	TR	TR	TR	--	--	--
		Microclima			--	--	--	--	PR	PR	--	--
	Relieve		Topografía	PR	--	--	--	PR	--	--	--	
	Suelos		Calidad	PR	TR	PR	TR	PR	PR	--	--	
	Recursos hídricos	Superficiales	Calidad	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Cantidad	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Drenaje	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Subterráneos	Calidad	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Cantidad		--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Vegetación		Terrestre	PR	TR	TR	--	PR	PR	--	--	
	Fauna		Terrestre	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Ecosistemas		Terrestre	PR	--	--	--	PR	--	--	--	
	Paisaje		Local	PR	TR	--	--	PR	--	PR	--	
	Patrimonio natural		Conservación	--	--	--	--	--	PR	PR	--	
	Medio socioeconómico	Población			--	--	--	--	--	PR	PR	--
Patrimonio cultural			--	--	--	--	--	--	--	--		
Actividades y uso del suelo			--	--	--	--	--	--	PR	--		
Sector económico		Primario		--	--	--	--	--	--	--	PR	
		Secundario		--	--	--	--	--	--	--	PR	
		Terciario		--	--	--	--	--	--	--	PR	
Infraestructura			PR	--	PR	PR	PR	PR	--	PR		
Tránsito y transporte			--	TR	--	--	--	TR	--	--		

P: permanente

T: temporario

R: reversible

I: irreversible



- 5.6. Comparación de las propuestas alternativas (con inclusión de la alternativa de no hacer). Independientemente del lugar de ubicación en el informe final, las alternativas deben contener sus impactos, y gestión prevista. Descripción de la ubicación del proyecto; su relación con otras propuestas, usos actuales del suelo y políticas relevantes y planes para el área.

No existen propuestas alternativas porque el suelo ya está asignado al ferrocarril y el impacto de la obra en todas sus etapas es bajo. La alternativa de no hacer implicaría mantener tráfico con locomotoras o coches motor diesel, con emisión de ruido, gases de escape y mayores vibraciones en los terrenos circundantes. El proyecto se ubica en una franja de terreno de unos 7 metros de ancho, salvo estaciones y zonas de doble vía, por 39 km de longitud. El uso del suelo no se modifica en virtud de la existencia previa de las vías.

- 5.7. Consideración de los principales impactos (positivos y adversos) que se identifican como potenciales resultados de la propuesta, las características previstas (ej. magnitud, ocurrencia, temporalidad, etc.); las medidas de mitigación propuestas; los efectos residuales y todas las limitaciones y limitaciones de los datos y del análisis.

En general la mayoría de los impactos son positivos y se refieren a la mejora en la calidad de viaje de los usuarios del transporte público, menor presencia de gases de escape y ruido de motores de combustión interna, y supresión de venteos de aceite sobre la vía. En cuanto a los campos electromagnéticos, no representan un riesgo por la distancia de separación entre la vía y las viviendas aledañas, considerando el nivel de media tensión y que las corrientes son relativamente bajas. La construcción de la obra generará empleo directo, que comprende a las personas contratadas específicamente para la obra, y empleo indirecto, por uso de materiales, contratación de servicios, consumo de alimentos, etc. Como impactos negativos podemos mencionar la inducción en estructuras metálicas adyacentes a la vía, que es mitigada por la puesta a tierra de las mismas. También el riesgo de electrocución, para lo cual se prestará especial atención al estado de los carteles indicadores de alta tensión, vayas, rejas y alambrados perimetrales. La alteración visual del paisaje pasa casi desapercibida en virtud de la creciente urbanización de la zona, presencia de otras líneas cercanas, y de que la altura media del sistema de catenaria ronda los 10 metros. Las alteraciones que pudieran producirse en el terreno por presencia de personal y maquinaria de obra, serán restituidas a su estado inicial, o se compensarán, quedando el área siempre en óptimas condiciones, limpia, nivelada y sin residuos de ningún tipo.



Conclusiones:

6.1. Resultados y Análisis.

El proyecto tiene dos componentes principales, una electromecánica consistente en la instalación de postes, el tendido de cables y la colocación de autotransformadores y transformadores con sus protecciones, y otra componente civil que incluye adecuar los andenes a la altura del piso de los coches, y renovar los edificios, los pasos a nivel y los cruces con las rutas provinciales N° 6 y 36, y Nacional N° 2. No se incluye aquí, pero se debe tener en cuenta la reconstrucción de gran parte de la traza, que en algunos sectores se encuentra intrusada, y la reposición de vías y alcantarillas.

El impacto ambiental se puede considerar en dos aspectos: la etapa de construcción y la de operación. En la primera, los componentes principales son los movimientos de suelo, uso de maquinaria y disposición de residuos. En la segunda, consideramos los campos electromagnéticos generados por la catenaria y la línea de fuerza, las interferencias en las líneas de comunicaciones adyacentes y la inducción en todas las estructuras metálicas y líneas cercanas a las vías.

6.2. Conclusiones y Propuestas

Se propone instalar una catenaria con autotransformadores y sistema de 2 x 25 kV por las ventajas que presenta. En primer lugar no es necesario instalar una subestación de tracción, dada la frecuencia esperada de los trenes y la disponibilidad de potencia en las subestaciones existentes. Gracias al uso de autotransformadores se reducen las caídas de tensión a lo largo de la línea. Los coches eléctricos no emiten gases de escape y son menos ruidosos que un motor de combustión interna, con lo que se logra un impacto positivo en la calidad del aire en las zonas de influencia. Además, estos vehículos poseen una gran aceleración, lo que permite una reducción en los tiempos de viaje.



Bibliografía:

- Gos, M. (2016). Líneas Aéreas de Alta y Media Tensión, apunte de cátedra. UTN FRLP.
- Historia del Ferrocarril General Roca. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Ferrocarril_General_Roca
- Historia del ramal ferroviario Ringuélet – Coronel Brandsen. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Ramal_ferroviano_Ringuélet-Coronel_Brandsen
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=247081>
- IAME (2017). Relevamiento del estado de situación, Línea General Roca, Ramal Ringuélet – Brandsen. Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNLP. Recuperado de https://www.ing.unlp.edu.ar/sitio/institucional/difusion/archivos/Informe_ramal_LaPlata_Brandsen.pdf
- JARTS CONARSUD (1976). Estudio de Ingeniería y Proyecto de Electrificación de los servicios suburbanos de la Línea Roca.
- Kiessling, F., Puschmann, R., Schmieder, A., Schneider, E. (1997). Contact lines for electric Railways. SIEMENS.
- Ley N° 27132, 20 de mayo de 2015, para la reactivación de los ferrocarriles de pasajeros y de cargas. Recuperado de
- Ministerio del Interior y Transporte (2015). Plan Operativo Quinquenal 2016 – 2020. Recuperado de <https://docplayer.es/10624564-Plan-operativo-quinquenal-2016-2020-nuevos-ferrocarriles-argentinos-operadora-ferroviaria.html>
- Norma AEA 90364 – Reglamentación para la ejecución de Instalaciones Eléctricas en inmuebles. Parte 7.
- Norma AEA 95301 – Reglamentación para Líneas Aéreas exteriores de Media y Alta Tensión.
- Norma UNE-EN 50119:2010: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Líneas aéreas de contacto para tracción eléctrica. Vigente. Es modificada por UNE-EN 50119: 2010/A1: 2013. Será modificada por: PNE-prEN 50119:2017.
- Norma UNE-EN 50122-1:2011: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 1: Medidas de protección contra los choques eléctricos. Vigente
- Norma UNE-EN 50124-1:2017: Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Requisitos fundamentales. Distancias en el aire y líneas de fuga para cualquier



equipo eléctrico y electrónico. Vigente.

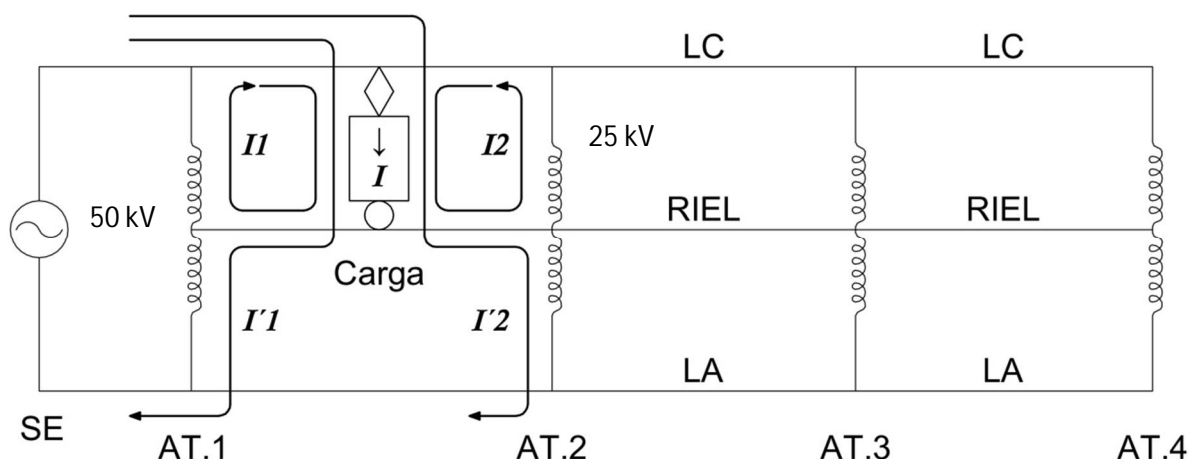
- Norma UNE-EN 50149:2012: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Hilos de contacto acanalados de cobre y de aleación de cobre. Vigente.
- Nuevo Central Argentino (2014). Manual Integral de Vías. Recuperado de http://www.alaf.int.ar/publicaciones/MANUAL_INTEGRAL_DE_VIAS.pdf
- Pisano, Carlos (2018). Manual Técnico. Distribución de componentes y sus funciones. Explicación de planos eléctricos de los coches CSR de la línea Roca. Parte 1. Documento interno de material rodante, Trenes Argentinos Operaciones.
- Pliego de especificaciones Técnicas, Electrificación del ramal P. Constitución – La Plata. Tomo II, Parte 2, sección VI (2013). Recuperado de <https://www.uec.gob.ar/uec2009/shared/uploads/web/filelibrary/CATENARIA%20Tomo%20II%20%20Publicado.pdf>
- Reinoso, L. F. (2013). Criterios para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Resolución N° 77/98, año 1998, sobre el impacto ambiental de los campos eléctricos y magnéticos generados por líneas de transmisión de alta tensión. Recuperado de <http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/5D4DE5955C4446E00325694A00638422/23bf49dd9527842e032565cb00692f78?Open>
- Soibelzón, H. (2007). Cálculo mecánico de líneas aéreas, apunte de cátedra. UNLP – UBA.



Anexo I: uso del Autotransformador

Sistema de 2 x 25 kV. Caídas de tensión.

Nuestra línea tiene forma de red, eso hace que la circulación de corrientes y el cálculo de caídas de tensión sean laboriosos. Podemos simplificar los cálculos con resultados satisfactorios. El tren es una carga monofásica que se alimenta a 25 kV desde la catenaria a través del pantógrafo, retornando la corriente por los rieles. La tensión de catenaria proviene de la subestación, el retorno se toma del punto medio de los autotransformadores, y el otro punto de los mismos se alimenta de la línea de transmisión proveniente de subestación. La distribución de corrientes para un tren se muestra en el siguiente gráfico. Los autotransformadores reciben alimentación en 50 kV.



La distribución de corrientes entre catenaria y vías es $I = I_1 + I'1 + I_2 + I'2$. Podemos suponer que $I_1 = I'1$ e $I_2 = I'2$ por lo tanto $I = 2 (I_1 + I_2)$.

La corriente que circula por un tren es:

$$I = \frac{S}{V}$$

Cuando está acelerando será:

$$I = \frac{2500 \text{ kVA}}{25 \text{ kV}} = 100 \text{ A}$$

A velocidad constante:

$$I = \frac{1250 \text{ kVA}}{25 \text{ kV}} = 50 \text{ A}$$

Durante el frenado, entrega:

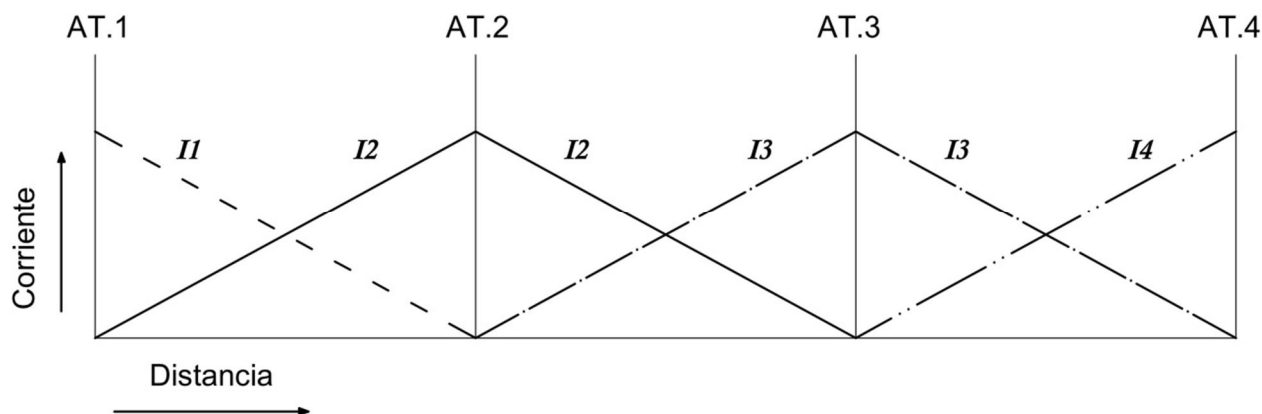
$$I = \frac{500 \text{ kVA}}{25 \text{ kV}} = 20 \text{ A}$$



Detenido en una estación:

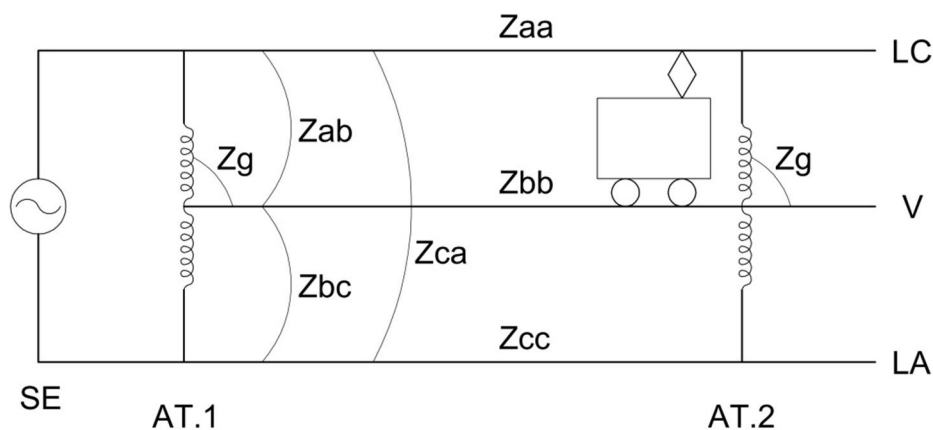
$$I = \frac{425 \text{ kVA}}{25 \text{ kV}} = 17 \text{ A}$$

Inicialmente el tren se encuentra en la ubicación de AT.1 y recibe corriente desde la SE. Cuando parte hacia AT.2 las corrientes se reparten a medida que avanza entre AT.1 y AT.2 como se ve en el gráfico, o sea que recibe alimentación desde ambos lados de la catenaria, y lo mismo ocurre con las corrientes de retorno:



El siguiente cálculo se extrajo del proyecto de electrificación elaborado por Jarts Conarsud. Vamos a describir las impedancias puestas en juego.

1. Circuito original:



En el autotransformador, la relación de espiras es de 1 a 1.

Zaa (LC): impedancia propia correspondiente a la distancia unitaria (1 km) de la línea de contacto y la línea de sostén.

Zbb (V): impedancia propia correspondiente a la distancia unitaria de la vía.

Zcc (LA): impedancia propia correspondiente a la distancia unitaria de la línea de alimentación.



Z_{ab} Z_{bc} Z_{ca} : impedancia mutua correspondiente a la distancia unitaria (LC - V) (V - LA) (LA - LC)

Z_g : impedancia de pérdida de autotransformador.

2. Circuito equivalente:

Definiremos las siguientes impedancias:

$$Z_A = Z_{aa}$$

$$Z_B = Z_{bb}$$

$$Z_C = \frac{(Z_{cc} + 2Z_{ca} + Z_{aa})}{4}$$

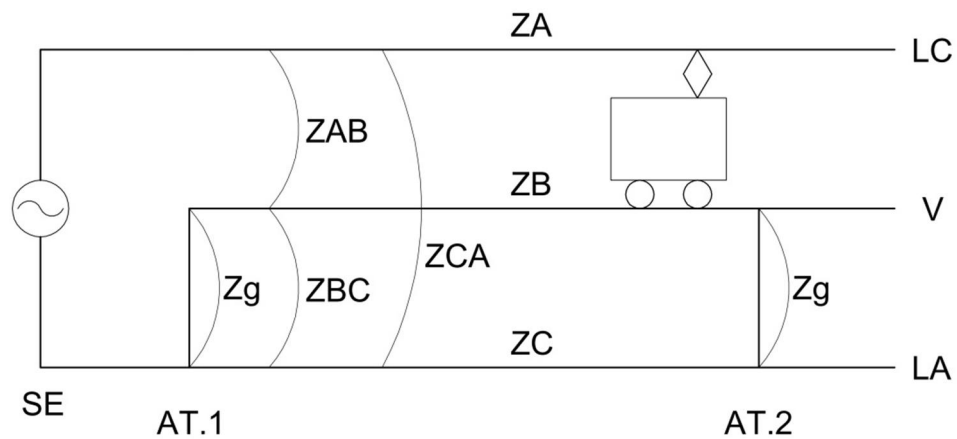
$$Z_{AB} = Z_{ab}$$

$$Z_{BC} = \frac{(Z_{bc} + Z_{ab})}{2}$$

$$Z_{CA} = \frac{(Z_{ca} + Z_{aa})}{2}$$

$$i = 2I$$

Si suponemos que $Z_g = 0$ y que la suma de las corrientes LC - V - LA sea cero, se anulan Z_{AB} , Z_{BC} y Z_{CA} , quedando las impedancias:



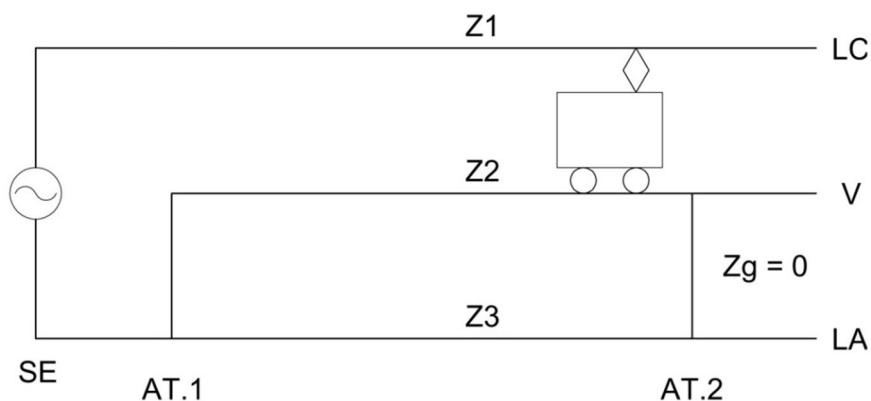
$$Z_1 = Z_A + Z_{BC} - Z_{AB} - Z_{CA}$$

$$Z_2 = Z_B + Z_{CA} - Z_{AB} - Z_{BC}$$

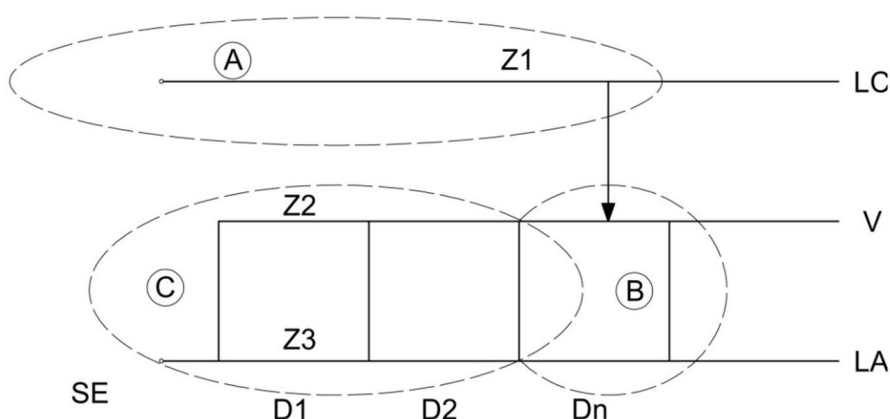
$$Z_3 = Z_C + Z_{AB} - Z_{BC} - Z_{CA}$$

Por lo tanto se anulan las impedancias mutuas y sólo quedan las propias.

En un punto genérico cualquiera del circuito de alimentación, el circuito equivalente queda de la siguiente manera:



Y los valores de impedancia pueden obtenerse así:

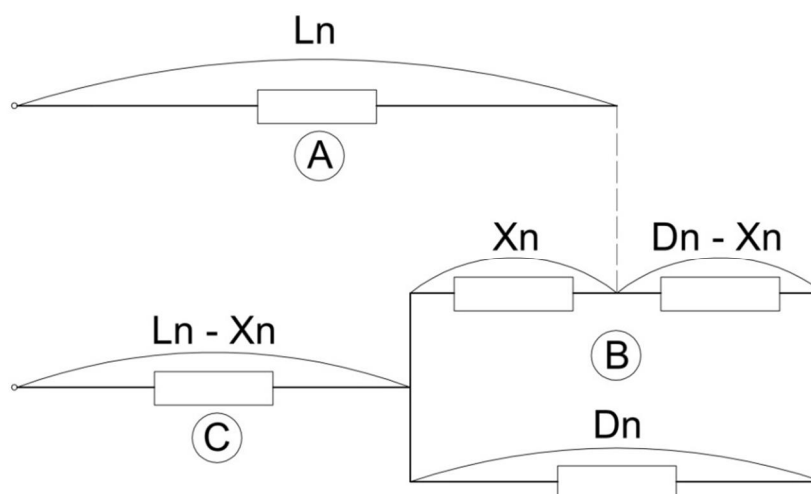


Z2 y Z3 en paralelo, y en serie con Z1

El paralelo entre Z2 y Z3 es:

$$Z2 // Z3 = \frac{Z2 Z3}{Z2 + Z3}$$

Las impedancias se representan en función de las distancias Ln, Xn y Dn.





Impedancia de (A): $Z_1 L_n$

Impedancia de (B): $\frac{Z_2 X_n [Z_2 (D_n - X_n) + Z_3 D_n]}{Z_2 X_n + [Z_2 (D_n - X_n) + Z_3 D_n]} =$

$$\frac{Z_2^2 (X_n D_n - X_n^2) + Z_2 Z_3 X_n D_n}{Z_2 (X_n + D_n - X_n) + Z_3 D_n} = \frac{Z_2^2 X_n D_n - Z_2^2 X_n^2 + Z_2 Z_3 X_n D_n}{Z_2 D_n + Z_3 D_n}$$

$$\frac{D_n [Z_2^2 X_n - Z_2^2 \frac{X_n^2}{D_n} + Z_2 Z_3 X_n]}{D_n (Z_2 + Z_3)} = \frac{Z_2^2 X_n - Z_2^2 \frac{X_n^2}{D_n} + Z_2 Z_3 X_n}{Z_2 + Z_3}$$

Impedancia de (C): $\frac{Z_2 Z_3 (L_n - X_n)}{Z_2 + Z_3}$

La impedancia total de todo el circuito es:

$$Z_c = A + B + C$$

$$Z_c = Z_1 L_n + \frac{Z_2^2 X_n - Z_2^2 \frac{X_n^2}{D_n} + Z_2 Z_3 X_n}{Z_2 + Z_3} + \frac{Z_2 Z_3 (L_n - X_n)}{Z_2 + Z_3}$$

$$= \frac{1}{Z_2 + Z_3} [Z_1 L_n (Z_2 + Z_3) + Z_2^2 X_n - Z_2^2 \frac{X_n^2}{D_n} + Z_2 Z_3 X_n + Z_2 Z_3 (L_n - X_n)]$$

$$= \frac{1}{Z_2 + Z_3} [Z_1 L_n (Z_2 + Z_3) + Z_2^2 X_n - Z_2^2 \frac{X_n^2}{D_n} + Z_2 Z_3 (X_n + L_n - X_n)]$$

$$= \frac{1}{Z_2 + Z_3} [(Z_1 (Z_2 + Z_3) + Z_2 Z_3) L_n + Z_2^2 (X_n - \frac{X_n^2}{D_n})] =$$

$$Z_c = (Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}) L_n + \frac{Z_2^2}{Z_2 + Z_3} X_n \left(1 - \frac{X_n}{D_n}\right)$$

Finalmente:

$$Z_L = Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}$$

$$Z_L = \frac{Z_2^2}{Z_2 + Z_3}$$

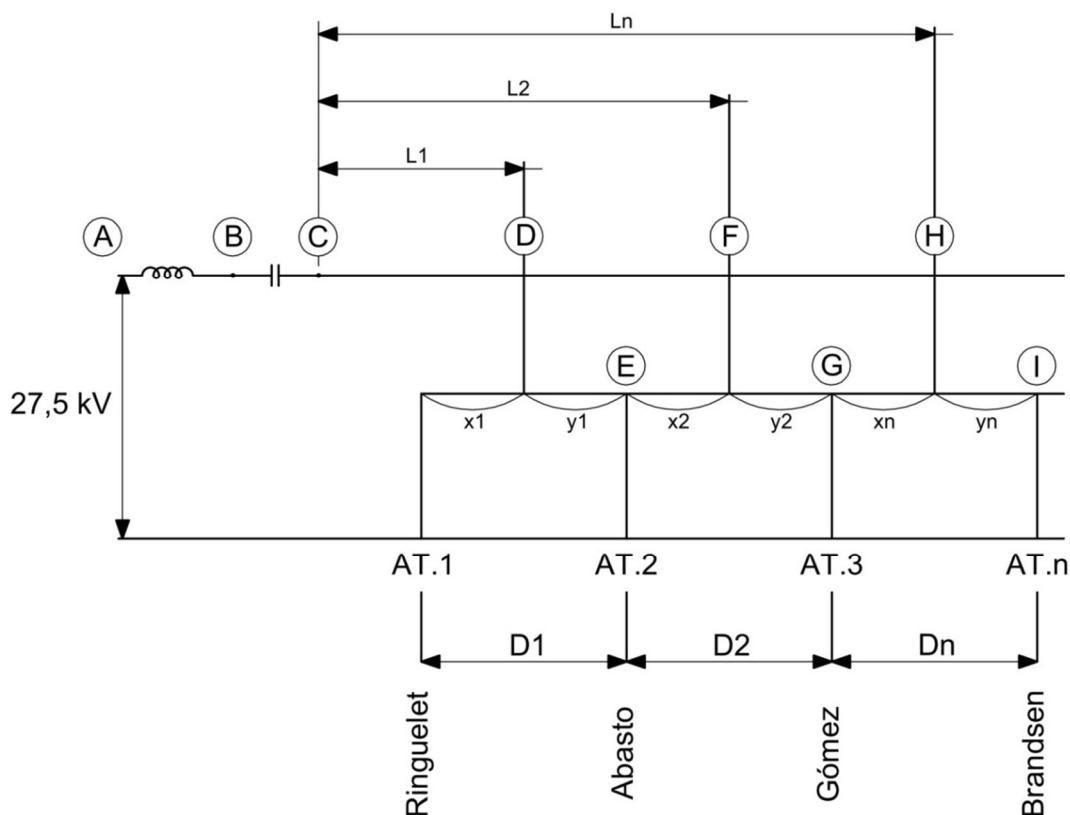
La distancia hasta el punto AT es $X_n = 0$, ó $X_n = D_n$.

e = caída de tensión

$e_0 + e_t - e_c$ = caída desde la fuente hasta AT₁



e_n = caída de tensión correspondiente al sistema catenaria



La caída de tensión en D es: $C - \{Z_L L_1 (i_1 + i_2 + i_3) + Z_L \left(1 - \frac{x_1}{D_1}\right) x_1 i_1\}$

La caída de tensión en E es: $C - Z_L \{L_1 i_1 + D_1 (i_2 + i_3)\}$

La caída de tensión en F es: $C - Z_L \{L_1 i_1 + L_2 (i_2 + i_3) + Z_L \left(1 - \frac{x_2}{D_2}\right) x_2 i_2\}$

La caída de tensión en G es: $C - Z_L \{L_1 i_1 + L_2 i_2 + (D_1 + D_2) i_3\}$

La caída de tensión en H es: $C - Z_L \{L_1 i_1 + L_2 i_2 + L_3 i_3\} + Z_L \left(1 - \frac{x_3}{D_3}\right) x_3 i_3\}$

La caída de tensión en I es: $C - Z_L \{L_1 i_1 + L_2 i_2 + L_3 i_3\}$

El factor de potencia varía con la posición del tren, y modifica la caída de tensión. Fijamos su valor en 0,8 para calcular la caída de tensión por unidad de corriente y por kilómetro.



Para la catenaria simple los valores de impedancia son:

$$Z_1 = 0,0739 + j 0,1205 \Omega/\text{km}$$

$$Z_2 = 0,1852 + j 0,4542 \Omega/\text{km}$$

$$Z_3 = 0,0093 + j 0,0344 \Omega/\text{km}$$

Cálculo de Z_L

$$Z_L = Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}$$

$$Z_L = (0,0739 + j 0,1205) + \frac{(0,1852 + j 0,4542) (0,0093 + j 0,0344)}{(0,1852 + j 0,4542) + (0,0093 + j 0,0344)}$$

$$Z_L = 0,0829 + j 0,1527 \Omega/\text{km}$$

$$e_L = I Z_L$$

Considerando $I = 1 \text{ A km}$ tenemos:

$$e_L = I (R \cos \phi + X \sin \phi) = (0,0829 \times 0,8) + (0,1527 \times 0,6) = 0,157 \approx 0,16 \text{ V}$$

$$Z_L = \frac{e_L}{I} = 0,16 \frac{\text{V}}{\text{A km}}$$

Cálculo de Z'_L

$$Z'_L = \frac{Z_L^2}{Z_L + Z_3}$$

$$Z'_L = \frac{(0,1852 + j 0,4542)^2}{(0,1852 + j 0,4542) + (0,0093 + j 0,0344)}$$

$$Z'_L = 0,1757 + j 0,4237 \Omega/\text{km}$$

Procediendo como antes:

$$e'_L = I (R \cos \phi + X \sin \phi) = (0,1757 \times 0,8) + (0,4237 \times 0,6) = 0,394 \approx 0,40 \text{ V}$$

$$Z'_L = \frac{e'_L}{I} = 0,40 \frac{\text{V}}{\text{A km}}$$

Caída de tensión. Caso 1:

En el siguiente cuadro vemos las magnitudes de las corrientes, las tensiones y las distancias:



Cálculo de las caídas de tensión			
Caso 1: 2 trenes acelerando, 1 v cte.			
Ubicación tren n°1:	Brandsen, acelerando a k82		
Ubicación tren n°2:	V cte. De Abasto a k65		
Ubicación tren n°3:	Ringuelet, acelerando a Hernández		
UA (kV):	25		
N° de trenes:	3		
L1: 0,1	i1: 100	Ua:	25000
L2: 18,5	i2: 50	Ub:	
L3: 44	i3: 100	Uc:	25000
x1: 5		Ud:	24847
y1: 5	I: 250	Ue:	22868
x2: 5		Uf:	24581
y2: 5	D1: 14,20	Ug:	21484
x3: 5	D2: 11,54	Uh:	23935
y3: 5	D3: 12,60	Ui:	19665
ZL:	0,17375		
ZL':	0,45869		

De la tabla de horarios, verificando la posición de los trenes en un momento dado, establecemos cuál sería la situación más desfavorable para realizar el cálculo. Del cronograma observamos que, mientras tenemos un tren acelerando en el extremo más alejado (Brandsen), tenemos otro tren marchando a velocidad constante de Abasto a km 65, y el tercero en Ringuelet, acelerando hacia Hernández.

Los trenes 1 y 3 están consumiendo 100 A mientras que el tren 2, 50 A. Si la tensión en el punto C es 25 kV, el primer tren está a la misma tensión de C, 25 kV. El tren 2 está a aproximadamente 24,5 kV. Y el tren 3 a 19,6 kV, justo por encima del límite inferior de 19 kV. Todos los trenes están en condiciones de operar. En la condición a futuro, con el doble de consumo, podría sostenerse la marcha si garantizáramos al menos 28,5 kV en Ringuelet, algo que es factible porque la máxima tensión en la SE es de 29 kV. Eventualmente podríamos evaluar la construcción de una SE en cercanías de Brandsen, para alimentar exclusivamente este ramal.

Por lo dicho, la catenaria debería ser capaz de suministrar 250 A en la situación actual, y 500 A en el futuro. La línea de contacto a utilizar de 110 mm² puede transportar de manera continua hasta 780 A. Considerando que la línea de sostén (carga de rotura mayor a 3900 kg), de acero y 90 mm², se tiende en paralelo, la capacidad de transporte de corriente aumenta.



Anexo II: cálculo del autotransformador

II.1. Autotransformador.

Vamos a calcular la capacidad de los autotransformadores para el caso en que circularan tres trenes simultáneamente en el ramal. Como se ha mencionado en el capítulo anterior, la línea que se está proyectando, cuenta con cuatro centros de autotransformación dispuestos en las estaciones de: Ringuelet, Abasto, Gómez y Brandsen respectivamente, debido a que la distancia entre ellos está comprendida entre los 10 y 15 km.

En la figura siguiente podemos observar como quedarían distribuidos los mismos:

ESTACIÓN	KILOMETRO	PUESTO DE SECCIONAMIENTO Y AUTOTRANSFORMACIÓN
Ringuelet	5,3 km	PSA- PAT1
J. Hernández	8,8 km	
M. Romero	14,2 km	
Abasto	19,6 km	PAT2
km. 65,63 (Apeadero)	23,4 km	
Gómez	31,2 km	PAT3
km. 82 (Apeadero)	39,7 km	
Brandsen	44 km	PAT4

Ramal Ringuelet–Brandsen

El recorrido de la misma es de 38,8 km trazados desde Ringuelet (km 47,5) hasta el km 86,3 en la estación Brandsen.

En general la utilización de los autotransformadores tiene varios propósitos:

El primero es que, utilizando autotransformadores con relaciones (1:1) y aprovechando la multiplicidad de tomas para variar el voltaje de alimentación, podemos entonces así compensar las caídas de tensión en los extremos de la línea.

Y segundo es que, en los métodos de alimentación duales conocidos como 2x25 kV (donde los transformadores de las subestaciones alimentan a +25 kV a la catenaria y a -25 kV al feeder o alimentador negativo y con la toma intermedia o neutra al carril o riel), los autotransformadores con 50 kV en el primario, la transmisión de potencia entre la



subestación y el autotransformador a donde se encuentra el tren es como si fuera un sistema bifásico funcionando a 50 kV, esto implica que, al ser mayor la tensión en este tramo, la corriente sea menor y las caídas de tensión también son menores, pudiéndose aumentar la longitud del tramo alimentado por la subestación.

Una razón muy importante por lo cual se intercalan autotransformadores a lo largo de la línea es evitar el retorno de corriente por la vía en los tramos donde no circula el tren. Esto se consigue redistribuyendo las intensidades de retorno que penetran por la toma media de los autotransformadores hacia el feeder negativo, el cual se convierte así en el cable de retorno de la intensidad principal.

En nuestro caso utilizaremos autotransformadores monofásicos cuyas características mencionamos a continuación:

Autotransformador

Potencia propia: 3000 kVA

Potencia a la línea: 6000 kVA

Fases: 1

Conexión li0

Tensión nominal primario: +/- 27,5 kV

Tensión nominal secundaria: +/- 27,5 kV

II.2. Cálculo de la Capacidad de los Autotransformadores

Para el cálculo de las capacidades de cada autotransformador tendremos en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) La corriente instantánea de cada AT es la mitad del máximo valor de la corriente de carga unitaria, por lo tanto, la capacidad del AT será algo mayor para prever los casos de superposición y/o concentración de mayores cargas.
- b) Cuando se tienen instalados varios AT en un circuito de alimentación, el AT ubicado en la mitad del circuito será el más cargado, por lo que para el cálculo se tomará como base, la capacidad del mismo.
- c) La carga es constante, pero la intensidad de la corriente tiene una forma de onda triangular, por lo que se considerará la corriente eficaz para la determinación de la capacidad del AT.

La distancia entre los AT en el presente proyecto va entre los 10 a 15 km y el intervalo promedio entre las estaciones es de 6,3 km.

Cuando el tren (Carga) se encuentre sobre el autotransformador AT2/AT3 la corriente del autotransformador será máxima, pero la corriente debido a la carga será la mitad ya que la otra mitad la suministra directamente la subestación.

Para el cálculo de la capacidad del autotransformador, además de tener en cuenta las consideraciones anteriores, estimaremos un valor aproximado de la corriente



equivalente que toma un tren en marcha energizada.

De los cuadros desarrollados en el capítulo 1, punto 1.1.2, potencia y energía, se deduce que la potencia máxima consumida se da durante el arranque del tren. Por ende tenemos:

Para 3 coches..... 100 A

Para 7 coches..... 200 A

El valor eficaz de la onda triangular puede obtenerse de la fórmula (serie de Fourier): $A \times 0,577$ (siendo A, el valor máximo)

$100 \times 0,577 \sim 58 \text{ A}$ (Para tres coches)

$200 \times 0,577 \sim 115,4 \text{ A}$ (Para siete coches)

Redondeando estos valores a 55 A y 130 A respectivamente, la capacidad necesaria del autotransformador para una sección ferroviaria atendida por trenes de tres coches será:

$$C.AT = 55 \times 25 = 1375 \text{ kVA}$$

Y para el caso de 7 coches:

$$C.AT = 115 \times 25 = 2875 \text{ kVA}$$

II.3. Reajuste de la Capacidad del AT conforme al Diagrama Horario de Trenes

De acuerdo con lo mencionado en el capítulo 1 sobre la frecuencia de trenes, se había citado de que la misma sea de un tren cada 40 minutos, en horario pico, por lo que seguidamente planteamos un posible diagrama horario, en el cual se observa que, en la estación Abasto se produce el encuentro de trenes, por lo que se deberá realizar un sistema de doble vía para permitir dicho entrecruzamiento.

II.3.1. Posible - Diagrama Horario

ESTACIÓN	NÚMERO	HORA T1 IDA	HORA T1 VUELTA	HORA T2 IDA	HORA T2 VUELTA	HORA T3 IDA
La Plata	1	05:59	07:35	06:39	08:25	07:19
Tolosa	2	06:02	07:32	06:42	08:22	07:22
Ringuelet	3	06:05	07:29	06:45	08:19	07:25
Hernández	4	06:09	07:25	06:49	08:15	07:29
M. Romero	5	06:15	07:19	07:05	08:09	07:35
Abasto	6	06:22	07:12	07:12	08:02	07:42
km. 65	7	06:29	07:05	07:19	07:55	07:49
Gómez	8	06:33	07:01	07:23	07:51	07:53
km. 82	9	06:40	06:54	07:30	07:44	08:00
Brandsen	10	06:44	06:50	07:34	07:40	08:04



Se observa en el diagrama anterior la circulación de 3 trenes en esta sección ferroviaria, y si efectuamos el cálculo en base del supuesto que la capacidad del autotransformador sea proporcional al número de trenes que circulan por esta sección, se observa en el gráfico anterior que el autotransformador 2 es el más solicitado, ya que, un tren está acelerando hacia la plata y el otro hacia Brandsen:

$$1375 \text{ kVA} \times 2 = 2750 \text{ kVA}$$

Por lo tanto, se ha determinado establecer la capacidad del AT en 3000 kVA.

En el futuro los dos trenes se compondrán de 7 coches, implicando una tasa de aumento de 100%:

La capacidad necesaria del AT será de:

$$2750 \times 2 = 5500 \text{ kVA}$$

Por ende, llegado ese momento, se podrá adicionar otro AT de 3000 kVA.



Anexo III: cálculo de poste de suspensión de una ménsula

1. Cálculo de las hipótesis para un vano recto de 60 metros:

FN. 1

- Cargas permanentes.
Cargas adicionales (Si existen). No aplica.
- Carga del viento máximo en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los elementos de cabecera y sobre los cables de las semilongitudes adyacentes.

FN. 2

- Cargas permanentes.
- Carga del viento máximo en dirección perpendicular al eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste y los elementos de cabecera.

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_P$$

$$F_t = (2 \times (23,29 \text{ kg} + 22,63 \text{ kg}) + 3,32 \text{ kg}) + ((2 \times 32,35 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 23,47 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 17,60 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 5,66 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 466,77 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(46,57 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (45,25 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (64,69 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (140,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (35,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,66 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 314,80 \text{ kg}$$

En una ménsula de tipo A este valor será considerado positivo porque se suma al empuje que produce el peso de la ménsula y la catenaria sobre el poste, mientras que en las ménsulas tipo B será negativo, porque se opone a esa carga.



Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula A:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PÉND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)]/hp$$

$$D_v = [(2 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (33,84 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 35,12 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_v = 35,12 \text{ kg} + 10,12 \text{ kg} + 314,80 \text{ kg} = 360,04 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (360,04 \text{ kg})^2} = 360,04 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos un poste de 3350 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{3350 \text{ kg}}{360,04 \text{ kg}} = 9,30 \text{ Verifica}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula B:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PÉND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)]/hp$$

$$D_v = [(2 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 2,85 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 32,64$$



kg

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v - T_B + C_{vc} = 32,64 \text{ kg} - 10,12 \text{ kg} + 314,80 \text{ kg} = 337,32 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (337,32 \text{ kg})^2} = 337,32 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{337,32 \text{ kg}} = 9,93 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

- Cargas permanentes: conductores, cadenas de aisladores, ménsulas.
- Cargas adicionales (Si existen).

No aplica.

- Carga del viento máximo en dirección perpendicular al eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste y los elementos de cabecera.

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_P =$$

$$F_l = 0,56 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,45 + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,64 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,41 + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 5,66 + 107,49 = 179,37 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times$$



$$h_{pend}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + (F_P \times h_{CGP})]/hp$$

$$Cvc = [(0,56 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,45 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,41 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,66 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 101,08 \text{ kg}$$

Ménsula A:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)]/hp$$

$$D_v = [(2 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (33,84 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 35,12 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T_A = 35,12 \text{ kg} + 10,12 \text{ kg} = 45,24 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = Cvc = 101,08 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(45,24 \text{ kg})^2 + (101,08 \text{ kg})^2} = 110,74 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{110,74 \text{ kg}} = 30,25 \quad \text{Verifica}$$

Ménsula B:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} +$$



$$I_{\text{mens.3}}) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{PÉND.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG}) / \text{hp}$$

$$D_v = [(2 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 2,85 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 32,64 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v - T_B = 32,64 \text{ kg} - 10,12 \text{ kg} = 22,52 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 96,94 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(22,52 \text{ kg})^2 + (101,08 \text{ kg})^2} = 103,55 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{103,55 \text{ kg}} = 32,35 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

Es similar a la hipótesis normal n°1, pero consideramos el corte de un conductor, es decir que tenemos un semivano menos:

- Cargas adicionales (Si existen): no aplica porque no se considera manguito de hielo.
- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la



composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(40,74 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (30,36 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (30,36 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 140,7 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 13538,6 \text{ kgm} + 140,7 \text{ kgm} = 13679,4 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13679,4 \text{ kgm} + \sqrt{(13679,4 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14308,3 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima: 14308,3

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14308,3 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1475,1 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$



$$\frac{3350 \text{ kg}}{1475,1 \text{ kg}} = 2,27 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

2. Calculo de las hipótesis para un vano curvo de 50 metros:

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_P$$

$$F_t = (2 \times (19,41 \text{ kg} + 18,86 \text{ kg}) + 3,32 \text{ kg}) + ((2 \times 26,95 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 19,56 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 14,67 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 6,18 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 411,87 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})]/h_p$$

$$C_{vc} = [(38,81 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (37,71 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (53,91 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (117,35 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (29,34 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (6,18 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 274,48 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist.}_{CG})]/h_p$$

$$D_v = [(2 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 31,14$$



kg

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 31,14 \text{ kg} + 99,93 \text{ kg} + 274,48 \text{ kg} = 405,54 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (405,54 \text{ kg})^2} = 405,54 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{405,54 \text{ kg}} = 8,26 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_P =$$

$$F_l = 0,43 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,33 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,22 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,31 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 6,18 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 179,12 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$



$$Cvc = [(0,43 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,33 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,22 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,31 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (6,18 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 100,83 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)] / hp$$

$$D_v = [(2 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 31,14 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + TA = 31,14 \text{ kg} + 99,93 \text{ kg} = 131,07 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = Cvc = 100,83 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(131,07 \text{ kg})^2 + (100,83 \text{ kg})^2} = 165,36 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{165,36 \text{ kg}} = 20,26 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias.



FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(33,95 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (25,30 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (16,64 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 121 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 13538,6 \text{ kgm} + 121 \text{ kgm} = 13659,7 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13659,7 \text{ kgm} + \sqrt{(13659,7 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14289,4 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:



$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14289,4 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1473,1 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1473,1 \text{ kg}} = 2,27 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

3. Calculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 40 metros:

Se utiliza para radios de curva de 500 m a 1000 m. Caso más desfavorable R = 500 m.

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_P$$

$$F_t = (2 \times (15,52 \text{ kg} + 15,08 \text{ kg}) + 3,32 \text{ kg}) + ((2 \times 21,56 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 15,65 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 11,74 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 5,90 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 356,17 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})]/hp$$

$$C_{vc} = [(31,05 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (30,17 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (43,13 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (93,88 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (23,47 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,90 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 233,66 \text{ kg}$$



Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PÉND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)]/hp$$

$$D_v = [(2 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (6,28 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (33,84 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 26,63 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 26,63 \text{ kg} + 159,74 \text{ kg} + 233,66 \text{ kg} = 420,03 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (420,03 \text{ kg})^2} = 420,03 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{420,03 \text{ kg}} = 7,98 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = (F_{LS} + F_{LC} + aisl. + mens.) + (F_{LA} + aisl. + mens.) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times aisl.) + mens.) + (F_{LP} + aisl.) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_P =$$

$$F_l = 0,32 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,23 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} + 9,09 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} +$$



$$0,21 + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 5,90 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 178,13 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$\begin{aligned} C_{vc} = & [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) \\ & + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times \\ & h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{vc} = & [(0,56 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \\ & \text{kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (9,09 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + \\ & (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,90 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \\ & \text{m})] / 9,70 \text{ m} = 100,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$\begin{aligned} D_v = & [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + \\ & I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{PÉND.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens.}} \\ & \text{LA/LP} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_v = & [(2 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) \\ & + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + \\ & (6,28 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (33,84 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 26,63 \\ & \text{kg} \end{aligned}$$

$$F_t = D_v + T_A = 26,63 \text{ kg} + 159,74 \text{ kg} = 186,37 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 100,12 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(186,37 \text{ kg})^2 + (100,12 \text{ kg})^2} = 211,56 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{211,56 \text{ kg}} = 15,83$$

Verifica



FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(27,16 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (18,69 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (20,24 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (14,74 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 99,6 \text{ kgm}$$



$$M_f = M_{f_1} + M_{f_2} = 13538,6 \text{ kgm} + 99,6 \text{ kgm} = 13638,3 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13638,3 \text{ kgm} + \sqrt{(13638,3 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14268,9 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14268,9 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1471,0 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$C_n: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1471,0 \text{ kg}} = 2,28 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

4. Calculo de las hipótesis para un vano curvo de 30 metros:

Se utiliza para radios de curva de 300 m a 500 m. Caso más desfavorable R = 300 m.

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_P$$

$$F_t = (2 \times (11,64 \text{ kg} + 11,31 \text{ kg}) + 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 16,17 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 11,74 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 8,80 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 5,00 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 299,83 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) +$$



$$(F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{\text{CGP}})]/hp$$

$$\begin{aligned} Cvc = & [(23,29 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (22,63 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (32,35 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + \\ & (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (70,41 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times \\ & 7,14 \text{ m}) + (17,60 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,00 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \\ & \text{kg} \times 4,57 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 192,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$\begin{aligned} D_v = & [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + ((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + ((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + \\ & I_{\text{mens.3}}) + ((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens.}} \\ & \text{LA/LP} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/hp \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_v = & [(2 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + ((2 \times 2,85 \text{ kg}) + \\ & 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + \\ & (5,38 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 21,88 \\ & \text{kg} \end{aligned}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + TA + Cvc = 21,88 \text{ kg} + 199,50 \text{ kg} + 192,44 \text{ kg} = 413,82 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (413,82 \text{ kg})^2} = 413,82 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{413,82 \text{ kg}} = 8,10 \quad \text{Verifica}$$



FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_P =$$

$$F_I = 0,32 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,23 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,21 + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 5,90 + 107,49 \text{ kg} = 178,13 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{VC} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{VC} = [(0,32 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,00 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 99,54 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{PÉND.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist.}_{CG})] / h_p$$

$$D_v = [(2 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,38 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 21,88 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T_A = 21,88 \text{ kg} + 199,50 \text{ kg} = 221,38 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{VC} = 99,54 \text{ kg}$$



Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(221,38 \text{ kg})^2 + (99,54 \text{ kg})^2} = 242,73 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{242,73 \text{ kg}} = 13,80 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$



$$M_t = ((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f_1} = ((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f_2} = [(20,37 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (16,73 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (15,18 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (12,84 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 78,8 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f_1} + M_{f_2} = 13538,6 \text{ kgm} + 78,8 \text{ kgm} = 13617,4 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13617,4 \text{ kgm} + \sqrt{(13617,4 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14248,9 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14248,9 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1469,0 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$C_n: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1469,0 \text{ kg}} = 2,28 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo).

2.2.1 Cálculo de los postes de suspensión de dos ménsulas:

(1) Calculo de las hipótesis para un vano recto de 60 metros:

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) +$$



mens.) + (2 x F_{LP}) + aisl.) + F_{MORS.} + 2 x F_{PÉND.} + F_P

$$F_t = (4 \times (23,29 \text{ kg} + 22,63 \text{ kg}) + 2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 32,35 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 23,47 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 17,60 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 5,66 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 567,48 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(4 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (4 \times F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(93,15 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (90,51 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (64,69 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (140,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (9,09 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (35,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,31 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 377,88 \text{ kg}$$

Con ambas ménsulas A, es determinante.

Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula A (tenemos ambas ménsulas en un poste):

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{PÉND.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist.}_{CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (67,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 66,27 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 66,27 \text{ kg} + 20,24 \text{ kg} + 377,88 \text{ kg} = 464,39 \text{ kg}$$



Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_I^2} = \sqrt{0 + (464,39 \text{ kg})^2} = 464,39 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos un poste de 3350 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{3350 \text{ kg}}{464,39 \text{ kg}} = 7,21 \quad \text{Verifica}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula B (tenemos ambas ménsulas en un poste):

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + ((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}] + ((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}}) + ((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}} + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG}) / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 2,85 \text{ m}) + ((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + ((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) + ((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 61,31 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_v = 61,31 \text{ kg} - 20,24 \text{ kg} + 377,88 \text{ kg} = 429,07 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_I^2} = \sqrt{0 + (429,07 \text{ kg})^2} = 429,07 \text{ kg}$$



Coeficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$\frac{3350 \text{ kg}}{429,07 \text{ kg}} = 7,81 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P =$$

$$F_I = 1,12 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,45 + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,64 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,41 + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 11,31 + 107,49 = 216,16 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{VC} = [2 \times (F_{LS} \times h_{LS}) + 2 \times (F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{VC} = [(1,12 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,45 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,41 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,31 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 122,36 \text{ kg}$$

Ménsula A:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_V = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist.}_{CG})] / h_p$$

$$D_V = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (67,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 66,27 \text{ kg}$$



$$F_t = D_v + T_A = 66,27 \text{ kg} + 20,24 \text{ kg} = 86,51 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 122,36 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(86,51 \text{ kg})^2 + (122,36 \text{ kg})^2} = 149,85 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{149,85 \text{ kg}} = 22,36 \quad \text{Verifica}$$

Ménsula B:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times l_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times l_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (l_{mens.1} + l_{mens.2} + l_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times l_{mens.}) + (P_{MORS.} \times l_{mens.}) + 2 \times (P_{PEND.} \times l_{mens.}) + 2 \times (P_{mens. LS/LC} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LA/LP} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LDF} \times \text{dist. CG})]/h_p$$

$$D_v = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 2,85 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 61,31 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v - T_B = 61,31 \text{ kg} - 20,24 \text{ kg} = 41,07 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 122,36 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(41,07 \text{ kg})^2 + (122,36 \text{ kg})^2} = 129,07 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$



$$\frac{3350 \text{ kg}}{129,07 \text{ kg}} = 25,95$$

Verifica

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$



$$Mf_2 = [(61,11 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (30,36 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (18,54 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 251,3 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 13538,6 \text{ kgm} + 251,3 \text{ kgm} = 13790,0 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13790,0 \text{ kgm} + \sqrt{(13790,0 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14414,2 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14414,2 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1486,0 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1486,0 \text{ kg}} = 2,25 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

(2) Cálculo de las hipótesis para un vano curvo de 50 metros:

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$Ft = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P$$

$$Ft = (2 \times (19,41 \text{ kg} + 18,86 \text{ kg}) + 3,32 \text{ kg}) + ((2 \times 26,95 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 19,56 \text{ kg}) + (3 \times 3,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 14,67 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 6,18 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 497,80 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$Cvc = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) +$$



$$(F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{\text{CGP}})]/hp$$

$$\begin{aligned} Cvc = & [(77,62 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (75,42 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (53,91 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + \\ & (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (117,35 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times \\ & 7,14 \text{ m}) + (29,34 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (6,18 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \\ & \text{kg} \times 4,57 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 328,03 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$\begin{aligned} D_v = & [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + ((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + ((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + \\ & I_{\text{mens.3}}) + ((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + \\ & (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/hp \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_v = & [(4 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + ((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + ((2 \times 4,75 \text{ kg}) \\ & + 16,35 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) + ((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + \\ & (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,68 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 56,25 \\ & \text{kg} \end{aligned}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$Ft = Dv + 2 \times TA + Cvc = 56,25 \text{ kg} + 199,86 \text{ kg} + 328,03 \text{ kg} = 584,14 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (Fl) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (584,14 \text{ kg})^2} = 584,14 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{584,14 \text{ kg}} = 5,73 \text{ Verifica}$$



FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_P =$$

$$F_l = 0,87 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,33 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,22 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,31 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 12,36 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 216,31 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$Cvc = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$Cvc = [(0,87 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,33 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,22 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,31 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (12,36 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 122,11 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PÉND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 16,35 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,68 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 56,25 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + 2 \times TA = 56,25 \text{ kg} + 199,86 \text{ kg} = 256,11 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = Cvc = 122,11 \text{ kg}$$



Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(256,11 \text{ kg})^2 + (122,11 \text{ kg})^2} = 283,73 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{283,73 \text{ kg}} = 11,81 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Cálculo de las hipótesis extraordinarias.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = \frac{1}{2} \times ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$



$$Mf_1 = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$Mf_2 = [(50,93 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (25,30 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (25,85 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 181,4 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 13538,6 \text{ kgm} + 181,4 \text{ kgm} = 13720,0 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13720,0 \text{ kgm} + \sqrt{(13720,0 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14347,2 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14347,2 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1479,1 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1479,1 \text{ kg}} = 2,26 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

(3) Cálculo de las hipótesis para un vano curvo de 40 metros:

Se utiliza para radios de curva de 500 m a 1000 m. Caso más desfavorable R = 500 m.

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$Ft = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P$$

$$Ft = (4 \times (15,52 \text{ kg} + 15,08 \text{ kg}) + 2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 21,56 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 15,65$$



$$\text{kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 11,74 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 5,90 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 426,52 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$\begin{aligned} C_{vc} = & [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + \\ & (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + \\ & (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{vc} = & [(62,10 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (60,34 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (43,13 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + \\ & (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (93,88 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times \\ & 7,14 \text{ m}) + (23,47 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,81 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \\ & \text{kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 277,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$\begin{aligned} D_v = & [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + \\ & I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + \\ & (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_v = & [(4 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) \\ & + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + \\ & (12,56 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 49,38 \\ & \text{kg} \end{aligned}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + 2 \times T_A + C_{vc} = 49,38 \text{ kg} + 319,49 \text{ kg} + 277,67 \text{ kg} = 646,54 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (646,54 \text{ kg})^2} = 646,54 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:



$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{646,54 \text{ kg}} = 5,18 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P =$$

$$F_I = 0,64 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,23 + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,82 + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,21 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 5,90 + 107,49 = 214,92 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [2 \times (F_{LS} \times h_{LS}) + 2 \times (F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(0,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,81 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 121,39 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (12,56 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 49,38 \text{ kg}$$



$$F_t = D_v + 2 \times T_A = 49,38 \text{ kg} + 319,49 \text{ kg} = 368,87 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 121,39 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(368,87 \text{ kg})^2 + (121,39 \text{ kg})^2} = 388,33 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{388,33 \text{ kg}} = 8,63 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$



$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(40,74 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (18,69 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (20,24 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (14,74 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 189,8 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 13538,6 \text{ kgm} + 189,8 \text{ kgm} = 13728,5 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13728,5 \text{ kgm} + \sqrt{(13728,5 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14355,3 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14355,3 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1479,9 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1479,9 \text{ kg}} = 2,26 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

(4) Cálculo de las hipótesis para un vano curvo de 30 metros:

Se utiliza para radios de curva entre 300 m y 500 m. Caso más desfavorable R = 300 m.



FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P$$

$$F_t = (4 \times (11,64 \text{ kg} + 11,31 \text{ kg}) + 2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 16,17 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 11,74 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 8,80 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 5,00 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 453,97 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(4 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (4 \times F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})]/h_p$$

$$C_{vc} = [(46,57 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (45,25 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (32,35 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (70,41 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (17,60 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (9,99 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 353,97 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/h_p$$

$$D_v = [(4 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (10,76 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 41,96 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.



$$F_t = D_v + 2 \times T_A + C_{vc} = 41,96 \text{ kg} + 399,00 \text{ kg} + 226,26 \text{ kg} = 667,22 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (667,22 \text{ kg})^2} = 667,22 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{667,22 \text{ kg}} = 5,02 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P =$$

$$F_l = 0,64 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,23 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,21 + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 5,90 + 107,49 = 214,92 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(0,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (9,99 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 120,25 \text{ kg}$$



Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + 2 \times (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)]/hp$$

$$D_v = [(4 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (10,76 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 41,96 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + 2 \times TA = 41,96 \text{ kg} + 399,00 \text{ kg} = 440,96 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = Cvc = 120,25 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(440,96 \text{ kg})^2 + (120,25 \text{ kg})^2} = 457,06 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{457,06 \text{ kg}} = 7,33 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:



$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(30,56 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (16,73 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (15,18 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (12,84 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 158,8 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 13538,6 \text{ kgm} + 158,8 \text{ kgm} = 13697,5 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13697,5 \text{ kgm} + \sqrt{(13697,5 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14325,6 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14325,6 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1476,9 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1476,9 \text{ kg}} = 2,27 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo).



Anexo IV: cálculo poste de suspensión de dos ménsulas

1. Cálculo de las hipótesis para un vano recto de 60 metros:

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P$$

$$F_t = (4 \times (23,29 \text{ kg} + 22,63 \text{ kg}) + 2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 32,35 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 23,47 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 17,60 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 5,66 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 567,48 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(4 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (4 \times F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(93,15 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (90,51 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (64,69 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (140,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (9,09 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (35,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,31 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 377,88 \text{ kg}$$

Con ambas ménsulas A, es determinante.

Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula A (tenemos ambas ménsulas en un poste):

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (67,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 66,27$$



kg

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 66,27 \text{ kg} + 20,24 \text{ kg} + 377,88 \text{ kg} = 464,39 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (464,39 \text{ kg})^2} = 464,39 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos un poste de 3350 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{3350 \text{ kg}}{464,39 \text{ kg}} = 7,21 \quad \text{Verifica}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula B (tenemos ambas ménsulas en un poste):

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + ((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + ((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3}) + ((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + 2 \times (P_{mens. LS/LC} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LA/LP} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LDF} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 2,85 \text{ m}) + ((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + ((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) + ((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 61,31 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.



$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 61,31 \text{ kg} - 20,24 \text{ kg} + 377,88 \text{ kg} = 429,07 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (429,07 \text{ kg})^2} = 429,07 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$\frac{3350 \text{ kg}}{429,07 \text{ kg}} = 7,81 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P =$$

$$F_l = 1,12 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,45 + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,64 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,41 + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 11,31 + 107,49 = 216,16 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [2 \times (F_{LS} \times h_{LS}) + 2 \times (F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(1,12 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,45 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,41 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,31 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 122,36 \text{ kg}$$

Ménsula A:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist.}_{CG}) +$$



$$(P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG}) / \text{hp}$$

$$D_v = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (67,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 66,27 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T_A = 66,27 \text{ kg} + 20,24 \text{ kg} = 86,51 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 122,36 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(86,51 \text{ kg})^2 + (122,36 \text{ kg})^2} = 149,85 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{149,85 \text{ kg}} = 22,36 \quad \text{Verifica}$$

Ménsula B:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / \text{hp}$$

$$D_v = [(4 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 2,85 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (2 \times 5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 61,31 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v - T_B = 61,31 \text{ kg} - 20,24 \text{ kg} = 41,07 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 122,36 \text{ kg}$$



Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(41,07 \text{ kg})^2 + (122,36 \text{ kg})^2} = 129,07 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{129,07 \text{ kg}} = 25,95 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$



$$Mf_1 = ((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77$$

$$m = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$Mf_2 = [(61,11 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (30,36 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (18,54 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 251,3 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 13538,6 \text{ kgm} + 251,3 \text{ kgm} = 13790,0 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13790,0 \text{ kgm} + \sqrt{(13790,0 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14414,2 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14414,2 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1486,0 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1486,0 \text{ kg}} = 2,25 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

2. Calculo de las hipótesis para un vano curvo de 50 metros:

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$Ft = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PÉND.} + F_P$$

$$Ft = (2 \times (19,41 \text{ kg} + 18,86 \text{ kg}) + 3,32 \text{ kg}) + ((2 \times 26,95 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 19,56 \text{ kg}) + (3 \times 3,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 14,67 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 6,18 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 497,80 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:



$$Cvc = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{mens. LS/LC} \times h_{CGmens.}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{aisl.LA} \times h_{aisl.}) + (F_{mens.LA} \times h_{CGmens.}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) + (F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + (F_P \times h_{CGP})]/hp$$

$$Cvc = [(77,62 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (75,42 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (53,91 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (117,35 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (29,34 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (6,18 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 328,03 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + 2 \times (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)]/hp$$

$$D_v = [(4 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 16,35 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,68 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 56,25 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + 2 \times TA + Cvc = 56,25 \text{ kg} + 199,86 \text{ kg} + 328,03 \text{ kg} = 584,14 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (584,14 \text{ kg})^2} = 584,14 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$



$$\frac{3350 \text{ kg}}{584,14 \text{ kg}} = 5,73 \text{ Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_P =$$

$$F_I = 0,87 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,33 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,22 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,31 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 12,36 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 216,31 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{VC} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl. LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens. LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl. LDF}} \times h_{\text{aisl. LDF}}) + (F_{\text{mens. LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl. LP}} \times h_{\text{aisl. LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{VC} = [(0,87 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,33 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,22 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,31 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (12,36 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 122,11 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 16,35 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,68 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 56,25 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + 2 \times TA = 56,25 \text{ kg} + 199,86 \text{ kg} = 256,11 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{VC} = 122,11 \text{ kg}$$



Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(256,11 \text{ kg})^2 + (122,11 \text{ kg})^2} = 283,73 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{283,73 \text{ kg}} = 11,81 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = \frac{1}{2} \times ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$



$$Mf_1 = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$Mf_2 = [(50,93 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (25,30 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (25,85 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 181,4 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 13538,6 \text{ kgm} + 181,4 \text{ kgm} = 13720,0 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13720,0 \text{ kgm} + \sqrt{(13720,0 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14347,2 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14347,2 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1479,1 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1479,1 \text{ kg}} = 2,26 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

3. Calculo de las hipótesis para un vano curvo de 40 metros:

Se utiliza para radios de curva de 500 m a 1000 m. Caso más desfavorable R = 500 m.

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$Ft = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P$$

$$Ft = (4 \times (15,52 \text{ kg} + 15,08 \text{ kg}) + 2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 21,56 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 15,65 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 11,74 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 5,90 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 426,52 \text{ kg}$$



Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(62,10 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (60,34 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (43,13 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (93,88 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (23,47 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,81 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 277,67 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (12,56 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 49,38 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + 2 \times T_A + C_{vc} = 49,38 \text{ kg} + 319,49 \text{ kg} + 277,67 \text{ kg} = 646,54 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (646,54 \text{ kg})^2} = 646,54 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$



$$\frac{3350 \text{ kg}}{646,54 \text{ kg}} = 5,18 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P =$$

$$F_I = 0,64 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,23 + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,82 + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,21 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 5,90 + 107,49 = 214,92 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{VC} = [2 \times (F_{LS} \times h_{LS}) + 2 \times (F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{VC} = [(0,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,81 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 121,39 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (12,56 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 49,38 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + 2 \times T_A = 49,38 \text{ kg} + 319,49 \text{ kg} = 368,87 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{VC} = 121,39 \text{ kg}$$



Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(368,87 \text{ kg})^2 + (121,39 \text{ kg})^2} = 388,33 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{388,33 \text{ kg}} = 8,63 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$



$$Mf_1 = ((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$Mf_2 = [(40,74 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (18,69 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (20,24 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (14,74 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 189,8 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 13538,6 \text{ kgm} + 189,8 \text{ kgm} = 13728,5 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13728,5 \text{ kgm} + \sqrt{(13728,5 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14355,3 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14355,3 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1479,9 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1479,9 \text{ kg}} = 2,26 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

4. Calculo de las hipótesis para un vano curvo de 30 metros:

Se utiliza para radios de curva entre 300 m y 500 m. Caso más desfavorable R = 300 m.

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (4 \times (F_{LS} + F_{LC}) + 2 \times (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P$$

$$F_t = (4 \times (11,64 \text{ kg} + 11,31 \text{ kg}) + 2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 16,17 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 11,74 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 8,80 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 2 \times 5,00 \text{ kg} + 107,49 \text{ kg} = 453,97 \text{ kg}$$



Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(4 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (4 \times F_{LC} \times h_{LC}) + 2 \times (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(46,57 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (45,25 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (6,45 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (32,35 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (70,41 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (17,60 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (9,99 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 353,97 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (10,76 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 41,96 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + 2 \times T_A + C_{vc} = 41,96 \text{ kg} + 399,00 \text{ kg} + 226,26 \text{ kg} = 667,22 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{0 + (667,22 \text{ kg})^2} = 667,22 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$



$$\frac{3350 \text{ kg}}{667,22 \text{ kg}} = 5,02 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P =$$

$$F_I = 0,64 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 61,12 \text{ kg} + 0,23 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,21 + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 5,90 + 107,49 = 214,92 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{VC} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl. LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens. LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl. LDF}} \times h_{\text{aisl. LDF}}) + (F_{\text{mens. LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl. LP}} \times h_{\text{aisl. LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{VC} = [(0,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (61,12 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (9,99 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (107,49 \text{ kg} \times 4,57 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 120,25 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(4 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + 2 \times (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(4 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,20 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (10,76 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 41,96 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + 2 \times TA = 41,96 \text{ kg} + 399,00 \text{ kg} = 440,96 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{VC} = 120,25 \text{ kg}$$



Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(440,96 \text{ kg})^2 + (120,25 \text{ kg})^2} = 457,06 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{457,06 \text{ kg}} = 7,33 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m} = 5999,4 \text{ kgm}$$



$$Mf_1 = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$Mf_2 = [(30,56 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (16,73 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (15,18 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (12,84 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 158,8 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 13538,6 \text{ kgm} + 158,8 \text{ kgm} = 13697,5 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (13697,5 \text{ kgm} + \sqrt{(13697,5 \text{ kgm})^2 + (5999,4 \text{ kgm})^2}) = 14325,6 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{14325,6 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1476,9 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{3350 \text{ kg}}{1476,9 \text{ kg}} = 2,27 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo).



Anexo V: cálculo de poste de suspensión de fin de cantón

1. Cálculo de las hipótesis normales para un vano recto de 60 metros:

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (3 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 1,5 F_{P\acute{E}ND.} + F_{riendas} + F_{yugo-aisladores-contrapesos} + F_P$$

$$F_t = (3 \times (23,29 \text{ kg} + 22,63 \text{ kg}) + 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 32,35 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 23,47 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 17,60 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + (1,5 \times 5,66 \text{ kg}) + 6,29 \text{ kg} + 190,89 \text{ kg} + 151,76 \text{ kg} = 756,97 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(3 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (3 \times F_{LC} \times h_{LC}) + F_{mens. LS/LC} \times h_{CGmens.} + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{aisl.LA} \times h_{aisl.}) + (F_{mens.LA} \times h_{CGmens.}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (6 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) + (1,5 \times F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + (F_{rienda} \times h_{med}) + (F_{cont} \times h_{med}) + (F_P \times h_{CGP})]/h_p$$

$$C_{vc} = [(69,86 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (67,88 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (64,69 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (140,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (35,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (1,5 \times 5,66 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (6,29 \text{ kg} \times 2,80 \text{ m}) + (190,89 \text{ kg} \times 6,09 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 489,07 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula A:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + ((P_{LS} + P_{LC}) \times I_{medVano}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{P\acute{E}ND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LA/LP} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LDF} \times \text{dist. CG})]/h_p$$

$$D_v = [(3 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + ((23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (8,46 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (33,84 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 49,27 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del



poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 49,27 \text{ kg} + 10,12 \text{ kg} + 489,07 \text{ kg} = 548,46 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales (FI)} = ((F_{rienda} \times I_{med1}) + (F_{cont} \times I_{med2}) + (S_{m_{LS/LC}} \times c_{m_{SM}})) / h_p / h_p$$

$$FI = ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 15,00 \text{ m}) / 9,7 \text{ m} = 82,23 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + FI^2} = \sqrt{(548,46 \text{ kg})^2 + (82,23 \text{ kg})^2} = 554,59 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos un poste de 4150 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{4150 \text{ kg}}{554,59 \text{ kg}} = 7,48 \quad \text{Verifica}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima para postes con ménsula B (tenemos ambas ménsulas en un poste):

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + ((P_{LS} + P_{LC}) \times I_{medVano}) + (((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) + (P_{mens. LA/LP} \times dist. CG) + (P_{mens. LDF} \times dist. CG)] / h_p$$

$$D_v = [(3 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + ((23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (8,46 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 44,61 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 44,61 \text{ kg} - 10,12 \text{ kg} + 489,07 \text{ kg} = 523,56 \text{ kg}$$



$$\text{Fuerzas longitudinales (FI)} = (F_{\text{rienda}} \times l_{\text{med1}}) + (F_{\text{cont}} \times l_{\text{med2}}) + (S_{m_{\text{LS/LC}}} \times c_{m_{\text{SM}}})/h_p$$

$$FI = ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 15 \text{ m}))/9,7 \text{ m} = 82,23 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + FI^2} = \sqrt{(523,56 \text{ kg})^2 + (82,23 \text{ kg})^2} = 529,98 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$\frac{4150 \text{ kg}}{529,98 \text{ kg}} = 7,83 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$FI = 2 \times (F_{\text{LS}} + F_{\text{LC}} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{\text{LA}} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{\text{LDF}}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{\text{LP}} + \text{aisl.}) + F_{\text{MORS.}} + 2 \times F_{\text{PEND.}} + F_{\text{riendas}} + F_{\text{yugo-aisladores-contrapesos}} + F_P =$$

$$FI = 1,12 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,45 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,64 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,41 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 11,31 \text{ kg} + 4,45 \text{ kg} + 97,79 \text{ kg} + 151,76 \text{ kg} = 332,11 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [2 \times (F_{\text{LS}} \times h_{\text{LS}}) + 2 \times (F_{\text{LC}} \times h_{\text{LC}}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{\text{CGmens.}}) + (F_{\text{LA}} \times h_{\text{LA}}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{\text{CGmens.}}) + (3 \times F_{\text{LDF}} \times h_{\text{LDF}}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{\text{CGmens.}}) + (F_{\text{LP}} \times h_{\text{LP}}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{\text{CGP}}) + (F_{\text{riendas}} \times h_{\text{cgm}}) + (F_{\text{yugo-aisladores-contrapesos}} \times h_{\text{cg yp}})]/h_p$$

$$C_{vc} = [(1,12 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,45 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,41 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,31 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (4,45 \text{ kg} \times 2,80 \text{ m}) + (97,79 \text{ kg} \times 6,09 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 187,96 \text{ kg}$$

Ménsula A:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{\text{LS}} + P_{\text{LC}}) \times l_{\text{mens.}}) + ((P_{\text{LS}} + P_{\text{LC}}) \times l_{\text{medVano}}) + (((2 \times P_{\text{LA}}) + \text{aisl.}) \times l_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{\text{LDF}}) + \text{aisl.}) \times (l_{\text{mens.1}} + l_{\text{mens.2}} + l_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{\text{LP}}) + \text{aisl.}) \times l_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times l_{\text{mens.}}) + (P_{\text{PEND.}} \times l_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times l_{\text{mens.}})]/h_p$$



$$\text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/\text{hp}$$

$$D_v = [(3 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + ((23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (8,46 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (33,84 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 49,27 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T_A = 49,27 \text{ kg} + 10,12 \text{ kg} = 59,39 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales (Fl)} = C_{vc} + ((F_{\text{rienda}} \times I_{\text{med1}}) + (F_{\text{cont}} \times I_{\text{med2}}) + (S_{m_{LS/LC}} \times c_{m_{SM}}))/\text{hp}$$

$$Fl = 187,96 \text{ kg} + ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 12,50 \text{ m})/9,70 \text{ m} = 270,19 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + Fl^2} = \sqrt{(59,39 \text{ kg})^2 + (270,19 \text{ kg})^2} = 276,64 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{276,64 \text{ kg}} = 15,00 \quad \text{Verifica}$$

Ménsula B:

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + ((P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{medVano}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/\text{hp}$$

$$D_v = [(3 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + ((23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 5,70 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (8,46 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (35,34 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 44,61 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v - T_B = 44,61 \text{ kg} - 10,12 \text{ kg} = 34,49 \text{ kg}$$



Fuerzas longitudinales = $Cvc + ((F_{rienda} \times l_{med1}) + (F_{cont} \times l_{med2}) + (Sm_{LS/LC} \times cm_{SM}))/hp$

$Fl = 187,96 \text{ kg} + ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 15,00 \text{ m}))/9,7$

$m = 270,19 \text{ kg}$

Fuerza total en la cima del poste:

$$Fc = \sqrt{Ft^2 + Fl^2} = \sqrt{(34,49 \text{ kg})^2 + (270,19 \text{ kg})^2} = 272,38 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{272,38 \text{ kg}} = 15,24 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = (((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1) + (P_{cont} \times h_{cont})$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = (((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1) + (P_{cont} \times cm_{cont})$$



$$M_t = (((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times l_1) + (P_{\text{cont}} \times cm_{\text{cont}}) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) = 6474,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f_1} = (((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1) + (P_{\text{cont}} \times h_{\text{cont}}) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 6,77 \text{ m}) = 16923,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f_2} = [(122,22 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (30,36 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (18,54 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 335,7 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f_1} + M_{f_2} = 13538,6 \text{ kgm} + 335,7 \text{ kgm} = 13259,3 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (16923,6 \text{ kgm} + \sqrt{(16923,6 \text{ kgm})^2 + (6474,4 \text{ kgm})^2}) = 17846,5 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{17846,5 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1839,8 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$C_n: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{1839,8 \text{ kg}} = 2,26 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

2. Calculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 50 metros:

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (3 \times (F_{LS} + F_{LC}) + (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{\text{MORS.}} + 1,5 \times F_{\text{PÉND.}} + F_{\text{riendas}} + F_{\text{yugo-aisladores-contrapesos}} + F_P$$

$$F_t = (2 \times (19,41 \text{ kg} + 18,86 \text{ kg}) + 3,32 \text{ kg}) + ((2 \times 26,95 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 19,56 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 14,67 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 1,5 \times 6,18 \text{ kg} + 6,29 \text{ kg} + 190,89 \text{ kg} +$$



$$151,76 \text{ kg} = 694,67 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(3 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (3 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 1,5 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP}) + (F_{\text{riendas}} \times h_{cgm}) + (F_{\text{yugo-aisladores-contrapesos}} \times h_{cgyp})]/h_p$$

$$C_{vc} = [(58,22 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (56,57 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (53,91 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (117,35 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (29,34 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (9,27 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (6,29 \text{ kg} \times 2,80 \text{ m}) + (190,89 \text{ kg} \times 6,09 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 444,11 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 1,5 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/h_p$$

$$D_v = [(3 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (9,65 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,68 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 42,99 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 42,99 \text{ kg} + 99,93 \text{ kg} + 444,11 \text{ kg} = 587,03 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales (FI)} = ((F_{\text{rienda}} \times I_{\text{med1}}) + (F_{\text{cont}} \times I_{\text{med2}}) + (S_{m_{LS/LC}} \times c_{m_{SM}}))/h_p$$

$$FI = ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 12,50 \text{ m}))/9,70 \text{ m} = 72,60 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + FI^2} = \sqrt{(587,03 \text{ kg})^2 + (72,60 \text{ kg})^2} = 591,50 \text{ kg}$$



Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{591,50 \text{ kg}} = 7,02 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$FI = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_P =$$

$$FI = 0,87 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,33 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,22 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,31 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 12,36 \text{ kg} + 151,76 \text{ kg} = 332,26 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$Cvc = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl. LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens. LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl. LDF}} \times h_{\text{aisl. LDF}}) + (F_{\text{mens. LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl. LP}} \times h_{\text{aisl. LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP}) + (F_{\text{rienda}} \times I_{\text{med1}}) + (F_{\text{cont}} \times I_{\text{med2}})]/hp$$

$$Cvc = [(0,87 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,33 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,22 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,31 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (12,36 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m}) + (6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 189,74 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + 1,5 \times (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/hp$$

$$D_v = [(3 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (9,65 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,68 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 42,99 \text{ kg}$$



$$F_t = D_v + T_A = 42,99 \text{ kg} + 99,93 \text{ kg} = 142,92 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales (Fl)} = C_{vc} + ((F_{rienda} \times l_{med1}) + (F_{cont} \times l_{med2}) + (S_{m_{LS/LC}} \times c_{m_{SM}})) / h_p$$

$$Fl = 189,74 \text{ kg} + ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 12,50 \text{ m}) / 9,70$$

$$m = 262,34 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + Fl^2} = \sqrt{(142,92 \text{ kg})^2 + (262,34 \text{ kg})^2} = 298,75 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{298,75 \text{ kg}} = 13,89$$

Verifica

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = (((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1) + (P_{cont} \times h_{cont})$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$



$$M_t = (((p_1 \times s_1) + (p_2 \times S_2)) \times l_1) + (P_{cont} \times cm_{cont})$$

$$M_t = (((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times l_1) + (P_{cont} \times cm_{cont}) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) = 6474,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f_1} = (((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1) + (P_{cont} \times h_{cont}) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 6,77 \text{ m}) = 16923,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f_2} = [(101,85 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (25,30 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (16,64 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 275,3 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f_1} + M_{f_2} = 16923,6 \text{ kgm} + 275,3 \text{ kgm} = 17198,9 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (17198,9 \text{ kgm} + \sqrt{(17198,9 \text{ kgm})^2 + (6474,4 \text{ kgm})^2}) = 17788,0 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{17788,0 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1833,8 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{1833,8 \text{ kg}} = 2,26 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

3. Calculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 40 metros:

Se utiliza en radios de curva entre 500 m y 1000 m. Caso más desfavorable R = 500 m.

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (3 \times (F_{LS} + F_{LC}) + (aisl. + mens.)) + ((2 \times F_{LA}) + aisl. + mens.) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times aisl.) + mens.) + (2 \times F_{LP}) + aisl.) + F_{MORS.} + 1,5 \times F_{P\acute{E}ND.} + F_{riendas} + F_{yugo-aisladores-contrapesos} + F_P$$



$$F_t = (4 \times (15,52 \text{ kg} + 15,08 \text{ kg}) + 2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 21,56 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 15,65 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 11,74 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 1,5 \times 5,90 \text{ kg} + 151,76 \text{ kg} = 631,18 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(3 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (3 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (1,5 \times F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP})]/h_p$$

$$C_{vc} = [(46,57 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (45,25 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (43,13 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (93,88 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,02 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (23,47 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (8,86 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 398,40 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 1,5 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist.}_{CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist.}_{CG})]/h_p$$

$$D_v = [(3 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (9,42 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 36,25 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 36,25 \text{ kg} + 159,74 \text{ kg} + 398,40 \text{ kg} = 594,39 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = $((F_{\text{rienda}} \times I_{\text{med1}}) + (F_{\text{cont}} \times I_{\text{med2}}) + (S_{m_{LS/LC}} \times c_{m_{SM}}))/h_p$

$$F_I = ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 10,00 \text{ m}))/9,70 \text{ m} = 64,73 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_I^2} = \sqrt{(594,39 \text{ kg})^2 + (64,73 \text{ kg})^2} = 597,91 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:



$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{597,91 \text{ kg}} = 6,94 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = 2 \times (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PEND.} + F_{riendas} + F_{yugo-aisladores-contrapesos} + F_P =$$

$$F_l = 0,64 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,23 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,21 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 11,81 \text{ kg} + 4,45 \text{ kg} + 97,79 \text{ kg} + 151,76 \text{ kg} = 330,87 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [2 \times (F_{LS} \times h_{LS}) + 2 \times (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{mens. LS/LC} \times h_{CGmens.}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{aisl.LA} \times h_{aisl.}) + (F_{mens.LA} \times h_{CGmens.}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) + 1,5 \times (F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + (F_P \times h_{CGP}) + F_{riendas} + F_{yugo-aisladores-contrapesos}] / h_p$$

$$C_{vc} = [(0,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (11,81 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (4,45 \text{ kg} \times 2,80 \text{ m}) + (97,79 \text{ kg} \times 6,09 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 186,92 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + 1,5 \times (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LA/LP} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LDF} \times \text{dist. CG})] / h_p$$

$$D_v = [(3 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 16,35 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (12,56 \text{ kg} \times 3,20 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})] / 9,7 \text{ m} = 36,25 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + TA = 36,25 \text{ kg} + 159,74 \text{ kg} = 196,00 \text{ kg}$$



Fuerzas longitudinales (FI) = Cvc + ((F_{rienda} x l_{med1}) + (F_{cont} x l_{med2}) + (Sm_{LS/LC} x cm_{SM}))/hp

$$FI = 186,92 \text{ kg} + ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 10,00 \text{ m}))/9,70$$

$$m = 251,64 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$Fc = \sqrt{F_t^2 + F_l^2} = \sqrt{(196,00 \text{ kg})^2 + (251,64 \text{ kg})^2} = 318,96 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{318,96 \text{ kg}} = 13,01 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = (((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1) + (P_{cont} \times hc)$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = (((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1) + (P_{cont} \times cm_{cont})$$

$$M_t = (((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1) + (P_{cont} \times cm_{cont}) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times$$



$$110 \text{ mm}^2) \times 3 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) = 6474,4 \text{ kgm}$$

$$Mf_1 = (((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1) + (P_{\text{cont}} \times hc) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 6,77 \text{ m}) = 16923,6 \text{ kgm}$$

$$Mf_2 = [(81,48 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (20,24 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (14,74 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 214,8 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 16923,6 \text{ kgm} + 214,8 \text{ kgm} = 17138,5 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (17138,5 \text{ kgm} + \sqrt{(17138,5 \text{ kgm})^2 + (6474,4 \text{ kgm})^2}) = 17729,5 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{17729,5 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1827,8 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{1827,8 \text{ kg}} = 2,27 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

4. Calculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 30 metros:

Se utiliza para radios de curva entre 300 m y 500 m. Caso más desfavorable R = 300 m.

FN. 1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$Ft = (3 \times (F_{LS} + F_{LC}) + (\text{aisl.} + \text{mens.})) + ((2 \times F_{LA}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 1,5 \times F_{P\acute{E}ND.} + F_{riendas} + F_{yugo-aisladores-contrapesos} + F_P$$

$$Ft = (3 \times (11,64 \text{ kg} + 11,31 \text{ kg}) + (2 \times 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 16,17 \text{ kg}) + 7,58 \text{ kg} + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 11,74 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 8,80 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 1 \text{ kg} + 1,5 \times 5,00 \text{ kg} + 6,29 \text{ kg} + 190,89 \text{ kg} + 151,76 \text{ kg} = 566,74 \text{ kg}$$



Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(3 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (3 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 1,5 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_P \times h_{CGP}) + F_{\text{riendas}} + F_{\text{yugo-aisladores-contrapesos}}]/h_p$$

$$C_{vc} = [(34,93 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (33,94 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (32,35 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (70,41 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (17,60 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (9,99 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (6,29 \text{ kg} \times 2,80 \text{ m}) + (190,89 \text{ kg} \times 6,09 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 352,08 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{MORS.}} \times I_{\text{mens.}}) + 1,5 \times (P_{\text{PEND.}} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LA/LP}} \times \text{dist. CG}) + (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG})]/h_p$$

$$D_v = [(3 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (10,76 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 29,15 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 29,15 \text{ kg} + 199,50 \text{ kg} + 352,08 \text{ kg} = 580,73 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = $((F_{\text{rienda}} \times I_{\text{med1}}) + (F_{\text{cont}} \times I_{\text{med2}}) + (S_{m_{LS/LC}} \times c_{m_{SM}}))/h_p$

$$F_I = ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 7,50 \text{ m}))/9,70 \text{ m} = 58,60 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_I^2} = \sqrt{(579,04 \text{ kg})^2 + (58,60 \text{ kg})^2} = 583,68 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:



$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{583,68 \text{ kg}} = 7,02 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = 2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + (\text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + 2 \times F_{PÉND.} + F_{riendas} + F_{yugo-aisladores-contrapesos} + F_P$$

$$F_I = 0,43 \text{ kg} + 0,02 \text{ kg} + 30,56 \text{ kg} + 0,14 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 0,49 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,14 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 9,99 \text{ kg} + 4,45 \text{ kg} + 97,79 \text{ kg} + 151,76 \text{ kg} = 328,37 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{mens. LS/LC} \times h_{CGmens.}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{aisl.LA} \times h_{aisl.}) + (F_{mens.LA} \times h_{CGmens.}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) + (2 \times F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + F_{riendas} + F_{yugo-aisladores-contrapesos} + (F_P \times h_{CGP})]/h_p$$

$$C_{vc} = [(0,43 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,02 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (30,56 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,14 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (0,49 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,14 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (9,99 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (4,45 \text{ kg} \times 2,80 \text{ m}) + (97,79 \text{ kg} \times 6,09 \text{ m}) + (151,76 \text{ kg} \times 4,64 \text{ m})]/9,70 \text{ m} = 187,13 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(3 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + 1,5 \times (P_{PÉND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LA/LP} \times \text{dist. CG}) + (P_{mens. LDF} \times \text{dist. CG})]/h_p$$

$$D_v = [(3 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 32,85 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) + (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (1 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (10,76 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) + (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m})]/9,7 \text{ m} = 29,15$$

$$F_t = D_v + T_A = 29,15 \text{ kg} + 199,50 \text{ kg} = 228,65 \text{ kg}$$



Fuerzas longitudinales (FI) = Cvc + ((F_{rienda} x l_{med1}) + (F_{cont} x l_{med2}) + (Sm_{LS/LC} x cm_{SM}))/hp

$$FI = 187,13 \text{ kg} + ((6,09 \text{ kg} \times 2,8 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) + ((11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 7,50 \text{ m}))/9,70 \text{ m}$$

$$= 245,73 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$Fc = \sqrt{Ft^2 + FI^2} = \sqrt{(228,65 \text{ kg})^2 + (245,73 \text{ kg})^2} = 335,66 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4150 \text{ kg}}{335,66 \text{ kg}} = 12,21 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = (((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1) + (P_{cont} \times hc)$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = (((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1) + (P_{cont} \times cm_{cont})$$



$$M_t = (((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times l_1) + (P_{\text{cont}} \times cm_{\text{cont}}) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 0,95 \text{ m}) = 6474,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f_1} = (((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1) + (P_{\text{cont}} \times hc) = (((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m}) + (500 \text{ kg} \times 6,77 \text{ m}) = 16923,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f_2} = [(61,11 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (15,18 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) + (15 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m}) - (12,84 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (70,69 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m})] = 154,4 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f_1} + M_{f_2} = 16923,6 \text{ kgm} + 154,4 \text{ kgm} = 17078,0 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (17078,0 \text{ kgm} + \sqrt{(17078,0 \text{ kgm})^2 + (6474,4 \text{ kgm})^2}) = 17671,1 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{17671,1 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 1821,8 \text{ kg}$$

Coeficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$C_n: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{4100 \text{ kg}}{1821,8 \text{ kg}} = 2,25 \text{ Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo).



Anexo VI: cálculo de poste centro de cantón

1. Cálculo de las hipótesis normales para un vano de 60 metros.

Vamos a calcular los esfuerzos para una estructura conformada por dos postes y una viga de acero reticulado. La LDF utilizará una ménsula de suspensión, y tendrá un poste de retención propio, fuera de la estructura de catenaria.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times F_{LA} + \text{aisl.}) + \text{mens.}) + ((6 \times F_{LDF}) + (6 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_{rienda} + F_{viga} + 2 \times F_P$$

$$F_t = (2 \times (23,29 \text{ kg} + 22,63 \text{ kg}) + 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times 32,35 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 23,47 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 17,60 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 2 \text{ kg} + 5,66 \text{ kg} + 25,17 \text{ kg} + 22,66 \text{ kg} + 2 \times 85,36 \text{ kg} = 589,35 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [((2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + 2 \times (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_{\text{rienda}} \times h_{\text{rienda}}) + (F_{\text{viga}} \times h_{\text{viga}}) + 2 \times (F_P \times h_{CGP})) / hp]$$

$$C_{vc} = [(46,57 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (45,25 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (64,69 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (15,16 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (140,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (35,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (6,06 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,66 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (22,66 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (25,17 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,50 \text{ m}) / 9,70 \text{ m}] = 387,22 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + (2 \times (P_{LA} + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) - (((6 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (2 \times (P_{LP} + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) - (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG}) + (0,5 \times P_{\text{viga}} \times \text{cg}_{\text{viga}})) / hp]$$

$$D_v = [((2 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 65,70 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - ((2 \times 5,70 \text{ kg})$$



$$+ 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) + (((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (300 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) / 9,7 \text{ m}] = 111,94 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 111,94 \text{ kg} + 10,12 \text{ kg} + 387,22 \text{ kg} = 509,28 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima de los postes:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_c = \sqrt{0 + \left(\frac{509,28 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 63,66 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos dos postes de 1800 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{2 \times 1800 \text{ kg}}{63,66 \text{ kg}} = 56,55 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_{rienda} + F_{viga} + F_P =$$

$$F_l = 0,56 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 15,28 \text{ kg} + 0,45 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,88 \text{ kg} + 1,64 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,41 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 5,66 \text{ kg} + 17,80 \text{ kg} + 151,94 \text{ kg} + 170,71 \text{ kg} = 391,17 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times$$



$$h_{CGmens.}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) \\ + 2 \times (F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + (F_{rienda} \times h_{rienda}) + (F_{viga} \times h_{viga}) + (F_P \times h_{CGP}) / hp]$$

$$Cvc = [((0,56 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (15,28 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,45 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \\ \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (6,88 \text{ kg} \times 9,30 \text{ m}) + (1,64 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (9,09 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + \\ (0,41 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,66 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (17,80 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + \\ (151,94 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,50 \text{ m})) / 9,70 \text{ m}] = 267,64 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + ((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) - (((6 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + \\ I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) - (P_{mens. \\ LDF} \times dist. CG) + (0,5 \times P_{viga} \times cg_{viga})) / hp]$$

$$D_v = [((2 \times (23,40 \text{ kg} + 17,34 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + ((2 \times 15,18 \text{ kg}) + 65,70 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - ((2 \times 5,70 \text{ kg}) \\ + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) + ((2 \times 5,88 \text{ kg}) + 10,85 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + \\ (5,64 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (300 \text{ kg} \times 3 \text{ m})) / 9,7 \text{ m}] = 111,94 \\ \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + TA = 111,94 \text{ kg} + 10,12 \text{ kg} = 122,06 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = Cvc = 267,64 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{162,20 \text{ kg}}{2}\right)^2 + \left(\frac{133,82 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 134,69 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{2 \times 1800 \text{ kg}}{134,69 \text{ kg}} = 26,73$$

Verifica



FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3,15$$

$$m = 6299,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(40,74 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (15,18 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) - (18,54 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (10,12 \text{ kg} \times ((6,67 \text{ m} + 5,50 \text{ m}) / 2) + (300 \text{ kg} \times 3 \text{ m})] = 1024,9 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 13538,6 \text{ kgm} + 1024,9 \text{ kgm} = 14563,6 \text{ kgm}$$



$$M = \frac{1}{2} (14563,6 \text{ kgm} + \sqrt{(14563,6 \text{ kgm})^2 + (6299,4 \text{ kgm})^2}) = 30431,1 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{30431,1 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 3137,2 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{2 \times 1800 \text{ kg}}{3137,2 \text{ kg}} = 2,29$$

Verifica

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

2. Calculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 50 metros:

Se utiliza para radios de curva superiores a 1000 m. Caso más desfavorable R = 1000 m.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times (F_{LA} + \text{aisl.}) + \text{mens.})) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_{rienda} + F_{viga} + 2 \times F_P$$

$$F_t = (2 \times (19,41 \text{ kg} + 18,86 \text{ kg}) + 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times (26,95 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((6 \times 19,56 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 14,67 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 2 \text{ kg} + 6,18 \text{ kg} + 25,17 \text{ kg} + 22,66 \text{ kg} + 2 \times 85,36 \text{ kg} = 534,45 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (2 \times F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_{\text{rienda}} \times h_{\text{rienda}}) + (F_{\text{viga}} \times h_{\text{viga}}) + 2 \times (F_P \times h_{CGP})] / hp$$

$$C_{vc} = [((38,81 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (37,71 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (53,91 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (15,16 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (117,35 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (12,16 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (29,34 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m})] / 9,70 \text{ m}$$



$$x 9,15 \text{ m}) + (6,06 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (6,18 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (22,66 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (25,17 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,50 \text{ m}) / 9,70 \text{ m}] / 2 = 346,90 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + ((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) - ((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) - (P_{mens. LDF} \times dist. CG) + (0,5 \times P_{viga} \times cg_{viga})) / hp] / 2$$

$$D_v = [(2 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + ((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - ((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,38 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (150 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) / 9,7 \text{ m}] / 2 = 108,35 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 108,35 \text{ kg} + 99,93 \text{ kg} + 346,90 \text{ kg} = 555,18 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_c = \sqrt{(0)^2 + \left(\frac{555,18 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 69,40 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos dos postes de 1850 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{2 \times 1850 \text{ kg}}{69,40 \text{ kg}} = 53,32 \quad \text{Verifica}$$



FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PÉND.} + F_{rienda} + F_{viga} + F_P =$$

$$F_I = 0,43 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 15,28 \text{ kg} + 0,33 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 1,22 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,31 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 6,18 \text{ kg} + 17,80 \text{ kg} + 151,94 \text{ kg} + 170,71 \text{ kg} = 390,93 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + 2 \times (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_{rienda} \times h_{rienda}) + (F_{viga} \times h_{viga}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [(0,43 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (15,28 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,33 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (1,22 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,31 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (6,18 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (17,80 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + (151,94 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,54 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 267,39 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + ((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) - ((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{PÉND.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) - (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG}) + (0,5 \times P_{viga} \times cg_{viga})) / h_p] / 2$$

$$D_v = [(2 \times (19,50 \text{ kg} + 14,45 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + ((2 \times 12,65 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - (((2 \times 4,75 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 4,90 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,38 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (150 \text{ kg} \times 3 \text{ m})] / 9,7 \text{ m}] / 2 = 108,35 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T_A = 108,35 \text{ kg} + 99,93 \text{ kg} = 208,28 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 267,39 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:



$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{267,39 \text{ kg}}{2}\right)^2 + \left(\frac{208,28 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 136,21 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{2 \times 1850 \text{ kg}}{136,21 \text{ kg}} = 27,16 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3,15$$



$$m = 6299,4 \text{ kgm}$$

$$Mf_1 = ((p_1 \times S_1) + (p_2 \times S_2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$Mf_2 = [(33,95 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (12,65 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) - (16,64 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (99,93 \text{ kg} \times ((6,67 \text{ m} + 5,50 \text{ m}) / 2)) + (300 \text{ kg} \times 3 \text{ m})] = 1554,5 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf_1 + Mf_2 = 13538,6 \text{ kgm} + 1554,5 \text{ kgm} = 15093,2 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (15093,2 \text{ kgm} + \sqrt{(15093,2 \text{ kgm})^2 + (6299,4 \text{ kgm})^2}) = 31448,1 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{31448,1 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 3242,1 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{2 \times 1850 \text{ kg}}{3242,1 \text{ kg}} = 2,28 \quad \text{Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

3. Cálculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 40 metros:

Se utiliza para radios de curva de 1000 m a 500 m. Caso más desfavorable R = 500 m.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times (F_{LA} + \text{aisl.}) + \text{mens.})) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.} + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_{rienda} + F_{viga} + 2 \times F_P$$

$$F_t = (2 \times (15,52 \text{ kg} + 15,08 \text{ kg}) + 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times (21,56 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg})) + ((6 \times 15,65 \text{ kg}))$$



$$+ (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 11,74 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 2 \text{ kg} + 5,90 \text{ kg} + 25,17 \text{ kg} + 22,66 \text{ kg} + 2 \times 85,36 \text{ kg} = 484,83 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{mens. LS/LC} \times h_{CGmens.}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (2 \times F_{aisl.LA} \times h_{aisl.}) + (F_{mens.LA} \times h_{CGmens.}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) + (F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + (F_{rienda} \times h_{rienda}) + (F_{viga} \times h_{viga}) + 2 \times (F_P \times h_{CGP})] / hp$$

$$C_{vc} = [((38,81 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (37,71 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (53,91 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (15,16 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (117,35 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (12,16 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (29,34 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (6,06 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,90 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (22,66 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (25,17 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,50 \text{ m})) / 9,70 \text{ m}] / 2 = 310,35 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + (((2 \times P_{LA}) + P_{aisl.}) \times I_{mens.}) - (((2 \times P_{LDF}) + P_{aisl.}) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + P_{aisl.}) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) - (P_{mens. LDF} \times dist. CG) + (0,5 \times P_{viga} \times CG_{viga})) / hp] / 2$$

$$D_v = [(2 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (6,28 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (150 \text{ kg} \times 3 \text{ m})) / 9,7 \text{ m}] / 2 = 105,57 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 105,57 \text{ kg} + 159,74 \text{ kg} + 310,35 \text{ kg} = 575,66 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (FI) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:



$$F_C = \sqrt{\left(\frac{F_L}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_C = \sqrt{(0)^2 + \left(\frac{575,66 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 71,96 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos dos postes de 1850 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{2 \times 1900 \text{ kg}}{71,96 \text{ kg}} = 52,81 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_I = (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} \\ + F_{PEND.} + F_{rienda} + F_{viga} + F_P =$$

$$F_I = 0,32 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 15,28 \text{ kg} + 0,23 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,21 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 2 \text{ kg} \\ + 5,90 \text{ kg} + 17,80 \text{ kg} + 151,94 \text{ kg} + 170,71 \text{ kg} = 389,93 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{VC} = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{mens. \text{ LS/LC}} \times h_{CGmens.}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{aisl.LA} \times h_{aisl.}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + \\ (3 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) + 2 \times (F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \\ \times h_{mors.}) + (F_{rienda} \times h_{rienda}) + (F_{viga} \times h_{viga}) + (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{VC} = [(0,32 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (15,28 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,23 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \\ \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,82 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,21 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + \\ (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,90 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (17,80 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + (151,94 \text{ kg} \times 9,20 \\ \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,50 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 266,68 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_V = [(((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + ((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) - (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + \\ I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. \text{ LS/LC}} \times \text{dist. CG}) - (P_{mens.}$$



$$LDF \times \text{dist. } c_G) + (0,5 \times P_{\text{viga}} \times c_{G_{\text{viga}}}) / hp] / 2$$

$$D_v = [(2 \times (15,60 \text{ kg} + 11,56 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 10,12 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - (((2 \times 3,80 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 3,92 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,38 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (150 \text{ kg} \times 3 \text{ m})] / 9,7 \text{ m}] / 2 = 103,50 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T_A = 103,50 \text{ kg} + 159,74 \text{ kg} = 263,25 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = C_{vc} = 266,68 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{266,68 \text{ kg}}{2}\right)^2 + \left(\frac{263,25 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 137,34 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{2 \times 1900 \text{ kg}}{137,34 \text{ kg}} = 27,66 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:



$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3,15$$

$$m = 6299,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(27,16 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (10,12 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) - (14,74 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m})) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (159,74 \text{ kg} \times ((6,67 \text{ m} + 5,50 \text{ m}) / 2)) + (300 \text{ kg} \times 3 \text{ m})]$$

$$= 1901,6 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 13538,6 \text{ kgm} + 1901,6 \text{ kgm} = 15440,2 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (15440,2 \text{ kgm} + \sqrt{(15440,2 \text{ kgm})^2 + (6299,4 \text{ kgm})^2}) = 32116,0 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{32116,0 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 3310,9 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$



$$\frac{2 \times 1900 \text{ kg}}{3242,1 \text{ kg}} = 2,29 \quad \text{Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)

4. Cálculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 30 metros:

Se utiliza para radios de curva entre 500 m y 300 m. Caso más desfavorable $R = 300 \text{ m}$.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = (2 \times (F_{LS} + F_{LC}) + \text{aisl.} + \text{mens.}) + ((2 \times (F_{LA} + \text{aisl.}) + \text{mens.})) + ((6 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (2 \times F_{LP}) + \text{aisl.} + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_{rienda} + F_{viga} + 2 \times F_P$$

$$F_t = (2 \times (11,64 \text{ kg} + 11,31 \text{ kg}) + 3,23 \text{ kg}) + ((2 \times (16,17 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg})) + ((6 \times 11,74 \text{ kg}) + (3 \times 2,03 \text{ kg}) + 0,08 \text{ kg}) + ((2 \times 8,80 \text{ kg}) + 3,03 \text{ kg}) + 2 \text{ kg} + 5,00 \text{ kg} + 25,17 \text{ kg} + 22,66 \text{ kg} + 2 \times 85,36 \text{ kg} = 428,50 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = [(2 \times F_{LS} \times h_{LS}) + (2 \times F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{\text{mens. LS/LC}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LA} \times h_{LA}) + (2 \times F_{\text{aisl.LA}} \times h_{\text{aisl.}}) + (F_{\text{mens.LA}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (6 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{\text{aisl.LDF}} \times h_{\text{aisl.LDF}}) + (F_{\text{mens.LDF}} \times h_{CG\text{mens.}}) + (2 \times F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{\text{aisl.LP}} \times h_{\text{aisl.LP}}) + (F_{\text{pend.}} \times h_{\text{pend.}}) + (F_{\text{mors.}} \times h_{\text{mors.}}) + (F_{\text{rienda}} \times h_{\text{rienda}}) + (F_{\text{viga}} \times h_{\text{viga}}) + 2 \times (F_P \times h_{CGP})] / h_p$$

$$C_{vc} = [((23,29 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (22,63 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (3,23 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (32,35 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (15,16 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (70,41 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (12,16 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (0,08 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (17,60 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (6,06 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,00 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (22,66 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (25,17 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,50 \text{ m})) / 9,70 \text{ m}] / 2 = 269,13 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{\text{mens.}}) + ((2 \times P_{LA}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) - (((2 \times P_{LDF}) + \text{aisl.}) \times (I_{\text{mens.1}} + I_{\text{mens.2}} + I_{\text{mens.3}})) + (((2 \times P_{LP}) + \text{aisl.}) \times I_{\text{mens.}}) + (P_{MORS.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{PEND.} \times I_{\text{mens.}}) + (P_{\text{mens. LS/LC}} \times \text{dist. CG}) - (P_{\text{mens. LDF}} \times \text{dist. CG}) + (0,5 \times P_{\text{viga}} \times \text{cg}_{\text{viga}})) / h_p] / 2$$

$$D_v = [(2 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) +$$



$$(5,38 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (150 \text{ kg} \times 3 \text{ m}) / 9,7 \text{ m} / 2 = 102,67 \text{ kg}$$

Fuerzas transversales: efecto de la carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste, el tiro resultante de la LC y la carga del viento reducida a la cima.

$$F_t = D_v + T_A + C_{vc} = 102,67 \text{ kg} + 199,50 \text{ kg} + 269,13 \text{ kg} = 571,30 \text{ kg}$$

Fuerzas longitudinales (F_l) = 0 kg

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_c = \sqrt{(0)^2 + \left(\frac{571,30 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 71,41 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

Adoptamos dos postes de 1900 kg de tiro máximo en la cima y verificamos si el mismo soporta las cargas en las demás hipótesis consideradas.

$$\frac{2 \times 1900 \text{ kg}}{71,41 \text{ kg}} = 53,21 \quad \text{Verifica}$$

FN. 2

Fuerza total de carga de viento en la dirección de la línea:

$$F_l = (F_{LS} + F_{LC} + \text{aisl.} + \text{mens.}) + (F_{LA} + \text{aisl.}) + ((3 \times F_{LDF}) + (3 \times \text{aisl.}) + \text{mens.}) + (F_{LP} + \text{aisl.}) + F_{MORS.} + F_{PEND.} + F_{rienda} + F_{viga} + F_P =$$

$$F_l = 0,22 \text{ kg} + 0,01 \text{ kg} + 15,28 \text{ kg} + 0,14 \text{ kg} + 7,58 \text{ kg} + 0,49 \text{ kg} + 6,08 \text{ kg} + 8,02 \text{ kg} + 0,14 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 5,00 \text{ kg} + 17,80 \text{ kg} + 151,94 \text{ kg} + 170,71 \text{ kg} = 388,44 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:



$$Cvc = [(F_{LS} \times h_{LS}) + (F_{LC} \times h_{LC}) + (F_{mens. LS/LC} \times h_{CGmens.}) + (F_{LA} \times h_{LA}) + (F_{aisl.LA} \times h_{aisl.}) + (3 \times F_{LDF} \times h_{LDF}) + (3 \times F_{aisl.LDF} \times h_{aisl.LDF}) + (F_{mens.LDF} \times h_{CGmens.}) + (F_{LP} \times h_{LP}) + (F_{aisl.LP} \times h_{aisl.LP}) + 2 \times (F_{pend.} \times h_{pend.}) + (F_{mors.} \times h_{mors.}) + (F_{rienda} \times h_{rienda}) + (F_{viga} \times h_{viga}) + (F_P \times h_{CGP})] / hp$$

$$Cvc = [(0,22 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (0,01 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (15,28 \text{ kg} \times 5,50 \text{ m}) + (0,14 \text{ kg} \times 8,42 \text{ m}) + (7,58 \text{ kg} \times 8,86 \text{ m}) + (0,49 \text{ kg} \times 6,67 \text{ m}) + (6,08 \text{ kg} \times 6,82 \text{ m}) + (8,02 \text{ kg} \times 7,14 \text{ m}) + (0,14 \text{ kg} \times 9,15 \text{ m}) + (3,03 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (5,00 \text{ kg} \times 6,12 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (17,80 \text{ kg} \times 4,60 \text{ m}) + (151,94 \text{ kg} \times 9,20 \text{ m}) + (170,71 \text{ kg} \times 4,50 \text{ m})] / 9,70 \text{ m} = 265,67 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima:

$$D_v = [(((2 \times (P_{LS} + P_{LC}) \times I_{mens.}) + ((2 \times P_{LA}) + aisl.) \times I_{mens.}) - ((2 \times P_{LDF}) + aisl.) \times (I_{mens.1} + I_{mens.2} + I_{mens.3})) + (((2 \times P_{LP}) + aisl.) \times I_{mens.}) + (P_{MORS.} \times I_{mens.}) + (P_{PEND.} \times I_{mens.}) + (P_{mens. LS/LC} \times dist. CG) - (P_{mens. LDF} \times dist. CG) + (0,5 \times P_{viga} \times cg_{viga})) / hp] / 2$$

$$D_v = [(2 \times (11,70 \text{ kg} + 8,67 \text{ kg}) \times 3,15 \text{ m}) + (((2 \times 7,59 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 1,50 \text{ m}) - (((2 \times 2,85 \text{ kg}) + 7,14 \text{ kg}) \times (2,20 \text{ m} + 1,45 \text{ m} + 0,70 \text{ m})) + (((2 \times 2,94 \text{ kg}) + 43,40 \text{ kg}) \times 0,58 \text{ m}) + (2 \text{ kg} \times 7 \text{ m}) + (5,38 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (16,92 \text{ kg} \times 1,40 \text{ m}) - (17,5 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (150 \text{ kg} \times 3 \text{ m})] / 9,7 \text{ m}] / 2 = 102,67 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + TA = 102,67 \text{ kg} + 199,50 \text{ kg} = 302,17 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerzas longitudinales} = Cvc = 265,67 \text{ kg}$$

Fuerza total en la cima del poste:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{8}\right)^2}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{265,67 \text{ kg}}{2}\right)^2 + \left(\frac{302,17 \text{ kg}}{8}\right)^2} = 138,10 \text{ kg}$$

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$



$$\frac{2 \times 1900 \text{ kg}}{138,10 \text{ kg}} = 27,52 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 Viento oblicuo. No es determinante.

FN. 4 (no aplica en provincia de Buenos Aires porque no se considera manguito de hielo)

Calculo de las hipótesis extraordinarias. Vamos a considerar la primera de ellas, que contempla el corte de un conductor. Aquel que provoque la mayor sollicitación.

FE 1

- El 100% del tiro máximo de un cable que provoque la sollicitación más desfavorable.

$$F = \frac{M}{h}$$

La fuerza F se calcula en forma aproximada, a partir del momento M, que es la composición deducida de la hipótesis de rotura elástica de Rankine:

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = ((p1 \times s1) + (p2 \times S2)) \times l1$$

$$M_t = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times l_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 3,15$$

$$m = 6299,4 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h_1 = ((11,11 \text{ kg/mm}^2 \times 90 \text{ mm}^2) + (9,09 \text{ kg/mm}^2 \times 110 \text{ mm}^2)) \times 6,77 \text{ m} = 13538,6 \text{ kgm}$$

$$M_{f2} = [(20,37 \text{ kg} \times 3,15 \text{ m}) + (21,70 \text{ kg} \times 0,58 \text{ m}) + (7,59 \text{ kg} \times 1,50 \text{ m}) - (12,84 \text{ kg} \times (0,70 \text{ m} +$$



$$1,45 \text{ m} + 2,20 \text{ m}) - (17,50 \text{ kg} \times 1,13 \text{ m}) + (159,74 \text{ kg} \times ((6,67 \text{ m} + 5,50 \text{ m}) / 2)) + (300 \text{ kg} \times 3 \text{ m})] \\ = 2126,6 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f_1} + M_{f_2} = 13538,6 \text{ kgm} + 2126,6 \text{ kgm} = 15665,2 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (15665,2 \text{ kgm} + \sqrt{(15665,2 \text{ kgm})^2 + (6299,4 \text{ kgm})^2}) = 32549,5 \text{ kgm}$$

Tiro equivalente en la cima:

$$F = \frac{M}{h_p} = \frac{32549,5 \text{ kgm}}{9,70 \text{ m}} = 3355,6 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 2:

$$C_n: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Carga de cálculo}}$$

$$\frac{2 \times 1900 \text{ kg}}{3355,6 \text{ kg}} = 2,26 \quad \text{Verifica}$$

FE 2 (no aplica porque en la provincia de Buenos aires no considera manguito de hielo.)



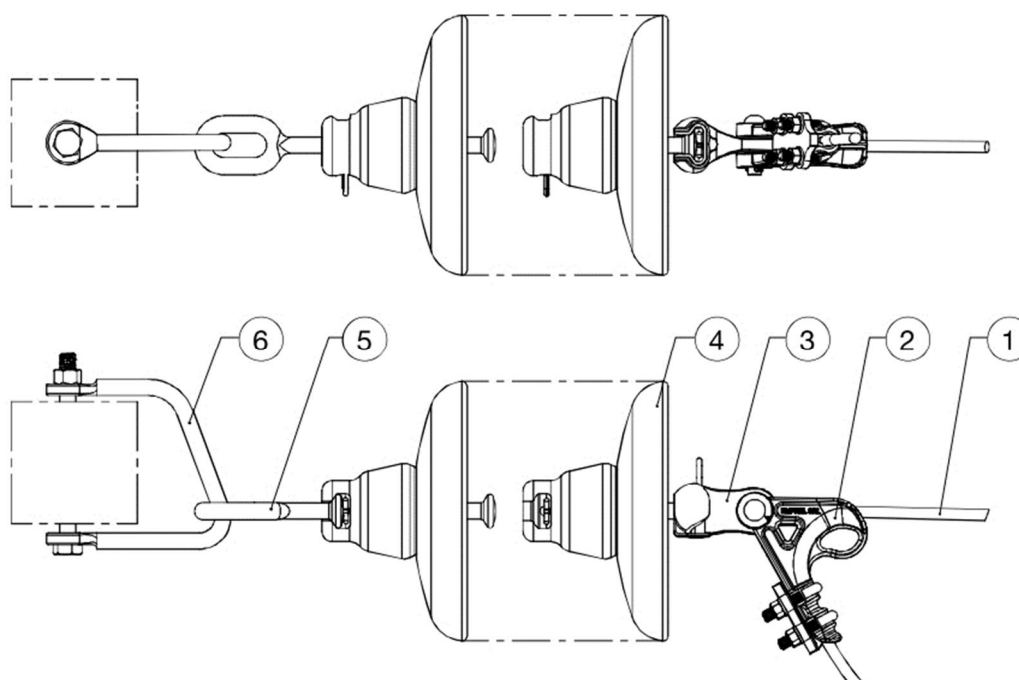
Anexo VII: cálculo de poste de retención LDF

Vamos a calcular los esfuerzos para una estructura conformada por dos postes, dos vínculos y una ménsula de hormigón, fuera de la estructura de catenaria.

Número de aisladores de la cadena de retención y su justificación.

La cadena de retención posee 2 aisladores. Según la norma IRAM 2077, debe tener al menos un aislador más que la cadena de suspensión.

Elementos de la cadena de retención:



Del catálogo de morsetería EmpreISRL: <http://www.supplypetrolero.com.ar/wp-content/uploads/2018/01/Catalogo-132-500-kV-linkeado.pdf>

N°	Designación	Carga de rotura (kg)	Peso (kg)	Longitud (mm)
1	Conductor	>1965	-	-
2	Morsa de retención	>4183	0,80	135
3	Órbita con ojal	>8163	0,55	67
4	Aislador de porcelana	>12245	5,5 x 2 = 11	146 x 2 = 292
5	Anillo con badajo	>9081	0,50	105
6	Estribo de retención	>6428	1,20	145
Total:			14,05	744

Superficie de la morsetería: 0,0163 m²

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,0163 \text{ m}^2 = 1,33 \text{ kg}$$

Superficie del aislador: 0,0186 m² (lateral/frontal)



$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,0186 \text{ m}^2 = 1,52 \text{ kg}$$

Fuerza lateral sobre la cadena de aisladores:

$$F = 2 \times 1,52 \text{ kg} + 1,33 \text{ kg} = 4,36 \text{ kg}$$

Fuerza frontal sobre la cadena de aisladores (no consideramos la morsetería):

$$F = 2 \times 1,52 \text{ kg} = 3,03 \text{ kg}$$

Cálculo del número y altura de los vínculos.

En los casos de retenciones, terminales, etc., donde se utilicen estructuras conformadas con dos o tres postes, la forma de disposición resulta de guardar una distancia entre ellos en la cima de 30 cm, mientras que ella va en aumento hacia la base a razón de 4 cm por metro de longitud.

En este tipo de estructuras, para lograr una mejor respuesta a las cargas, los postes se encuentran unidos mediante vínculos, que se colocan de acuerdo a la distancia que existe desde la ménsula al suelo, donde éstas también hacen de vínculo superior, dado que se encuentra enhebrada en los postes y fijada a ellos.

Las distancias que deben existir entre los vínculos y el orden en que se colocan, desde abajo hacia arriba, en función de la altura de la ménsula es el siguiente:

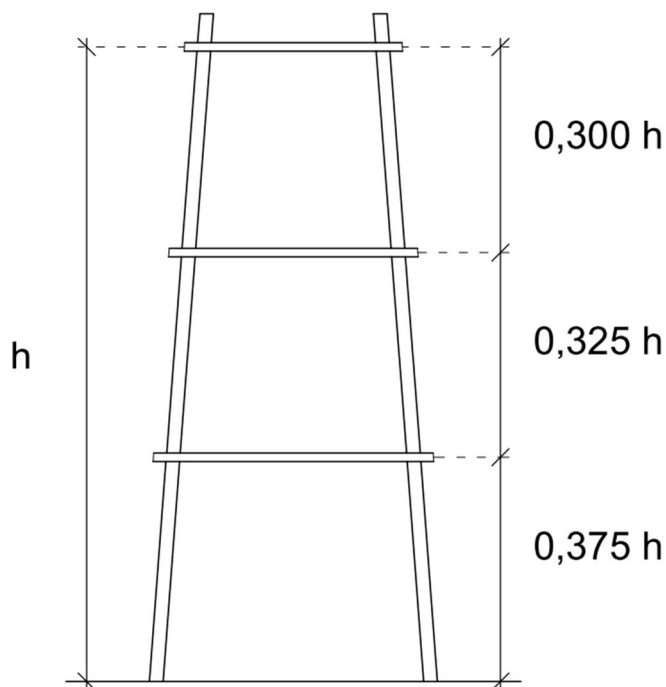
- $h_m < 10 \text{ m}$, lleva 2 vínculos.

Donde h_m es la altura de la ménsula. Si la altura de la ménsula es $h = 7,14 \text{ m}$, los vínculos se ubican según las expresiones:

$$d_1 = 0,300 \times h = 0,300 \times 7,14 \text{ m} = 2,142 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,325 \times h = 0,325 \times 7,14 \text{ m} = 2,320 \text{ m}$$

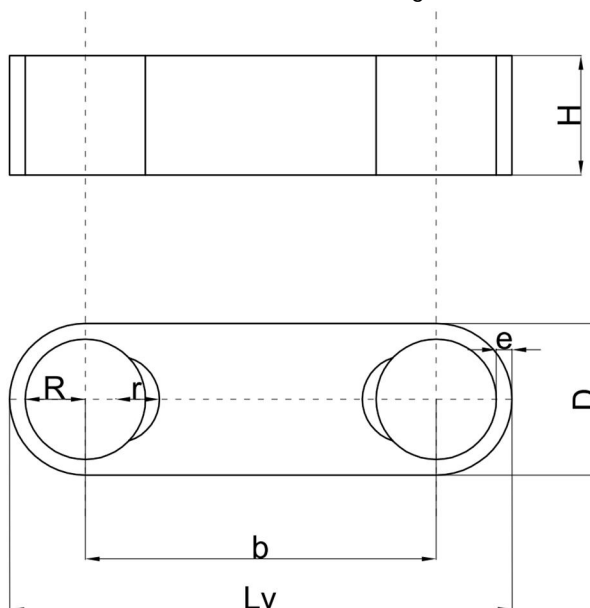
$$d_3 = 0,375 \times h = 0,200 \times 7,14 \text{ m} = 2,678 \text{ m}$$





Calculo de las dimensiones de los vínculos.

Necesitamos hallar las distintas dimensiones de cada uno de los vínculos, con el objeto de calcular la fuerza que el viento produce en ellos, con el fin de aplicarlo al cálculo mecánico del poste. A efectos de aclarar los cálculos, se añade la figura de un vínculo doble.



Donde L_v es la longitud del vínculo, R y r son los radios correspondientes, e es el espesor, H es el ancho del vínculo y D es la profundidad. Se deberán calcular varios de estos parámetros ya que se necesitan para obtener las áreas.

Para calcular la longitud de los vínculos se usara la siguiente expresión: $L_v = b + 2R + 2e$

Donde:

$$b = [(H' - h_{vi}) \times 0,04 + D_p] + [(H' - h_{vi}) \times 0,015 + D_0]$$

$$2R = D = (H' - h_{vi}) \times 0,015 + D_0$$

Referencias:

H' = Altura libre del poste

$D_p = 0,250$ m Diámetro del poste en la cima

$D_0 = 0,300$ m Separación de los postes en la cima

$e = 0,07$ m Espesor de la pared del vinculo

h_{vi} = Altura del vínculo considerado

De lo calculado en el punto anterior, la ménsula está a una altura de 7,14 m. Por lo tanto adoptaremos dos vínculos para los postes de la retención.

Según la expresión: $H_n = d_e + (n - 1) \times 5$ cm, siendo d_e el diámetro medio donde se cruzan el poste y el vínculo, la altura o ancho de los vínculos será:



$$d_e = 0,250 \text{ m} + (H' - h_{vi}) \times 0,015 = 0,250 \text{ m} + (7,14 \text{ m} - 5 \text{ m}) \times 0,015 = 0,282 \text{ m}$$

$$H1 = d_e = 0,282 \text{ m}$$

$$H2 = d_e + 0,05 \text{ m} = 0,332 \text{ m}$$

Vínculo 1:

$$H' = 7,14 \text{ m}$$

$$D_p = 0,25 \text{ m}$$

$$D_0 = 0,30 \text{ m}$$

$$e = 0,07 \text{ m}$$

$$h_{v1} = h - 0,300 \times h = 0,700 \times h = 0,700 \times 7,14 \text{ m} = 5,00 \text{ m}$$

$$b = ((H' - h_{vi}) \times 0,04 + D_p) + ((H' - h_{vi}) \times 0,015 + D_0) =$$

$$b = ((7,14 - 5,00) \times 0,04 + 0,250) + ((7,14 - 5,00) \times 0,015 + 0,3) = 0,668 \text{ m}$$

$$R = ((H' - h_{vi}) \times 0,015 + D_0) / 2$$

$$R = ((7,14 - 5,00) \times 0,015 + 0,300) / 2 = 0,166 \text{ m}$$

$$L_v = b + 2R + 2e = 1,14 \text{ m}$$

$$H1 = d_e = 0,282 \text{ m}$$

Vínculo 2:

$$H' = 7,14 \text{ m}$$

$$D_p = 0,25 \text{ m}$$

$$D_0 = 0,30 \text{ m}$$

$$e = 0,07 \text{ m}$$

$$h_{v2} = h - 0,300 \times h - 0,325 \times h = 0,375 \times h = 0,375 \times 7,14 \text{ m} = 2,68 \text{ m}$$

$$b = ((H' - h_{vi}) \times 0,04 + D_p) + ((H' - h_{vi}) \times 0,015 + D_0) =$$

$$b = ((7,14 - 2,68) \times 0,04 + 0,250) + ((7,14 - 2,68) \times 0,015 + 0,3) = 0,795 \text{ m}$$

$$R = ((H' - h_{vi}) \times 0,015 + D_0) / 2$$



$$R = ((7,14 - 2,68) \times 0,015 + 0,300) / 2 = 0,183 \text{ m}$$

$$L_v = b + 2R + 2e = 1,302 \text{ m}$$

$$H_2 = 0,282 \text{ m} + 0,05 \text{ m} = 0,332 \text{ m}$$

Calculo de la sección expuesta al viento en dirección transversal a la línea.

Vínculo 1:

$$S_{VT1} = L_{v1} \times H_1 = 1,140 \text{ m} \times 0,282 \text{ m} = 0,322 \text{ m}^2$$

Vínculo 2:

$$S_{VT2} = L_{v2} \times H_2 = 1,302 \text{ m} \times 0,332 \text{ m} = 1,177 \text{ m}^2$$

Calculo de la sección expuesta al viento en dirección longitudinal a la línea.

Vínculo 1:

$$S_{VL1} = D_1 \times H_1 = 0,472 \text{ m} \times 0,282 \text{ m} = 0,133 \text{ m}^2$$

Vínculo 2:

$$S_{VL2} = D_2 \times H_2 = 0,507 \text{ m} \times 0,332 \text{ m} = 0,168 \text{ m}^2$$

Fuerza del viento transversal sobre cada uno de los vínculos.

Vínculo 1:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S_{VT1} = 1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,322 \text{ m}^2 = 26,21 \text{ kg}$$

Vínculo 2:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S_{VT1} = 1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,433 \text{ m}^2 = 35,25 \text{ kg}$$

Fuerza del viento longitudinal sobre cada uno de los vínculos.

Vínculo 1:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S_{VT1} = 1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,133 \text{ m}^2 = 10,86 \text{ kg}$$

Vínculo 2:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S_{VT1} = 1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,168 \text{ m}^2 = 13,72 \text{ kg}$$

Peso de vínculos:

$$P_v = V_v \times d$$

$$d = 2200 \text{ kg/m}^3$$



$$Vv = ((b \times D) + ((R + e)^2 - R^2) \times \pi) \times H_v$$

- $V1 = ((0,668 \text{ m} \times 0,472 \text{ m}) + ((0,166 \text{ m} + 0,070 \text{ m})^2 - (0,166 \text{ m})^2) \times \pi) \times 0,282 \text{ m} = 0,304 \text{ m}^3$
- $V2 = ((0,795 \text{ m} \times 0,507 \text{ m}) + ((0,183 \text{ m} + 0,070 \text{ m})^2 - (0,183 \text{ m})^2) \times \pi) \times 0,332 \text{ m} = 0,435 \text{ m}^3$

$$P1 = 0,304 \text{ m}^3 \times 2200 \text{ kg/m}^3 = 669,7 \text{ kg}$$

$$P2 = 0,435 \text{ m}^3 \times 2200 \text{ kg/m}^3 = 957,3 \text{ kg}$$

1. Cálculo de las hipótesis normales para un vano recto de 60 metros:

Hipótesis normales

FN. 1 (viento transversal a la línea)

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales (Si existen).
- Carga del viento (Estado II) en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables de los semivanos adyacentes.
- Resultante de los tiros máximos de todos los cables.

FN. 2 (viento en dirección de la línea)

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales (Si existen).
- Carga del viento (Estado II) perpendicular al eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables de los semivanos adyacentes.
- Resultante de los tiros máximos de todos los cables para el Estado II.

FN. 3 (Hipótesis de tendido)

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales (Si existen).
- Carga del viento (Estado II) en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables del semivano tendido.
- Dos tercios de los tiros unilaterales máximos de todos los cables tendidos.



Esta hipótesis no existe para el poste de suspensión. Con viento perpendicular a la línea, se consideran dos tercios del tiro máximo durante el tendido, con los cables en uno de los semi vanos.

FN. 4 (viento oblicuo)

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales (Si existen).
- Carga del viento (Estado II) oblicuo (según punto 2), sobre el poste, los accesorios y la proyección de todos los cables.
- Resultante de los tiros máximos de todos los cables para el Estado II.

Esta hipótesis es similar a la número tres del poste de suspensión, pero considera el viento sobre los cables, más los tiros máximos.

FN. 5 (Con hielo)

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales (si existen).
- Carga del viento del Estado que contempla manguito de hielo, en la dirección del eje de los travesaños (ménsula y/o cruceta) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables de ambos semivanos adyacentes.
- Tiro de todos los cables para el Estado que contempla hielo.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

Fuerza total de carga de viento: conductores de energía + ménsulas de energía + cadenas de aisladores (consideramos 6 cadenas de aisladores) + vínculos + postes:

$$F_t = F_{me} + 6 \times (F_c + F_a) + F_{v1} + F_{v2} + F_p$$

$$F_t = 24,04 \text{ kg} + (6 \times (23,43 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 26,21 \text{ kg} + 35,25 \text{ kg} + 166,24 \text{ kg} = 419,73 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = (F_{me} + 6 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp}) / h_p$$



$$hcgp = \frac{2 \times 0,250 \text{ m} + 0,360 \text{ m}}{0,250 \text{ m} + 0,360 \text{ m}} \times \frac{7,14 \text{ m}}{3} = 3,36 \text{ m}$$

$$Cvc = ((24,04 \text{ kg} + 6 \times (23,47 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (166,24 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})) / 7,14 \text{ m} = 300,97 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

Dv = No hay porque la ménsula es simétrica.

Resultante de los tiros máximos de todos los cables. Por tratarse de una retención recta (ángulo 0°) los tiros de un extremo se compensan con los tiros del otro, anulándose.

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 1:

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

Para dos postes de 750 kg de tiro en la cima

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = 0 \text{ kg}$$

$$F_t = Dv + Fv = 300,97 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{(0)^2 + \left(\frac{300,97 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 150,48 \text{ kg}$$

$$\frac{2 \times 750 \text{ kg}}{150,48 \text{ kg}} = 9,97 \quad \text{Verifica}$$

FN.2

Viento en el sentido de la línea

Carga del viento máximo en dirección perpendicular al eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los semivanos adyacentes.

Sobre ménsula de energía (Fme):



$$F = 33,41 \text{ kg}$$

Sobre postes: 83,12 kg

Sobre vínculos:

$$F_v = F_{v1} + F_{v2}$$

$$F_v = 10,86 \text{ kg} + 13,72 \text{ kg} = 24,58 \text{ kg}$$

Fuerza total de carga de viento:

$$F_v = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) + F_p + F_v = (33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,55 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 24,58 \text{ kg} = 152,86 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = ((F_m + 3 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp} / h_p$$

$$C_{vc} = ((33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,55 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m}) + (10,86 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (13,72 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,41 \text{ m}) / 7,14 = 96,17 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = C_{vc} = 96,17 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v = 0 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + (0)^2} = 12,02 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 2:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 750 \text{ kg}}{12,02 \text{ kg}} = 124,78$$

Verifica



FN. 3 (Hipótesis de tendido)

- Cargas permanentes.

Peso total de todas las cargas: ménsula + vínculos + un semivano de conductores y cadenas

$$Pt = 209 \text{ kg} + 1705,9 \text{ kg} + 59,25 \text{ kg} = 1895,25 \text{ kg}$$

- Cargas adicionales (si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

- Carga del viento (Estado II) en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables del semivano tendido.

Fuerza total de carga de viento:

$$Fv = (Fme + 3 \times (Fc + Fa)) + Fp + Fv = (24,04 \text{ kg} + 3 \times (23,47 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 61,46 \text{ kg} = 336,24 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$Cvc = (Fme + 3 \times (Fc + Fa)) \times hmens + (Fv1 \times hv1) + (Fv2 \times hv2) + (Fp \times hcgp)) / hp$$

$$Cvc = [(24,04 \text{ kg} + 3 \times (23,47 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})] / 7,14 \text{ m} = 122,56 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

$$D_{v_long} = (3 \times (Pc + Pa) \times lm) / h$$

$$D_{v_long} = (3 \times (5,70 \text{ kg} + 16,35 \text{ kg}) \times 0,27 \text{ m}) / 7,14 \text{ m} = 2,50 \text{ kg}$$

$$\frac{2}{3} \text{ Tiros u.} = \frac{2}{3} \times (3 \times 587 \text{ kg}) = 1174 \text{ kg}$$

$$Fc = \sqrt{\left(\frac{Fl}{8}\right)^2 + \left(\frac{Ft}{2}\right)^2}$$

$$Fl = \text{Tiros} + D_{v_long} = 1174 \text{ kg} + 2,50 \text{ kg} = 1176,50 \text{ kg}$$

$$Ft = Cvc = 122,56 \text{ kg}$$



$$F_c = \sqrt{\left(\frac{1176,50 \text{ kg}}{8}\right)^2 + \left(\frac{122,56 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 159,32 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 750 \text{ kg}}{159,32 \text{ kg}} = 9,42 \text{ Verifica}$$

FN. 4 (Viento oblicuo. Consideramos viento transversal $\times \cos 45^\circ$ sobre poste, ménsulas y aisladores, más el 80 % de la fuerza transversal sobre conductores)

- Cargas permanentes: conductores, cadenas de aisladores, ménsulas.
- Cargas adicionales (Si existen).
- No aplica porque no se considera manguito de hielo.
- Carga del viento máximo en dirección oblicua, sobre el poste, los elementos de cabecera y la proyección de los cables. El coeficiente aerodinámico se incrementa en un 10%.

Fuerza del viento transversal:

Sobre ambos postes:

$$F = 2 \times C \times k \times (V^2/16) \times S = 2 \times 1,1 \times 0,7 \times ((36,11 \text{ m/s})^2/16) \times \frac{1}{6} \times 7,14 \text{ m} \times (2 \times 0,250 \text{ m} + 0,360 \text{ m}) \times \cos 45^\circ = 181,03 \text{ kg}$$

Sobre ménsula de energía:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1,1 \times 1 \times ((36,11 \text{ m/s})^2/16) \times 0,295 \text{ m}^2 \times \cos 45^\circ = 18,70 \text{ kg}$$

Sobre la cadena de aisladores:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1,1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,04 \text{ m}^2 = 4,80 \text{ kg}$$

Sobre la morsetería:

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1,1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,0131 \text{ m}^2 = 1,17 \text{ kg}$$

Sobre el cable de energía, en sentido transversal a la línea.

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1,1 \times 0,75 \times (36,11^2/16) \times 0,384 \times 0,8 = 18,78 \text{ kg}$$



Transversal sobre los vínculos:

$$Fv1 = C \times k \times (V^2/16) \times S \quad VT1 = 1,1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,458 \text{ m}^2 \times \cos 45^\circ = 67,98 \text{ kg}$$

$$Fv2 = C \times k \times (V^2/16) \times S \quad VT1 = 1,1 \times 1 \times (36,11^2/16) \times 0,588 \text{ m}^2 \times \cos 45^\circ = 82,07 \text{ kg}$$

Fuerza transversal del viento:

$$Ftv = [(Fme + (6 \times Fa) + Fp)] + [(6 \times Fce)]$$

$$Ftv = [18,70 \text{ kg} + (6 \times 4,80 \text{ kg}) + 181,03 \text{ kg}] + [(6 \times 18,78 \text{ kg})] = 511,25 \text{ kg}$$

Carga transversal del viento reducida a la cima:

$$Ctvc = [(Fme + (6 \times Fa) + (6 \times Fce)) \times h1] + [Fp \times h_{cmp}]/hp$$

$$Ctvc = [(18,70 \text{ kg} + (6 \times 4,80 \text{ kg}) + (6 \times 23,47 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + [181,03 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m}]/7,14 \text{ m} = 206,95 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A

$$Fc = Ctvc = 206,95 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 4:

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{Fc}$$

$$\frac{2 \times 750 \text{ kg}}{206,95 \text{ kg}} = 7,25 \quad \text{Verifica}$$

Resultante de los tiros máximos de todos los cables.

Por tratarse de una retención recta (ángulo 0°) los tiros de un extremo se compensan con los tiros del otro, anulándose.

FN. 5 (Idem FN. 1 pero con el viento del estado III)

- Cargas permanentes.
- Carga del viento del estado que contempla manguito de hielo, en la dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste y los elementos de cabecera.
- Carga del viento del Estado que contempla manguito de hielo, en la dirección del eje de los travesaños (ménsula y/o cruceta) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables de ambos semivanos adyacentes.



- Tiro de todos los cables para el Estado que contempla hielo.

Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo, y las cargas debidas al viento son menores que en la hipótesis normal 1.

Cálculo de las hipótesis extraordinarias.

FE. 1

- Cargas permanentes: conductores, cadenas de aisladores, ménsulas.

Peso de cables:

Cable de energía:

Cinco semi vanos de 30 m c/u:

$$5 \times 30 \text{ m} \times 0,19 \text{ kg/m} = 28,50 \text{ kg}$$

Peso total de todas las cargas permanentes: conductores + cadenas + ménsula + vínculos:

$$P_t = 28,50 \text{ kg} + 81,75 \text{ kg} + 209 \text{ kg} + 1705,9 \text{ kg} = 2025,15 \text{ kg}$$

Cargas adicionales (Si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

El 100 % del tiro máximo de un cable de transporte de energía (aquel que provoque la sollicitación más desfavorable) o 100 % del tiro máximo del cable de protección, por reducción unilateral del tiro del cable en el vano adyacente.

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = (p1 \times s1) \times l1$$

$$M_t = (8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2) \times 0,67 \text{ m} = 393,5 \text{ kgm}$$



$$Mf1 = \sqrt{(p1 \times S1 \times h1)^2 + ((T + Cvc) \times hp)^2}$$

$$Mf1 = \sqrt{(8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2 \times 7,14 \text{ m})^2 + ((300,97 \text{ kg}) \times 7,14 \text{ m})^2}$$

$$Mf1 = 4711,9 \text{ kgm}$$

$$Mf2 = 5,70 \text{ kg} \times 0,67 \text{ m} = 3,8 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf1 + Mf2 = 4711,9 \text{ kgm} + 3,8 \text{ kgm} = 4715,7 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (4715,7 \text{ kgm} + \sqrt{(4715,7 \text{ kgm})^2 + (393,5 \text{ kgm})^2}) = 4723,9 \text{ kgm}$$

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{4723,9 \text{ kgm}}{7,14 \text{ m}} = 661,6 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 1:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 750 \text{ kg}}{661,6 \text{ kg}} = 2,27 \quad \text{Verifica}$$

FE. 2

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales.
- En el Estado que contempla hielo, la resultante de los tiros de todos los cables con el tiro reducido unilateralmente un 40 %, considerando que existe carga desigual del hielo en los vanos contiguos.

Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo.

2. Calculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 50 metros.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:



$$F_t = F_{me} + 6 \times (F_c + F_a) + F_{v1} + F_{v2} + F_p$$

$$F_t = 24,04 \text{ kg} + (6 \times (19,56 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 26,21 \text{ kg} + 35,25 \text{ kg} + 166,24 \text{ kg} = 396,27 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = (F_{me} + 6 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp})/h_p$$

$$C_{vc} = ((24,04 \text{ kg} + 6 \times (19,56 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (166,24 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m}))/7,14 \text{ m} = 277,51 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

$$D_v = N/A.$$

Resultante de los tiros máximos de todos los cables.

$$T = 88 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 1:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

Para dos postes de 800 kg de tiro en la cima

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = 0 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T + F_v = 365,51 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{(0)^2 + \left(\frac{365,51 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 182,75 \text{ kg}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{182,75 \text{ kg}} = 8,75$$

Verifica



FN.2

Viento en el sentido de la línea

Fuerza total de carga de viento:

$$F_v = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) + F_p + F_v = (33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,41 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 10,86 \text{ kg} + 13,72 \text{ kg} = 152,44 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = ((F_m + 3 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp}) / h_p$$

$$C_{vc} = ((33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,41 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m}) + (10,86 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (13,72 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,41 \text{ m}) / 7,14 = 95,75 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = C_{vc} = 95,75 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T = 88 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{95,75 \text{ kg}}{8}\right)^2 + \left(\frac{88 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 45,60 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 2:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{45,60 \text{ kg}} = 35,09$$

Verifica

FN. 3 (Hipótesis de tendido)

- Cargas permanentes.

Peso total de todas las cargas: ménsula + vínculos + un semivano de conductores y cadenas



- Cargas adicionales (si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

- Carga del viento (Estado II) en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables del semivano tendido.

$$F_v = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) + F_p + F_v = (24,04 \text{ kg} + 3 \times (19,56 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 61,46 \text{ kg} = 324,51 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens} + (F_{v1} \times h_{v1}) + (F_{v2} \times h_{v2}) + (F_p \times h_{cgp}) / h_p$$

$$C_{vc} = [(24,04 \text{ kg} + 3 \times (19,56 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})] / 7,14 \text{ m} = 118,65 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

$$D_{v_long} = (3 \times (P_c + P_a) \times l_m) / h$$

$$D_{v_long} = (3 \times (4,75 \text{ kg} + 16,35 \text{ kg}) \times 0,27 \text{ m}) / 7,14 \text{ m} = 2,39 \text{ kg}$$

$$\frac{2}{3} \text{ Tiros u.} = \frac{2}{3} \times (3 \times 587 \text{ kg}) = 1174 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = \text{Tiros} + D_{v_long} = 1174 \text{ kg} + 2,39 \text{ kg} = 1176,39 \text{ kg}$$

$$F_t = C_{vc} = 117,31 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{1176,39 \text{ kg}}{8}\right)^2 + \left(\frac{117,31 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 164,61 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$



$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{164,61 \text{ kg}} = 9,72 \quad \text{Verifica}$$

FN. 4 (Viento oblicuo. Consideramos viento transversal $\times \cos 45^\circ$ sobre poste, ménsulas y aisladores, más el 80 % de la fuerza transversal sobre conductores)

- Cargas permanentes: conductores, cadenas de aisladores, ménsulas.
- Cargas adicionales (Si existen).
- No aplica porque no se considera manguito de hielo.
- Carga del viento máximo en dirección oblicua, sobre el poste, los elementos de cabecera y la proyección de los cables. El coeficiente aerodinámico se incrementa en un 10%.

Sobre el cable de energía, en sentido transversal a la línea.

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1,1 \times 0,75 \times (36,11^2/16) \times 0,384 \times 0,8 = 18,78 \text{ kg}$$

Fuerza transversal del viento:

$$F_{tv} = [(F_{me} + F_{v1} + F_{v2} + (6 \times F_a) + F_p)] + [(6 \times F_{ce})]$$

$$F_{tv} = 18,70 \text{ kg} + 67,98 \text{ kg} + 82,07 \text{ kg} + 20,35 \text{ kg} + 181,03 \text{ kg} + 93,89 \text{ kg} = 351,03 \text{ kg}$$

Carga transversal del viento reducida a la cima:

$$C_{tvc} = [(F_{me} + (6 \times F_a) + (6 \times F_{ce})) \times h_1] + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + [F_p \times h_{cmp}]/h_p$$

$$C_{tvc} = (18,70 \text{ kg} + 20,35 \text{ kg} + 93,89 \text{ kg}) \times 7,14 \text{ m} + (67,98 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (82,07 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (181,03 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})/7,14 \text{ m} = 185,98 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A

$$F_c = [(C_{tvc} + T \cos 45^\circ)^2 + (T \sin 45^\circ)^2]^{1/2}$$

$$F_c = [(185,98 \text{ kg} + 88 \text{ kg} \times \cos 45^\circ)^2 + (88 \text{ kg} \times \sin 45^\circ)^2]^{1/2}$$

$$F_c = 273,96 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 4:



$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{273,96 \text{ kg}} = 5,84 \quad \text{Verifica}$$

FN. 5 (Idem FN. 1 pero con el viento del estado III)

- Cargas permanentes.
- Carga del viento del estado que contempla manguito de hielo, en la dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste y los elementos de cabecera.
- Carga del viento del Estado que contempla manguito de hielo, en la dirección del eje de los travesaños (ménsula y/o cruceta) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables de ambos semivanos adyacentes.
- Tiro de todos los cables para el Estado que contempla hielo.

Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo, y las cargas debidas al viento son menores que en la hipótesis normal 1.

Cálculo de las hipótesis extraordinarias.

FE. 1

- Cargas permanentes: conductores, cadenas de aisladores, ménsulas.

Peso de cables:

Cable de energía:

Cinco semi vanos de 50 m c/u:

$$5 \times 50 \text{ m} \times 0,19 \text{ kg/m} = 47,50 \text{ kg}$$

Peso total de todas las cargas permanentes: conductores + cadenas + ménsula + vínculos:

$$Pt = 47,50 \text{ kg} + 81,75 \text{ kg} + 209 \text{ kg} + 1705,9 \text{ kg} = 2044,15 \text{ kg}$$

Cargas adicionales (Si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

El 100 % del tiro máximo de un cable de transporte de energía (aquel que provoque la sollicitación más desfavorable) o 100 % del tiro máximo del cable de protección, por reducción



unilateral del tiro del cable en el vano adyacente.

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = (p1 \times s1) \times l1$$

$$M_t = (8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2) \times 0,67 \text{ m} = 393,5 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = \sqrt{(p1 \times S1 \times h1)^2 + ((T + Cvc) \times hp)^2}$$

$$M_{f1} = \sqrt{(8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2 \times 7,14 \text{ m})^2 + ((88 \text{ kg} + 277,51 \text{ kg}) \times 7,14 \text{ m})^2}$$

$$M_{f1} = 4939,1 \text{ kg}$$

$$M_{f2} = 4,75 \text{ kg} \times 0,67 \text{ m} = 3,2 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 4939,1 \text{ kgm} + 3,2 \text{ kgm} = 4942,3 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (4942,3 \text{ kgm} + \sqrt{(4942,3 \text{ kgm})^2 + (393,5 \text{ kgm})^2}) = 4950,1 \text{ kgm}$$

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{4950,1 \text{ kgm}}{7,14 \text{ m}} = 693,3 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 1:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$



$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{693,3 \text{ kg}} = 2,31 \quad \text{Verifica}$$

FE. 2

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales.
- En el Estado que contempla hielo, la resultante de los tiros de todos los cables con el tiro reducido unilateralmente un 40 %, considerando que existe carga desigual del hielo en los vanos contiguos.

Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo.

3. Calculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 40 metros.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = F_{me} + 6 \times (F_c + F_a) + F_{v1} + F_{v2} + F_p$$

$$F_t = 24,04 \text{ kg} + (6 \times (15,65 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 26,21 \text{ kg} + 35,25 \text{ kg} + 166,24 \text{ kg} = 372,81 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = (F_{me} + 6 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp})/h_p$$

$$C_{vc} = ((24,04 \text{ kg} + 6 \times (15,65 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (166,24 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m}))/7,14 \text{ m} = 254,05 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

$$D_v = N/A.$$

Resultante de los tiros máximos de todos los cables.

$$T = 140,73 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 1:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$



$$F_l = 0 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T + F_v = 394,78 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{(0)^2 + \left(\frac{394,78 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 197,39 \text{ kg}$$

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{197,39 \text{ kg}} = 8,11 \quad \text{Verifica}$$

FN.2

Viento en el sentido de la línea

Fuerza total de carga de viento:

$$F_v = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) + F_p + F_v = (33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,27 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 10,86 \text{ kg} + 13,72 \text{ kg} = 152,02 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = ((F_m + 3 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp} / h_p$$

$$C_{vc} = ((33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,27 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m}) + (10,86 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (13,72 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,41 \text{ m}) / 7,14 = 95,33 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A

Resultante de los tiros máximos de todos los cables.

$$T = 140,73 \text{ kg}$$

$$F_c = \left[\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2 \right]^{1/2}$$

$$F_l = C_{vc} = 95,33 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T = 140,73 \text{ kg}$$



$$F_c = \sqrt{\left(\frac{95,33 \text{ kg}}{8}\right)^2 + \left(\frac{140,73 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 71,37 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 2:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{71,37 \text{ kg}} = 22,42 \quad \text{Verifica}$$

FN. 3 (Hipótesis de tendido)

- Cargas permanentes.

Peso total de todas las cargas: ménsula + vínculos + un semivano de conductores y cadenas

- Cargas adicionales (si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

- Carga del viento (Estado II) en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables del semivano tendido.

$$F_v = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) + F_p + F_v = (24,04 \text{ kg} + 3 \times (15,65 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 61,46 \text{ kg} = 312,78 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens} + (F_{v1} \times h_{v1}) + (F_{v2} \times h_{v2}) + (F_p \times h_{cgp}) / h_p$$

$$C_{vc} = [(24,04 \text{ kg} + 3 \times (15,65 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})] / 7,14 \text{ m} = 114,74 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

$$D_{v_long} = (3 \times (P_c + P_a)) \times l_m / h$$

$$D_{v_long} = (3 \times (3,80 \text{ kg} + 16,35 \text{ kg})) \times 0,27 \text{ m} / 7,14 \text{ m} = 2,29 \text{ kg}$$

$$\frac{2}{3} \text{ Tiros u.} = \frac{2}{3} \times (3 \times 587 \text{ kg}) = 1174 \text{ kg}$$



$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = \text{Tiros} + D_{v_long} = 1174 \text{ kg} + 2,29 \text{ kg} = 1176,29 \text{ kg}$$

$$F_t = C_{vc} + T = 114,74 \text{ kg} + 46,91 \text{ kg} = 161,65 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{1176,29 \text{ kg}}{8}\right)^2 + \left(\frac{161,65 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 167,79 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{167,79 \text{ kg}} = 9,54 \quad \text{Verifica}$$

FN. 4 (Viento oblicuo. Consideramos viento transversal $\times \cos 45^\circ$ sobre poste, ménsulas y aisladores, más el 80 % de la fuerza transversal sobre conductores)

Sobre el cable de energía, en sentido transversal a la línea.

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1,1 \times 0,75 \times (36,11^2/16) \times 0,256 \text{ m}^2 \times 0,8 = 15,65 \text{ kg}$$

Fuerza transversal del viento:

$$F_{tv} = [(F_{me} + F_{v1} + F_{v2} + (6 \times F_a) + F_p)] + [(6 \times F_{ce})]$$

$$F_{tv} = 15,65 \text{ kg} + 67,98 \text{ kg} + 82,07 \text{ kg} + 20,35 \text{ kg} + 181,03 \text{ kg} + 75,12 \text{ kg} = 336,01 \text{ kg}$$

Carga transversal del viento reducida a la cima:

$$C_{tvc} = [(F_{me} + (6 \times F_a) + (6 \times F_{ce})) \times h_1] + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + [F_p \times h_{cmp}]/h_p$$

$$C_{tvc} = [(18,70 \text{ kg} + (6 \times 4,80 \text{ kg}) + (6 \times 15,65 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (67,98 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (82,07 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (181,03 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})/7,14 \text{ m} = 170,96 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A



$$F_c = \sqrt{(170,96 \text{ kg} + 140,73 \text{ kg} \times \cos 45^\circ)^2 + (170,43 \text{ kg} \times \sin 45^\circ)^2}$$

$$F_c = 311,63 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 4:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{311,63 \text{ kg}} = 5,13 \quad \text{Verifica}$$

FN. 5 (Idem FN. 1 pero con el viento del estado III)

Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo, y las cargas debidas al viento son menores que en la hipótesis normal 1.

Cálculo de las hipótesis extraordinarias.

FE. 1

- Cargas permanentes: conductores, cadenas de aisladores, ménsulas.

Peso total de todas las cargas permanentes.

Cargas adicionales (Si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

El 100 % del tiro máximo de un cable de transporte de energía (aquel que provoque la sollicitación más desfavorable) o 100 % del tiro máximo del cable de protección, por reducción unilateral del tiro del cable en el vano adyacente.

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$



$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = (p_1 \times s_1) \times l_1$$

$$M_t = (8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2) \times 0,67 \text{ m} = 393,5 \text{ kgm}$$

$$M_{f1} = \sqrt{(p_1 \times S_1 \times h_1)^2 + ((T + C_{vc}) \times h_p)^2}$$

$$M_{f1} = \sqrt{(8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2 \times 7,14 \text{ m})^2 + ((140,73 \text{ kg} + 170,96 \text{ kg}) \times 7,14 \text{ m})^2}$$

$$M_{f1} = 5052,6 \text{ kg}$$

$$M_{f2} = 3,80 \text{ kg} \times 0,67 \text{ m} = 2,5 \text{ kgm}$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2} = 5052,6 \text{ kgm} + 2,5 \text{ kgm} = 5055,2 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (5055,2 \text{ kgm} + \sqrt{(5055,2 \text{ kgm})^2 + (393,5 \text{ kgm})^2}) = 5062,8 \text{ kgm}$$

$$F = \frac{M}{h_p} = \frac{5062,8 \text{ kgm}}{7,14 \text{ m}} = 709,1 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 1:

$$C_n: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{709,1 \text{ kg}} = 2,26 \quad \text{Verifica}$$

FE. 2

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales.
- En el Estado que contempla hielo, la resultante de los tiros de todos los cables con el tiro reducido unilateralmente un 40 %, considerando que existe carga desigual del hielo en los vanos contiguos.



Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo.

4. Cálculo de las hipótesis normales para un vano curvo de 30 metros.

FN1

Fuerza total de carga de viento en dirección transversal a la línea:

$$F_t = F_{me} + 6 \times (F_c + F_a) + F_{v1} + F_{v2} + F_p$$

$$F_t = 24,04 \text{ kg} + (6 \times (11,74 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 26,21 \text{ kg} + 35,25 \text{ kg} + 166,24 \text{ kg} = 349,35 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = (F_{me} + 6 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp})/h_p$$

$$C_{vc} = ((24,04 \text{ kg} + 6 \times (11,74 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (166,24 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m}))/7,14 \text{ m} = 230,59 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

$$D_v = N/A.$$

Resultante de los tiros máximos de todos los cables.

$$T = 157,73 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 1:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = 0 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T + F_v = 388,32 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{(0)^2 + \left(\frac{388,32 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 194,16 \text{ kg}$$



$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{194,16 \text{ kg}} = 8,24 \quad \text{Verifica}$$

FN.2

Viento en el sentido de la línea

Fuerza total de carga de viento:

$$F_v = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) + F_p + F_v = (33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,16 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 10,86 \text{ kg} + 13,72 \text{ kg} = 151,69 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = ((F_m + 3 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens}) + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + F_p \times h_{cgp}) / h_p$$

$$C_{vc} = ((33,41 \text{ kg} + 3 \times (0,16 \text{ kg} + 3,03 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m}) + (10,86 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (13,72 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,41 \text{ m}) / 7,14 = 95,00 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A

Resultante de los tiros máximos de todos los cables.

$$T = 157,73 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = C_{vc} = 95,00 \text{ kg}$$

$$F_t = D_v + T = 157,73 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{95,00 \text{ kg}}{8}\right)^2 + \left(\frac{157,73 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 79,75 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 2:

$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$



$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{79,75 \text{ kg}} = 20,06$$

Verifica

FN. 3 (Hipótesis de tendido)

- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales (si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

- Carga del viento (Estado II) en dirección del eje de los travesaños (ménsulas y/o crucetas) sobre el poste, los accesorios y la proyección de los cables del semivano tendido.

$$F_v = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) + F_p + F_v = (24,04 \text{ kg} + 3 \times (11,74 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) + 83,12 \text{ kg} + 61,46 \text{ kg} = 301,05 \text{ kg}$$

Carga del viento reducida a la cima:

$$C_{vc} = (F_{me} + 3 \times (F_c + F_a)) \times h_{mens} + (F_{v1} \times h_{v1}) + (F_{v2} \times h_{v2}) + (F_p \times h_{cgp}) / h_p$$

$$C_{vc} = [(24,04 \text{ kg} + 3 \times (11,74 \text{ kg} + 4,36 \text{ kg})) \times 7,14 \text{ m} + (26,21 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (35,25 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (83,12 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})] / 7,14 \text{ m} = 110,83 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste:

$$D_{v_long} = (3 \times (P_c + P_a) \times l_m) / h$$

$$D_{v_long} = (3 \times (2,85 \text{ kg} + 16,35 \text{ kg}) \times 0,27 \text{ m}) / 7,14 \text{ m} = 2,18 \text{ kg}$$

$$\frac{2}{3} \text{ Tiros u.} = \frac{2}{3} \times (3 \times 587 \text{ kg}) = 1174 \text{ kg}$$

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_l}{8}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2}$$

$$F_l = \text{Tiros} + D_{v_long} = 1174 \text{ kg} + 2,18 \text{ kg} = 1176,18 \text{ kg}$$

$$F_t = C_{vc} = 110,83 \text{ kg}$$



$$F_c = \sqrt{\left(\frac{1176,18 \text{ kg}}{8}\right)^2 + \left(\frac{110,83 \text{ kg}}{2}\right)^2} = 168,20 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 3:

$$C_n: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{168,20 \text{ kg}} = 9,51 \quad \text{Verifica}$$

FN. 4 (Viento oblicuo. Consideramos viento transversal $\times \cos 45^\circ$ sobre poste, ménsulas y aisladores, más el 80 % de la fuerza transversal sobre conductores)

Sobre el cable de energía, en sentido transversal a la línea.

$$F = C \times k \times (V^2/16) \times S = 1,1 \times 0,75 \times (36,11^2/16) \times 0,192 \text{ m}^2 \times 0,8 = 9,39 \text{ kg}$$

Fuerza transversal del viento:

$$F_{tv} = [(F_{me} + F_{v1} + F_{v2} + (6 \times F_a) + F_p)] + [(6 \times F_{ce})]$$

$$F_{tv} = 18,70 \text{ kg} + 67,98 \text{ kg} + 82,07 \text{ kg} + 20,35 \text{ kg} + 181,03 \text{ kg} + 56,35 \text{ kg} = 306,83 \text{ kg}$$

Carga transversal del viento reducida a la cima:

$$C_{tvc} = [(F_{me} + (6 \times F_a) + (6 \times F_{ce})) \times h_1] + F_{v1} \times h_{v1} + F_{v2} \times h_{v2} + [F_p \times h_{cmp}]/h_p$$

$$C_{tvc} = [(18,70 \text{ kg} + 20,35 \text{ kg} + 56,35) \times 7,14 \text{ m} + (67,98 \text{ kg} \times 5,00 \text{ m}) + (82,07 \text{ kg} \times 2,68 \text{ m}) + (181,03 \text{ kg} \times 3,36 \text{ m})]/7,14 \text{ m} = 155,95 \text{ kg}$$

Carga equivalente de desequilibrio en la cima del poste: N/A

$$F_c = \sqrt{(155,95 \text{ kg} + 157,73 \text{ kg} \times \cos 45^\circ)^2 + (157,73 \text{ kg} \times \sin 45^\circ)^2}$$

$$F_c = 313,58 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis normal 4:



$$Cn: 3 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{F_c}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{313,58 \text{ kg}} = 5,10 \quad \text{Verifica}$$

FN. 5 (Idem FN. 1 pero con el viento del estado III)

Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo, y las cargas debidas al viento son menores que en la hipótesis normal 1.

Cálculo de las hipótesis extraordinarias.

FE. 1

- Cargas permanentes: conductores, cadenas de aisladores, ménsulas.

Peso total de todas las cargas permanentes.

Cargas adicionales (Si existen).

No aplica porque no se considera manguito de hielo.

El 100 % del tiro máximo de un cable de transporte de energía (aquel que provoque la sollicitación más desfavorable) o 100 % del tiro máximo del cable de protección, por reducción unilateral del tiro del cable en el vano adyacente.

$$M = \frac{1}{2} \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right)$$

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$M_{f1} = ((p1 \times S1) + (p2 \times S2)) \times h1$$

$$M_{f2} = P_c \cdot l_1 + P_{cg} \cdot l_2 + P_{mc} \cdot l_{cg1} + P_{mcg} \cdot l_{cg2}$$

$$M_t = (p1 \times s1) \times l1$$

$$M_t = (8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2) \times 0,67 \text{ m} = 393,5 \text{ kgm}$$



$$Mf1 = \sqrt{(p1 \times S1 \times h1)^2 + ((T + Cvc) \times hp)^2}$$

$$Mf1 = \sqrt{(8,39 \text{ kg/mm}^2 \times 70 \text{ mm}^2 \times 7,14 \text{ m})^2 + ((157,73 \text{ kg} + 155,95 \text{ kg}) \times 7,14 \text{ m})^2}$$

$$Mf1 = 5027,1 \text{ kg}$$

$$Mf2 = 2,85 \text{ kg} \times 0,67 \text{ m} = 1,9 \text{ kgm}$$

$$Mf = Mf1 + Mf2 = 5027,1 \text{ kgm} + 1,9 \text{ kgm} = 5029,0 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{2} (5029,0 \text{ kgm} + \sqrt{(5029,0 \text{ kgm})^2 + (393,5 \text{ kgm})^2}) = 5036,6 \text{ kgm}$$

$$F = \frac{M}{hp} = \frac{5036,6 \text{ kgm}}{7,14 \text{ m}} = 705,4 \text{ kg}$$

Coefficiente de seguridad para hipótesis excepcional 1:

$$Cn: 2,25 \geq \frac{\text{Carga de rotura poste}}{Fc}$$

$$\frac{2 \times 800 \text{ kg}}{705,4 \text{ kg}} = 2,27 \text{ Verifica}$$

FE. 2

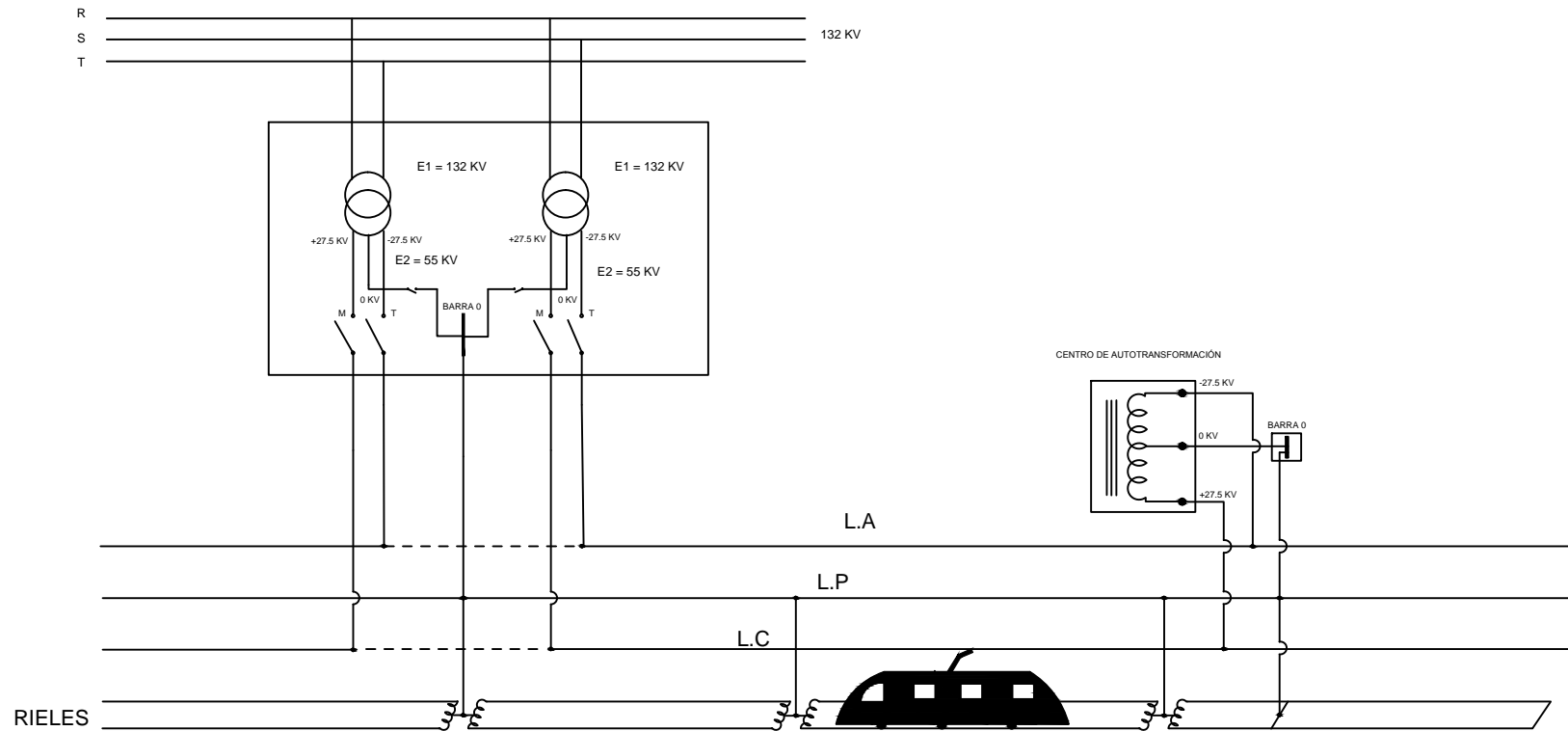
- Cargas permanentes.
- Cargas adicionales.
- En el Estado que contempla hielo, la resultante de los tiros de todos los cables con el tiro reducido unilateralmente un 40 %, considerando que existe carga desigual del hielo en los vanos contiguos.

Esta hipótesis no se calcula porque en la provincia de Buenos Aires no se contempla el manguito de hielo.

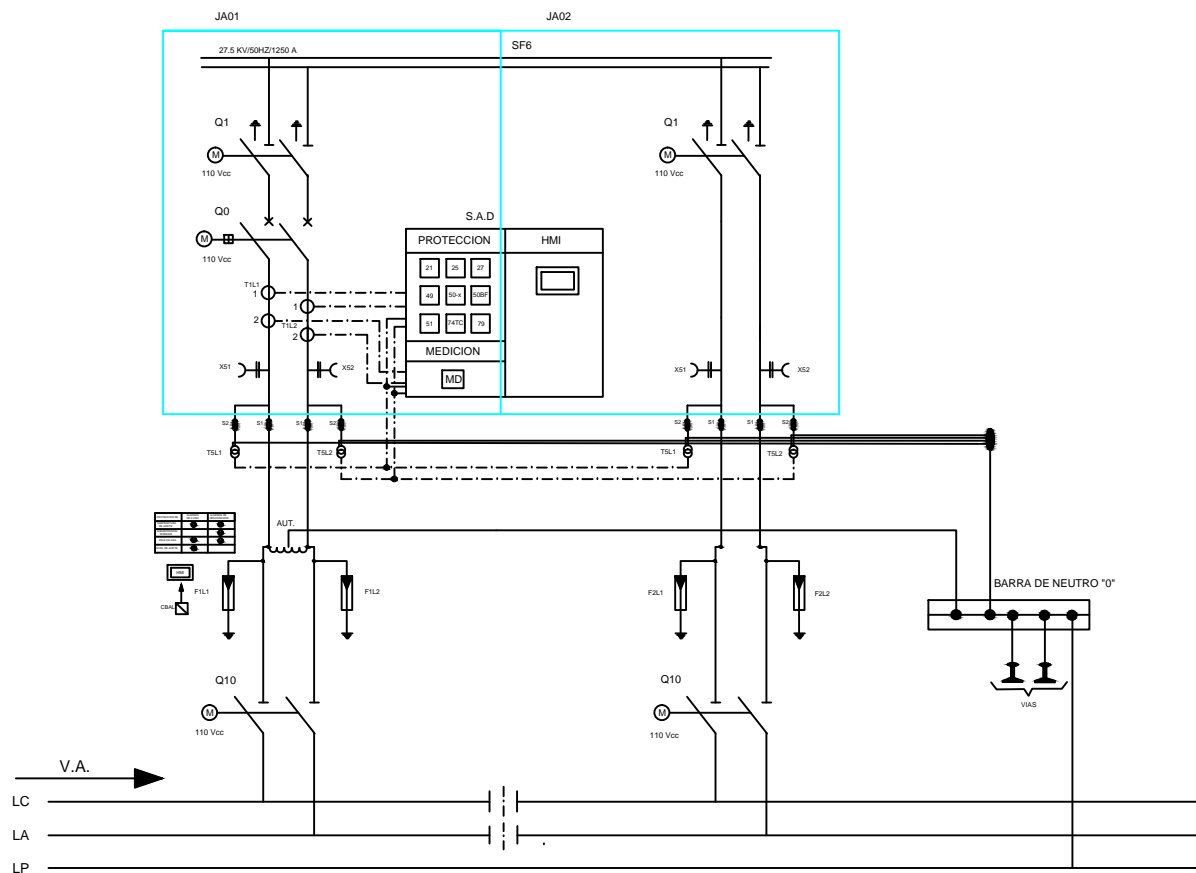


Planos:

- I. Sistema de 2 x 25 kV.
- II. Uni bifilar sistema de tracción.
- III. Centro de autotransformación.
- IV. Unifilar TGBT y MT.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA
Proyecto Final
Electrificación del Ramal La Plata - Brandsen de la Línea Roca
Electrificación General Sistema 2 x 25 Kv
ALUMNOS : Baron, Erwin - Trevolazavala, Marcelino - Culetto, Franco
Año 2019



	JA01 JA02	CELDA DE MT 2x27.5 KV BIPOL. AISLADA EN SF6 CELDA DE ENTRADA DE LINEA C/INTERRUPTOR CELDA DE MT 2x27.5 KV BIPOL. AISLADA EN SF6 CELDA SALIDA DE LINEA C/SECCIONADOR		Q0	INTERRUPTOR DE POTENCIA 1250 A 31.5 KA MANDO MOTORIZADO 110 Vcc		AUT.	AUTOTRANSFORMADOR + - 27.5kV - 27.5/ 0 KV 3 MVA
	TSL1 TSL2	TRANSFORMADOR DE TENSION 27.5/0.11 KV 10 VA CL. 3P/0.5		T1L1 T1L2	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (1) NUCLEO DE PROTECCION (2) NUCLEO DE MEDICION		HMI	PANEL DE OPERACION LOCAL (GALIA DE TABLEROS)
	XS1 XS2	DETECTOR DE TENSION CAPACITIVO		F1L1 F1L2	DESCARGADOR DE SOBRETENSION		S1 S2	TERMINALES
	Q1,Q10	SECCIONADOR DE TRES POSICIONES COMANDO MOTORIZADO 1250 A - 110 Vcc		CBAL	TABLERO DE ALARMA DE AVISO Y DESENGANCHE		S.A.D	SISTEMA DE AUTOMATIZACION DESCENTRALIZADO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Proyecto Final

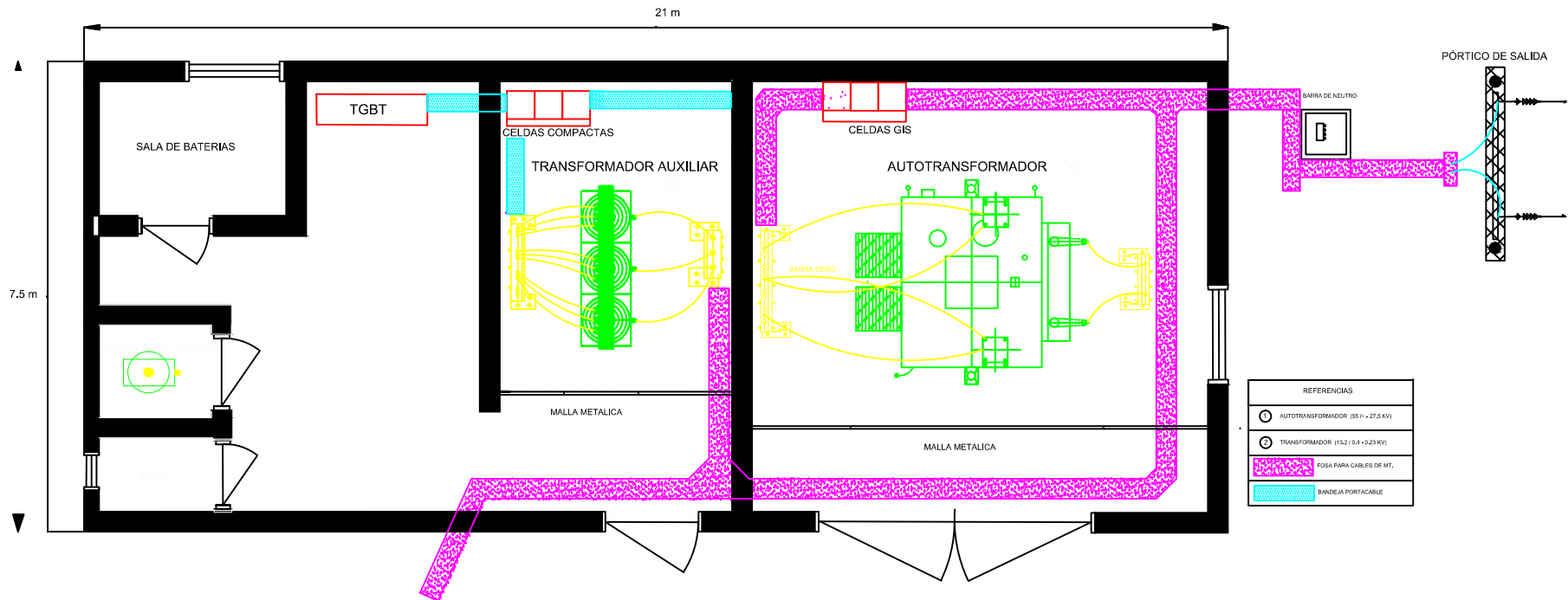
Electrificación del Ramal La Plata - Brandsen de la Línea Roca

Uni/bifilar 27.5 kv Sist. de Tracción PSA -PAT

ALUMNOS : Baron, Erwin - Trevolazavala, Marcelino - Culetto, Franco

Año 2019

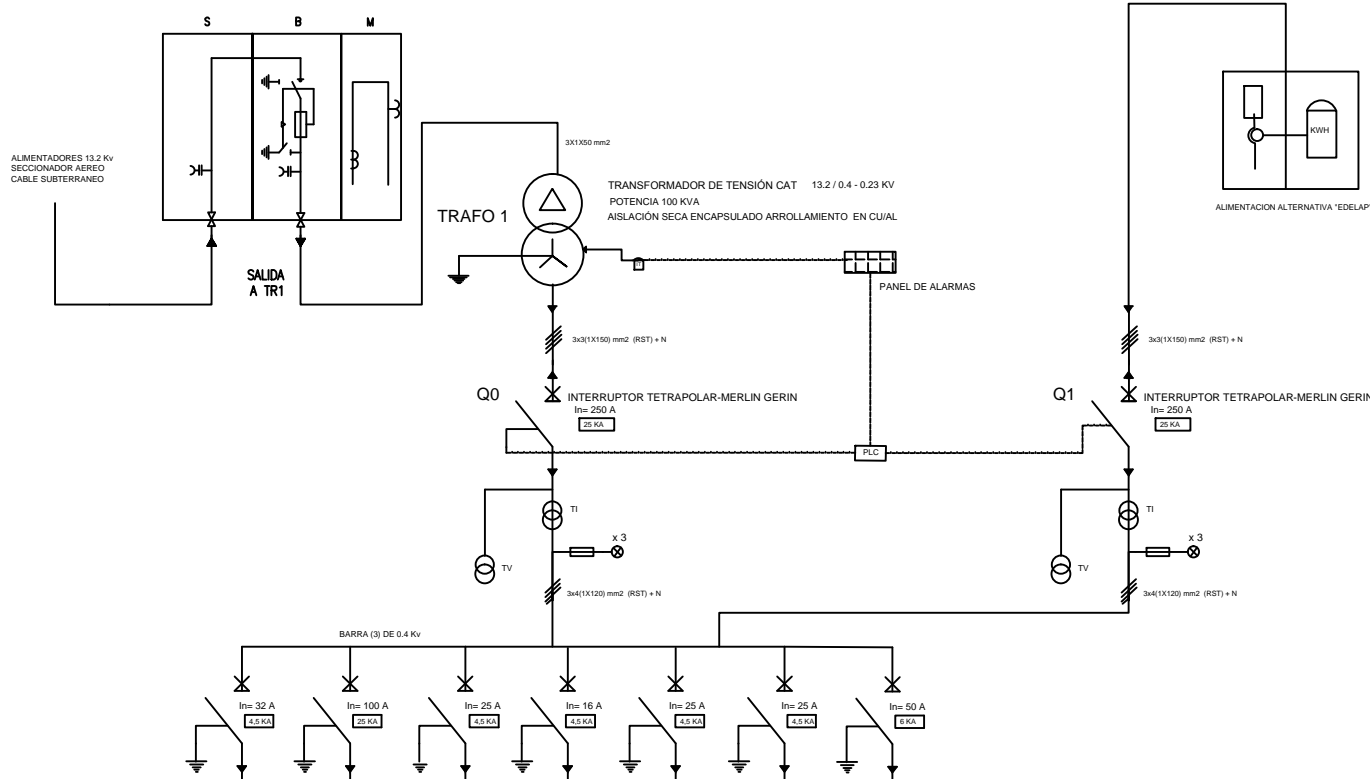
CENTRO DE AUTOTRANSFORMACION



REFERENCIAS	
	AUTOTRANSFORMADOR (55 F - 27.5 KV)
	TRANSFORMADOR (15.2 / 0.4 - 0.25 KV)
	FOSA PARA CABLES DE MT.
	BANDEJA PORTACABLE

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA
Proyecto Final
Electrificación del Ramal La Plata - Brandsen de la Línea Roca
Planta - Centro de Autotransformación
ALUMNOS : Baron, Erwin - Trevolazavala, Marcelino
Año 2019

CELDA MT ABB UNIGEAR ZS 1
TIPO COMPACTA 17.5 KV



CIRCUITO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
I (A)							
SECCION CABLE	3X6MM2 +N	3X25 + 16 mm2	3X4MM2 +N	3X2.5 MM2 +N	3X4MM2 +N	3X4MM2 +N	3X16MM2 +N
DESCRIPCIÓN	CARGADOR DE BATERIAS	TABLERO SECC. ESTACION	TOMAS USOS GENERALES	ILUMINACION INTERIOR GRAL.	ALIMENTACION AIRE. ACONDIC.	ILUMINACION EXTERIOR	SEÑALAMIENTO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA
Proyecto Final
Electrificación del Ramal La Plata - Brandsen de la Linea Roca
Unifilar de MT y Tablero General (TGBT)
ALUMNOS : Baron, Erwin - Trevolazavala, Marcelino - Culetto, Franco
Año 2019