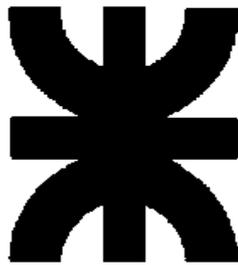


ANDRÉS SANTIAGO FRANZOI



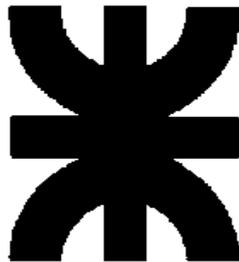
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Reconquista

**COMPARACIÓN ECONÓMICA DE DIFERENTES TIPOS DE
TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS UTILIZADAS EN LÍNEAS DE
MEDIA TENSIÓN EN 13,2 KV**

Reconquista

2019

ANDRÉS SANTIAGO FRANZOI



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Reconquista

**COMPARACIÓN ECONÓMICA DE DIFERENTES TIPOS DE
TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS UTILIZADAS EN LÍNEAS DE
MEDIA TENSIÓN EN 13,2 KV**

Proyecto Final presentado en cumplimiento de las exigencias de la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Facultad Regional Reconquista, realizada por el estudiante Andrés Santiago Franzoi.

Asesores: Prof.: Ing. Cendra, Claudio

Prof.: Ing. Franzoi, Carlos

Reconquista, Santa Fe

República Argentina

2019

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo personal y este logro académico y profesional, a mi familia por ser el mayor apoyo en mis estudios y por compartir conmigo la alegría de ser ingeniero.

A mi novia, por acompañarme y brindarme todo su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad Regional Reconquista, en su visión de preparar profesionales para servir al país.

A los profesores Ing. Cendra Claudio e Ing. Franzoi Carlos por dedicar su tiempo en asesorarme y dedicar su tiempo a la corrección del presente proyecto.

A mis amigos y compañeros de estudio, que me han acompañado durante todo este tiempo, haciendo más amenos el camino transitado.

Al claustro docente y no docente, por su dedicación en todos estos años.

A todo el personal de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda., por brindarme información para la elaboración del presente proyecto y por abrir sus puertas para realizar las Prácticas Profesionales Supervisadas, en especial al Ing. Pablo Passarino, responsable del seguimiento de las mismas.

Índice

RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS A DESARROLLAR.....	12
1.1 Cálculo parámetros eléctricos de la línea.....	12
1.1.1 Impedancia de la línea	13
1.1.1.1 Componente resistiva	13
1.1.1.2 Componente inductiva.....	14
1.1.2 Impedancia de la subestación transformadora	16
1.1.3 Impedancia de la red aguas arribas	17
1.1.4 Impedancia total de la línea.	17
1.2 Cálculo de la corriente de línea.....	18
1.3 Cálculo de la caída de tensión.....	19
1.4 Cálculo de la corriente de cortocircuito	19
1.5 Verificación corriente térmica del conductor.....	21
1.6 Corrección corriente máxima admisible conductor subterráneo.....	21
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS ACTUAL DEL DISTRIBUIDOR N° 3	24
2.1 Potencia instalada.....	24
2.2 Verificación del distribuidor N°3 actual.	25
2.2.1 Verificación corriente máxima admisible.....	25
2.2.2 Verificación caída de tensión.....	26
2.2.3 Verificación de la sección de los conductores	26
2.3 Proyección del distribuidor N°3 a 15 años.....	27
2.4 Verificación del distribuidor N°3 proyectado a 15 años.....	28
2.4.1 Verificación corriente máxima admisible.....	28
2.4.2 Verificación caída de tensión.....	29
2.4.3 Verificación de la sección de los conductores	29

2.4.4 Conclusiones.....	30
CAPÍTULO 3: CALCULO ELÉCTRICO PARA LOS DIFERENTES TIPOS CONSTRUCTIVOS	32
3.1 L.M.T, coplanar horizontal con conductor desnudo.	32
3.1.1 Resumen calculo eléctrico	33
3.2 L.M.T coplanar horizontal con conductor protegido	34
3.2.1 Resumen calculo eléctrico	35
3.3 L.M.T disposición LINE POST, con conductor desnudo	36
3.3.1 Resumen calculo eléctrico	37
3.4 L.M.T disposición COMPACTA, con conductor protegido.....	39
3.4.1 Resumen calculo eléctrico	40
3.5 L.M.T subterránea disposición coplanar horizontal, con conductor aislado.....	41
3.5.1 Resumen calculo eléctrico	42
3.6 L.M.T subterránea disposición coplanar horizontal, con conductor aislado de Al.....	43
3.6.1 Resumen calculo eléctrico	44
CAPÍTULO 4: CÁLCULOS MECÁNICOS A DESARROLLAR.....	46
4.1 Calculo mecánico de los conductores	46
4.1.1 Determinación del estado básico	46
4.1.1.1 Cálculo del vano critico.....	47
4.1.1.2 Estado básico.....	48
4.1.1.3 Ecuación de cambio de estado.....	48
4.1.1.4 Determinación de la flecha máxima para cada estado	49
4.2 Dimensionamiento de soportes	51
4.2.1 Altura de los postes.....	51
4.2.2 Carga a la rotura de los postes	52
4.2.2.1 Determinación de la carga dinámica debida al viento sobre los conductores.....	53
4.2.2.2 Determinación cargas dinámicas debida al viento sobre los postes.....	53



4.2.2.3 Determinación cargas dinámicas debida al viento sobre los vínculos	54
4.2.2.4 Determinación carga dinámica debida al viento sobre cadena de aisladores y morseteria	55
4.3 Dimensionamiento de fundiciones.....	55
4.3.1 Dimensionamiento previo.....	56
4.3.2 Fuerza actuante en el fondo de la fundación.....	57
4.3.3 Método de Sulzberger.....	58
CAPÍTULO 5: CALCULO MECÁNICO Y FUNDACIONES DE LOS DIFERENTES TIPOS CONSTRUCTIVOS	61
5.1 Resumen calculo mecánicos conductores	61
5.1.1 Calculo mecánico conductor, L.M.T, coplanar horizontal, conductor desnudo.....	61
5.1.2 Calculo mecánico conductor, L.M.T, coplanar horizontal, conductor protegido.....	62
5.1.3 Calculo mecánico conductor, L.M.T, LINE-POST, conductor desnudo.....	62
5.1.4 Calculo mecánico conductor, L.M.T, COMPACTA, conductor protegido.....	63
5.2 Calculo mecánico de las estructuras	63
5.2.1 Estructura de suspensión simple.....	63
5.2.2 Estructura de retención	64
5.2.3 Estructura terminal.....	64
5.2.4 Resumen postes seleccionados	65
5.2.4.1 Calculo mecánico poste, L.M.T, coplanar horizontal, conductor desnudo	65
5.2.4.2 Calculo mecánico poste, L.M.T, coplanar horizontal, conductor protegido	66
5.2.4.3 Calculo mecánico poste, L.M.T, LINE-POST, conductor desnudo.....	67
5.2.4.4 Calculo mecánico poste, L.M.T, COMPACTA, conductor protegido.....	68
5.3 Fundaciones para los distintos tipos constructivos	69
5.3.1 Resumen de fundaciones para cada tipo constructivo	70
5.3.1.1 Calculo fundación L.M.T, coplanar horizontal, cable desnudo	70
5.3.1.2 Calculo fundación L.M.T, coplanar horizontal, cable protegido	71



5.3.1.3	Calculo fundación L.M.T, LINE-POST, cable desnudo	73
5.3.1.4	Calculo fundación L.M.T, COMPACTA, cable protegido	74
CAPÍTULO 6: EJECUCIÓN DE OBRA		76
6.1	L.M.T coplanar horizontal con conductor desnudo	76
6.2	L.M.T coplanar horizontal con conductor protegido	76
6.3	L.M.T line-post con conductor desnudo	77
6.4	L.M.T compacta con conductor protegido	77
6.5	L.M.T subterránea disposición coplanar horizontal.....	77
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO		79
7.1	Desarrollo del cómputo y presupuesto	79
7.1.1	Cómputo de materiales y presupuesto	79
7.1.2	Mano de obra	80
7.1.2.1	Determinación horas personal especializado civil.	80
7.1.2.2	Determinación horas personal especializado eléctrico.....	81
7.1.3	Equipos y rodados.....	81
7.1.4	Gastos imprevistos.....	81
7.1.5	Obrador	82
7.1.6	Mantenimiento.....	82
7.2	Presupuesto de las diferentes alternativas en L.M.T.A y L.M.T.S	82
7.2.1	Presupuesto L.M.T coplanar horizontal con conductor desnudo	82
7.2.2	Presupuesto L.M.T coplanar horizontal con conductor protegido	83
7.2.3	Presupuesto L.M.T tipo line-post con conductor desnudo.	84
7.2.4	Presupuesto L.M.T tipo compacta con conductor protegido.	85
7.2.5	Presupuesto L.M.T subterránea disposición coplanar, conductor de cobre.	86
7.2.6	Presupuesto L.M.T. subterránea disposición coplanar, conductor Al	87
7.3	Comparación costo relativo.....	88
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES.....		89

8.1 Conclusión económica	89
8.2 Conclusión técnica	90
8.3 Conclusión ambiental.....	92
8.4 Conclusión final	93
Bibliografía.....	96
Anexo I.a – Resumen de datos distribuidor N°3.....	98
Anexo I.b – Cálculo parámetros, proyección y verificación distribuidor N° 3.....	100
Anexo II.a – Cálculo eléctrico L.M.T coplanar horizontal c/conductor desnudo.....	124
Anexo II.b – Cálculo eléctrico L.M.T coplanar horizontal c/conductor protegido.....	134
Anexo II.c – Cálculo eléctrico L.M.T LINE POST c/conductor desnudo.....	144
Anexo II.d – Cálculo eléctrico L.M.T COMPACTA c/conductor protegido.....	155
Anexo II.e – Cálculo eléctrico L.M.T subterránea c/conductor aislado de Cu.....	165
Anexo II.f – Cálculo eléctrico L.M.T subterránea c/conductor aislado de Al.....	175
Anexo III.a – Cálculo mecánico L.M.T coplanar horizontal c/conductor desnudo.....	185
Anexo III.b – Cálculo mecánico L.M.T coplanar horizontal c/conductor protegido.....	211
Anexo III.c – Cálculo mecánico L.M.T LINE POST c/conductor desnudo.....	237
Anexo III.d – Cálculo mecánico L.M.T COMPACTA c/conductor protegido.....	265
Anexo IV.a – Cálculo fundaciones L.M.T coplanar horizontal c/conductor desnudo.....	297
Anexo IV.b – Cálculo fundaciones L.M.T coplanar horizontal c/conductor protegido.....	206
Anexo IV.c – Cálculo fundaciones L.M.T LINE POST c/conductor desnudo.....	315
Anexo IV.d – Cálculo fundaciones L.M.T COMPACTA c/conductor protegido.....	322
Anexo V – Computo y presupuesto.....	329
Anexo VI – Planos especificaciones técnicas E.P.E.....	359
Anexo VII – Planos.....	382
Anexo VIII – Catálogos	389



LISTA DE PLANOS – ANEXO VI

TN 240_5: L.M.T. 13,2 KV – Sostén – Copl. hor. – Ais. cer	360
TN 242_3: L.M.T. 13,2 KV – Retención – Copl. hor. – Ais cer	361
TN 243_3: L.M.T. 13,2 KV – Terminal – Copl. hor. – Ais cer	362
MN 110: Cruceta central	363
MN 155: Cruceta h ^o a ^o p/perno rígido y retención simple 13,2 KV	364
TN 615: L.M.T. 13,2 KV – Line post – Disp. copl. vert. – Sostén	365
TN 617: L.M.T. 13,2 KV – Line post – Disp. copl. vert. – Retención	366
TN 618: L.M.T. 13,2 KV – Line post – Disp. copl. vert. – Terminal	367
TN 805a: L.M.T. 13,2 KV – Línea compacta – Susp. c/brazo antibalanceo	368
TN 804: L.M.T. 13,2 KV – Línea compacta – Suspensión	369
TN 815a: L.M.T. 13,2 KV – Línea compacta – Retención recta	370
TN 820a: L.M.T. 13,2 KV – Línea compacta – Retención terminal	371
MN 860: L.M.T. 13,2 KV Red compacta espaciador	372
TN 218a: L.M.T. 13,2 KV – Sostén – Aislación cerámica	373
TN 211a2: L.M.T. 13,2 KV – Cadena retención aislación cerámica	374
TN 211a3: L.M.T. 13,2 KV – Cadena retención aislación cerámica	375
TN 51g: B.T. – M.T. – Puesta a tierra (Soporte H ^o A ^o)	376
TN 52: L.M.T. 13,2 KV – Puesta a tierra – Sostén	377
TN 53: L.M.T. 13,2 KV – Puesta a tierra – Retención	378
TN 120a: protección bajada cable subterráneo en M.T	379
ETN 98: L.M.T. Disposición conductores cruce de calle c/pavimento	380
ETN 98: L.M.T. Disposición conductores en vereda	381

LISTA DE PLANOS – ANEXO VII

Plano N° 1: Geográfica y composición distribuidor N° 3.....	383
Plano N° 2: Plani – altimetría tecnología coplanar horizontal con conductor desnudo.....	384
Plano N° 3: Plani – altimetría tecnología coplanar horizontal c/conductor protegido.....	385
Plano N° 4: Plani – altimetría tecnología line post c/conductor desnudo.....	386
Plano N° 5: Plani – altimetría tecnología compacta c/conductor protegido.....	387
Plano N° 6: Detalle de disposición de conductores subterráneos.....	388

RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad determinar la relación económica entre diferentes tipos de líneas de media tensión aéreas y subterráneas. En el mismo se realizan los cálculos eléctricos y mecánicos necesarios para garantizar un servicio de calidad según lo establecido por la Empresa Provincial de Energía de Santa Fe y la Asociación Electrotécnica Argentina. Dichos resultados son solo válidos para el norte santafesino, o toda zona con condiciones climáticas y suelos similares.

INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto tiene por finalidad establecer la relación economía por unidad de longitud de los diferentes tipos constructivos de líneas de media tensión (L.M.T), para ello se desarrollarán cálculos eléctricos y mecánicos para líneas de media tensión en 13,2 kV para los siguientes sistemas:

- Línea aérea coplanar horizontal con conductor desnudo de aluminio con alma de acero.
- Línea aérea coplanar horizontal con conductor protegido (no aislado) de aluminio con alma de acero.
- Línea aérea line-post con conductor desnudo de aluminio con alma de acero.
- Línea aérea compacta con conductor protegido (no aislado) de aleación de aluminio y cable fiador de acero galvanizado.
- Línea subterránea con conductor aislado de cobre
- Línea subterránea con conductor aislado de aluminio

Una vez determinada la relación técnica, se realiza el correspondiente cómputo y presupuesto para cada sistema planteado, al fin de poder determinar la conclusión final.

Para realizar cálculos concretos, se analizará el distribuidor número 3 de la subestación transformadora de Avellaneda que se encuentra emplazada en calle 121, perteneciente a la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Primeramente, se verificarán las instalaciones actuales de dicha salida, relevando potencia instalada y factor de utilización de los transformadores, luego se proyectará dicha instalación y se realizarán verificación de caída de tensión y corriente máxima admisible del conductor, al fin de establecer si es necesario cambiar la instalación.

Para desarrollar dichos cálculos, se tomarán datos mediante el sistema scada de la empresa, donde se obtendrá la potencia máxima de la línea, la promedio, como así también la tensión del servicio y la corriente promedio.

CAPÍTULO 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS A DESARROLLAR

En este capítulo, se detallarán los cálculos eléctricos para determinar las secciones de los conductores que conformarán los diferentes tipos constructivos.

Como se mencionó con anterioridad, se plantearán 5 sistemas constructivos, con diferente disposición de conductores.

Se adoptará una sección de conductor de 95/15 mm² de aluminio con alma de acero para los siguientes tipos constructivos:

- Coplanar horizontal, conductor desnudo
- Coplanar horizontal, conductor protegido
- Line-post, conductor desnudo

Por otro lado, tendremos una sección de 95 mm² de aluminio y cable fiador de 35 mm² de acero galvanizado para:

- Compacta, conductor protegido.

Por último, se adoptará una sección de 120 mm² de conductor de cobre y 185 mm² de aluminio para:

- Línea subterránea, disposición coplanar horizontal con 7 cm de separación.

Todos los sistemas planteados se caracterizarán por transmitir la misma carga, la cual se determinará en el capítulo 3.

A continuación, se detallarán los cálculos a realizar para verificar los conductores nombrados anteriormente.

1.1 Cálculo parámetros eléctricos de la línea.

Dentro de los parámetros eléctricos de la línea, encontraremos la resistencia de esta y su impedancia. Para poder desarrollar los cálculos nos basaremos en el método de las componentes simétricas, recordando que un sistema trifásico asimétrico, se puede descomponer en las sumas de 3 sistemas cuyas componentes son simétricas. Estos sistemas son directo, inverso y

homopolar. Al aplicar este método, nos servirá también para poder determinar los diferentes tipos de fallas:

- Falla monofásica a tierra
- Falla trifásica
- Perdidas de un conductor

Dicho método sirve para representar tensiones, corrientes, impedancias y reactancias.

Como se nombró anteriormente, calcularemos la impedancia directa, inversa y homopolar del sistema, que tendrá como componente resistencia y reactancia, ya que, para el nivel de tensión y la longitud de la línea, se desprecian la componente capacitiva.

El sistema nombrado estará compuesto por:

- Impedancia de la línea (directa, inversa y homopolar).
- Impedancia de la subestación transformadora (directa, inversa y homopolar).
- Impedancia de la red aguas arriba de la subestación transformadora (directa, inversa y homopolar).

A continuación, se detallarán los cálculos de cada uno de estos puntos.

1.1.1 Impedancia de la línea

Esta estará compuesta por una parte resistiva y otra inductiva, la resistiva dependerá del material conductor y la temperatura de servicio, mientras que la inductancia será función de la disposición de las fases, la frecuencia del servicio.

1.1.1.1 Componente resistiva

La primera componente se puede determinar mediante datos característicos brindados por el fabricante del conductor. Este mismo es la resistencia del conductor a corriente continua, por lo que debemos realizar correcciones sobre dicho valor ya que el servicio es con corriente alterna. Entonces para determinar la resistencia del conductor, realizaremos las siguientes correcciones:

- Corrección por sistema de servicio.
- Corrección por temperatura de servicio.

Para pasar la resistencia del sistema C.C. al sistema C.A., se debe tener en cuenta el efecto pelicular o efecto Kelvin, que dependerá de la frecuencia del sistema, la permeabilidad relativa del material conductor y la resistencia brindada por el fabricante en [ohm/km].

Primeramente, se deberá determinar la variable “X”, cuyo valor viene expresada por la siguiente ecuación ¹

$$X = 0,0513 \times \sqrt{\frac{f \times \mu}{R}}$$

Donde:

f: frecuencia del sistema en [Hz]

μ: permeabilidad relativa, cuyo valor es 1 para materiales no magnéticos.

R: resistencia del conductor brindada por el fabricante a C.C.

Una vez hallado el valor de “X”, podemos determinar el coeficiente de efecto superficial “K”, que es función de “X” y se obtiene por tabla.

Luego podremos obtener la resistencia del conductor sometido a C.A. mediante la siguiente ecuación:

$$R_{20^{\circ}c(C.A.)} = K \times R_{20^{\circ}c(C.C.)}$$

Finalmente se realizará la corrección por temperatura de funcionamiento, para ello se aplicará la siguiente expresión:

$$R_{x^{\circ}c(C.A.)} = R_{20^{\circ}c(C.A.)} \times (1 + \alpha \times [X - 20]) \left[\frac{ohm}{km} \right]$$

Donde:

α: es el coeficiente térmico del material del conductor.

X: la temperatura de servicio permanente.

1.1.1.2 Componente inductiva

La reactancia de la línea dependerá de la frecuencia del sistema, de la disposición de las fases y geometría del conductor, como así también de la distancia media geométrica (DMG) y el radio medio geométrico (RMG).

Por lo mencionado en el párrafo anterior, calcularemos la distancia media geométrica, cuyo valor se obtiene con la siguiente expresión ²:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{r-s} \times d_{s-t} \times d_{r-t}}$$

Donde:

¹ Ecuación extraída del libro “Redes Eléctricas”- Jacinto Viqueira Landa (1970), capítulo II, página 61.

² Ecuación extraída del libro “Redes Eléctricas”- Jacinto Viqueira Landa (1970), capítulo II, página 76, válida solo para sistemas de una terna.

d_{r-s} : distancia entre los conductores R y S expresada en [m], dependerá de la disposición adoptada.

d_{s-t} : distancia entre los conductores S y T expresada en [m], dependerá de la disposición adoptada.

d_{r-t} : distancia entre los conductores R y T expresada en [m], dependerá de la disposición adoptada.

Además, calcularemos el RMG, este se define como “el radio exterior de un conductor tubular de espesor infinitesimal (de manera que todo el flujo sea exterior al conductor) que, para la misma corriente, produce el mismo flujo total que el conductor real al cual sustituye.” (Viqueira Landa, 1970, p. 77).

El RMG, dependerá del radio del conductor y de su composición (números de hilo y cantidad de materiales que lo componen), con estos datos se obtienen de la tabla 1.2 del capítulo II, pagina 77-78 el correspondiente factor, luego calcularemos el RMG mediante ³:

$$RMG = r \times k$$

Donde:

r : radio del conductor, expresado en [m], dato brindado por el fabricante

k : constante que depende del número de hilos, material y/o materiales del conductor, se obtiene de tabla mencionada anteriormente.

Luego de obtener el RMG y la DMG, podremos calcular la inductancia de la línea mediante la siguiente función ⁴:

$$L = 2 \times \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \times 10^{-4} [H. km]$$

Cuya reactancia será:

$$Xl = L \times 2 \times \pi \times f$$

Donde:

f : frecuencia del sistema.

Finalmente, la impedancia directa e inversa de la línea será:

$$Zl_d = Rl + jXl \left[\frac{ohm}{km} \right] = Zl_i$$

Para determinar la impedancia homopolar de la línea, se deberán aplicar las siguientes ecuaciones:

$$Rl_0 = Rl_d + 0,002958 \times f$$

³ Ecuación extraída del libro “Redes Eléctricas” – Jacinto Viqueira Landa (1970), pagina 77.

⁴ Ecuación extraída del libro “Redes Eléctricas” – Jacinto Viqueira Landa (1970), página 77

Y

$$Xl_0 = 0,008682 \times f \times \ln\left(\frac{De}{\sqrt[3]{DMG + RMG^2}}\right)$$

Donde:

f : frecuencia del sistema.

R_d : resistencia directa de la línea

De : valor que depende de la resistividad del terreno y calcula por la siguiente ecuación:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

Donde ρ es la resistividad del terreno

Por último, la impedancia homopolar de la línea será:

$$Zl_0 = Rl_0 + jXl_0$$

1.1.2 Impedancia de la subestación transformadora

Para calcular las impedancias internas de los transformadores de la subestación transformadora, nos basaremos en el método del MVA, se necesitarán saber los datos característicos del transformador, como ser potencia aparente nominal, tensión de cortocircuito y tensión nominal de servicio.

La impedancia directa del transformador se podrá calcular por:

$$Zt_d = U_{cc} \times \frac{U^2}{Sn}$$

Donde:

U_{cc} : tensión de cortocircuito, dato característico que se encuentra en la placa del transformador

U : tensión de línea en vacío.

Sn : potencia aparente nominal.

Como el transformador es AT/MT, tendremos que la relación entre Rt_d y Xt_d será del orden de 0,2. Por lo que podremos asimilar:

$$Xt_d = Zt_d \quad \text{y} \quad Rt_d = 0$$

Por otra parte, tendremos:

$$Zt_i = Zt_d$$

Y, por último:

$$Zt_0 = 0,9 \times Zt_d$$

1.1.3 Impedancia de la red aguas arribas

Una forma sencilla y aproximada de determinar las impedancias aguas arribas de la línea, es utilizar el mismo método que en el punto 1.1.2, para ello nos deberán brindar la potencia de cortocircuito de la línea, en nuestro caso dicho dato lo brinda la E.P.E..

La impedancia directa de la red quedara determinada mediante la siguiente ecuación ⁵:

$$Zr_d = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

Donde:

U: tensión de servicio de la línea en vacío.

S_{cc}: potencia de cortocircuito de la red, dato brindado por la empresa prestataria del servicio.

Donde además la impedancia directa se descompone en ⁶:

$$\frac{Rr_d}{Zr_d} = 0,2$$

Y mediante la ecuación:

$$Zr_d = \sqrt{Rr_d + Xr_d}$$

Podemos determinar *X_{r_d}* una vez calculado los valores anteriormente mencionados.

Ahora nos queda definir los valores de impedancia inversa y homopolar.

Mediante una regla práctica, donde no se comete error considerable, podemos plantear:

$$Zr_d = Zr_i$$

Y, además:

$$Zr_0 = 3 \times Zr_d$$

1.1.4 Impedancia total de la línea.

Esta quedara determinada mediante la suma de las impedancias detalladas en los puntos 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3.

Para poder realizar dicha sumatoria, en caso de ser necesario, se deberán referir todas las impedancias a un mismo nivel de tensión, mediante la relación de transformación correspondiente.

⁵ Ecuación extraída del “Cuaderno Técnico N° 158 – Cálculo de corriente de cortocircuito” – Schneider Electric, pagina 17.

⁶ Relación extraída del “Cuaderno Técnico N° 158 – Cálculo de la corriente de cortocircuito” – Schneider Electric, pagina 17. Solo válida para niveles de tensión comprendidos entre 6 – 20 kV.

La relación de transformación no es nada más que la relación existente entre los niveles de tensiones.

$$a = \frac{U_1}{U_2}$$

Una vez determinada la relación, referimos las impedancias que correspondan con la siguiente ecuación:

$$Z' = a \times Z$$

Esta ecuación se deberá aplicar a las impedancias directa, inversas y homopolares, siempre y cuando el nivel de tensión no sea el mismo.

Por último, la impedancia total del sistema será:

$$Zs_d = Zl_d + Zt_d + Zr_d$$

$$Zs_i \equiv Zl_i + Zt_i + Zr_i$$

$$Zs_0 \equiv Zl_0 + Zt_0 + Zr_0$$

1.2 Cálculo de la corriente de línea

La corriente de la línea se determina mediante la potencia que trasmite esta y el nivel de tensión de servicio. Aplicando la siguiente ecuación estamos en condiciones de determinar dicha corriente ⁷.

$$I_{\text{línea}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia que trasmite la línea.

U: nivel de tensión del sistema, 13,2 kV.

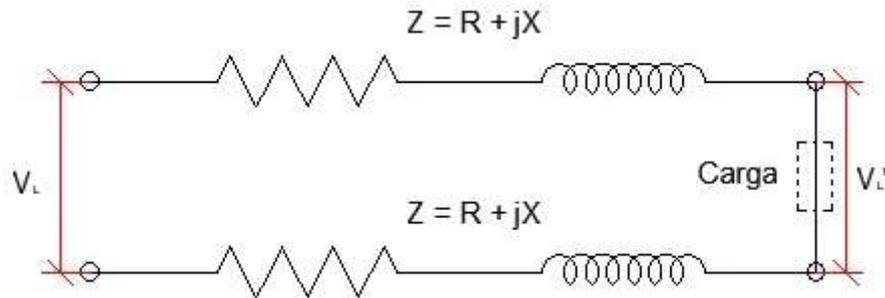
Una vez determinado el conductor a utilizar y calculada la corriente de línea, se debe verificar que la corriente admisible por el conductor sea siempre mayor que la corriente de línea que circula por este.

Nota: Para el caso de conductores subterráneos, se deben realizar correcciones sobre la corriente máxima admisible del conductor, esto dependerá de la profundidad a la que este instalado, la temperatura a la que opere, la resistividad de terreno, etc... En el punto 1.6 del presente capítulo, se detallan las correcciones a realizar para dicho caso.

⁷ Ecuación extraída del libro “Instalaciones eléctricas en media y baja tensión” – José García Trasancos (2003), página 59

1.3 Cálculo de la caída de tensión.

Una vez determinada la impedancia de la línea y la corriente, estamos en condiciones de calcular la caída de tensión para cada extremo de línea, para ello, realizaremos un circuito equivalente para líneas cortas, el cual se representa de la siguiente manera.



(Imagen 1: Representación línea corta M.T.)

Donde:

Z : impedancia directa de la línea (calculada en el punto 1.1).

V_L : tensión a bornes del transformador o celda.

V_L' : tensión en el extremo más lejano de la línea.

La ecuación a emplear es ⁸:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_L \times (R \times \cos \varphi + Xl \times \sin \varphi) = V_L - V_L'$$

El valor calculado debe verificar que no sea inferior a las exigencias del sistema.

1.4 Cálculo de la corriente de cortocircuito

Otro de los parámetros que se debe calcular, es la corriente de cortocircuito máxima que actuara sobre el conductor, para así verificar la sección del conductor seleccionado.

Para ello debemos calcular la corriente de cortocircuito en todos los tramos de la línea, recordando que dicha corriente puede ser por fallas monofásicas o trifásica.

Una vez calculadas las impedancias en los puntos críticos, como ser transformadores y derivaciones, cambios de secciones, podemos proceder al cálculo de la corriente de cortocircuito, el cual realizaremos por el método de la A.E.A 90909.

Cabe destacar que el defecto que produzca mayor corriente de cortocircuito dependerá de las impedancias de falla de secuencia directa, inversa y homopolar del sistema.

⁸ Ecuación extraída del libro “Instalaciones eléctricas en media y baja tensión” – José García Trasancos (2003), página 59

Primeramente, se calculará la corriente de cortocircuito trifásica, cuyo valor se obtiene utilizando la siguiente expresión ⁹:

$$I''_k = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_{sd}}$$

Donde:

C: factor que depende del tipo de fallo y se obtiene por tabla N° 1, página 21 A.E.A 90909, para este caso toma el valor 1,1.

U_n: tensión del sistema en vacío.

Z_{sd}: impedancia directa total en el punto de falla, puede comprender impedancia de línea, de transformadores y de red aguas arribas.

<i>Tensión nominal</i>	<i>Factor de tensión c para el cálculo de:</i>	
<i>U_n</i>	<i>I_{cc} máx.</i>	<i>I_{cc} mín.</i>
<i>Baja tensión</i>		
<i>230-400 V</i>	<i>1</i>	<i>0,95</i>
<i>Otros</i>	<i>1,05</i>	<i>1</i>
<i>Alta tensión</i>		
<i>1 a 230 kV</i>	<i>1,1</i>	<i>1</i>

(Tabla N° 1: Elaboración propia, según valores determinados en la Fig. 25, IEC 60909)

Por otro lado, tendremos la corriente de cortocircuito monofásica, la cual se puede hallar aplicando ¹⁰:

$$I''_k = \frac{\sqrt{3} \times c \times U_n}{|Z_{sd} + Z_{si} + Z_{s0}|}$$

Donde:

C: factor que depende del tipo de fallo y se obtiene por tabla N° 1, página 21 A.E.A 90909, para este caso toma el valor 1.

U_n: tensión del sistema en vacío.

Z_{sd}: impedancia directa total en el punto de falla

Z_{si}: impedancia inversa total en el punto de falla

Z_{s0}: impedancia homopolar total en el punto de falla.

⁹ Ecuación número 29 para el cálculo de corrientes de cortocircuito trifásica, extraída de AEA 90909, página 43.

¹⁰ Ecuación número 52 para el cálculo de corrientes de cortocircuito monofásica, extraída de AEA 90909, página 52.



<i>Tensión nominal</i>	<i>Factor de tensión c para el cálculo de:</i>	
U_n	$I_{cc} \text{ máx.}$	$I_{cc} \text{ mín.}$
<i>Baja tensión</i>		
<i>230-400 V</i>	<i>1</i>	<i>0,95</i>
<i>Otros</i>	<i>1,05</i>	<i>1</i>
<i>Alta tensión</i>		
<i>1 a 230 kV</i>	<i>1,1</i>	<i>1</i>

(Tabla N° 2: Elaboración propia, según valores determinados en la Fig. 25, IEC 60909)

1.5 Verificación corriente térmica del conductor

Además de las verificaciones anteriores, debemos realizar la verificación térmica del conductor, la cual dependerá del tiempo de respuesta de las actuaciones de los equipos de protección y de la corriente máxima en el conductor.

A modo practico en la práctica se utiliza el tiempo de las actuaciones 1 seg.

La corriente máxima de cortocircuito se ha calculado con anterioridad en el punto 1.4.

La sección adoptada deberá ser menor que la calculada por la siguiente ecuación¹¹.

$$S = \frac{I''_k \times \sqrt{t}}{k}$$

Donde:

I''_k : corriente máxima de falla para el conductor.

t : tiempo de actuación de las protecciones.

k : coeficiente dependiendo directamente del material del conductor

1.6 Corrección corriente máxima admisible conductor subterráneo

Como se nombró con anterioridad, la corriente que es capaz de transportar un conductor subterráneo, dependerá de sus condiciones de instalación.

Para realizar las correcciones de dicho conductor, debemos tener presente todos los efectos que aparecen en este y modifican su capacidad, estos son:

— Resistencia efectiva, que comprende:

- Resistencia del cable teniendo en cuenta el efecto de corriente continua (C.D.), también presentes en las líneas aéreas.
- Resistencia del cable por efecto piel, también presente en las líneas aéreas.

¹¹ Ecuación extraída del libro “Instalaciones eléctricas en media y baja tensión” – José García Trasancos (2003), página 64

- Resistencia del cable por profundidad.
- Perdidas eléctricas:
 - Perdidas por efecto Joule.
 - Perdidas dieléctricas, según material aislante.
 - Perdidas en la vaina metálica.
- Además, tenemos la resistencia térmica que comprende:
 - Resistencia térmica de aislación.
 - Resistencia térmica de la vaina exterior.
 - Resistencia térmica externa.

Por último, se debe calcular la corriente admisible en función de la resistividad y temperatura el terreno. Para ello, se siguen las especificaciones de la A.E.A 95101, la que establece que la corriente calculada con anterioridad se debe modificar afectándola por dos factores tabulados que son función de la temperatura del terreno y la resistividad del mismo.

$$I'_n = I_n \times F1 \times F2$$

Donde:

F1: factor de corrección por resistividad, según A.E.A 95101.

F2: factor de corrección por temperatura del terreno, según A.E.A 95101.

A modo de simplificar dichos cálculos, se realizó la corrección mediante lo estipulado en la A.E.A 95101.

Inicialmente, nos brinda la corriente admisible para una temperatura de servicio, cierta profundidad de instalación y cierta separación entre conductores. Luego mediante tablas de la A.E.A se deben realizar las correcciones que correspondan siempre y cuando el conductor que instalaremos no se encuentre en las condiciones iniciales que nos da el fabricante. A continuación, se enumeran los factores de corrección que se deben aplicar según corresponda:

- Factor de corrección para diferente temperatura ambiente.
- Factor de corrección para diferente temperatura del terreno.
- Factor de corrección para diferentes profundidades de la instalación, depende de la sección del conductor y si este es unipolar o tripolar.
- Factor de corrección para diferentes resistividades térmicas del terreno. Será función de la sección del conductor, si este es unipolar o tripolar y si está directamente enterrado o en ductos.
- Factor de corrección para grupos de cables tripolares.

- Factor de corrección por agrupación se circuitos trifásicos. Este se aplica únicamente a cables unipolares y dependerá de si la instalación es directamente enterrada o en ductos y de la distancia de separación entre dichos conductores.

Una vez determinada la corriente admisible del conductor con los correspondientes factores nombrados anteriormente, se sobredimensionará éste un determinado porcentaje de la carga proyectada para evitar posteriores problemas ante aumentos de cargas y lograr que la línea, cuya instalación es dificultosa, tenga una determinada holgura.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS ACTUAL DEL DISTRIBUIDOR N° 3

Como se nombró anteriormente el sistema que se analizara será la salida número 3, la cual se caracteriza por tener una distribución abierta o radial, es alimentada por un solo extremo y luego de la línea principal salen las derivaciones.

En la actualidad el distribuidor está constituido por una variedad de conductores, como ser aleación de aluminio y cobre, como así también tiene diferentes tipos constructivos y secciones. Para ultimar detalles de la geografía del distribuidor ver al Anexo VII – Planos.

2.1 Potencia instalada

Para determinar la potencia instalada se realizó relevamiento de los transformadores que se encuentran instalados en la línea de estudio, en total esta tiene 15 subestaciones transformadores aéreas (SETA), con potencias de 160, 200, 250, 315 y 400 kVA. Para ver distribución de estas ver al Anexo VI.

El factor de utilización promedio, se obtuvo a partir de la potencia máxima que se dio el día 2 de enero del año 2019, la cual fue de 3,281 MW, también se determinó el coseno ϕ promedio el cual resulto ser 0,9263, y la tensión promedio de servicio, siendo esta 13,85 kV.

La potencia instalada que se determino es 4,32 MVA, con estos valores se estableció que el factor de utilización promedio de los transformadores instalados es del 82%, los cálculos serán desarrollados a partir de este valor.

El sistema actual está constituido mediante estructuras MN 110, con conductores de aluminio desnudo de 70 y 35 mm², conductor de cobre de 16 mm² y estructura compacta con conductor de aleación de aluminio de 35 mm² protegido. Para ver distribución geográfica y sección de conductores y disposición, ver Anexo VII – Planos, N° 1.

Una vez determinada la potencia instalada, estamos en condición de realizar las correspondientes verificaciones del sistema actual.



2.2 Verificación del distribuidor N°3 actual.

2.2.1 Verificación corriente máxima admisible

Para este tipo de disposición se utilizará cruceta MN 110 y espaciador MN 860, en el anexo VI – planos, se encuentra detallada.

Los conductores serán

- Conductor de Cu de 16 [mm²], modelo PRYSCU del Grupo Prysmian.¹²
- Conductor de Al de 35 [mm²], modelo PRYSAL del Grupo Prysmian¹³
- Conductor de Al de 35 [mm²], modelo ECO COMPACT DÚO del Grupo Prysmian.¹⁴
- Conductor de Al de 70 [mm²], modelo PRYSAL del Grupo Prysmian.¹⁵

Para ver datos característicos de los conductores ver anexo VIII.

La primera verificación que se realizó es la de corriente admisible, la cual se describió en el punto 1.2 del capítulo 1, en el anexo I.a se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema.

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	Al	70	154,94	265	Verifica
01 - B	Al	70	143,64	265	Verifica
B - C	Al	70	36,22	265	Verifica
C - 14	Al	35	7,17	171	Verifica
C - 10	Al	70	29,05	265	Verifica
11 - D	Al	70	8,97	265	Verifica
D - 10	Al	70	21,88	265	Verifica
D - E	Al	35	12,91	171	Verifica
E - 13	Al	35	7,17	171	Verifica
E - 15	Al	35	5,74	171	Verifica
B - 02	Al	70	107,42	265	Verifica
02 - F	Al	70	98,45	265	Verifica
F - 03	Al	70	11,30	265	Verifica
F - 05	Cu	16	87,15	115	Verifica
05 - G	Cu	16	72,81	115	Verifica
G - 06	Al	35	11,30	171	Verifica
G - 04	Al	35	14,35	171	Verifica
12 - G	Cu	16	47,16	115	Verifica
12 - 07,	Cu	16	39,99	115	Verifica
07 - H	Cu	16	25,64	115	Verifica
H - 09	Al	35	11,30	171	Verifica
H - 08	Cu	16	14,35	115	Verifica

(Tabla N° 3: Elaboración propia)

¹² https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf

¹³ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf

¹⁴ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRY2019_EcoCompactDuo.pdf

¹⁵ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf

Como se puede observar, todos los conductores actualmente instalados cumplen con las exigencias de la línea.

2.2.2 Verificación caída de tensión

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo I.a

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	90,20	Verifica	1,19
11	101,12	Verifica	0,77
15	99,91	Verifica	0,76
13	102,30	Verifica	0,78
3	111,08	Verifica	0,84
6	265,26	Verifica	2,01
4	265,89	Verifica	2,01
9	338,84	Verifica	2,57
8	348,92	Verifica	2,64

(Tabla N° 4: Elaboración propia)

Como se puede observar el punto más comprometido es el transformador número 8, pero que de igual manera verifica a las exigencias de la E.P.E. para garantizar un servicio de calidad.

2.2.3 Verificación de la sección de los conductores

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo I.a se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Para el tramo de Cu, cuya sección es 16 [mm²] se obtuvo:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
16	1966,77	115	17,102	No verifica

(Tabla N° 5: Elaboración propia)

Para el tramo de Al-Ac y sección 35 [mm²] se obtuvo:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
35	3684,57	93	39,619	No verifica

(Tabla N° 6: Elaboración propia)

Y por último para el tramo de 70 [mm²] y Al-Ac:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
70	4271,02	93	45,925	Verifica

(Tabla N° 7: Elaboración propia)

2.3 Proyección del distribuidor N°3 a 15 años.

Como se mencionó anteriormente, se proyectará el distribuidor a 15 años, con un incremento interanual del 4%.

Esta proyección se realizará sobre la potencia de las SETA actuales y con el mismo factor de utilización que se utilizó anteriormente.

La potencia proyectada se determina con la siguiente ecuación:

$$P_{proyectada} = P \times [1 + ic]^n$$

Donde:

P: potencia total actual

ic: tasa de crecimiento anual

n: periodo de diseño en años

Reemplazando los valores obtendremos:

$$P_{proyectada} = 3,54 \times [1 + 0,04]^{15} = 6,38 \text{ MVA}$$

Esta es la potencia total proyectada en el distribuidor, en el anexo I – Cálculos se encuentra detallada la potencia proyectada para cada SETA del distribuidor.

Una vez determinada dichas potencias, estamos en condición de verificar los conductores actualmente instalados, con los conductores y disposición anteriormente nombradas.



2.4 Verificación del distribuidor N°3 proyectado a 15 años.

2.4.1 Verificación corriente máxima admisible

Para este tipo de disposición se utilizará cruceta MN 110 y espaciador MN 860, en el anexo VI – planos, se encuentra detallada.

Los conductores serán

- Conductor de Cu de 16 [mm²], modelo PRYSCU del Grupo Prysmian.¹⁶
- Conductor de Al de 35 [mm²], modelo PRYSAL del Grupo Prysmian.¹⁷
- Conductor de Al de 35 [mm²], modelo ECO COMPACT DÚO del Grupo Prysmian.¹⁸
- Conductor de Al de 70 [mm²], modelo PRYSAL del Grupo Prysmian.¹⁹

Para ver datos característicos de los conductores dirigirse al anexo VIII.

La primera verificación que se realizó es la de corriente admisible, la cual se describió en el punto 1.2 del capítulo 1, en el anexo I.a se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema.

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	Al	70	279,04	265	No verifica
01 - B	Al	70	258,69	265	Verifica
B - C	Al	70	65,24	265	Verifica
C - 14	Al	35	12,92	171	Verifica
C - 10	Al	70	52,32	265	Verifica
11 - D	Al	70	12,92	265	Verifica
D - 10	Al	70	36,17	265	Verifica
D - E	Al	35	23,25	171	Verifica
E - 13	Al	35	12,92	171	Verifica
E - 15	Al	35	10,33	171	Verifica
B - 02	Al	70	193,45	265	Verifica
02 - F	Al	70	177,31	265	Verifica
F - 03	Al	70	20,35	265	Verifica
F - 05	Cu	16	156,96	115	No verifica
05 - G	Cu	16	131,12	115	No verifica
G - 06	Al	35	20,35	171	Verifica
G - 04	Al	35	25,84	171	Verifica
12 - G	Cu	16	84,94	115	Verifica
12 - 07,	Cu	16	72,02	115	Verifica
07 - H	Cu	16	46,18	115	Verifica
H - 09	Al	35	20,35	171	Verifica
H - 08	Cu	16	25,84	115	Verifica

(Tabla N° 8: Elaboración propia)

¹⁶ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf

¹⁷ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf

¹⁸ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRY2019_EcoCompactDuo.pdf

¹⁹ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf

Como conclusión, podemos decir que de los conductores que se encuentran instalados actualmente, el de Cu de 16 [mm²] y el de Al de 70 [mm²], no soportaran la corriente nominal que circularan por ellos, siendo indispensable el cambio de estos por otro de mayor sección a excepción del conductor de Al con sección de 35 [mm²].

2.4.2 Verificación caída de tensión

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo I.a

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	162,44	Verifica	1,23
11	179,99	Verifica	1,36
15	179,82	Verifica	1,36
13	184,13	Verifica	1,39
3	200,06	Verifica	1,52
6	477,71	Verifica	3,62
4	478,85	Verifica	3,63
9	610,24	Verifica	4,62
8	628,39	Verifica	4,76

(Tabla N° 9: Elaboración propia)

Como conclusión podemos observar que el punto más crítico es el transformador 8 y 9, donde la caída de tensión se aproxima al nivel máximo estipulado del 5%.

2.4.3 Verificación de la sección de los conductores

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo I.a se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Para el tramo de Cu, cuya sección es 16 [mm²] se obtuvo:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
16	1966,77	115	17,102	No verifica

(Tabla N° 10: Elaboración propia)

Para el tramo de Al-Ac y sección 35 [mm²] se obtuvo:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
35	3684,54	93	39,619	No verifica

(Tabla N° 11: Elaboración propia)

Y por último para el tramo de 70 [mm²] y Al-Ac:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
70	4270,98	93	45,924	Verifica

(Tabla N° 12: Elaboración propia)

2.4.4 Conclusiones

Como hemos podido observar, el distribuidor número 3 de la subestación transformadora emplazada en calle 121 de la ciudad de Avellaneda se caracteriza por:

- Potencia instalada: 4,32 MVA
- Pico de demanda: 3,54 MVA
- Factor de potencia: 0,9263
- Factor de simultaneidad: 0,82
- Tensión de servicio: 13,2 [kV]

Y mediante los cálculos desarrollados se pudo determinar que los conductores actualmente instalados verifican correctamente a corriente admisible, corriente térmica debida a cortocircuitos y caída de tensión del 5%.

Pero realizando una proyección a 15 años de dicho distribuidor nos encontraremos con:

- Potencia instalada: 7,374 MVA
- Pico de demanda: 6,048 MVA
- Factor de potencia: 0,9263

- Factor de simultaneidad: 0,82
- Tensión de servicio: 13,2 [kV]

Y mediante los cálculos desarrollados se pudo determinar que, de los conductores actualmente instalados, el de AlAl de 70 mm² verifica correctamente a corriente térmica debida a cortocircuitos y caída de tensión del 5%, pero no verifica a corriente máxima admisible. El conductor de AlAl de 35 mm² y el de Cu de 16 mm² no verifican a corriente térmica debida a cortocircuito y además el de Cu no verifica a corriente máxima admisible. Por lo que en el siguiente capítulo se dimensionaran los conductores del distribuidor para la potencia proyectada.

CAPÍTULO 3: CALCULO ELÉCTRICO PARA LOS DIFERENTES TIPOS CONSTRUCTIVOS

Como se demostró en el capítulo anterior, al proyectar el distribuidor N°3 de la ciudad de Avellaneda, para los próximos 15 años, este deberá ser modificado, cambiando los conductores. Ante estas modificaciones a realizar, surge la incertidumbre de que tipo constructivo sería más conveniente adoptar.

En este capítulo se detallarán los diferentes tipos constructivos que se podrían implementar en una línea de media tensión en la zona norte de la provincia de Santa Fe.

Dichos tipos constructivos estarán normalizados y reglamentados según especificaciones técnicas de la E.P.E.

Como se nombró anteriormente la potencia de la línea será de 6 MW, proyectada a 15 años.

A continuación, presentamos cada tipo constructivo con su correspondiente resumen de cálculos eléctricos desarrollados en función de los apartados del capítulo 1.

3.1 L.M.T, coplanar horizontal con conductor desnudo.

La E.P.E. especifica que el conductor a utilizar en este tipo de disposición será de aluminio con alma de acero según la norma IRAM 2187.

Las secciones que se podrán utilizar serán:

- Aluminio acero de 50/8 mm²
- Aluminio Acero de 95/15 mm²

Para nuestro caso se determinó que la sección a utilizar será AlAc 95/15 mm², ya que la potencia a transmitir es 6 MW.

Para zonas urbanas y sub-urbanas, se aceptará una longitud máxima de los vanos de 90 [m].



3.1.1 Resumen calculo eléctrico

Para este tipo de disposición se utilizará cruceta MN 155, en el anexo VI – planos, se encuentra detallada.

Los conductores serán desnudo de 95/15 mm², de aluminio con alma de acero. Se utilizarán conductores PRYSALAC del Grupo Prysmian²⁰ o calidad superior, para ver datos característicos del conductor ver anexo VIII.

La primera verificación que se realizó es la de corriente admisible, la cual se describió en el punto 1.2 del capítulo 1, en el anexo II.a se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema.

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp.]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL-Ac	95	279,04	305	Verifica
01 - B	AL-Ac	95	258,69	305	Verifica
B - C	AL-Ac	95	65,24	305	Verifica
C - 14	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
C - 10	AL-Ac	95	52,32	305	Verifica
11 - D	AL-Ac	95	16,15	305	Verifica
D - 10	AL-Ac	95	39,40	305	Verifica
D - E	AL-Ac	95	23,25	305	Verifica
E - 13	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
E - 15	AL-Ac	95	10,33	305	Verifica
B - 02	AL-Ac	95	193,45	305	Verifica
02 - F	AL-Ac	95	177,31	305	Verifica
F - 03	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
F - 05	AL-Ac	95	156,96	305	Verifica
05 - G	AL-Ac	95	131,12	305	Verifica
G - 06	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
G - 04	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica
12 - G	AL-Ac	95	84,94	305	Verifica
12 - 07,	AL-Ac	95	72,02	305	Verifica
07 - H	AL-Ac	95	46,18	305	Verifica
H - 09	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
H - 08	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica

(Tabla N° 13: Elaboración propia)

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo II.a

²⁰ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf
Franzoi, Andrés Santiago

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	110,29	Verifica	0,84
11	125,42	Verifica	0,95
15	121,62	Verifica	0,92
13	123,31	Verifica	0,93
3	137,79	Verifica	1,04
6	183,13	Verifica	1,39
4	183,58	Verifica	1,39
9	205,24	Verifica	1,55
8	206,74	Verifica	1,57

(Tabla N° 14: Elaboración propia)

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo II.a se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4302,23	93	46,26	Verifica

(Tabla N° 15: Elaboración propia)

3.2 L.M.T coplanar horizontal con conductor protegido

La E.P.E. especifica que el conductor a utilizar en este tipo de disposición será de aluminio con alma de acero según la norma IRAM 2187.

Además, al ser conductor protegido, la E.T.N 100, establece que el cable deberá contar con una capa semi conductora de homogenización de material reticulable extruido y de una capa protectora para los conductores de un material solido extruido de polietileno reticulado (XLPE) según norma IRAM 2178 y planilla de datos técnicos garantizados.

Las secciones que se podrán utilizar serán:

- Aluminio acero de 50/8 mm²
- Aluminio Acero de 95/15 mm²

Para nuestro caso se determinó que la sección a utilizar será AlAc 95/15 mm², ya que la potencia a transmitir es 6 MW.

Para zonas urbanas y sub-urbanas, se aceptará una longitud máxima de los vanos de 90 [m].

3.2.1 Resumen calculo eléctrico

Para este tipo de disposición se utilizará cruceta MN 155, en el anexo VI – planos, se encuentra detallada.

Los conductores serán desnudo de 95/15 mm², de aluminio con alma de acero. Se utilizarán conductores ECO COMPACT DUA ALAC del Grupo Prysmian²¹ o calidad superior, para ver datos característicos del conductor dirigirse al anexo VIII.

La primera verificación que se realizo es la de corriente admisible, en el anexo II.b se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema.

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp.]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL-Ac	95	279,04	381	Verifica
01 - B	AL-Ac	95	258,69	381	Verifica
B - C	AL-Ac	95	65,24	381	Verifica
C - 14	AL-Ac	95	12,92	381	Verifica
C - 10	AL-Ac	95	52,32	381	Verifica
11 - D	AL-Ac	95	16,15	381	Verifica
D - 10	AL-Ac	95	39,40	381	Verifica
D - E	AL-Ac	95	23,25	381	Verifica
E - 13	AL-Ac	95	12,92	381	Verifica
E - 15	AL-Ac	95	10,33	381	Verifica
B - 02	AL-Ac	95	193,45	381	Verifica
02 - F	AL-Ac	95	177,31	381	Verifica
F - 03	AL-Ac	95	20,35	381	Verifica
F - 05	AL-Ac	95	156,96	381	Verifica
05 - G	AL-Ac	95	131,12	381	Verifica
G - 06	AL-Ac	95	20,35	381	Verifica
G - 04	AL-Ac	95	25,84	381	Verifica
12 - G	AL-Ac	95	84,94	381	Verifica
12 - 07,	AL-Ac	95	72,02	381	Verifica
07 - H	AL-Ac	95	46,18	381	Verifica
H - 09	AL-Ac	95	20,35	381	Verifica
H - 08	AL-Ac	95	25,84	381	Verifica

(Tabla N° 16: Elaboración propia)

²¹ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRY2019_EcoCompactDuo.pdf

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo II.b

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída	Estado	%
14	110,29	Verifica	0,84
11	125,42	Verifica	0,95
15	121,62	Verifica	0,92
13	123,31	Verifica	0,93
3	137,79	Verifica	1,04
6	183,13	Verifica	1,39
4	183,58	Verifica	1,39
9	205,24	Verifica	1,55
8	206,74	Verifica	1,57

(Tabla N° 17: Elaboración propia)

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo II.b se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4312,56	94	45,88	Verifica

(Tabla N° 18: Elaboración propia)

3.3 L.M.T disposición LINE POST, con conductor desnudo

La E.P.E. especifica que el conductor a utilizar en este tipo de disposición será de aluminio con alma de acero según la norma IRAM 2187.

Las secciones que se podrán utilizar serán:

- Aluminio acero de 50/8 mm²
- Aluminio Acero de 95/15 mm²

Para nuestro caso se determinó que la sección a utilizar será AlAc 95/15 mm², ya que la potencia a transmitir es 6 MW.

Para zonas urbanas y sub-urbanas, se aceptará una longitud máxima de los vanos de 60 [m], en casos especiales la longitud de este vano podrá extenderse hasta un 20% del mismo, para lo cual el proyectista deberá presentar los cálculos de verificación de las estructuras.

3.3.1 Resumen calculo eléctrico

Para este tipo de disposición la separación entre conductores será 1,08 [m], en el anexo VI – planos, se encuentra detallada.

Los conductores serán desnudo de 95/15 mm², de aluminio con alma de acero. Se utilizarán conductores PRYSALAC del Grupo Prysmian²² o calidad superior, para ver datos característicos del conductor dirigirse al anexo VIII.

La primera verificación que se realizo es la de corriente admisible, la cual se describió en el punto 1.2 del capítulo 1, en el anexo II.c se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema:

Tramo	Conductor		Corriente de línea	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL-Ac	95	279,04	305	Verifica
01 - B	AL-Ac	95	258,69	305	Verifica
B - C	AL-Ac	95	65,24	305	Verifica
C - 14	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
C - 10	AL-Ac	95	52,32	305	Verifica
11 - D	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
D - 10	AL-Ac	95	36,17	305	Verifica
D - E	AL-Ac	95	23,25	305	Verifica
E - 13	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
E - 15	AL-Ac	95	10,33	305	Verifica
B - 02	AL-Ac	95	193,45	305	Verifica
02 - F	AL-Ac	95	177,31	305	Verifica
F - 03	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
F - 05	AL-Ac	95	156,96	305	Verifica
05 - G	AL-Ac	95	131,12	305	Verifica
G - 06	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
G - 04	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica
12 - G	AL-Ac	95	84,94	305	Verifica
12 - 07,	AL-Ac	95	72,02	305	Verifica
07 - H	AL-Ac	95	46,18	305	Verifica
H - 09	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
H - 08	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica

(Tabla N° 19: Elaboración propia)

²² https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_1_1_Catalogo_media_tension.pdf
 Franzi, Andrés Santiago

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo II.c

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída	Estado	%
14	111,54	Verifica	0,85
11	125,37	Verifica	0,95
15	122,91	Verifica	0,93
13	124,62	Verifica	0,94
3	139,35	Verifica	1,06
6	185,21	Verifica	1,40
4	185,66	Verifica	1,41
9	207,56	Verifica	1,57
8	209,09	Verifica	1,58

(Tabla N° 20: Elaboración propia)

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo II.c se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4294,22	93	46,17	Verifica

(Tabla N° 21: Elaboración propia)

3.4 L.M.T disposición COMPACTA, con conductor protegido.

La E.T.N 102 especifica que el conductor a utilizar en este tipo de disposición será de aluminio según norma IRAM 2212.

Además, en todos los casos los cables deberán ser protegidos, según norma IRAM 63005 y planilla de datos técnicos garantizados.

Las secciones que se podrán utilizar serán:

- Aluminio de 50 mm²
- Aluminio de 95 mm²

Para nuestro caso se determinó que la sección a utilizar será de Al 95 mm² debido a la potencia a transmitir.

Los cables serán tendidos en forma manual, sin utilización de elementos de fuerzas como aparejos, cabrestante, grúa, etc.

La disposición establecida para 13,2 [kV] es triangula para las fases y cable fiador de suspensión.

Como conductor fiador se utilizarán cables de acero galvanizado, MN 100a o MN 101b respectivamente, en un todo de acuerdo a las normas de construcción IRAM 722.

La sección a utilizar en 13,2 [kV] será de Ac 35 mm² con una resistencia de 80 [daN/mm²].

En zonas urbanas y sub-urbanas los vanos no podrán superar los 55 [m].

Este tipo constructivo tendrá espaciadores destinados a la sujeción y separación dieléctrica de los conductores protegidos.

Los espaciadores, en los vanos entre postes, se montarán a una distancia máxima de 8 [m] entre sí.

Se utilizarán dos tipos de espaciadores:

- Forma romboidal (de uso frecuente).
- Forma vertical (para realizar cruces de líneas y posibilitar las interconexiones).

3.4.1 Resumen calculo eléctrico

Para este tipo de disposición se utilizará espaciadores MN 860, en el anexo VI – planos, se encuentra detallada.

Los conductores serán protegidos de 95 mm², de aluminio. Se utilizarán conductores ECO COMPACT DUA AL del Grupo Prysmian²³ o calidad superior, para ver datos característicos del conductor dirigirse al anexo VIII.

La primera verificación que se realizó es la de corriente admisible, la cual se describió en el punto 1.2 del capítulo 1, en el anexo II.d se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema.

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL	95	279,04	360	Verifica
01 - B	AL	95	258,69	360	Verifica
B - C	AL	95	65,24	360	Verifica
C - 14	AL	95	12,92	360	Verifica
C - 10	AL	95	52,32	360	Verifica
11 - D	AL	95	16,15	360	Verifica
D - 10	AL	95	39,40	360	Verifica
D - E	AL	95	23,25	360	Verifica
E - 13	AL	95	12,92	360	Verifica
E - 15	AL	95	10,33	360	Verifica
B - 02	AL	95	193,45	360	Verifica
02 - F	AL	95	177,31	360	Verifica
F - 03	AL	95	20,35	360	Verifica
F - 05	AL	95	156,96	360	Verifica
05 - G	AL	95	131,12	360	Verifica
G - 06	AL	95	20,35	360	Verifica
G - 04	AL	95	25,84	360	Verifica
12 - G	AL	95	84,94	360	Verifica
12 - 07,	AL	95	72,02	360	Verifica
07 - H	AL	95	46,18	360	Verifica
H - 09	AL	95	20,35	360	Verifica
H - 08	AL	95	25,84	360	Verifica

(Tabla N° 22: Elaboración propia)

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo II.d

²³ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRY2019_EcoCompactDuo.pdf

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	106,25	Verifica	0,80
11	120,83	Verifica	0,92
15	117,16	Verifica	0,89
13	118,79	Verifica	0,90
3	132,74	Verifica	1,01
6	176,42	Verifica	1,34
4	176,85	Verifica	1,34
9	197,71	Verifica	1,50
8	199,17	Verifica	1,51

(Tabla N° 23: Elaboración propia)

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo II.d se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4355,13	94	46,33	Verifica

(Tabla N° 24: Elaboración propia)

3.5 L.M.T subterránea disposición coplanar horizontal, con conductor aislado.

Con lo que respecta a este tipo de instalación, la E.P.E. especifica la disposición que pueden tener los conductores. Para este caso se adoptó coplanar horizontal, con separación entre cables de 7 [cm], la profundidad a la que estarán es 1,1 [m] en veredas y 1,2 [m] en cruces de calles.

La sección adoptada será de 120 [mm²], el material será Cu, y la aislación será XPLE según lo establecido por norma IRAM.

Además, se adoptará un criterio de sobredimensionar el conductor a un 15 % de la carga proyectada, para evitar cualquier problema con la instalación en caso de alguna variación de carga imprevista y por el tipo de instalación.

3.5.1 Resumen calculo eléctrico

Para este tipo de disposición, los conductores estarán separados entre sí mediante 7 cm, en el anexo VI – planos especificaciones técnicas de E.P.E., se encuentra detallada.

Los conductores serán aislados de 120 mm², de cobre. Se utilizarán conductores RETENAX MT CU del Grupo Prysmian²⁴ o calidad superior, para ver datos característicos del conductor dirigirse al anexo VIII.

La primera verificación que se realizó es la de corriente admisible, la cual se describió en el punto 1.2 del capítulo 1, en el anexo II.e se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema.

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	Cu	120	279,04	299,23	Verifica
01 - B	Cu	120	258,69	299,23	Verifica
B - C	Cu	120	65,24	299,23	Verifica
C - 14	Cu	120	12,92	299,23	Verifica
C - 10	Cu	120	52,32	299,23	Verifica
11 - D	Cu	120	16,15	299,23	Verifica
D - 10	Cu	120	39,40	299,23	Verifica
D - E	Cu	120	23,25	299,23	Verifica
E - 13	Cu	120	12,92	299,23	Verifica
E - 15	Cu	120	10,33	299,23	Verifica
B - 02	Cu	120	193,45	299,23	Verifica
02 - F	Cu	120	177,31	299,23	Verifica
F - 03	Cu	120	20,35	299,23	Verifica
F - 05	Cu	120	156,96	299,23	Verifica
05 - G	Cu	120	131,12	299,23	Verifica
G - 06	Cu	120	20,35	299,23	Verifica
G - 04	Cu	120	25,84	299,23	Verifica
12 - G	Cu	120	84,94	299,23	Verifica
12 - 07,	Cu	120	72,02	299,23	Verifica
07 - H	Cu	120	46,18	299,23	Verifica
H - 09	Cu	120	20,35	299,23	Verifica
H - 08	Cu	120	25,84	299,23	Verifica

(Tabla N° 25: Elaboración propia)

²⁴ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_3_6_Retenax_MT_rev01_072014.pdf
 Franzoi, Andrés Santiago

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo II.e

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [v]	Estado	%
14	59,11	Verifica	0,45
11	67,22	Verifica	0,51
15	65,18	Verifica	0,49
13	66,08	Verifica	0,50
3	73,85	Verifica	0,56
6	98,15	Verifica	0,74
4	98,39	Verifica	0,75
9	109,99	Verifica	0,83
8	110,80	Verifica	0,84

(Tabla N° 26: Elaboración propia)

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo II.e se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
120	4386,89	143	30,68	Verifica

(Tabla N° 27: Elaboración propia)

3.6 L.M.T subterránea disposición coplanar horizontal, con conductor aislado de Al.

Con lo que respecta a este tipo de instalación, la E.P.E. especifica la disposición que pueden tener los conductores. Para este caso se adoptó coplanar horizontal, con separación entre cables de 7 [cm], la profundidad a la que estarán es 1,1 [m] en veredas y 1,2 [m] en cruces de calles.

La sección adoptada será de 185 [mm²], el material será Al, y la aislación será XPLE según lo establecido por norma IRAM.

Además, se adoptará un criterio de sobredimensionar el conductor a un 15 % de la carga proyectada, para evitar cualquier problema con la instalación en caso de alguna variación de carga imprevista y por el tipo de instalación.

3.6.1 Resumen calculo eléctrico

Para este tipo de disposición, los conductores estarán separados entre sí mediante 7 cm, en el anexo VI – planos especificaciones técnicas de E.P.E., se encuentra detallada.

Los conductores serán aislados de 185 mm², de aluminio. Se utilizarán conductores RETENAX MT Al del Grupo Prysmian²⁵ o calidad superior, para ver datos característicos del conductor dirigirse al anexo VIII.

La primera verificación que se realizo es la de corriente admisible, la cual se describió en el punto 1.2 del capítulo 1, en el anexo II.f se encuentran detallados los cálculos.

A continuación, se detallan las verificaciones realizadas para este sistema.

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL	185	279,04	293,01	Verifica
01 - B	AL	185	258,69	293,01	Verifica
B - C	AL	185	65,24	293,01	Verifica
C - 14	AL	185	12,92	293,01	Verifica
C - 10	AL	185	52,32	293,01	Verifica
11 - D	AL	185	16,15	293,01	Verifica
D - 10	AL	185	39,40	293,01	Verifica
D - E	AL	185	23,25	293,01	Verifica
E - 13	AL	185	12,92	293,01	Verifica
E - 15	AL	185	10,33	293,01	Verifica
B - 02	AL	185	193,45	293,01	Verifica
02 - F	AL	185	177,31	293,01	Verifica
F - 03	AL	185	20,35	293,01	Verifica
F - 05	AL	185	156,96	293,01	Verifica
05 - G	AL	185	131,12	293,01	Verifica
G - 06	AL	185	20,35	293,01	Verifica
G - 04	AL	185	25,84	293,01	Verifica
12 - G	AL	185	84,94	293,01	Verifica
12 - 07,	AL	185	72,02	293,01	Verifica
07 - H	AL	185	46,18	293,01	Verifica
H - 09	AL	185	20,35	293,01	Verifica
H - 08	AL	185	25,84	293,01	Verifica

(Tabla N° 28: Elaboración propia)

²⁵ https://ar.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/2MT_3_6_Retenax_MT_rev01_072014.pdf
 Franzoi, Andrés Santiago

La segunda verificación que se realizó corresponde al punto 1.3 del capítulo 1, y se encuentran detallados los cálculos en el anexo II.f

A continuación, presentamos la tabla resumen:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [v]	Estado	%
14	61,32	Verifica	0,46
11	69,73	Verifica	0,53
15	67,61	Verifica	0,51
13	68,55	Verifica	0,52
3	76,60	Verifica	0,58
6	101,82	Verifica	0,77
4	102,06	Verifica	0,77
9	114,10	Verifica	0,86
8	114,94	Verifica	0,87

(Tabla N° 29: Elaboración propia)

Por último, se verifico la sección mínima del conductor, en función de la corriente máxima de cortocircuito, respondiendo a los apartados 1.4 y 1.5 del capítulo 1.

En el anexo II.f se encuentran detallados los cálculos realizados. A continuación, se presenta una tabla de resumen:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
185	4392,84	109	40,30	Verifica

(Tabla N° 30: Elaboración propia)

CAPÍTULO 4: CÁLCULOS MECÁNICOS A DESARROLLAR

En el presente capítulo se detallarán los cálculos mecánicos a realizar, estos comprenderán análisis de conductores para determinar el tiro máximo y la flecha máxima para todos los estados climáticos al que puede estar expuesta la línea. Por otro lado, se explicará el procedimiento para calcular las dimensiones y características de los postes a utilizar y junto con esto las dimensiones necesarias para las fundaciones.

4.1 Calculo mecánico de los conductores

Consiste en determinar las tensiones mecánicas que soportan y las flechas que asumen los conductores de fase.

Este cálculo de tensiones mecánicas se lleva a cabo para verificar que, en ningún caso, se supere el límite de rotura elástica.

En la provincia de santa fe, la E.P.E. normaliza las tensiones máximas admisibles para cada tipo de conductor y estado/región climática. Dichas tensiones se encuentran en el punto 3.1.2 de la E.T.N 160

El cálculo de la flecha, se lleva a cabo para que, en ningún caso, la altura mínima de seguridad se vea reducida. Esta distancia también se encuentra normalizada en la tabla N° 5 de la E.T.N 160.

4.1.1 Determinación del estado básico

Como se nombró anteriormente, debemos establecer las tensiones admisibles para cada estado y las flechas correspondientes.

Entre dos estados climáticos, existe un vano crítico que afecta los vanos en que prevalece una de las condiciones climáticas, la que produce la condición más desfavorable en el conductor. Es decir, provoca la máxima tensión mecánica. A esta condición climática la denominamos estado básico.

En la práctica, una línea atraviesa varios estados climáticos, en nuestro caso determinados en E.T.N. 160, por lo que para cada par de condiciones climáticas se determinan los correspondientes vanos críticos y se deduce el estado básico.

Por eso inicialmente para determinar la tensión admisible y la flecha para cada estado, primero debemos determinar el estado básico.

Los pasos a seguir serán:

- Cálculo de carga por peso propio y viento sobre el conductor para cada estado.
- Cálculo del vano crítico, entre dos estados.
- Determinar el estado básico analizando el vano crítico calculado anteriormente.

4.1.1.1 Cálculo del vano crítico

El vano crítico se establece en relación a dos estados, es decir debemos calcular el vano crítico para:

- Estado 2 y 3
- Estado 2 y 4
- Estado 2 y 5
- Estado 3 y 4
- Estado 3 y 5
- Estado 4 y 5

La ecuación para determinar el vano crítico es ²⁶:

$$a_c = \sqrt{\frac{\frac{\alpha}{\beta} \times (t_1 - t_2) + (\sigma_1 - \sigma_2)}{\frac{1}{24 \times \beta} \times \left[\frac{g_1^2}{\sigma_1^2} - \frac{g_2^2}{\sigma_2^2} \right]}}$$

Donde:

α : coeficiente de dilatación del material del conductor.

β : inversa del módulo de elasticidad

g : cargas específicas del conductor para cada estado según corresponda.

t : temperatura del estado correspondiente.

σ : tensión admisible para cada estado, el valor que adquiere para cada estado y material se encuentra determinado en la E.T.N 160.

²⁶ Ecuación extraída del Apunte de Cátedra de Sistemas de Potencia: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas
Ing. Héctor Leopoldo Soibelzon (2007), página 35

El resultado del vano crítico puede ser un valor real como así también imaginario. Dicho cálculo se deberá realizar para las 6 situaciones nombradas anteriormente.

4.1.1.2 Estado básico

Una vez que hemos calculado el vano crítico entre todos los estados, estamos en condición de determinar el estado básico.

Para ello debemos ir comparando y eliminando estados según el siguiente criterio:

Vano crítico	Comparación	Estado básico seleccionado
Si a_c es real	Si $a < a_c$	El de menor γ/σ
Si a_c es real	Si $a > a_c$	El de mayor γ/σ
Si a_c es imaginario	-	El de mayor γ/σ
Si a_c es infinito	Si el numerador es < 0	Estado 1
Si a_c es infinito	Si el numerador es > 0	Estado 2
Si a_c es infinito	Si el numerador es $= 0$	Cualquiera
Si a_c es infinito	$\gamma_1 = \gamma_2$ y $\sigma_1 = \sigma_2$	El de menor temperatura

(Tabla N° 31: Elaboración propia)

Por último, nos queda determinar la tensión admisible para cada estado partiendo del estado básico.

4.1.1.3 Ecuación de cambio de estado

La tensión máxima admisible para cada estado se determina mediante la ecuación de cambio de estado, cuya expresión es ²⁷:

$$\sigma_2^3 - \sigma_2^2 \times \left[\sigma_1 - \frac{\alpha}{\beta} \times (t_2 - t_1) \right] - \frac{a^2 \times g_1^2}{24 \times \sigma_1^2 \times \beta} = \frac{a_2 \times g_2^2}{24 \times \beta}$$

Donde:

Todas las variables con subíndice 1 corresponden al estado básico.

Todas las variables con subíndice 2 corresponden al estado de cálculo.

σ : tensión admisible

α : coeficiente de dilatación del material del conductor.

β : inversa del módulo de elasticidad

²⁷ Ecuación extraída del Apunte de Cátedra de Sistemas de Potencia: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas Ing. Héctor Leopoldo Soibelzon (2007), página 37

g : cargas específicas del conductor para cada estado según corresponda.
 t : temperatura del estado correspondiente.

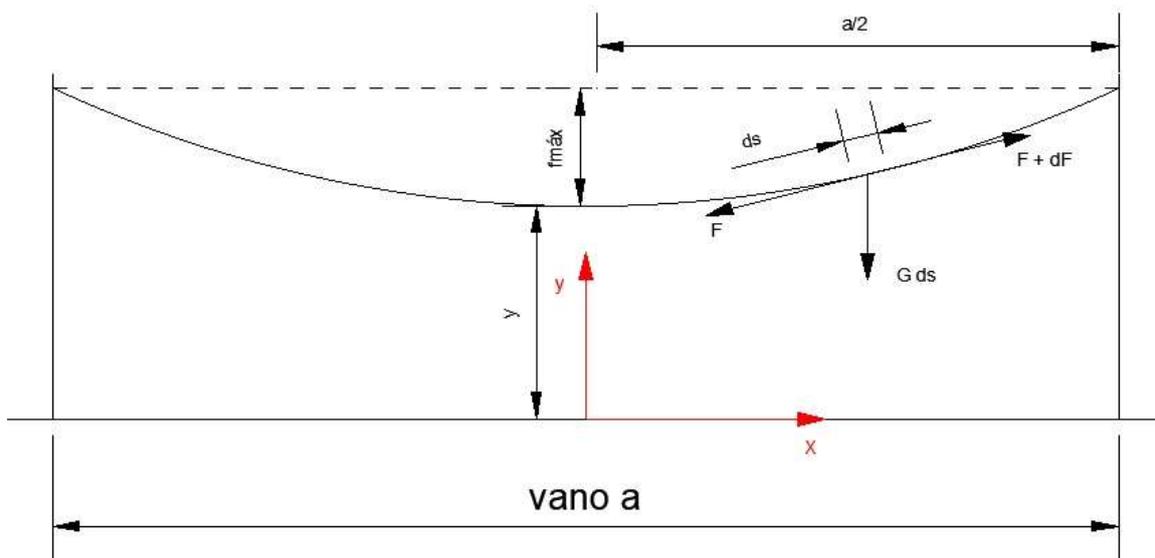
De la ecuación de estado se determina σ_2

Una vez hallada la tensión para cada estado, en función del estado básico, estamos en condición de determinar la flecha para cada estado.

4.1.1.4 Determinación de la flecha máxima para cada estado

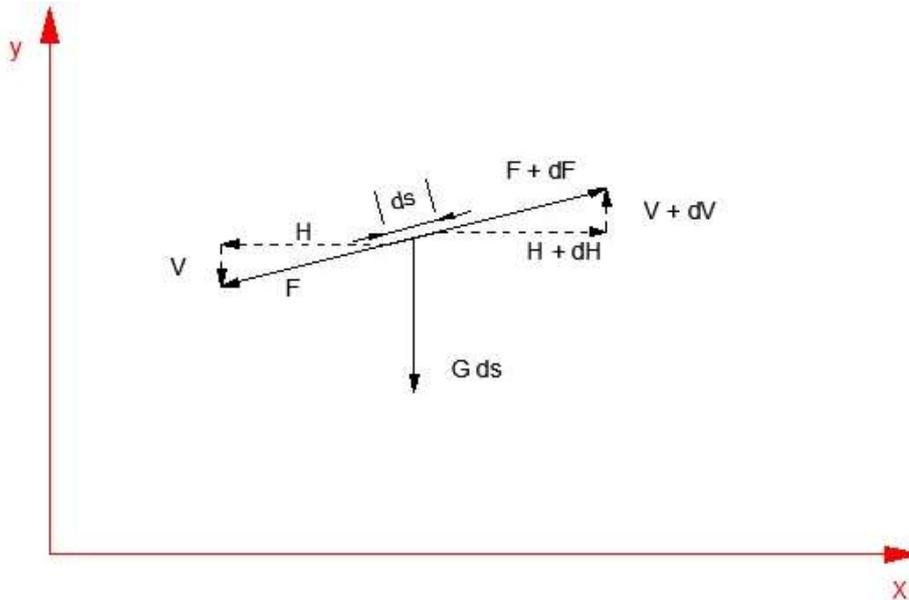
Para poder determinar la flecha para cada estado, se considerará un cable suspendido entre dos extremos fijos. Para el análisis se realizan las siguientes suposiciones:

- ❖ Cable suspendido entre dos puntos fijos con vinculación de articulación libre.
- ❖ Se considera solo el peso propio del cable, sin viento y que el terreno es horizontal.



(Imagen 2: Representación vano de línea y fuerzas actuantes)

Tomando un elemento infinitésimo, podemos separarlo de la cuerda y tendremos el siguiente esquema de fuerzas actuantes.



(Imagen 3: Fuerzas actuantes en un elemento infinitesimal del conductor)

Como se puede observar tendremos 3 fuerzas actuantes, las cuales se pueden descomponer en un sistema coordenado “x” e “y”, al realizar la descomposición, el elemento en cuestión debe estar en equilibrio, es decir que la sumatoria de fuerzas debe ser 0.

También se descompone el elemento infinitesimal.

Con lo anteriormente descrito, aplicando el concepto de representación de la derivada, y realizando algunas sustituciones y reglas matemáticas, podremos obtener la ecuación de la catenaria, la cual es ²⁸:

$$y = h \times ch\left(\frac{x}{h}\right) + C1$$

La constante C1 será nula cuando x sea 0.

Ahora podemos realizar algunas consideraciones y desarrollando en serie la ecuación hiperbólica, tendremos:

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

Aplicando la siguiente consideración, podremos simplificar la ecuación ²⁹:

- Se desprecia el tercer término, siempre y cuando $h^2 \gg x^2$.

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

²⁸ Ecuación extraída del Apunte de Cátedra de Sistemas de Potencia: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas Ing. Héctor Leopoldo Soibelzon (2007), página 23

²⁹ Ecuación extraída del Apunte de Cátedra de Sistemas de Potencia: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas Ing. Héctor Leopoldo Soibelzon (2007), página 23

Con esta consideración el error que se comete es despreciable.

Es decir que la ecuación de la catenaria es similar a la ecuación de una parábola, donde el error cometido en el cálculo de la flecha, es despreciable para vanos menores a 400 metros.

Finalmente, mediante la ecuación de la parábola y sabiendo que la flecha máxima se dará en la mitad del vano podremos plantear:

$$y_{m\acute{a}x} \rightarrow x = \frac{a}{2}$$

Además:

$$f_{m\acute{a}x} = y_{m\acute{a}x} - h$$

Reemplazado obtendremos:

$$y_{m\acute{a}x} = h + \frac{a^2}{8 \times h}$$

Por lo que la ecuación final será ³⁰:

$$f_{m\acute{a}x} = h + \frac{a^2}{8 \times h} - h = \frac{a^2}{8 \times h} = \frac{a^2 \times g}{8 \times p} [m]$$

Donde:

a: vano de la línea [m]

g: peso por unidad de longitud del conductor [kg/m]

p: tensión del conductor en [kg/mm²]

4.2 Dimensionamiento de soportes

Una vez determinadas todas las cargas que actuarán en el conductor y hallada la flecha máxima, estamos en condición de determinar los postes a emplear.

Para L.M.T.A., la E.P.E. especifica la utilización de postes de hormigón armado.

4.2.1 Altura de los postes

En este apartado se detallarán como determinar la longitud del poste.

Para ello deberemos tener en cuenta la flecha máxima que se halla según lo expresado en el punto 4.1.4, la longitud de las cadenas de aisladores, el empotramiento mínimo del poste y la altura libre mínima detallada en la tabla N°5 de la E.T.N 160.

La altura del poste sobre el nivel del suelo será:

$$h_1 = h_l + f_{m\acute{a}x} \pm L_{\text{aisladores}}$$

³⁰ Ecuación extraída del Apunte de Cátedra de Sistemas de Potencia: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas-Ing. Héctor Leopoldo Soibelzon (2007), página 24

Donde:

hl: altura libre respecto al nivel del terreno, valores establecidos en la tabla N°5 de E.T.N. 160.

Fmáx: flecha máxima determinada con el criterio del punto 4.1.1.4.

Laisladores: Longitud de la cadena de aisladores, esta se determina en función de la cantidad de aisladores determinados en la tabla N° 10 de E.T.N 160, y las especificaciones de longitud de los proveedores. Según estén dispuestos, estos se deberán sumar en caso de estar suspendidos o restar en caso de ser rígidos con cota positiva.

Luego se podrá determinar la longitud total del poste, teniendo en cuenta el empotramiento mínimo el cual será de un 10% de la longitud del poste.

$$H_{\text{poste}} = \frac{h1 \times 100\%}{90\%}$$

Finalmente se adoptará la altura de poste inmediatamente superior que se encuentre normalizada.

4.2.2 Carga a la rotura de los postes

Para poder determinar la carga de rotura de los postes, previamente se debe realizar el cálculo mecánico del conductor, para poder obtener el tiro máximo, también se deberá tener definida la altura del poste.

Cabe destacar que el diámetro del poste estará directamente ligado a la carga que deberá soportar el poste.

Para facilitar cálculos, la E.P.E. detalla hipótesis para cada tipo de estructura, comprendiendo cargas normales y extraordinarias, con coeficientes de seguridad de 2,5 y 2 respectivamente.

Para poder aplicar las hipótesis, se considerarán 2 ejes, el “x”, que coincide con la dirección de la línea y el “y”, perpendicular a la dirección de la línea. El método de las hipótesis se basa en trasladar todas las fuerzas actuantes en el poste a la cima mediante la igualdad de momentos. Dichas fuerzas comprenden:

- Tiro máximo del conductor
- Cargas dinámicas debida al viento sobre el conductor.
- Cargas dinámicas debida al viento sobre el poste
- Carga dinámica debida al viento sobre los vínculos
- Carga dinámica debida al viento sobre cadena de aisladores y morseteria.

- Peso de mampostería
- Peso del poste.

4.2.2.1 Determinación de la carga dinámica debida al viento sobre los conductores

La carga del viento sobre un metro de línea será calculada mediante la siguiente ecuación³¹:

$$Wc = 0,75 \times K \times \frac{V^2}{16} \times d \times \left(0,6 + \frac{80}{a_m}\right) \times \sin \theta$$

Donde:

K: coeficiente de presión dinámica. Se determina mediante el diámetro del cable y se encuentra en la tabla N° 1 de E.T.N. 160.

V: velocidad del viento en (m/s), según estado climático.

d: diámetro del conductor en (m).

a_m: vano medio en (m)

θ: ángulo comprendido entre la dirección del viento y la dirección de la línea.

Para valores de vano menor a 200 m, el termino:

$$\left(60 + \frac{80}{a_m}\right) \rightarrow \text{toma el valor de 1}$$

4.2.2.2 Determinación cargas dinámicas debida al viento sobre los postes

Para analizar la carga debida al viento, podemos encontrarnos con 2 situaciones:

- Carga del viento perpendicular a la línea.
- Carga del viento paralelo a la línea.

Todos los cálculos que se detallaran a continuación son válidos para postes de hormigón armado con una determinada conicidad.

Para poder calcular la carga del viento, primero se deberá calcular la superficie que estará expuesta al viento. Para ello aplicaremos la siguiente ecuación:

$$S = D_c \times h_l + \frac{(D_b - D_c) \times h_l}{2}$$

Donde:

S: superficie sometida a la acción del viento (m²)

D_c: diámetro en la cima del poste (m)

³¹ Ecuación extraída de E.T.N 160, punto 5.1 página 7
Franzoi, Andrés Santiago

D_b : diámetro en la base del poste (m)

H_l : altura libre del poste (m)

Luego debemos hallar el centro de presión, el cual se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Centro de presión: } \frac{h_l}{3} \times \frac{D_b + D_c \times 2}{D_b + D_c}$$

Donde:

D_c : diámetro en la cima del poste (m)

D_b : diámetro en la base del poste (m)

H_l : altura libre del poste (m)

Una vez determinado el centro de presión, donde se considerará que actúa toda la carga dinámica debida al viento, estamos en condición de determinar la magnitud de dicha carga mediante la siguiente ecuación ³²:

$$W_e = S \times k \times \frac{V^2}{16} \times \sin \theta \text{ [daN]}$$

Donde:

S : superficie sometida al viento, calculada anteriormente

K : coeficiente de presión dinámica según tabla N° 8 de E.T.N. 160.

V : velocidad del viento para el estado 1

θ : ángulo comprendido entre la dirección del viento y el plano que contiene a la superficie.

4.2.2.3 Determinación cargas dinámicas debida al viento sobre los vínculos

Para la provincia de Santa Fe, la E.P.E., detalla que la carga del viento sobre los vínculos será un porcentaje adicional de la carga del viento sobre los postes, esta proporción será en función de un coeficiente k que se obtiene de la tabla que se encuentra en el punto 7.3.3

Es decir que la carga total sobre la estructura, teniendo en cuenta la acción del viento sobre el poste y los elementos será:

$$W_t = W_e \times k1$$

Donde:

³² Ecuación extraída de E.T.N. 160, punto 7.3.1 página 18
Franzoi, Andrés Santiago

K1: coeficiente que considera los accesorios extras sobre el poste, se obtiene según la tabla que se encuentra en el punto 7.3.3 de E.T.N. 160.

4.2.2.4 Determinación carga dinámica debida al viento sobre cadena de aisladores y morseteria

Esta será calculada mediante la siguiente ecuación:

$$W_a = n \times k_2$$

Donde:

n: número de aisladores, definido según la tensión del servicio, en nuestro caso lo establecido en el punto 2.4.1 de E.T.N 100.

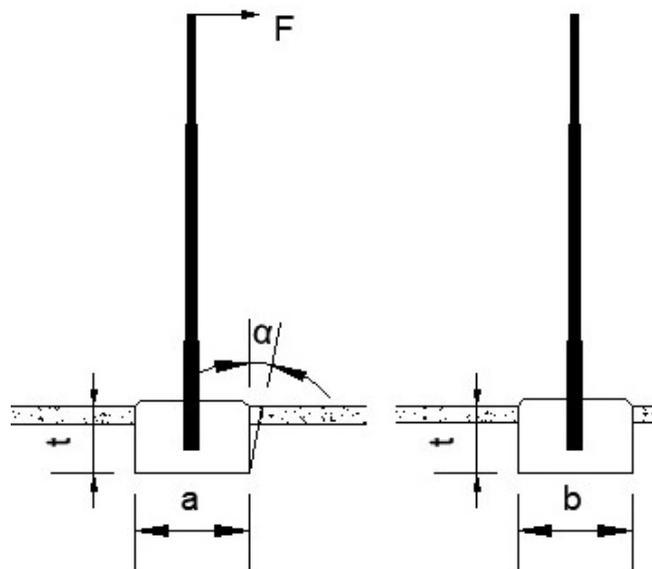
k2: coeficiente que se determina por tabla N° 2 de E.T.N. 160, según el viento considerado para el estado 1.

4.3 Dimensionamiento de fundiciones

Estas serán determinadas mediante el método de Sulzberger.

Para poder aplicar dicho método, primero se deberá adoptar una determinada dimensión de la fundación y verifica mediante el método nombrado, de no verificar, se debe ampliar las dimensiones adoptadas mediante un incremento.

Las fundaciones serán directas, de bloque de hormigón simple y tendrán la siguiente geometría.



(Imagen 4: Representación fundación)

Donde:

Si es un solo poste, $a = b$

Si es biposte la estructura, $a \neq b$

Si es triposte la estructura, $a = b$

Para poder aplicar dicho procedimiento, debemos extraer las fuerzas máximas que actúan en los dos ejes del poste correspondiente, y previamente extraer los datos característicos del suelo, mediante la realización de un estudio geotécnico, donde se deberán obtener los siguientes datos:

- Coeficiente de compresibilidad del suelo, convenientemente mayor a 3 kg/cm^3
- Capacidad portante del terreno.
- Ángulo de incidencia de la tierra gravante.

4.3.1 Dimensionamiento previo

Para dimensionar previamente la fundación, deberemos tener los siguientes datos:

- Diámetro en la base del poste seleccionado
- Longitud de empotramiento
- Distancia entre poste en caso de estructuras compuestas.

El ancho y largo de la fundación quedara determinada según la siguiente ecuación:

$$a = D_h + 2 \times E_{min} + 2 \times I + Sp$$

Donde:

D_h : es el diámetro del hueco donde ira alojado el poste, será:

$$D_h = 0,1 + D_b$$

E_{min} : espesor mínimo, $0,2 \text{ [m]}$

I : incremento, valor que inicia en 0 y se incremente en intervalos de $0,05$ hasta que verifique la fundación.

Sp : separación entre postes, se debe considerar en el caso de que la estructura sea compuesta y en el sentido que corresponda.

Por último, nos queda determinar la altura previa del dado:

$$t = h_e + E_{min} + I$$

donde:

h_e : empotramiento del poste, 10% de la longitud total del poste

E_{min} : espesor mínimo, $0,2 \text{ [m]}$

I : incremento.

4.3.2 Fuerza actuante en el fondo de la fundación

La fuerza actuante en el fondo de la fundación, será la suma del peso total de la estructura, el peso de la base y el peso de la tierra gravante.

Debemos determinar el peso total de la estructura, esto será la suma de todos los elementos que la componen, es decir:

- Peso de los postes
- Vínculos
- Ménsulas
- Cadena de aisladores
- Otros

Se denominará G_e al peso total de la estructura en [kg].

El peso de la base quedara comprendido por el volumen del dado y el peso específico del hormigón, mediante la siguiente ecuación:

$$G_b = \left[a \times b \times t - n \times \left(\pi \times \frac{(D_b + \frac{D_b - 1,5 \times H_{poste} \times 0,1}{2})^2}{4} \right) \times H_{poste} \times 0,1 \right] \times \gamma_{H^o}$$

Donde:

G_b : peso de la base [kg]

a : ancho del dado [m]

b : largo del dado [m]

t : alto del dado [m]

n : número de postes en la fundación

D_b : diámetro en la base del poste [m]

H_{poste} : altura total del poste [m]

γ_{H^o} : peso específico del hormigón [kg/m³]

El peso de la tierra gravante, será también función del volumen de tierra y el peso específico de la tierra. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$G_t = \gamma_t \times V_t$$

Donde:

G_t : peso de tierra gravante [kg]

γ_t : peso específico tierra gravante [kg/m³]

V_t : volumen tierra gravante, se determina mediante la resta del volumen del trapecio mayor y el trapecio menor.

Finalmente, la fuerza actuante en el fondo del dado será:

$$G = G_e + G_b + G_t$$

Aquí surge la primera verificación que debemos realizar:

$$\frac{P_f}{C_p} < 1$$

Donde:

P_f : es la presión en el fondo del dado y se determina mediante:

$$P_f = \frac{G}{b \times a} \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

C_p : capacidad portante del terreno, se determina mediante estudios.

De verificar esta condición pasamos a aplicar el método de Sulzberger.

4.3.3 Método de Sulzberger

Sulzberger determino que la fundación tiene su centro de giro a 2/3 de la profundidad total. Para implementar el método primero se debe cumplir las siguientes condiciones ³³:

$$Tg\alpha_1 = \frac{6 \times \mu \times G}{b \times t^2 \times C_t} < 0,01$$

Donde:

μ : coeficiente de fricción suelo-hormigón.

G : peso total actuando en el fondo de la fundación

b : ancho del dado

t : profundidad del dado

C_t : coeficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación.

La otra condición a verificar será ³⁴:

$$\frac{2 \times G}{a^2 \times b \times C_b} < 0,01$$

Donde:

G : peso total actuando en el fondo de la fundación

³³ Ecuación número 10 extraída de Revista electrotécnica (1964), volumen L, N° 2, Cálculo de fundaciones para líneas de transmisión de energía eléctrica con el método de Sulzberger, página 61.

³⁴ Ecuación número 14 extraída de Revista electrotécnica (1964), volumen L, N° 2, Cálculo de fundaciones para líneas de transmisión de energía eléctrica con el método de Sulzberger, página 62.

a: largo del dado

b: ancho del dado

C_b: coeficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación.

Una vez que ambas condiciones sean verificadas, debemos determinar:

- Momento de vuelco.
- Momento estabilizante lateral.
- Momento estabilizante de fondo.

El momento de vuelco, se determina mediante la siguiente expresión ³⁵:

$$M_v = F \times \left(h_l + \frac{2}{3} \times t \right) [kgm]$$

Donde:

F: fuerza máxima actuante en la cima del poste, según dirección que corresponda.

h_l: altura libre el poste, desde el nivel del suelo hasta la cima del poste

t: altura de la fundación.

El momento estabilizante lateral se halla aplicando la siguiente ecuación ³⁶:

$$M_s = \frac{b \times t^3 \times C_t}{36} [kgm]$$

Donde:

b: largo de la fundación [m]

t: profundidad de la fundación [m]

C_i: coeficiente de compresibilidad lateral a cota de la fundación

Por último, nos queda determinar el momento estabilizante de fondo, este se calcula mediante la siguiente expresión ³⁷:

$$M_b = G \times \left(\frac{a}{2} - 0,47 \times \sqrt{\frac{G}{b \times C_b \times Tg \alpha}} \right) [kgm]$$

Donde:

³⁵ Ecuación extraída del Apunte de Cátedra Sistemas de Potencia: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas Ing. Héctor Leopoldo Soibelzon (2007), página 95.

³⁶ Ecuación número 12 extraída de Revista electrotécnica (1964), volumen L, N° 2, Cálculo de fundaciones para líneas de transmisión de energía eléctrica con el método de Sulzberger, página 62.

³⁷ Ecuación número 15 extraída de Revista electrotécnica (1964), volumen L, N° 2, Cálculo de fundaciones para líneas de transmisión de energía eléctrica con el método de Sulzberger, página 63.

a: ancho de la fundación [m]

b: largo de la fundación [m]

t: profundidad de la fundación [m]

C_b: coeficiente de compresibilidad de fondo a cota de la fundación

Una vez calculado los 3 momentos anteriormente nombrados, según Sulzberger se debe verificar ³⁸:

$$M_b + M_s \geq s \times M_v$$

Donde:

s: coeficiente de seguridad de vuelco.

Para poder verificar, se halla un coeficiente de seguridad que se encuentra en tabla, mediante la relación M_s/M_b . Finalmente se deberá comprobar:

$$s \geq C_s$$

Donde:

C_s: coeficiente de seguridad en función de la relación nombrada anteriormente, cuyo valor se encuentra en tabla.

$$s = \frac{M_b + M_s}{M_v}$$

De verificar las condiciones de Sulzberger, estamos en condiciones de determinar el volumen de hormigón de la fundación.

$$V_h = V_{base} - V_{poste empotrado}$$

$$V_h = a \times b \times t - n \times \left(\pi \times \frac{(D_b + \frac{D_b - 1,5 \times H_{poste} \times 0,1}{2})^2}{4} \right) \times H_{poste} \times 0,1$$

Donde:

a: ancho del dado [m]

b: largo del dado [m]

t: alto del dado [m]

n: número de postes en la fundación

D_b: diámetro en la base del poste [m]

³⁸ Ecuación número 2 extraída de Revista electrotécnica (1964), volumen L, N° 2, Cálculo de fundaciones para líneas de transmisión de energía eléctrica con el método de Sulzberger, página 59.

CAPÍTULO 5: CALCULO MECÁNICO Y FUNDACIONES DE LOS DIFERENTES TIPOS CONSTRUCTIVOS

Se realizarán los correspondientes cálculos mecánicos según corresponda para los 5 tipos constructivos planteados.

El diseño de la línea se realizará cumpliendo la Especificación Técnica Normalizada 100, 102, 160, 098 de la E.P.E..

Los procedimientos de cálculo son los detallados en el capítulo 4.

5.1 Resumen calculo mecánicos conductores

A continuación, se detallarán los conductores seleccionado para cada tipo constructivo, detallando características principales, como así también flecha máxima, tiro máximo y en qué estado básico se dan estas condiciones. De antemano podemos establecer que la flecha máxima se da en el estado 1 donde la temperatura es máxima, mientras que el tiro máximo se da en el estado 2 donde la temperatura es mínima.

5.1.1 Calculo mecánico conductor, L.M.T, coplanar horizontal, conductor desnudo.

Tipo de conductor:	PRYSALAC
Sección:	95 [mm ²]
Sección portante:	15 [mm ²]
Material:	Al-Ac
Vano:	90 [m]
Flecha máxima:	0,9845 [m] (Estado básico 1)
Tiro máximo:	1027,66 [kg] (Estado básico 2)
Estado crítico:	5
Condición:	Verifica



5.1.2 Calculo mecánico conductor, L.M.T, coplanar horizontal, conductor protegido.

Tipo de conductor:	ECO COMPACT DÚO ALAC
Sección:	95 [mm ²]
Sección portante:	15 [mm ²]
Material:	Al-Ac
Vano:	90 [m]
Flecha máxima:	1,3 [m] (Estado básico 1)
Tiro máximo:	966 [kg] (Estado básico 2)
Estado crítico:	5
Condición:	Verifica

(Tabla N° 33: Elaboración propia)

5.1.3 Calculo mecánico conductor, L.M.T, LINE-POST, conductor desnudo.

Tipo de conductor:	PRYSALAC
Sección:	95 [mm ²]
Sección portante:	15 [mm ²]
Material:	Al-Ac
Vano:	60 [m]
Flecha máxima:	0,51 [m] (Estado básico 1)
Tiro máximo:	1055 [kg] (Estado básico 2)
Estado crítico:	5
Condición:	Verifica

(Tabla N° 34: Elaboración propia)

5.1.4 Calculo mecánico conductor, L.M.T, COMPACTA, conductor protegido.

Tipo de conductor:	ECO COMPACT DÚO AL
Sección:	95[mm ²]
Sección fiador:	35 [mm ²]
Material:	Al
Vano:	55 [m]
Flecha máxima:	0,51 [m] (Estado básico 1)
Tiro máximo:	720 [kg] (Estado básico 2)
Estado crítico:	5
Condición:	Verifica

(Tabla N° 35: Elaboración propia)

5.2 Calculo mecánico de las estructuras

Se determinarán las características de los postes a utilizar, detallando altura y carga a la rotura, como así también la geometría constructiva (monoposte, biposte, triposte), estas características se determinarán teniendo en cuenta las fuerzas a las que estarán sometida cada tipo de poste (suspensión, retención, estructura terminal). El procedimiento para determinar las cargas se ha detallado en el punto 4.2.

A continuación, se detallan las hipótesis que establece la E.P.E en E.T.N. 160 para los 3 tipos de estructuras que se utilizaran en la construcción de 2 [km] de línea para las diferentes tecnologías constructivas.

5.2.1 Estructura de suspensión simple

Carga normal

- Hipótesis 1 a) Cargas permanentes

Carga del viento máximo, perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

- Hipótesis 1 b) Cargas permanentes

Carga del viento máximo en la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Carga extraordinaria.

- Hipótesis 2 a) Cargas permanentes

Anulación de la tracción del conductor, que produce el mayor momento. La carga de tracción será calculada con el 50% del valor máximo de tensión del conductor.

5.2.2 Estructura de retención

Carga normal

- Hipótesis 1 a) Cargas Permanentes

Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de ambos conductores.

- Hipótesis 1 b) Cargas Permanentes

Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores, consideradas actuando en el eje de la estructura.

Carga extraordinaria

- Hipótesis 2 a) Cargas Permanentes

Anulación de la tracción del conductor que produce el mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

5.2.3 Estructura terminal

Carga normal

- Hipótesis 1 a) Cargas Permanentes

Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente.

Tracciones unilaterales de los conductores.

Carga extraordinaria

- Hipótesis 2 a) Carga normal según Hipótesis 1 a) sin carga de viento

Anulación de la tracción del conductor que produce el mayor momento.

Las cargas de tracción serán calculadas con el valor máximo de tensión del conductor.

5.2.4 Resumen postes seleccionados

A continuación, se detallarán los postes que se han seleccionado para cada tipo de estructura, especificando las características principales de los mismos.

Cabe recordar que los coeficientes de seguridad utilizados son:

- 2,5 para cargas normales
- 2 para cargas extraordinaria

5.2.4.1 Calculo mecánico poste, L.M.T, coplanar horizontal, conductor desnudo

Ver anexo III.a, donde los cálculos están detallados.

TIPO DE ESTRUCTURA	SUSPENSIÓN (S)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	12 [m]
Diámetro en la cima:	0,25 [m]
Diámetro en la base:	0,43 [m]
Carga a la rotura:	1200
Peso del poste:	1953 [kg]

(Tabla N° 36: Elaboración propia)

TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN (R)
Constitución:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Diámetro en la cima:	0,25 [m]
Diámetro en la base:	0,43 [m]
Carga a la rotura:	1200
Peso del poste:	1953 [kg]

(Tabla N° 37: Elaboración propia)



TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN TERMINAL (RT)
Constitución:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Diámetro en la cima:	0,25 [m]
Diámetro en la base:	0,43 [m]
Carga a la rotura:	1800
Peso del poste:	1967 [kg]

(Tabla N° 38: Elaboración propia)

5.2.4.2 Cálculo mecánico poste, L.M.T, coplanar horizontal, conductor protegido

Ver anexo III.b, donde los cálculos están detallados.

TIPO DE ESTRUCTURA	SUSPENSIÓN (S)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	12 [m]
Diámetro en la cima:	0,25 [m]
Diámetro en la base:	0,43 [m]
Carga a la rotura:	1200
Peso del poste:	1953 [kg]

(Tabla N° 39: Elaboración propia)

TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN (R)
Constitución:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Diámetro en la cima:	0,25 [m]
Diámetro en la base:	0,43 [m]
Carga a la rotura:	1200
Peso del poste:	1953 [kg]

(Tabla N° 40: Elaboración propia)



TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN TERMINAL (RT)
Constitución:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Diámetro en la cima:	0,25 [m]
Diámetro en la base:	0,43 [m]
Carga a la rotura:	1800
Peso del poste:	1967 [kg]

(Tabla N° 41: Elaboración propia)

5.2.4.3 Cálculo mecánico poste, L.M.T, LINE-POST, conductor desnudo

Ver anexo III.c, donde los cálculos están detallados.

TIPO DE ESTRUCTURA	SUSPENSIÓN (S)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Diámetro en la cima:	0,245 [m]
Diámetro en la base:	0,435 [m]
Carga a la rotura:	1200
Peso del poste:	2294,5 [kg]

(Tabla N° 42: Elaboración propia)

TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN (R)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Diámetro en la cima:	0,295 [m]
Diámetro en la base:	0,49 [m]
Carga a la rotura:	3000
Peso del poste:	2989 [kg]

(Tabla N° 43: Elaboración propia)



TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN TERMINAL (RT)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Diámetro en la cima:	0,295 [m]
Diámetro en la base:	0,49 [m]
Carga a la rotura:	3000
Peso del poste:	2989[kg]

(Tabla N° 44: Elaboración propia)

5.2.4.4 Cálculo mecánico poste, L.M.T, COMPACTA, conductor protegido.

Ver anexo III.d, donde los cálculos están detallados.

TIPO DE ESTRUCTURA	SUSPENSIÓN (S)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Diámetro en la cima:	0,25 [m]
Diámetro en la base:	0,445 [m]
Carga a la rotura:	1200
Peso del poste:	2294,5 [kg]

(Tabla N° 45: Elaboración propia)

TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN (R)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Diámetro en la cima:	0,245 [m]
Diámetro en la base:	0,44 [m]
Carga a la rotura:	1800
Peso del poste:	2086 [kg]

(Tabla N° 46: Elaboración propia)



TIPO DE ESTRUCTURA	RETENCIÓN TERMINAL (RT)
Constitución:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Diámetro en la cima:	0,295 [m]
Diámetro en la base:	0,49 [m]
Carga a la rotura:	2400
Peso del poste:	2868 [kg]

(Tabla N° 47: Elaboración propia)

5.3 Fundaciones para los distintos tipos constructivos

Una vez que se verifica las condiciones mecánicas del conductor y se determinan la geometría de las estructuras a utilizar y los postes correspondientes, estamos en condición de calcular las fundaciones.

Las mismas serán directas, de bloque de hormigón simple, cuyas dimensiones serán calculadas mediante el método de Sulzberger, detallado en el punto 4.3.

La Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda. cuenta con estudios geotécnico realizado en la ciudad, que tiene los siguientes datos:

- Coeficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación: 3,2 [kg/cm³]
- Coeficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación: 3 [kg/cm³]
- Angulo de incidencia de tierra gravante: 6 [°]
- Peso específico de la tierra: 1700 [kg/cm²]
- Capacidad portante del terreno: 1,8 [kg/cm³]

Además:

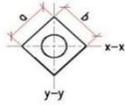
- Peso específico del hormigón: 2300 [kg/cm²]
- Coeficiente de fricción suelo-hormigón: 0,5 [kg/cm²]

5.3.1 Resumen de fundaciones para cada tipo constructivo

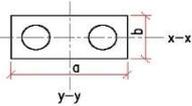
A continuación, se detallarán todas las fundaciones para cada tipo constructivo y para cada estructura.

5.3.1.1 Cálculo fundación L.M.T, coplanar horizontal, cable desnudo

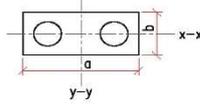
Ver anexo IV.a, donde se encuentran detallados los cálculos.

Tipo de estructura:	Suspensión (S)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	12 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,43 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,93 [m]
Dimensión Y:	0,93 [m]
Profundidad de la base:	1,4 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,078 [m ³]

(Tabla N° 48: Elaboración propia)

Tipo de estructura:	Retención (R)
Disposición:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Separación entre postes:	0,78 [m]
Diámetro del poste en la base:	0,43 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,93 [m]
Dimensión Y:	1,71 [m]
Profundidad de la base:	1,4 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,96 [m ³]

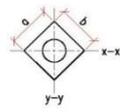
(Tabla N° 49: Elaboración propia)

Tipo de estructura:	Terminal (T)
Disposición:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Separación entre postes:	0,78 [m]
Diámetro del poste en la base:	0,43 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,93 [m]
Dimensión Y:	1,71 [m]
Profundidad de la base:	1,4 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,96 [m ³]

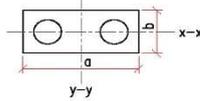
(Tabla N° 50: Elaboración propia)

5.3.1.2 Cálculo fundación L.M.T, coplanar horizontal, cable protegido

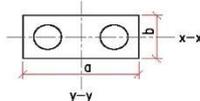
Ver anexo IV.b, donde se encuentran detallados los cálculos.

Tipo de estructura:	Suspensión (S)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	12 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,43 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,93 [m]
Dimensión Y:	0,93 [m]
Profundidad de la base:	1,4 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,078 [m ³]

(Tabla N° 51: Elaboración propia)

Tipo de estructura:	Retención (R)
Disposición:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Separación entre postes:	0,78 [m]
Diámetro del poste en la base:	0,43 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,93 [m]
Dimensión Y:	1,71 [m]
Profundidad de la base:	1,4 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,96 [m ³]

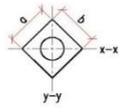
(Tabla N° 52: Elaboración propia)

Tipo de estructura:	Terminal (T)
Disposición:	Doble poste
Altura del poste:	12 [m]
Separación entre postes:	0,78 [m]
Diámetro del poste en la base:	0,43 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,93 [m]
Dimensión Y:	1,81 [m]
Profundidad de la base:	1,4 [m]
Volumen neto de hormigón:	2,17 [m ³]

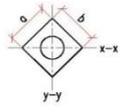
(Tabla N° 53: Elaboración propia)

5.3.1.3 Cálculo fundación L.M.T, LINE-POST, cable desnudo

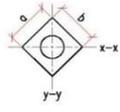
Ver anexo IV.c, donde se encuentran detallados los cálculos.

Tipo de estructura:	Suspensión (S)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,445 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,95 [m]
Dimensión Y:	0,95 [m]
Profundidad de la base:	1,5 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,22 [m ³]

(Tabla N° 54: Elaboración propia)

Tipo de estructura:	Retención (R)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,49 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,99 [m]
Dimensión Y:	0,99 [m]
Profundidad de la base:	1,5 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,26 [m ³]

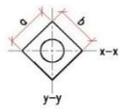
(Tabla N° 55: Elaboración propia)

Tipo de estructura:	Terminal (S)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,49 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	1,09 [m]
Dimensión Y:	1,09 [m]
Profundidad de la base:	1,55 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,63 [m ³]

(Tabla N° 56: Elaboración propia)

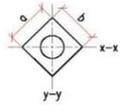
5.3.1.4 Cálculo fundación L.M.T, COMPACTA, cable protegido

Ver anexo IV.d, donde se encuentran detallados los cálculos.

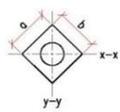
Tipo de estructura:	Suspensión (S)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,445 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,95 [m]
Dimensión Y:	0,95 [m]
Profundidad de la base:	1,5 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,22 [m ³]

(Tabla N° 57: Elaboración propia)



Tipo de estructura:	Retención (R)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,44 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	0,94 [m]
Dimensión Y:	0,94 [m]
Profundidad de la base:	1,5 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,20 [m ³]

(Tabla N° 58: Elaboración propia)

Tipo de estructura:	Terminal (S)
Disposición:	Simple poste
Altura del poste:	13 [m]
Separación entre postes:	-
Diámetro del poste en la base:	0,49 [m]
Geometría de la base:	
Dimensión X:	1,09 [m]
Dimensión Y:	1,09 [m]
Profundidad de la base:	1,55 [m]
Volumen neto de hormigón:	1,63 [m ³]

(Tabla N° 59: Elaboración propia)

CAPÍTULO 6: EJECUCIÓN DE OBRA

Se procede a detallar las normas y reglamentos vigentes para llevar a cabo las ejecuciones de las obras según corresponda, además se comentarán los aspectos más relevantes.

Primeramente, los conductores a utilizar son los detallados con anterioridad o de calidad superior.

6.1 L.M.T coplanar horizontal con conductor desnudo

Para la ejecución se deberán seguir las siguientes reglamentaciones:

- E.T.N 100 – Construcción de Líneas Aéreas de Media Tensión 13,2 – 33 kV.
- E.T.N 160 – Condiciones para el Cálculo y Diseño de Líneas de Media y Alta Tensión.
- A.E.A. 95301 – Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media y Alta Tensión.

Donde se puede destacar:

- Tiempo de fraguado de la fundación: 21 días.
- Tablas de tiros para el tendido según las condiciones climáticas.

6.2 L.M.T coplanar horizontal con conductor protegido

Para la ejecución se deberán seguir las siguientes reglamentaciones:

- E.T.N 100 – Construcción de Líneas Aéreas de Media Tensión 13,2 – 33 kV.
- E.T.N 160 – Condiciones para el Cálculo y Diseño de Líneas de Media y Alta Tensión.
- A.E.A. 95301 – Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media y Alta Tensión.

Donde se puede destacar:

- Tiempo de fraguado de la fundación: 21 días.
- Tablas de tiros para el tendido según las condiciones climáticas.

6.3 L.M.T line-post con conductor desnudo

Para la ejecución se deberán seguir las siguientes reglamentaciones:

- E.T.N 100 – Construcción de Líneas Aéreas de Media Tensión 13,2 – 33 kV.
- E.T.N 160 – Condiciones para el Cálculo y Diseño de Líneas de Media y Alta Tensión.
- A.E.A. 95301 – Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media y Alta Tensión.

Donde se puede destacar:

- Tiempo de fraguado de la fundación: 21 días.
- Tablas de tiros para el tendido según las condiciones climáticas.

6.4 L.M.T compacta con conductor protegido

- E.T.N 100 – Construcción de Líneas Aéreas de Media Tensión 13,2 – 33 kV.
- E.T.N. 102 – Construcción de Líneas Aéreas Compactas 13,2 kV.
- E.T.N 160 – Condiciones para el Cálculo y Diseño de Líneas de Media y Alta Tensión.
- A.E.A. 95301 – Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media y Alta Tensión.

Donde se puede destacar:

- Tiempo de fraguado de la fundación: 21 días.
- Tablas de tiros para el tendido según las condiciones climáticas.

6.5 L.M.T subterránea disposición coplanar horizontal

- E.T.N. 040 – Especificaciones Técnicas Generales para la Ejecución de Obras Civiles.
- E.T.N. 098 – Tendido de Cable Subterráneo de Baja y Media Tensión.
- A.E.A 95101 – Reglamentación sobre Líneas Subterráneas Exteriores de Energía y Telecomunicaciones.

Donde podemos destacar:

- La zona donde se ejecutará la zanja estará determinada según ordenanza, en el caso de la ciudad de Reconquista y Avellaneda establece el primer tercio de vereda junto a la línea de edificación. En el caso de no contar con ordenanza establecida, la A.E.A. 95101 establece a una distancia mínima de 2 [m] respecto a la línea de



edificación, en el caso de encontrar en la traza con algún objeto como ser postes, iluminarias, etc., se deberá dejar un mínimo de 0,5 [m] respecto a estos.

- Cañeros bajo cinta asfáltica al mismo nivel que la zanja, dichos cañeros deberán sobresalir del cordón de la cinta asfáltica 20 cm.
- Los cañeros deberán tener un diámetro interior como mínimo de 1,5 veces el diámetro del conductor.

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

Una vez seleccionado y verificado el conductor a utilizar para cada tipo de instalación y haber determinado las estructuras normalizadas por E.P.E para cada caso, estamos en condición de plantear el cómputo y presupuesto de los materiales. Este se encuentra detallado en el anexo V.

Luego se realizará el presupuesto de cada una de estas, con el fin de poder determinar ventajas técnico – económicas entre ellas.

- En el presupuesto se detallarán:
- Costo de materiales, sin IVA y expresado en dólar.
- Mano de obra, expresado en dólar.
- Equipos y rodados, expresado en dólar.
- Obrador, expresado en dólar.
- Mantenimiento, expresado en dólar.

Con el presupuesto expresado en una moneda fuerte como ser el dólar, se tomará la inversión inicial de la L.M.T.A, coplanar horizontal con conductor desnudo para poder referir los costos de las demás líneas con el objetivo de poder realizar una tabla con el costo relativo entre las líneas.

7.1 Desarrollo del cómputo y presupuesto

7.1.1 Cómputo de materiales y presupuesto

Este comprende todos los materiales necesarios para poder ejecutar la obra, dentro de ellos podemos encontrar:

- Conductores
- Mamposterías
- Herrajes

- Materiales de la construcción
- Otros

En el anexo V, se encontrarán detallados los de materiales de cada estructura normalizada por la E.P.E según corresponda para cada tipo constructivo de línea.

También se encuentra detallado la cantidad y tipo de conductor a utilizar para realizar 2 [km] de línea.

Por otro lado, teniendo en cuenta la planimetría desarrollada en el anexo VII, se determina la cantidad necesaria de cada estructura.

Finalmente lo detallado anteriormente y con precios de productos del mercado, establecemos el presupuesto de los materiales, el cual se encuentra detallado en el anexo V.

7.1.2 Mano de obra

Esta estará comprendida por:

- Personal especializado civil.
- Personal especializado eléctrico.

Con lo que respecta al personal civil, este será remunerado según especificaciones de UOCRA, las cuadrillas estarán armadas según lo estipulado por el mismo gremio.

Por otra parte, el personal eléctrico, estará conformado y recibirá remuneración según cuadrillas y equipamientos de E.P.E.

Mediante relevamiento de experiencias en la ejecución de obras, se determinarán las horas de trabajo de cada personal.

Por último, una vez determinadas las horas hombres y las cuadrillas, podemos calcular el presupuesto de mano de obra, el mismo se encuentra detallado en el anexo V para cada tipo constructivo de línea.

7.1.2.1 Determinación horas personal especializado civil.

Las consideraciones que se tuvieron en cuenta para poder determinar la carga horaria son:

- Tiempo de excavación de 1 [m] x 1 [m] x 1 [m]: 5 horas, con cuadrilla completa de U.O.C.R.A.
- Tiempo de excavación zanga de 0,4 [m] x 1,2 [m]: 1 [m] por persona por hora.
- Hormigonar fundaciones, de 15 a 30 minutos.

Los tiempos de maquinarias y herramientas están ligados directamente a la carga horaria del personal civil.

7.1.2.2 Determinación horas personal especializado eléctrico.

A continuación, se detallan las consideraciones que se tienen en cuenta para determinar la carga horaria:

- Armado de estructura de suspensión: 30 minutos, 5 personas.
- Armado de estructura de retención: 4 horas, 5 personas.
- Armado estructura terminal: 4 horas, 5 personas.
- Colocación de postes: 45 – 60 minutos
- Tendido de cable convencionales: 3 horas por bobina
- Tendido de cables protegidos: 30 % más que tendido de cables convencionales
- Morsetería cable convencional: 15 minutos.
- Morsetería cable protegido: 30 minutos

7.1.3 Equipos y rodados.

Estos comprenden todas las herramientas y rodados necesarios para la ejecución de la obra. Las horas de funcionamiento de estos está ligada directamente a la carga horaria del personal civil y eléctrico según corresponda.

En este apartado del presupuesto, la gran diferencia del cómputo será entre la LMT subterránea respecto a las demás.

Para las líneas aéreas, bastara con grúa hidráulica con altura mínima de 13 [m], camioneta de transporte

En cambio, para la línea subterránea, tendremos tunelera inteligente, camión, retroexcavadora, camioneta de transporte, etc.

Al igual que la mano de obra, aquí deberemos primero calcular las horas que se utilizara cada herramienta y rodado.

Una vez determinada las horas, estaremos en condiciones de establecer el presupuesto de los equipos y rodados de cada tipo constructivo. Dicho cálculo se encuentra detallado en el anexo V.

7.1.4 Gastos imprevistos

Este será calculado en función del costo de los materiales, será un 3% del mismo.

Aquí comprenden todos los gastos imprevistos que se pueden dar por:

- Materiales no computados.
- Mano de obra no determinada.

- Equipos y rodados no tenidos en cuenta.

Esto puede surgir de inconvenientes que se pueden dar cuando se está ejecutando la obra.

7.1.5 Obrador

Este también será determinado en función del costo de los materiales, siendo el 1%.

7.1.6 Mantenimiento.

Será determinante en función del costo de los materiales, siendo el 1%.

7.2 Presupuesto de las diferentes alternativas en L.M.T.A y L.M.T.S

Con el computo de materiales y maquinarias detallados en el punto 7.1 para cada una de las alternativas, se determinará el presupuesto de cada una de ellas. A continuación, se presenta el resumen final del presupuesto para cada uno de los tipos constructivos:

7.2.1 Presupuesto L.M.T coplanar horizontal con conductor desnudo

A continuación, se detalla los costos para la elaboración de 2 [km] de L.M.T coplanar con conductor desnudo.

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	36440,63	59,00
Equipos y rodados	4518,60	7,32
Mano de obra	10562,27	17,10
Mantenimiento (1%)	364,41	0,59
Obrador (1%)	364,41	0,59
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	1093,22	1,77
Dirección de obra (1% del costo materiales)	364,41	0,59
Costos	53707,94	86,96
Gastos administrativos y generales (15% costos)	8056,19	13,04
TOTAL	61764,13	100
TOTAL + IVA	74734,60	121

(Tabla N° 60: Elaboración propia)

En el siguiente gráfico de torta se representará el peso que tienen en el costo final de la obra cada ítem detallado del presupuesto.



(Gráfica N° 1: Elaboración propia)

7.2.2 Presupuesto L.M.T coplanar horizontal con conductor protegido

A continuación, se detalla los costos para la elaboración de 2 [km] de L.M.T coplanar con conductor protegido.

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	40359,91	60,05
Equipos y rodados	4607,62	6,86
Mano de obra	11053,08	16,45
Mantenimiento (1%)	403,60	0,60
Obrador (1%)	403,60	0,60
Gastos imprevisos (3% costos materiales)	1210,80	1,80
Dirección de obra (1% costos materiales)	403,60	0,60
Costos	58442,21	86,96
Gastos administrativos y generales (15% costos)	8766,33	13,04
TOTAL	67208,54	100,00
TOTAL + IVA	81322,33	121,00

(Tabla N° 61: Elaboración propia)

En el siguiente grafico de torta se representará el peso que tienen en el costo final de la obra cada ítem detallado del presupuesto.



(Gráfica N° 2: Elaboración propia)

7.2.3 Presupuesto L.M.T tipo line-post con conductor desnudo.

A continuación, se detalla los costos para la elaboración de 2 [km] de L.M.T line-post con conductor desnudo.

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	43920,66	61,2
Equipos y rodados	4827,44	6,7
Mano de obra	11053,08	15,4
Mantenimiento (1%)	439,21	0,6
Obrador (1%)	439,21	0,6
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	1317,62	1,8
Dirección de obra (1% costos materiales)	439,21	0,6
Costo	62436,42	87,0
Gastos administrativos y generales (15% costos)	9365,46	13,0
TOTAL	71801,88	100,0
TOTAL + IVA	86880,27	121,0

(Tabla N° 62: Elaboración propia)

En el siguiente grafico de torta se representará el peso que tienen en el costo final de la obra cada ítem detallado del presupuesto.



(Gráfica N° 3: Elaboración propia)

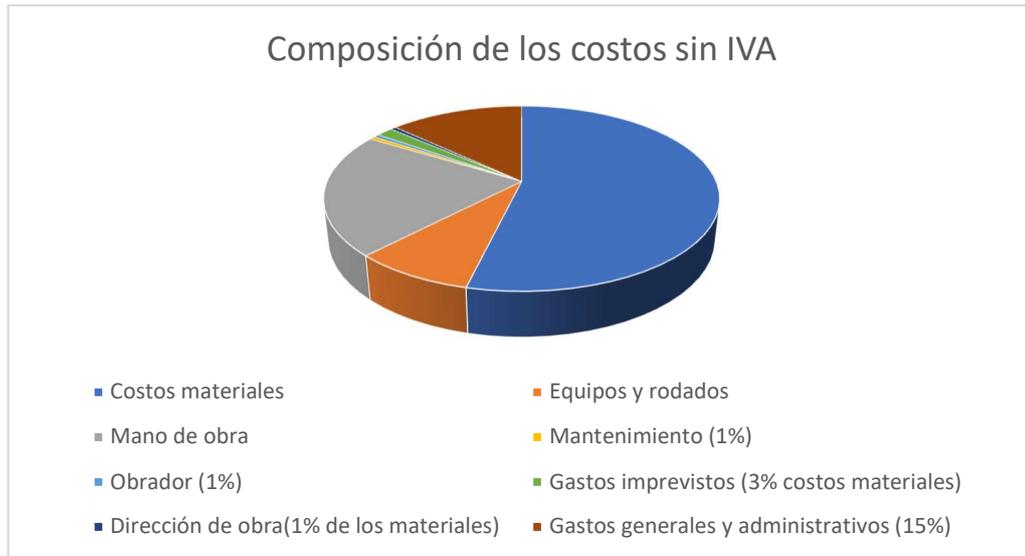
7.2.4 Presupuesto L.M.T tipo compacta con conductor protegido.

A continuación, se detalla los costos para la elaboración de 2 [km] de L.M.T compacta con conductor protegido.

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	48372,88	53,75
Equipos y rodados	7579,98	8,42
Mano de obra	19396,82	21,55
Mantenimiento (1%)	483,73	0,54
Obrador (1%)	483,73	0,54
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	1451,19	1,61
Dirección de obra (1% de los materiales)	483,73	0,54
Costos	78252,05	86,96
Gastos generales y administrativos (15%)	11737,81	13,04
TOTAL	89989,86	100,00
TOTAL + IVA	108887,73	121,00

(Tabla N° 63: Elaboración propia)

En el siguiente grafico de torta se representará el peso que tienen en el costo final de la obra cada ítem detallado del presupuesto.



(Gráfica N° 4: Elaboración propia)

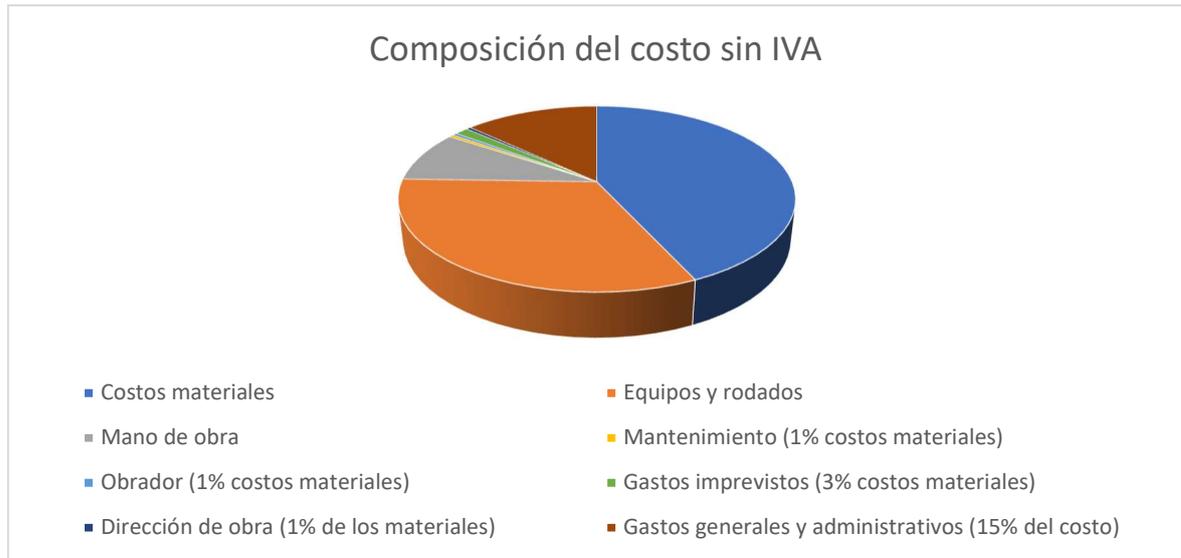
7.2.5 Presupuesto L.M.T subterránea disposición coplanar, conductor de cobre.

A continuación, se detalla los costos para la elaboración de 2 [km] de L.M.T subterránea con conductor de 120 mm² de cobre, disposición coplanar horizontal.

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	142910,21	43,12
Equipos y rodados	107317,14	32,38
Mano de obra	29410,52	8,87
Mantenimiento (1% costos materiales)	1429,10	0,43
Obrador (1% costos materiales)	1429,10	0,43
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	4287,31	1,29
Dirección de obra (1% de los materiales)	1429,10	0,43
Costos	288212,48	86,96
Gastos generales y administrativos (15% del costo)	43231,87	13,04
TOTAL	331444,35	100,00
TOTAL + IVA	401047,66	121,00

(Tabla N° 64: Elaboración propia)

En el siguiente grafico de torta se representará el peso que tienen en el costo final de la obra cada ítem detallado del presupuesto.



(Gráfica N° 5: Elaboración propia)

7.2.6 Presupuesto L.M.T. subterránea disposición coplanar, conductor Al

A continuación, se detalla los costos para la elaboración de 2 [km] de L.M.T subterránea con conductor de 185 mm² de aluminio, disposición coplanar horizontal.

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	105830,21	36,97
Equipos y rodados	107317,14	37,49
Mano de obra	29410,52	10,27
Mantenimiento (1% costos materiales)	1058,30	0,37
Obrador (1% costos materiales)	1058,30	0,37
Gastos imprevisos (3% costos materiales)	3174,91	1,11
Dirección de obra (1% de los materiales)	1058,30	0,37
Costos	248907,68	86,96
Gastos generales y administrativos (15% del costo)	37336,15	13,04
TOTAL	286243,83	100,00
TOTAL + IVA	346355,03	121,00

(Tabla N° 65: Elaboración propia)

En el siguiente grafico de torta se representará el peso que tienen en el costo final de la obra cada ítem detallado del presupuesto.



(Gráfica N° 6: Elaboración propia)

7.3 Comparación costo relativo

Como se nombró al principio del capítulo, una vez determinado el presupuesto para cada tipo constructivo, se determinará el costo relativo de las líneas respecto a la L.M.T coplanar horizontal con conductor desnudo. La tabla que se presentara a continuación es de gran importancia para determinar qué tipo de línea es conveniente construir desde el punto de vista económico.

Comparación económica	
Tipo constructivo	Coefficiente
L.M.T coplanar horizontal c/conductor desnudo	1
L.M.T coplanar horizontal c/conductor protegido	1,09
L.M.T LINE POST con conductor desnudo	1,16
L.M.T COMPACTA con conductor protegido	1,46
L.M.T subterránea coplanar horizontal Cu 120 mm ²	5,37
L.M.T subterránea coplanar horizontal Al 185 mm ²	4,63

(Tabla N° 66: Elaboración propia)

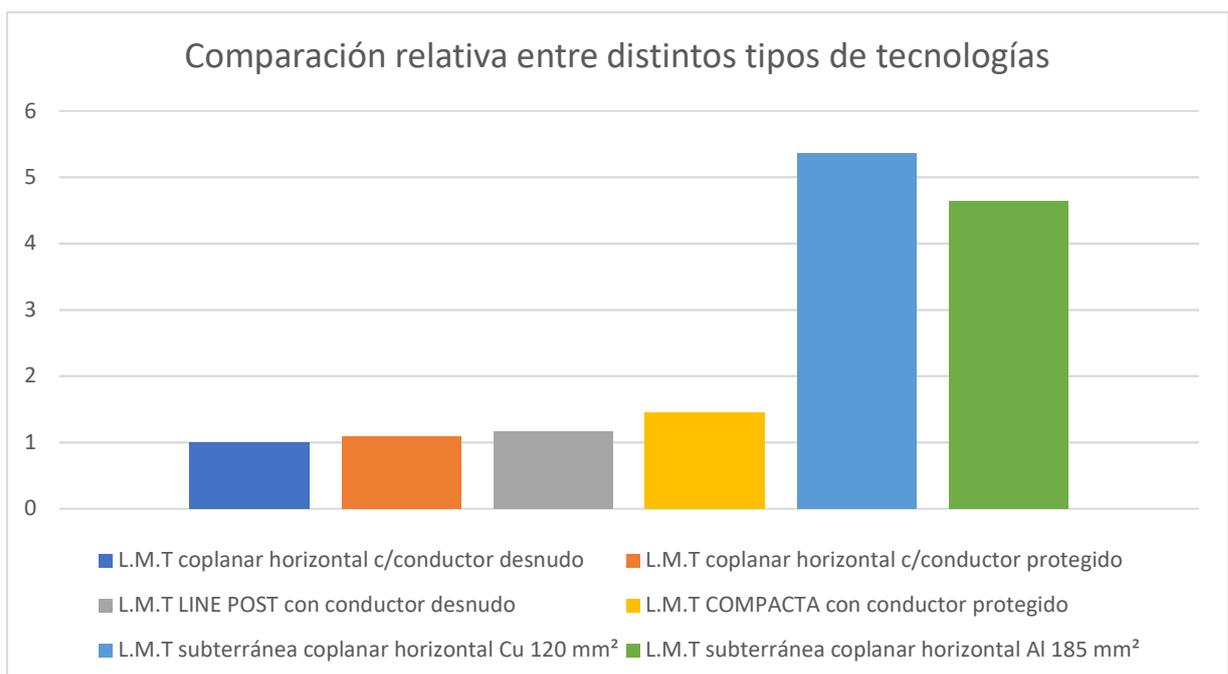
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

Una vez realizado los cálculos eléctricos, mecánicos, y determinado el costo de cada una de las líneas de media tensión, estamos en condición de plantear las ventajas y desventajas de cada una de estas, para ello nos basaremos en los siguientes 3 pilares:

8.1 Conclusión económica

En este pilar es en el que mayor hincapié se hará, ya que hoy en día existe un gran debate en qué tipo de línea utilizar a la hora de realizar una nueva obra o modificar o cambiar una existente.

Con el cómputo y presupuesto desarrollado en el capítulo anterior queda demostrada la diferencia que existe como inversión inicial de cada una de estas, concluyendo en el resultado presentado en el punto 7.3. A continuación se presenta graficas donde queda representada la diferencias entre los 5 sistemas.



(Gráfica N° 7: Elaboración propia)

El mayor monto de la inversión inicial se debe a los materiales a emplear a excepción de la línea subterránea donde predomina el costo de equipos y rodados.

Como se puede apreciar, la gran diferencia se da a la hora de realizar una línea de media tensión subterránea.

8.2 Conclusión técnica

Desde este punto de vista, lo principal analizar son las pérdidas que se producen en la línea por efecto Joule, la tensión al final de línea y la continuidad de servicio, lo cual garantiza una calidad de servicio.

Para las líneas aéreas con conductor desnudo, tienen un gran inconveniente los días de tormentas donde los vientos que se producen son considerables y si el mantenimiento de poda no se realiza constantemente suelen ser la principal fuente de fallas, interrumpiendo el servicio, traduciéndose en pérdidas económicas y mala calidad de servicio.

Otro tipo de inconveniente se presenta con el clavel del aire o repollito, que con la presencia de lluvia y vientos acorta las distancias eléctricas, con la salida intempestiva del distribuidor y/o corte del conductor.

El fenómeno anteriormente nombrado, se reduce cuando se utilizan conductores protegidos, y aún más cuando la disposición de los conductores reduce sus distancias, de esta manera la poda a realizar será en menor magnitud, y se podría obtener un rédito económico con lo que respecta a la poda.

En el caso de la instalación subterránea, esta no tendrá ese tipo de inconvenientes.

Otro punto a analizar desde este aspecto, es el mantenimiento, y reposición de servicio. Las líneas convencionales serán endebles a fallas, pero su reposición de servicio será medianamente rápida dependiendo del tipo de falla, en cambio las líneas subterráneas las cuales tienen un índice de falla muy bajo, al reponer servicio se necesitará mayor tiempo para encontrar la falla, y luego repararla, como así también equipos especiales para detectar la falla.

A continuación, se presenta una tabla elaborada en base de datos de una empresa distribuidora, donde se establece la relación de averías de las diferentes tecnologías.

Tecnología	Tasas comparativas de averías km – año – p.u.
L.M.T coplanar horizontal c/conductor desnudo	1
L.M.T coplanar horizontal c/conductor protegido.	0,7
L.M.T line-post c/ conductor desnudo	0,8
L.M.T line-post c/conductor protegido	0,6
L.M.T compacta c/conductor protegido	0,55
L.M.T subterránea coplanar horizontal	0,4

(Tabla N° 67: Elaboración propia)

Con los cálculos desarrollados, se ha demostrado que las L.M.T compactas, reducen la caída de tensión en el extremo más lejano, sin embargo, las líneas subterráneas siguen dando mejores resultados desde este punto de vista.

De igual manera sucede con las pérdidas por efecto joule, para una misma potencia transmitida, tendremos menores pérdidas en forma de calor para las líneas subterráneas, pero mayor serán en las líneas compactas.

A continuación, se presenta a modo de resumen los resultados obtenidos que avalan la afirmación de los párrafos anteriores.

Resumen comparativo de caída de tensión en el extremo más lejano			
Tipo constructivo	Extremo	Caída de tensión [V]	Porcentaje [%]
Coplanar horizontal conductor desnudo	8	206,74	1,57
Coplanar horizontal conducto protegido	8	206,74	1,57
Line post con conductor desnudo	8	209,09	1,58
Compacta con conductor protegido	8	199,17	1,51
Subterránea coplanar horizontal Cu	8	110,80	0,84
Subterránea coplanar horizontal Al	8	114,94	0,87

(Tabla N° 68: Elaboración propia)

Resumen comparativo de pérdidas por efecto joule		
Tipo constructivo	Pérdidas en [w]	% respecto a la potencia transmitida
Coplanar horizontal conductor desnudo	19977,05	0,33
Coplanar horizontal conducto protegido	19977,05	0,33
Line post con conductor desnudo	19956,02	0,33
Compacta con conductor protegido	21051,93	0,35
Subterránea coplanar Cu	10224,47	0,17
Subterránea coplanar Al	11010,97	0,18

(Tabla N° 69: Elaboración propia)

Otro factor a analizar, son las distancias de seguridad eléctrica entre conductores, estas se reducen considerablemente cuando el conductor es protegido. Esto nos garantizará una mayor seguridad respecto a los objetos cercanos a la línea, ya que la línea reducirá el espacio ocupado.

Este punto es de gran importancia hoy en día, ya que actualmente las ciudades de la región están creciendo considerablemente en edificaciones, el inconveniente que surge a partir de este fenómeno es que las reglamentaciones municipales no van de la mano con las especificaciones de la E.P.E., por lo que hay edificios con balcones que se aproximan a las líneas disminuyendo las distancias seguras. Aquí es donde los conductores protegidos adquieren mayor importancia.

Además, al utilizar conductores protegidos, disminuyen las interrupciones por cortocircuitos, ya que estos pueden soportar el contacto con ramas en un tiempo no muy prolongado, siempre y cuando no se deteriore por calentamiento el recubrimiento.

Por último, desde el punto de vista técnico, no debemos olvidar que la línea compacta posee un conductor portante de acero galvanizado, el cual actúa como hilo de guardia, disminuyendo las interrupciones por descargas atmosféricas.

8.3 Conclusión ambiental

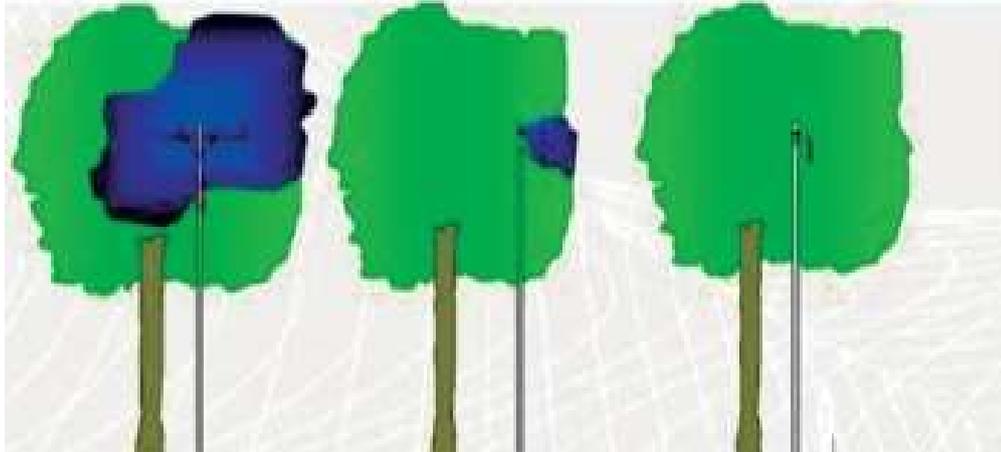
Este punto, en lo que respecta al funcionamiento de la línea es de vital importancia, en los tiempos actuales, donde el cuidado del medio ambiente toma cada vez más relevancia, este se ve influenciado mediante la poda de árboles para el mantenimiento de las líneas y en lo que es contaminación visual.

Cada tipo constructivo se caracteriza por afectar en mayor o menor medida a la visual, como así también tienen diferente especificación de poda en el caso que corresponda.

En la siguiente tabla se especifican las distancias de seguridad entre un punto y las ramas de árboles para cada tipo constructivo.

Tipo de constructivo	Distancia de seguridad entre cualquier punto de la red y ramas de arboles
Línea coplanar horizontal c/conductor desnudo	200 cm
Línea coplanar horizontal c/conductor protegido	30 cm
Línea line-post c/conductor desnudo	200 cm
Línea compacta con conductor protegido	30 cm
Línea subterránea c/conductor aislado	No requiere

(Tabla N° 70: Elaboración propia)



(Imagen 5: Representación poda según tecnología aplicada)

Desde este punto de vista, y con la importancia que hoy en día se está dando al cuidado del medio ambiente, la línea subterránea sería la ideal, cabe destacar que su desventaja como se nombró anteriormente es el aspecto económico. Mediante un análisis minucioso se puede establecer que en las grandes ciudades donde la densidad de demanda es elevada, se puede justificar la implementación de estas, más aún cuando no se requiere realizar gran cantidad de acometidas y/o usuarios de gran importancia.

Por lo que, para la región, la línea compacta tiene una ventaja respecto a las otras.

8.4 Conclusión final

Para finalizar y poder lograr una conclusión con argumentos, a continuación, se presenta una tabla donde se evalúa cada aspecto anteriormente nombrado.

Los parámetros de evaluación son:

- 3 (color verde), valoración: bueno, fácil
- 2 (color amarillo), valoración: regular, medianamente fácil.
- 1 (color rojo), valoración: malo, difícil.

De acuerdo a estos parámetros, se asignará una ponderación según el grado de importancia del factor analizado.



Descripción	L.M.T coplanar horizontal con conductor desnudo	L.M.T coplanar horizontal con conductor protegido	L.M.T line-post con conductor desnudo	L.M.T compacta con conductor protegido	L.M.T subterránea coplanar horizontal de Cu y Al
Detección de fallas	3	3	3	2	1
Poda de árboles	1	1	1	2	3
Reposición de servicio	3	3	3	3	1
Técnico económico	3	3	3	2	1
Mantenimiento requerido	1	1	1	2	3
Continuidad de servicio	1	1	1	2	3
Acometidas	3	3	3	3	1
Resistencia a descargas atmosféricas	1	1	1	2	3
Calidad de servicio	1	1	1	2	3

(Tabla N° 71: Elaboración propia)

Como conclusión, se puede decir que a la hora de realizar una línea de media tensión, o modificación de una existente, según la densidad de la demanda, hoy en día en la región es conveniente seguir utilizado L.M.T aéreas, donde se debe extremar los trabajos de poda para mantener una razonable calidad de servicio.

Se puede determinar que las líneas compactas, sobresalen del resto de las aéreas, ya que nos permite una mejor convivencia con el arbolado, por lo que se reducirá el tema de la poda,

y mejora sustancialmente los parámetros técnicos, de las líneas, recuperando rápidamente la inversión.

Por otra parte, la utilización de líneas subterráneas, se justifica en ciudades grandes, siempre y cuando la densidad de demanda sea elevada, para grandes usuarios y/o importantes. Eliminando el inconveniente de distancias de seguridad eléctricas respecto a los grandes desarrollos inmobiliarios que se pueden encontrar en estas ciudades.

Finalmente, a la hora de seleccionar la tecnología más adecuada, no nos podemos olvidar del impacto que tendrá sobre la tarifa final del usuario, por lo que será otro factor a tener en cuenta. Ya que la inversión a realizar se verá reflejada en la tarifa de estos. De esta forma podríamos concluir con esta pregunta final.

“¿Hasta qué punto está el usuario dispuesto a pagar el servicio, por un cambio superior de tecnología y mejor calidad en el servicio?”

Bibliografía

- *Jacinto Viqueira Landa (1970). Redes Eléctricas. Segunda edición.*
- *José García Trasancos (2003). Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión. Tercera Edición.*
- *José García Trasancos (2010). Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión. Sexta Edición.*
- *Ing. Héctor Leopoldo Soibelzon (2007). Apunte de Cátedra Sistemas de Potencia: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas. Universidades Nacionales de la Plata y Buenos Aires Facultades de Ingeniería.*
- *Tadeo Maciejewski. Cálculo de fundaciones para líneas de transmisión de energía eléctrica con el método de Sulzberger. Revista Electrotécnica (marzo – abril 1964), volumen L, N° 2.*
- *Christián Hernán Arce y Martín Rodrigo Verger (2015). Implementación de líneas aéreas de media tensión.*
- *Cuaderno Técnico N° 158 (2000). Cálculos de Corrientes de Cortocircuito*
- *A.E.A 90909 (2004). Corriente de Cortocircuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna. Parte 0 – Calculo de las Corrientes.*
- *A.E.A 95301 (2006). Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media y Alta Tensión.*

- *A.E.A 95101 (2007). Reglamentación sobre Líneas Subterráneas Exteriores de Energía y Telecomunicaciones. E.T.N 040 (2019). Especificaciones Técnicas generales para la ejecución de Obras Civiles.*
- *E.T.N 098 (2017). Tendido de Cable Subterráneo de Baja, Media y Alta Tensión.*
- *E.T.N 100 (2013). Construcción de Líneas Aéreas de Media Tensión 13,2 – 33 kV.*
- *E.T.N 102 (2016). Construcción de Líneas Aéreas Compactas 13,2 kV.*
- *E.T.N 160 (2014). Condiciones para el Cálculo y Diseño de Líneas de Media y Alta Tensión.*
- *Empresa Provincial de Energía de Santa Fe (2019), Información técnica. Recuperado de <https://www.epe.santafe.gov.ar>*
- *Prysmian Group (2019), Catálogos. Recuperado de <https://ar.prysmiangroup.com/>*



Anexo I.a

Resumen de datos distribuidor 3 de la ciudad de Avellaneda



Datos del sistema

Tensión de servicio:	13,2	[kV]
Frecuencia de servicio:	50	[Hz]
Temperatura de la línea:	80	[°C]
Longitud de la línea:	2	[km]
Potencia actual:	3,54	[MVa]
Tiempo de proyección:	15	[años]
Tasa de crecimiento interanual:	4	[%]
Resistividad del terreno:	100	[ohm.m]
Cos fi:	0,93	
Sen fi:	0,39	
Potencia de diseño:	6,38	[MVa]
	5,91	[MW]
Factor de simultaneidad	0,82	

Datos transformadores instalados

TRAMO	LONGITUD [M]	UBICACIÓN	POTENCIA INSTALADA	POTENCIA UTILIZADA	Potencia proyectada
S3 01	745	2 y 13	315	258,3	465,18
S3 02	1115	2 y 7	250	205	369,19
S3 03	1455	2 y 1	315	258,3	465,18
S3 04	1720	8 y 11	400	328	590,71
S3 05	1375	7 y 6	400	328	590,71
S3 06	1745	8 y 3	315	258,3	465,18
S3 07	1876	7 y 14	400	328	590,71
S3 08	2101	7 y 18	400	328	590,71
S3 09	2066	14 y 9	315	258,3	465,18
S3 10	1895	111 y 116	250	205	369,19
S3 11	1355	111 y 108	200	164	295,35
S3 12	1616	7 y 10	200	164	295,35
S3 13	2210	116 y 105	200	164	295,35
S3 14	1335	104 y 107	200	164	295,35
S3 15	2070	109 y 118	160	131,2	236,28
Total			4320	3542,4	6379,66



Anexo I.b

Calculo eléctrico línea actual y proyección



Datos conductores existentes

Conductor de Cu 16 mm²

Material	Cu	
Sección:	16	[mm ²]
Diámetro exterior conductor:	5,1	[mm]
Numero de hilos:	7	
Resistividad del Cu:	0,0177	
Coefficiente térmico:	0,0038	
Resistencia del conductor a 20°C en C.C.:	2,34	[oh/km]
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible:	115	

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para la inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

La resistencia de la línea dependerá de los materiales con el que esta compuesto el conductor que se utilizara, como así también de la temperatura de servicio.

Normalmente el fabricante brinda la resistencia del conducto a corriente continua, por lo que debemos corregirla para calcular su resistencia a corriente alterna, para ello debemos determinar el coeficiente K que dependerá del radio del conductor y la resistencia a corriente continua, debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$X = 0,05013 \times \sqrt{\frac{f \times \mu}{R}}$$

Donde:

f: frecuencia en ciclos por segundos

μ: Permeabilidad relativa (si el material no es magnético adopta 1).

R: Resistencia en ohm/km

Reemplazando, obtenemos:

$$X = 0,23$$

Con este valor podemos obtener K para hallar la resistencia efectiva, para ello utilizamos la tabla.

$$K = 1,000026$$

Una vez determinado el valor k, estamos en condición de calcular la resistencia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = k \times R_{cc20^\circ C}$$

Reemplazando:



$$R_{20^{\circ}\text{C}} = 2,34 \quad [\text{ohm/km}]$$

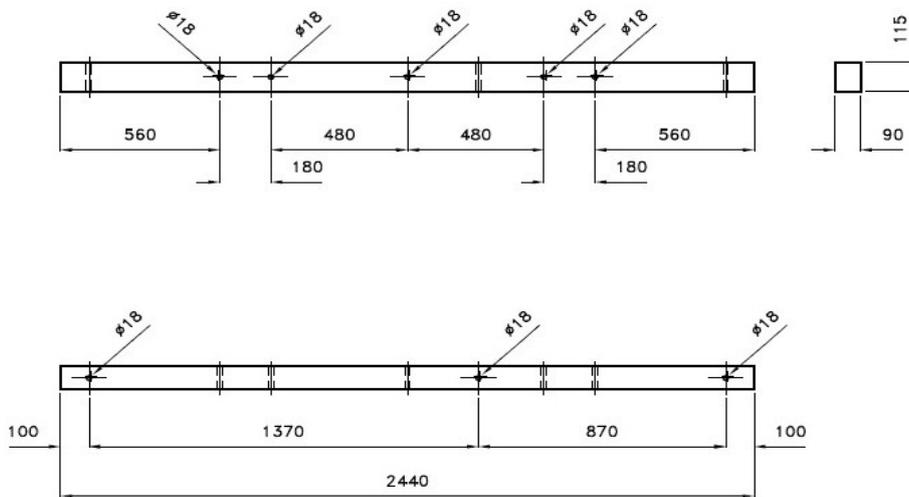
Al ser la temperatura de servicio 80°C , debemos realizar la correspondiente corrección en dicha resistencia, la cual será:

$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 2,88 \quad [\text{ohm/km}]$$

Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG) para:



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3	da	db	dc
Longitud (mm)	1370	870	2240	1120	250	1120

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{1-3} \times d_{2-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 1387,28 \quad [\text{mm}]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al/Ac desnudo, de 70 mm^2 , mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$



Donde:

k : coeficiente de corrección dependiendo del conductor.

Φ : diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	16	[mm ²]
k :	0,726	
R :	2,55	[mm]
RMG:	1,851	[mm]

Calculo inductancia línea

inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar es:

$$L = 2 \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0013 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = l \times 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,416 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 2,8764 + 0,4159j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 2,8764 + 0,4159j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Zo = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Z0 = 3,0243 + 1,7429j \quad [\text{ohm/km}]$$



Conductor de Al 35 mm²

Material	Al	
Sección:	35	[mm ²]
Diámetro exterior conductor:	7,6	[mm]
Numero de hilos:	7	
Resistividad del Al:	0,0283	
Coefficiente térmico:	0,004	
Resistencia del conductor a 20°C en C.C.:	0,952	[oh/km]
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible:	160	

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para la inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

La resistencia de la línea dependerá de los materiales con el que esta compuesto el conductor que se utilizara, como así también de la temperatura de servicio.

Normalmente el fabricante brinda la resistencia del conducto a corriente continua, por lo que debemos corregirla para calcular su resistencia a corriente alterna, para ello debemos determinar el coeficiente K que dependerá del radio del conductor y la resistencia a corriente continua, debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$X = 0,05013 \times \sqrt{\frac{f \times \mu}{R}}$$

Donde:

f: frecuencia en ciclos por segundos

μ: Permeabilidad relativa (si el material no es magnético adopta 1).

R: Resistencia en ohm/km

Reemplazando, obtenemos:

$$X = 0,36$$

Con este valor podemos obtener K para hallar la resistencia efectiva, para ello utilizamos la tabla.

$$K = 1,000097$$

Una vez determinado el valor k, estamos en condición de calcular la resistencia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = k \times R_{CC_{20^\circ C}}$$

Reemplazando:

$$R_{20^\circ C} = 0,95 \quad [\text{ohm/km}]$$

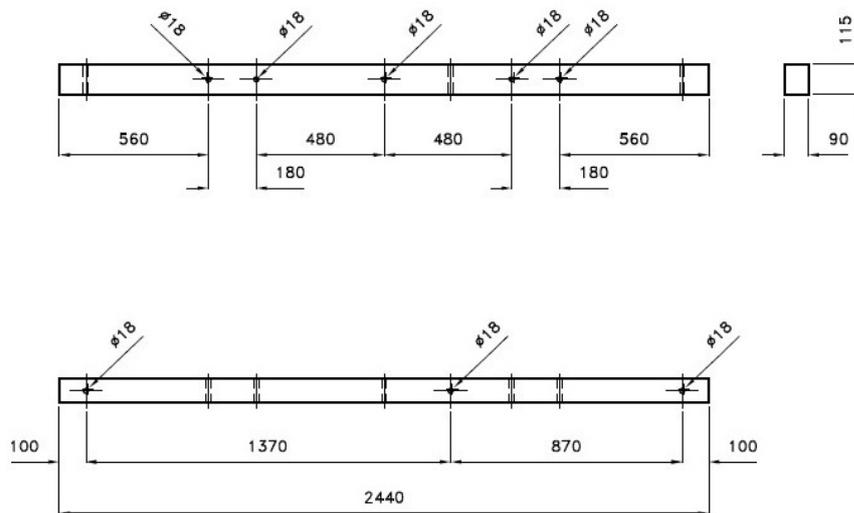
Al ser la temperatura de servicio 80°C, debemos realizar la correspondiente corrección en dicha resistencia, la cual será:

$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 1,18 \quad [\text{ohm/km}]$$

Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG) para:



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3	da	db	dc
Longitud (mm)	1370	870	2240	1120	250	1120

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{1-3} \times d_{2-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 1387,28 \quad [\text{mm}]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al/Ac desnudo, de 70 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$

Donde:

k: coeficiente de corrección dependiendo del conductor.



Φ : diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	35	[mm ²]
k:	0,726	
R:	3,8	[mm]
RMG:	2,7588	[mm]

Calculo inductancia línea

inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar es:

$$L = 2 \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0012 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = l \times 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,39 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 1,1823 + 0,3908j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 1,1823 + 0,3908j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Zo = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

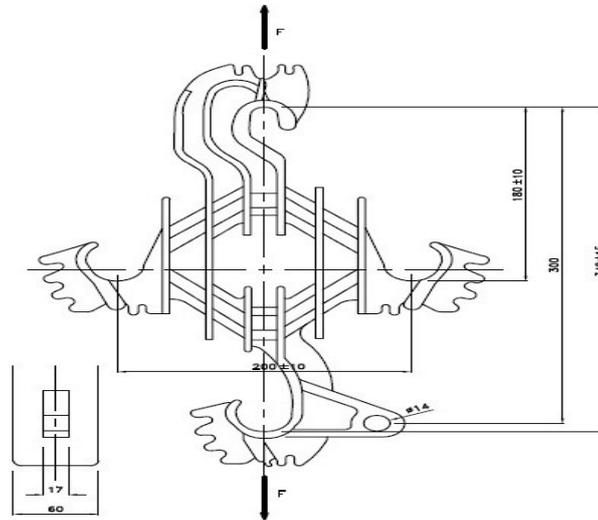
$$Zo = 1,3302 + 1,6275i \quad [\text{ohm/km}]$$

Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así

también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG) para:



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3
Longitud (mm)	200	188,86	188,86

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{1-3} \times d_{2-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 192,50 \quad [mm]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al/Ac desnudo, de 70 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$

Donde:

k : coeficiente de corrección dependiendo del conductor.

ϕ : diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	35	[mm ²]
k:	0,726	
R:	3,8	[mm]
RMG:	2,7588	[mm]



Calculo inductancia línea

inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar es:

$$L = 2 \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0008 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = l \times 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,267 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 1,1823 + 0,2667j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 1,1823 + 0,2667j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Zo = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Zo = 1,3302 + 1,9133i \quad [\text{ohm/km}]$$



Conductor de Al 35 mm²

Material	Al	
Sección:	70	[mm ²]
Diámetro exterior conductor:	10,8	[mm]
Numero de hilos:	19	
Coefficiente térmico:	0,004	
Resistencia del conductor a 20°C en C.C.:	0,484	[oh/km]
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible:	235	

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para a inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

La resistencia de la línea dependerá de los materiales con el que esta compuesto el conductor que se utilizara, como así también de la temperatura de servicio.

Normalmente el fabricante brinda la resistencia del conducto a corriente continua, por lo que debemos corregirla para calcular su resistencia a corriente alterna, para ello debemos determinar el coeficiente K que dependerá del radio del conductor y la resistencia a corriente continua, debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$X = 0,05013 \times \sqrt{\frac{f \times \mu}{R}}$$

Donde:

f: frecuencia en ciclos por segundos

μ: Permeabilidad relativa (si el material no es magnético adopta 1).

R: Resistencia en ohm/km

Reemplazando, obtenemos:

$$X = 0,51$$

Con este valor podemos obtener K para hallar la resistencia efectiva, para ello utilizamos la tabla.

$$K = 1,001046$$

Una vez determinado el valor k, estamos en condición de calcular la resistencia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = k \times R_{CC20^\circ C}$$

Reemplazando:

$$R_{20^\circ C} = 0,48 \quad [\text{ohm/km}]$$

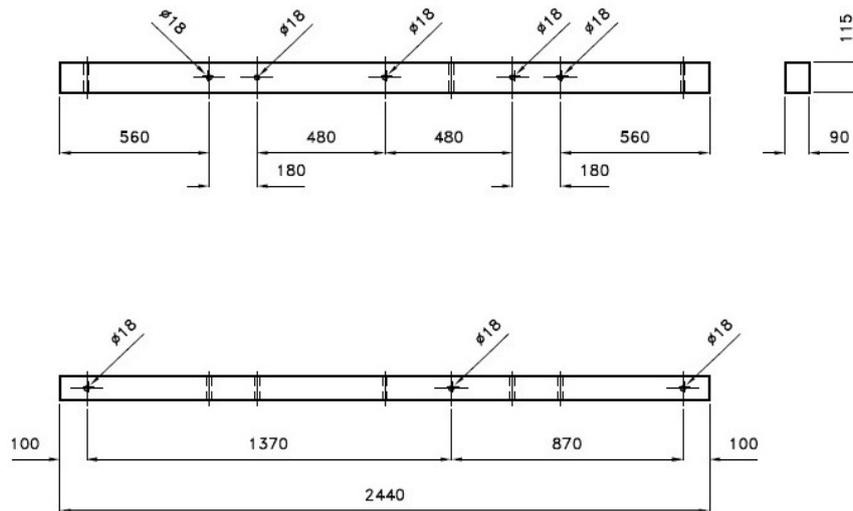
Al ser la temperatura de servicio 80°C, debemos realizar la correspondiente corrección en dicha resistencia, la cual será:

$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 0,60 \quad [\text{ohm/km}]$$

Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG) para:



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3	da	db	dc
Longitud (mm)	1370	870	2240	1120	250	1120

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{1-3} \times d_{2-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 1387,28 \quad [\text{mm}]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al/Ac desnudo, de 70 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$

Donde:

k: coeficiente de corrección dependiendo del conductor.

ϕ : diámetro del conductor a utilizar.



Composición del conductor a utilizar

Sección:	70	[mm ²]
k:	0,758	
R:	5,4	[mm]
RMG:	4,0932	[mm]

Calculo inductancia línea

Finalmente, una vez determinado el RMG y la DMG, estamos en condiciones de determinar la inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar

$$L = 2 \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0012 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = l \times 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,366 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia del sistema

Impedancia directa

La impedancia del sistema será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 0,6017 + 0,366j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 0,6017 + 0,366j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Z_o = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Z_o = 0,75 + 1,513i \quad [\text{ohm/km}]$$



Calculo de impedancia

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. Conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	Al	70	258,3	3542,4	0,60	0,37	0,16	0,09
01 - B	Al	70	165	3284,1	0,60	0,37	0,10	0,06
B - C	Al	70	230	828,2	0,60	0,37	0,14	0,08
C - 14	Al	35	195	164	1,18	0,27	0,23	0,05
C - 11	Al	70	215	664,2	0,60	0,37	0,13	0,08
10 - D	Al	70	510	205	0,60	0,37	0,31	0,19
D - 11	Al	70	30	500,2	0,60	0,37	0,02	0,01
D - E	Al	35	120	295,2	1,18	0,27	0,14	0,03
E - 13	Al	35	225	164	1,18	0,27	0,27	0,06
E - 15	Al	35	85	131,2	1,18	0,27	0,10	0,02
B - 02	Al	70	205	2455,9	0,60	0,37	0,12	0,08
02 - F	Al	70	25	2250,9	0,60	0,37	0,02	0,01
F - 03	Al	70	315	258,3	0,60	0,37	0,19	0,12
F - 05	Cu	16	230	1992,6	2,88	0,42	0,66	0,10
05 - G	Cu	16	155	1664,6	2,88	0,42	0,45	0,06
G - 06	Al	35	215	258,3	1,18	0,39	0,25	0,08
G - 04	Al	35	190	328	1,18	0,39	0,22	0,07
12 - G	Cu	16	90	1078,3	2,88	0,42	0,26	0,04
12 - 07,	Cu	16	260	914,3	2,88	0,42	0,75	0,11
07 - H	Cu	16	25	586,3	2,88	0,42	0,07	0,01
H - 09	Al	35	165	258,3	1,18	0,39	0,20	0,06
H - 08	Cu	16	200	328	2,88	0,42	0,58	0,08



Verificación corriente máxima

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio

Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	Al	70	154,94	265	Verifica
01 - B	Al	70	143,64	265	Verifica
B - C	Al	70	36,22	265	Verifica
C - 14	Al	35	7,17	171	Verifica
C - 10	Al	70	29,05	265	Verifica
11 - D	Al	70	8,97	265	Verifica
D - 10	Al	70	21,88	265	Verifica
D - E	Al	35	12,91	171	Verifica
E - 13	Al	35	7,17	171	Verifica
E - 15	Al	35	5,74	171	Verifica
B - 02	Al	70	107,42	265	Verifica
02 - F	Al	70	98,45	265	Verifica
F - 03	Al	70	11,30	265	Verifica
F - 05	Cu	16	87,15	115	Verifica
05 - G	Cu	16	72,81	115	Verifica
G - 06	Al	35	11,30	171	Verifica
G - 04	Al	35	14,35	171	Verifica
12 - G	Cu	16	47,16	115	Verifica
12 - 07,	Cu	16	39,99	115	Verifica
07 - H	Cu	16	25,64	115	Verifica
H - 09	Al	35	11,30	171	Verifica
H - 08	Cu	16	14,35	115	Verifica



Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \text{sen } \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y los extremos de línea.

Tramo	Caída de tensión	
A - 01	48,45	[V]
01 - B	28,69	[V]
B - C	10,09	[V]
C - 14	2,90	[V]
C - 10	7,56	[V]
11 - D	5,54	[V]
D - 10	0,79	[V]
D - E	3,22	[V]
E - 13	3,35	[V]
E - 15	1,01	[V]
B - 02	26,66	[V]
02 - F	2,98	[V]
F - 03	4,31	[V]
F - 05	98,09	[V]
05 - G	55,22	[V]
G - 06	5,24	[V]
G - 04	5,88	[V]
12 - G	20,77	[V]
12 - 07,	50,88	[V]
07 - H	3,14	[V]
H - 09	4,02	[V]
H - 08	14,04	[V]

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	90,13	Verifica	1,19
11	101,12	Verifica	0,77
15	99,81	Verifica	0,76
13	102,15	Verifica	0,77
3	111,08	Verifica	0,84
6	265,34	Verifica	2,01
4	265,98	Verifica	2,01
9	338,91	Verifica	2,57
8	348,92	Verifica	2,64



Corriente de cortocircuito

A continuación se presentan las impedancias directa, inversa y homopolar de la línea calculadas anteriormente.

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Zd línea [ohm]		Zi línea [ohm]		Zo línea [ohm]	
	Mat.	Sec.		R	Xl	R	Xl	R	Xl
A - 01	Al	70	258,3	0,16	0,09	0,16	0,09	0,19	0,39
01 - B	Al	70	165	0,10	0,06	0,10	0,06	0,12	0,25
B - C	Al	70	230	0,14	0,08	0,14	0,08	0,17	0,35
C - 14	Al	35	195	0,23	0,05	0,23	0,05	0,26	0,37
C - 10	Al	70	215	0,13	0,08	0,13	0,08	0,16	0,33
11 - D	Al	70	510	0,31	0,19	0,31	0,19	0,38	0,77
D - 10	Al	70	30	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05
D - E	Al	35	120	0,14	0,03	0,14	0,03	0,16	0,23
E - 13	Al	35	225	0,27	0,06	0,27	0,06	0,30	0,43
E - 15	Al	35	85	0,10	0,02	0,10	0,02	0,11	0,16
B - 02	Al	70	205	0,12	0,08	0,12	0,08	0,15	0,31
02 - F	Al	70	25	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04
F - 03	Al	70	315	0,19	0,12	0,19	0,12	0,24	0,48
F - 05	Cu	16	230	0,66	0,10	0,66	0,10	0,70	0,40
05 - G	Cu	16	155	0,45	0,06	0,45	0,06	0,47	0,27
G - 06	Al	35	215	0,25	0,08	0,25	0,08	0,29	0,35
G - 04	Al	35	190	0,22	0,07	0,22	0,07	0,25	0,31
12 - G	Cu	16	90	0,26	0,04	0,26	0,04	0,70	0,40
12 - 07,	Cu	16	260	0,75	0,11	0,75	0,11	0,47	0,27
07 - H	Cu	16	25	0,07	0,01	0,07	0,01	0,65	0,37
H - 09	Al	35	165	0,20	0,06	0,20	0,06	0,22	0,27
H - 08	Cu	16	200	0,58	0,08	0,58	0,08	0,70	0,40

Impedancia transformador

Estas serán calculadas con el método de los MVA, el cual simplifica los cálculos de corrientes de cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Z_d}$$

Además:

$$Z_i = Z_d \quad y \quad Z_o = 0,9 \times Z_d$$

Datos trafos instalados		
Sc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[%]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j



Impedancia de la red del lado de 33 kv

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua arriba		
Sc:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j

Calculo de corriente de falla trifásica

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I" k [Amp]	
			min	max
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,96	3882,33	4270,56
B	13,2	2,04	3742,31	4116,55
C	13,2	2,15	3552,70	3907,96
14	13,2	2,26	3378,38	3716,22
10	13,2	2,37	3212,20	3533,42
D	13,2	2,66	2861,41	3147,56
11	13,2	2,68	2842,60	3126,86
E	13,2	2,77	2748,27	3023,10
15	13,2	2,96	2577,16	2834,87
13	13,2	3,03	2515,04	2766,54
2	13,2	3,16	2410,92	2652,02
F	13,2	3,18	2398,75	2638,63
3	13,2	3,38	2254,41	2479,85
5	13,2	3,88	1966,21	2162,84
G	13,2	4,24	1798,77	1978,65
6	13,2	4,48	1700,69	1870,76
4	13,2	4,70	1621,78	1783,95
12	13,2	4,92	1548,30	1703,13
7	13,2	5,59	1364,49	1500,94
H	13,2	5,65	1348,80	1483,68
8	13,2	5,85	1303,26	1433,58
9	13,2	6,38	1195,30	1314,83



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I''k [Amp]	
			min	max
A	13,2	6,85	3339,50	3673,45
1	13,2	7,47	3062,23	3368,45
B	13,2	7,88	2902,92	3193,21
C	13,2	8,46	2702,02	2972,22
14	13,2	9,09	2515,49	2767,04
10	13,2	9,67	2364,90	2601,39
D	13,2	11,07	2065,78	2272,36
11	13,2	11,15	2050,35	2255,38
E	13,2	11,58	1973,87	2171,26
15	13,2	12,41	1841,74	2025,92
13	13,2	12,73	1795,44	1974,99
2	13,2	13,32	1716,22	1887,85
F	13,2	13,39	1707,02	1877,72
3	13,2	14,30	1598,74	1758,61
5	13,2	15,82	1445,48	1590,03
G	13,2	16,91	1352,06	1487,27
6	13,2	17,80	1284,66	1413,13
4	13,2	18,59	1230,13	1353,14
12	13,2	19,71	1159,68	1275,65
7	13,2	21,38	1069,59	1176,55
H	13,2	22,21	1029,52	1132,47
8	13,2	22,92	997,67	1097,44
9	13,2	23,91	956,19	1051,81

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 16 mm² de cobre tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
16	1978,65	115	17,21	No verifica

Para el conductor de 35 mm² de AALAC tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
35	3716,22	93	39,96	No verifica

Para el conductor de 70 mm² de AALAC tendremos

k: 93

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
70	4270,56	93	45,92	Verifica



A continuación, se verificarán las líneas instaladas, para comprobar si funcionarían garantizando una calidad de servicio, proyectando la potencia actual a 10 años, con las constantes descriptas al inicio del anexo:

Calculo de impedancia

Como las características de la línea no se modifican, es decir tendremos los mismos conductores y las mismas geometrías, la impedancia de la red se mantendrá igual, de los cálculos realizados anteriormente podemos extraer:

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. Conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	Al	70	258,3	6379,7	0,60	0,37	0,16	0,09
01 - B	Al	70	165	5914,5	0,60	0,37	0,10	0,06
B - C	Al	70	230	1491,5	0,60	0,37	0,14	0,08
C - 14	Al	35	195	295,4	1,18	0,27	0,23	0,05
C - 11	Al	70	215	1196,2	0,60	0,37	0,13	0,08
10 - D	Al	70	510	295,4	0,60	0,37	0,31	0,19
D - 11	Al	70	30	827,0	0,60	0,37	0,02	0,01
D - E	Al	35	120	531,6	1,18	0,27	0,14	0,03
E - 13	Al	35	225	295,4	1,18	0,27	0,27	0,06
E - 15	Al	35	85	236,3	1,18	0,27	0,10	0,02
B - 02	Al	70	205	4422,9	0,60	0,37	0,12	0,08
02 - F	Al	70	25	4053,7	0,60	0,37	0,02	0,01
F - 03	Al	70	315	465,2	0,60	0,37	0,19	0,12
F - 05	Cu	16	230	3588,6	2,88	0,42	0,66	0,10
05 - G	Cu	16	155	2997,9	2,88	0,42	0,45	0,06
G - 06	Al	35	215	465,2	1,18	0,39	0,25	0,08
G - 04	Al	35	190	590,7	1,18	0,39	0,22	0,07
12 - G	Cu	16	90	1942,0	2,88	0,42	0,26	0,04
12 - 07,	Cu	16	260	1646,6	2,88	0,42	0,75	0,11
07 - H	Cu	16	25	1055,9	2,88	0,42	0,07	0,01
H - 09	Al	35	165	465,2	1,18	0,39	0,20	0,06
H - 08	Cu	16	200	590,7	2,88	0,42	0,58	0,08



Verificación corriente máxima

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio

Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	Al	70	279,04	265	No verifica
01 - B	Al	70	258,69	265	Verifica
B - C	Al	70	65,24	265	Verifica
C - 14	Al	35	12,92	171	Verifica
C - 10	Al	70	52,32	265	Verifica
11 - D	Al	70	12,92	265	Verifica
D - 10	Al	70	36,17	265	Verifica
D - E	Al	35	23,25	171	Verifica
E - 13	Al	35	12,92	171	Verifica
E - 15	Al	35	10,33	171	Verifica
B - 02	Al	70	193,45	265	Verifica
02 - F	Al	70	177,31	265	Verifica
F - 03	Al	70	20,35	265	Verifica
F - 05	Cu	16	156,96	115	No verifica
05 - G	Cu	16	131,12	115	No verifica
G - 06	Al	35	20,35	171	Verifica
G - 04	Al	35	25,84	171	Verifica
12 - G	Cu	16	84,94	115	Verifica
12 - 07,	Cu	16	72,02	115	Verifica
07 - H	Cu	16	46,18	115	Verifica
H - 09	Al	35	20,35	171	Verifica
H - 08	Cu	16	25,84	115	Verifica

Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \text{sen } \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y finalmente para los



extremos de línea.

Tramo	Caída de tensión	
A - 01	87,25	[V]
01 - B	51,67	[V]
B - C	18,16	[V]
C - 14	5,23	[V]
C - 10	13,62	[V]
11 - D	7,98	[V]
D - 10	1,31	[V]
D - E	5,79	[V]
E - 13	6,03	[V]
E - 15	1,82	[V]
B - 02	48,01	[V]
02 - F	5,37	[V]
F - 03	7,76	[V]
F - 05	176,66	[V]
05 - G	99,46	[V]
G - 06	9,44	[V]
G - 04	10,60	[V]
12 - G	37,41	[V]
12 - 07,	91,63	[V]
07 - H	5,65	[V]
H - 09	7,25	[V]
H - 08	25,29	[V]

Sumando las caídas de tensión de cada tramo, según corresponda, podremos determinar la caída de tensión en cada extremo de línea, resumiendo tendremos:

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	162,32	Verifica	1,23
11	179,99	Verifica	1,36
15	179,63	Verifica	1,36
13	183,84	Verifica	1,39
3	200,06	Verifica	1,52
6	477,86	Verifica	3,62
4	479,01	Verifica	3,63
9	610,35	Verifica	4,62
8	628,39	Verifica	4,76



Corriente de cortocircuito

A continuación se presentan las impedancias directa, inversa y homopolar de la línea calculadas anteriormente.

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Zd línea [ohm]		Zi línea [ohm]		Zo línea [ohm]	
	Mat.	Sec.		R	Xl	R	Xl	R	Xl
A - 01	Al	70	258,3	0,16	0,09	0,16	0,09	0,19	0,39
01 - B	Al	70	165	0,10	0,06	0,10	0,06	0,12	0,25
B - C	Al	70	230	0,14	0,08	0,14	0,08	0,17	0,35
C - 14	Al	35	195	0,23	0,05	0,23	0,05	0,26	0,37
C - 10	Al	70	215	0,13	0,08	0,13	0,08	0,16	0,33
11 - D	Al	70	510	0,31	0,19	0,31	0,19	0,38	0,77
D - 10	Al	70	30	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05
D - E	Al	35	120	0,14	0,03	0,14	0,03	0,16	0,23
E - 13	Al	35	225	0,27	0,06	0,27	0,06	0,30	0,43
E - 15	Al	35	85	0,10	0,02	0,10	0,02	0,11	0,16
B - 02	Al	70	205	0,12	0,08	0,12	0,08	0,15	0,31
02 - F	Al	70	25	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04
F - 03	Al	70	315	0,19	0,12	0,19	0,12	0,24	0,48
F - 05	Cu	16	230	0,66	0,10	0,66	0,10	0,70	0,40
05 - G	Cu	16	155	0,45	0,06	0,45	0,06	0,47	0,27
G - 06	Al	35	215	0,25	0,08	0,25	0,08	0,29	0,35
G - 04	Al	35	190	0,22	0,07	0,22	0,07	0,25	0,31
12 - G	Cu	16	90	0,26	0,04	0,26	0,04	0,70	0,40
12 - 07,	Cu	16	260	0,75	0,11	0,75	0,11	0,47	0,27
07 - H	Cu	16	25	0,07	0,01	0,07	0,01	0,65	0,37
H - 09	Al	35	165	0,20	0,06	0,20	0,06	0,22	0,27
H - 08	Cu	16	200	0,58	0,08	0,58	0,08	0,70	0,40

Impedancia transformador

Estas serán calculadas con el método de los MVA, el cual simplifica los cálculos de corrientes de cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Zd}$$

Además:

$$Zi = Zd \quad y \quad Zo = 0,9 \times Zd$$

Datos trafos instalados		
Sc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[-]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j



Impedancia de la red del lado de 33 kv

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua arriba		
Sc:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j

Calculo de corriente de falla trifásica

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capitulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I"k [Amp]	
			min	max
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,96	3882,33	4270,56
B	13,2	2,04	3742,31	4116,55
C	13,2	2,15	3552,70	3907,96
14	13,2	2,26	3378,38	3716,22
10	13,2	2,37	3212,20	3533,42
D	13,2	2,66	2861,41	3147,56
11	13,2	2,68	2842,60	3126,86
E	13,2	2,77	2748,27	3023,10
15	13,2	2,96	2577,16	2834,87
13	13,2	3,03	2515,04	2766,54
2	13,2	3,16	2410,92	2652,02
F	13,2	3,18	2398,75	2638,63
3	13,2	3,38	2254,41	2479,85
5	13,2	3,88	1966,21	2162,84
G	13,2	4,24	1798,77	1978,65
6	13,2	4,48	1700,69	1870,76
4	13,2	4,70	1621,78	1783,95
12	13,2	4,92	1548,30	1703,13
7	13,2	5,59	1364,49	1500,94
H	13,2	5,65	1348,80	1483,68
8	13,2	5,85	1303,26	1433,58
9	13,2	6,38	1195,30	1314,83



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I''k [Amp]	
			min	max
A	13,2	6,85	3339,50	3673,45
1	13,2	7,47	3062,23	3368,45
B	13,2	7,88	2902,92	3193,21
C	13,2	8,46	2702,02	2972,22
14	13,2	9,09	2515,49	2767,04
10	13,2	9,67	2364,90	2601,39
D	13,2	11,07	2065,78	2272,36
11	13,2	11,15	2050,35	2255,38
E	13,2	11,58	1973,87	2171,26
15	13,2	12,41	1841,74	2025,92
13	13,2	12,73	1795,44	1974,99
2	13,2	13,32	1716,22	1887,85
F	13,2	13,39	1707,02	1877,72
3	13,2	14,30	1598,74	1758,61
5	13,2	15,82	1445,48	1590,03
G	13,2	16,91	1352,06	1487,27
6	13,2	17,80	1284,66	1413,13
4	13,2	18,59	1230,13	1353,14
12	13,2	19,71	1159,68	1275,65
7	13,2	21,38	1069,59	1176,55
H	13,2	22,21	1029,52	1132,47
8	13,2	22,92	997,67	1097,44
9	13,2	24,63	928,44	1021,28

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 16 mm² de cobre tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
16	1978,65	115	17,21	No verifica

Para el conductor de 35 mm² de AALAC tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
35	3716,22	93	39,96	No verifica

Para el conductor de 70 mm² de AALAC tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
70	4270,56	93	45,92	Verifica



Anexo II.a

Calculo eléctrico disposición coplanar con conductor desnudo



Conductor de Al-Ac 95/15 mm²

Tipo constructivo: L.M.T - COPLANAR C/CONDUCTOR DESNUDO

Material	AL-Ac
Sección:	95 [mm ²]
Portante:	15 [mm ²]
Diámetro exterior conductor:	13,6 [mm]
Numero de hilos:	26
Numero de hilos portante:	7
Coefficiente térmico:	0,004
Resistencia del conductor a 20°C:	0,306 [oh/km]
Temperatura de servicio:	80 [°C]
Corriente admisible:	305

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para a inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

La resistencia de la línea dependerá de los materiales con el que esta compuesto el conductor que se utilizara, como así también de la temperatura de servicio.

Normalmente el fabricante brinda la resistencia del conducto a corriente continua, por lo que debemos corregirla para calcular su resistencia a corriente alterna, para ello debemos determinar el coeficiente K que dependerá del radio del conductor y la resistencia a corriente continua, debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$X = 0,05013 \times \sqrt{\frac{\mu \times f}{\rho}}$$

Donde:

f: frecuencia en ciclos por segundos

μ: Permeabilidad relativa (si el material no es magnético adopta 1).

ρ: Resistencia en ohm/km

Reemplazando, obtenemos:

$$X = 0,64$$

Con este valor podemos obtener K para hallar la resistencia efectiva, para ello utilizamos la tabla.

$$K = 1,002145$$

Una vez determinado el valor k, estamos en condición de calcular la resistencia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = k \times R_{cc20^\circ C}$$

Reemplazando:

$$R_{20^\circ C} = 0,31 \text{ [ohm/km]}$$

Al ser la temperatura de servicio 80°C, debemos realizar la correspondiente corrección en dicha resistencia, la cual será:

$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 0,38 \quad [\text{ohm/km}]$$

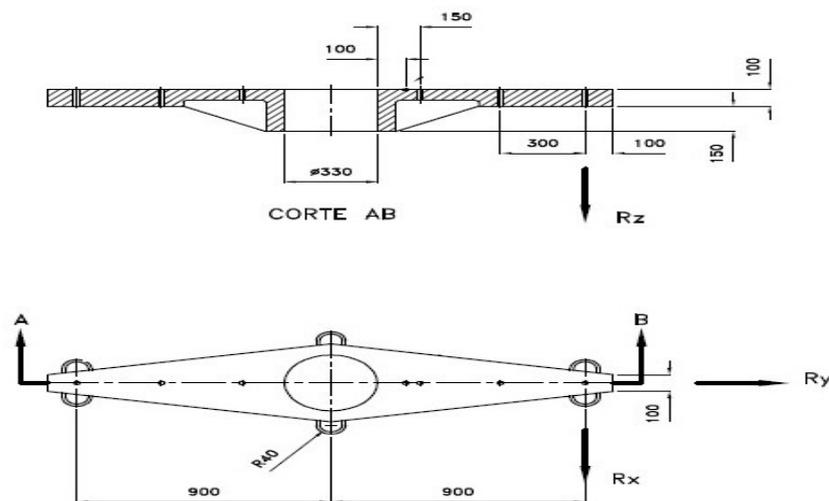
Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG)

Disposición según:

MN-155



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3
Longitud (mm)	1215	585	1800

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{1-3} \times d_{2-3}}$$

Reemplazando tendremos:

$$DMG = 1085,60 \quad [\text{mm}]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al/Ac desnudo, de 95/15 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$

Donde:

k: Coeficiente de corrección dependiendo del conductor.

ϕ : Diámetro del conductor a utilizar.



Composición del conductor a utilizar

Sección:	95	[mm ²]
k:	0,809	
N° hilos:	26	
R:	6,8	[mm]
RMG:	5,5012	[mm]

Calculo inductancia línea

Finalmente, una vez determinado el RMG y la DMG, estamos en condiciones de determinar la inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar

$$L = 2 \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0011 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = l \times 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,33 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 0,381 + 0,3321j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 0,381 + 0,3321j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Zo = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[3]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Zo = 0,5289 + 1,4632i \quad [\text{ohm/km}]$$



Calculo de impedancia

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. Conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	AL-Ac	95	258,3	6379,66	0,38	0,33	0,10	0,09
01 - B	AL-Ac	95	165	5914,48	0,38	0,33	0,06	0,05
B - C	AL-Ac	95	230	1491,54	0,38	0,33	0,09	0,08
C - 14	AL-Ac	95	195	295,35	0,38	0,33	0,07	0,06
C - 11	AL-Ac	95	215	1196,19	0,38	0,33	0,08	0,07
10 - D	AL-Ac	95	510	369,19	0,38	0,33	0,19	0,17
D - 11	AL-Ac	95	30	900,83	0,38	0,33	0,01	0,01
D - E	AL-Ac	95	120	531,64	0,38	0,33	0,05	0,04
E - 13	AL-Ac	95	225	295,35	0,38	0,33	0,09	0,07
E - 15	AL-Ac	95	85	236,28	0,38	0,33	0,03	0,03
B - 02	AL-Ac	95	205	4422,94	0,38	0,33	0,08	0,07
02 - F	AL-Ac	95	25	4053,74	0,38	0,33	0,01	0,01
F - 03	AL-Ac	95	315	465,18	0,38	0,33	0,12	0,10
F - 05	AL-Ac	95	230	3588,56	0,38	0,33	0,09	0,08
05 - G	AL-Ac	95	155	2997,85	0,38	0,33	0,06	0,05
G - 06	AL-Ac	95	215	465,18	0,38	0,33	0,08	0,07
G - 04	AL-Ac	95	190	590,71	0,38	0,33	0,07	0,06
12 - G	AL-Ac	95	90	1941,96	0,38	0,33	0,03	0,03
12 - 07,	AL-Ac	95	260	1646,60	0,38	0,33	0,10	0,09
07 - H	AL-Ac	95	25	1055,89	0,38	0,33	0,01	0,01
H - 09	AL-Ac	95	165	465,18	0,38	0,33	0,06	0,05
H - 08	AL-Ac	95	200	590,71	0,38	0,33	0,08	0,07



Verificación corriente máxima

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio

Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp.]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL-Ac	95	279,04	305	Verifica
01 - B	AL-Ac	95	258,69	305	Verifica
B - C	AL-Ac	95	65,24	305	Verifica
C - 14	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
C - 10	AL-Ac	95	52,32	305	Verifica
11 - D	AL-Ac	95	16,15	305	Verifica
D - 10	AL-Ac	95	39,40	305	Verifica
D - E	AL-Ac	95	23,25	305	Verifica
E - 13	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
E - 15	AL-Ac	95	10,33	305	Verifica
B - 02	AL-Ac	95	193,45	305	Verifica
02 - F	AL-Ac	95	177,31	305	Verifica
F - 03	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
F - 05	AL-Ac	95	156,96	305	Verifica
05 - G	AL-Ac	95	131,12	305	Verifica
G - 06	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
G - 04	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica
12 - G	AL-Ac	95	84,94	305	Verifica
12 - 07,	AL-Ac	95	72,02	305	Verifica
07 - H	AL-Ac	95	46,18	305	Verifica
H - 09	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
H - 08	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica

Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \text{sen } \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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



A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y finalmente para los extremos de línea.

Tramo	Caída de tensión	
A - 01	60,09	[V]
01 - B	35,59	[V]
B - C	12,51	[V]
C - 14	2,10	[V]
C - 10	9,38	[V]
11 - D	6,87	[V]
D - 10	0,99	[V]
D - E	2,33	[V]
E - 13	2,42	[V]
E - 15	0,73	[V]
B - 02	33,07	[V]
02 - F	3,70	[V]
F - 03	5,34	[V]
F - 05	30,10	[V]
05 - G	16,95	[V]
G - 06	3,65	[V]
G - 04	4,09	[V]
12 - G	6,37	[V]
12 - 07,	15,61	[V]
07 - H	0,96	[V]
H - 09	2,80	[V]
H - 08	4,31	[V]

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	110,29	Verifica	0,84
11	125,42	Verifica	0,95
15	121,62	Verifica	0,92
13	123,31	Verifica	0,93
3	137,79	Verifica	1,04
6	183,13	Verifica	1,39
4	183,58	Verifica	1,39
9	205,24	Verifica	1,55
8	206,74	Verifica	1,57



Corriente de cortocircuito

A continuación se presentan las impedancias directa, inversa y homopolar de la línea calculadas anteriormente.

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Zd línea [ohm]		Zi línea [ohm]		Zo línea [ohm]	
	Mat.	Sec.		R	Xl	R	Xl	R	Xl
A - 01	AL-Ac	95	258,3	0,10	0,09	0,10	0,09	0,14	0,38
01 - B	AL-Ac	95	165	0,06	0,05	0,06	0,05	0,09	0,24
B - C	AL-Ac	95	230	0,09	0,08	0,09	0,08	0,12	0,34
C - 14	AL-Ac	95	195	0,07	0,06	0,07	0,06	0,10	0,29
C - 10	AL-Ac	95	215	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,31
11 - D	AL-Ac	95	510	0,19	0,17	0,19	0,17	0,27	0,75
D - 10	AL-Ac	95	30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
D - E	AL-Ac	95	120	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06	0,18
E - 13	AL-Ac	95	225	0,09	0,07	0,09	0,07	0,12	0,33
E - 15	AL-Ac	95	85	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,12
B - 02	AL-Ac	95	205	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,30
02 - F	AL-Ac	95	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
F - 03	AL-Ac	95	315	0,12	0,10	0,12	0,10	0,17	0,46
F - 05	AL-Ac	95	230	0,09	0,08	0,09	0,08	0,12	0,34
05 - G	AL-Ac	95	155	0,06	0,05	0,06	0,05	0,08	0,23
G - 06	AL-Ac	95	215	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,31
G - 04	AL-Ac	95	190	0,07	0,06	0,07	0,06	0,10	0,28
12 - G	AL-Ac	95	90	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,13
12 - 07,	AL-Ac	95	260	0,10	0,09	0,10	0,09	0,14	0,38
07 - H	AL-Ac	95	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
H - 09	AL-Ac	95	165	0,06	0,05	0,06	0,05	0,09	0,24
H - 08	AL-Ac	95	200	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,29

Impedancia transformador

Estas serán calculadas con el método de los MVA, el cual simplifica los cálculos de corrientes de cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Zd}$$

Además:

$$Zi = Zd \quad y \quad Zo = 0,9 \times Zd$$

Datos trafos instalados		
Sc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[%]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j



Impedancia de la red del lado de 33 kv

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua arriba		
Sc:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j

Calculo de corriente de falla trifásica

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I"k [Amp.]	
			min	max
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,95	3911,10	4302,21
B	13,2	2,01	3792,66	4171,93
C	13,2	2,10	3634,56	3998,01
14	13,2	2,17	3507,06	3857,77
10	13,2	2,26	3373,48	3710,83
D	13,2	2,47	3084,99	3393,49
11	13,2	2,48	3069,21	3376,13
E	13,2	2,53	3007,36	3308,09
15	13,2	2,63	2896,64	3186,31
13	13,2	2,67	2856,54	3142,19
2	13,2	2,76	2763,52	3039,87
F	13,2	2,77	2752,52	3027,78
3	13,2	2,91	2620,09	2882,10
5	13,2	3,01	2530,15	2783,17
G	13,2	3,08	2472,53	2719,79
6	13,2	3,18	2396,35	2635,98
4	13,2	3,27	2332,42	2565,66
12	13,2	3,31	2303,20	2533,52
7	13,2	3,43	2222,37	2444,61
H	13,2	3,44	2214,87	2436,35
8	13,2	3,52	2166,49	2383,14
9	13,2	3,61	2110,39	2321,43



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I ^k [Amp.]	
			min	max
A	13,2	6,8463	3339,50	3673,45
1	13,2	7,42	3081,99	3390,18
B	13,2	7,79	2935,12	3228,63
C	13,2	8,31	2750,25	3025,28
14	13,2	8,76	2609,41	2870,35
10	13,2	9,26	2468,81	2715,69
D	13,2	10,46	2186,04	2404,64
11	13,2	10,53	2171,30	2388,43
E	13,2	10,81	2114,19	2325,61
15	13,2	11,35	2014,48	2215,93
13	13,2	11,55	1979,11	2177,02
2	13,2	12,04	1898,52	2088,37
F	13,2	12,10	1889,12	2078,03
3	13,2	12,86	1777,94	1955,73
5	13,2	13,41	1704,44	1874,88
G	13,2	13,79	1658,14	1823,95
6	13,2	14,31	1597,82	1757,60
4	13,2	14,77	1547,97	1702,76
12	13,2	14,99	1525,40	1677,94
7	13,2	15,62	1463,66	1610,02
H	13,2	15,68	1457,98	1603,77
8	13,2	16,08	1421,54	1563,70
9	13,2	16,57	1379,70	1517,67

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 95/15 mm² de Al-Ac tendremos:

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4302,21	93	46,26	Verifica



Anexo II.b

Calculo eléctrico disposición coplanar con conductor protegido



Conductor de Al-Ac 95/15 mm²

Tipo constructivo:	L.M.T-COPLANAR C/CONDUCTOR PROTEGIDO	
Material	AL-Ac	
Sección:	95	[mm ²]
Sección portante:	15	[mm ²]
Diámetro exterior conductor:	13,6	[mm]
Numero de hilos:	26	
Numero de hilos del portante:	7	
Coefficiente térmico:	0,004	
Resistencia del conductor a 20°C y c.c:	0,306	[ohm/km]
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible:	381	[Amp.]

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para a inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

La resistencia de la línea dependerá de los materiales con el que esta compuesto el conductor que se utilizara, como así también de la temperatura de servicio.

Normalmente el fabricante brinda la resistencia del conducto a corriente continua, por lo que debemos corregirla para calcular su resistencia a corriente alterna, para ello debemos determinar el coeficiente K que dependerá del radio del conductor y la resistencia a corriente continua, debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$X = 0,05013 \times \sqrt{\frac{\mu \times f}{\rho}}$$

Donde:

f: frecuencia en ciclos por segundos

μ: Permeabilidad relativa (si el material no es magnético adopta 1).

ρ: Resistencia en ohm/km

Reemplazando, obtenemos:

$$X = 0,64$$

Con este valor podemos obtener K para hallar la resistencia efectiva, para ello utilizamos la tabla.

$$K = 1,002145$$

Una vez determinado el valor k, estamos en condición de calcular la resistencia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = k \times R_{CC20^\circ C}$$

Reemplazando:

$$R_{20^\circ C} = 0,31 \quad [\text{ohm/km}]$$

Al ser la temperatura de servicio 80°C, debemos realizar la correspondiente corrección en dicha resistencia, la cual será:

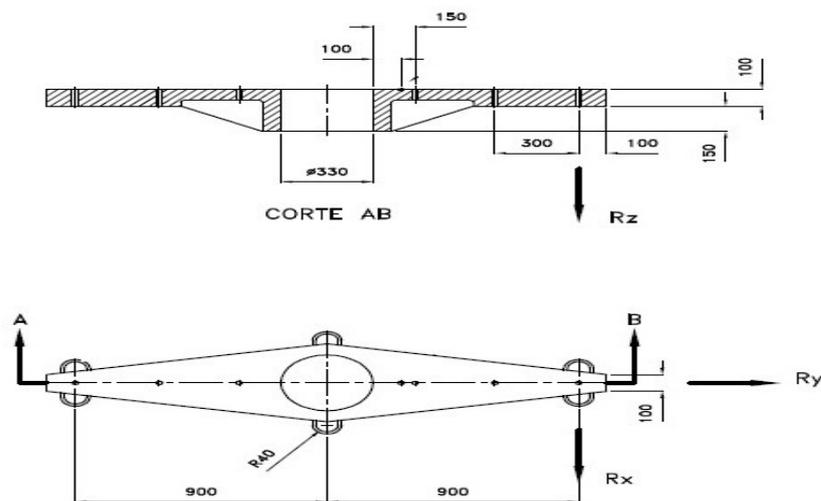
$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 0,38 \quad [\text{ohm/km}]$$

Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG)

Disposición según: MN-155



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3
Longitud (mm)	1215	585	1800

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{1-3} \times d_{2-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 1085,60 \quad [\text{mm}]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al-Ac protegido, de 95/15 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$



Donde:

k : Coeficiente de corrección dependiendo del conductor.

φ : Diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	95	[mm ²]
N° hilos:	26	
k:	0,809	
R:	6,8	[mm]
RMG:	5,5012	[mm]

Calculo inductancia línea

Finalmente, una vez determinado el RMG y la DMG, estamos en condiciones de determinar la inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar es:

$$L = 2 \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0011 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = l \times 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,33 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 0,381 + 0,3321j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 0,381 + 0,3321j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Zo = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Zo = 0,5289 + 1,4632i \quad [\text{ohm/km}]$$



Calculo de impedancia

A continuación se calcula la impedancia directa de la línea para cada tramo:

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	AL-Ac	95	258,3	6379,66	0,38	0,33	0,10	0,09
01 - B	AL-Ac	95	165	5914,48	0,38	0,33	0,06	0,05
B - C	AL-Ac	95	230	1491,54	0,38	0,33	0,09	0,08
C - 14	AL-Ac	95	195	295,35	0,38	0,33	0,07	0,06
C - 11	AL-Ac	95	215	1196,19	0,38	0,33	0,08	0,07
10 - D	AL-Ac	95	510	369,19	0,38	0,33	0,19	0,17
D - 11	AL-Ac	95	30	900,83	0,38	0,33	0,01	0,01
D - E	AL-Ac	95	120	531,64	0,38	0,33	0,05	0,04
E - 13	AL-Ac	95	225	295,35	0,38	0,33	0,09	0,07
E - 15	AL-Ac	95	85	236,28	0,38	0,33	0,03	0,03
B - 02	AL-Ac	95	205	4422,94	0,38	0,33	0,08	0,07
02 - F	AL-Ac	95	25	4053,74	0,38	0,33	0,01	0,01
F - 03	AL-Ac	95	315	465,18	0,38	0,33	0,12	0,10
F - 05	AL-Ac	95	230	3588,56	0,38	0,33	0,09	0,08
05 - G	AL-Ac	95	155	2997,85	0,38	0,33	0,06	0,05
G - 06	AL-Ac	95	215	465,18	0,38	0,33	0,08	0,07
G - 04	AL-Ac	95	190	590,71	0,38	0,33	0,07	0,06
12 - G	AL-Ac	95	90	1941,96	0,38	0,33	0,03	0,03
12 - 07,	AL-Ac	95	260	1646,60	0,38	0,33	0,10	0,09
07 - H	AL-Ac	95	25	1055,89	0,38	0,33	0,01	0,01
H - 09	AL-Ac	95	165	465,18	0,38	0,33	0,06	0,05
H - 08	AL-Ac	95	200	590,71	0,38	0,33	0,08	0,07



Verificación corriente máxima

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio

Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp.]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL-Ac	95	279,04	381	Verifica
01 - B	AL-Ac	95	258,69	381	Verifica
B - C	AL-Ac	95	65,24	381	Verifica
C - 14	AL-Ac	95	12,92	381	Verifica
C - 10	AL-Ac	95	52,32	381	Verifica
11 - D	AL-Ac	95	16,15	381	Verifica
D - 10	AL-Ac	95	39,40	381	Verifica
D - E	AL-Ac	95	23,25	381	Verifica
E - 13	AL-Ac	95	12,92	381	Verifica
E - 15	AL-Ac	95	10,33	381	Verifica
B - 02	AL-Ac	95	193,45	381	Verifica
02 - F	AL-Ac	95	177,31	381	Verifica
F - 03	AL-Ac	95	20,35	381	Verifica
F - 05	AL-Ac	95	156,96	381	Verifica
05 - G	AL-Ac	95	131,12	381	Verifica
G - 06	AL-Ac	95	20,35	381	Verifica
G - 04	AL-Ac	95	25,84	381	Verifica
12 - G	AL-Ac	95	84,94	381	Verifica
12 - 07,	AL-Ac	95	72,02	381	Verifica
07 - H	AL-Ac	95	46,18	381	Verifica
H - 09	AL-Ac	95	20,35	381	Verifica
H - 08	AL-Ac	95	25,84	381	Verifica

Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \text{sen } \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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



A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y finalmente para los extremos de línea.

Tramo	Caída de tensión	
A - 01	60,09	[V]
01 - B	35,59	[V]
B - C	12,51	[V]
C - 14	2,10	[V]
C - 10	9,38	[V]
11 - D	6,87	[V]
D - 10	0,99	[V]
D - E	2,33	[V]
E - 13	2,42	[V]
E - 15	0,73	[V]
B - 02	33,07	[V]
02 - F	3,70	[V]
F - 03	5,34	[V]
F - 05	30,10	[V]
05 - G	16,95	[V]
G - 06	3,65	[V]
G - 04	4,09	[V]
12 - G	6,37	[V]
12 - 07,	15,61	[V]
07 - H	0,96	[V]
H - 09	2,80	[V]
H - 08	4,31	[V]

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída	Estado	%
14	110,29	Verifica	0,84
11	125,42	Verifica	0,95
15	121,62	Verifica	0,92
13	123,31	Verifica	0,93
3	137,79	Verifica	1,04
6	183,13	Verifica	1,39
4	183,58	Verifica	1,39
9	205,24	Verifica	1,55
8	206,74	Verifica	1,57



Corriente de cortocircuito

A continuación se presentan las impedancias directa, inversa y homopolar de la línea calculadas anteriormente.

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Zd línea [ohm]		Zi línea [ohm]		Zo línea [ohm]	
	Mat.	Sec.		R	Xl	R	Xl	R	Xl
A - 01	AL-Ac	95	258,3	0,10	0,09	0,10	0,09	0,14	0,38
01 - B	AL-Ac	95	165	0,06	0,05	0,06	0,05	0,09	0,24
B - C	AL-Ac	95	230	0,09	0,08	0,09	0,08	0,12	0,34
C - 14	AL-Ac	95	195	0,07	0,06	0,07	0,06	0,10	0,29
C - 10	AL-Ac	95	215	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,31
11 - D	AL-Ac	95	510	0,19	0,17	0,19	0,17	0,27	0,75
D - 10	AL-Ac	95	30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
D - E	AL-Ac	95	120	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06	0,18
E - 13	AL-Ac	95	225	0,09	0,07	0,09	0,07	0,12	0,33
E - 15	AL-Ac	95	85	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,12
B - 02	AL-Ac	95	205	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,30
02 - F	AL-Ac	95	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
F - 03	AL-Ac	95	315	0,12	0,10	0,12	0,10	0,17	0,46
F - 05	AL-Ac	95	230	0,09	0,08	0,09	0,08	0,12	0,34
05 - G	AL-Ac	95	155	0,06	0,05	0,06	0,05	0,08	0,23
G - 06	AL-Ac	95	215	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,31
G - 04	AL-Ac	95	190	0,07	0,06	0,07	0,06	0,10	0,28
12 - G	AL-Ac	95	90	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,13
12 - 07,	AL-Ac	95	260	0,10	0,09	0,10	0,09	0,14	0,38
07 - H	AL-Ac	95	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
H - 09	AL-Ac	95	165	0,06	0,05	0,06	0,05	0,09	0,24
H - 08	AL-Ac	95	200	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,29

Impedancia transformador

Estas serán calculadas con el método de los MVA, el cual simplifica los cálculos de corrientes de cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Z_d}$$

Además:

$$Z_i = Z_d \quad y \quad Z_o = 0,9 \times Z_d$$

Datos trafos instalados		
Sc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[%]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j



Impedancia de la red del lado de 33 kv

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua arriba		
Sc:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j

Calculo de corriente de falla trifásica

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capitulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I"k [Amp.]	
			min	max
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,95	3911,10	4302,21
B	13,2	2,01	3792,66	4171,93
C	13,2	2,10	3634,56	3998,01
14	13,2	2,17	3507,06	3857,77
10	13,2	2,26	3373,48	3710,83
D	13,2	2,47	3084,99	3393,49
11	13,2	2,48	3069,21	3376,13
E	13,2	2,53	3007,36	3308,09
15	13,2	2,63	2896,64	3186,31
13	13,2	2,67	2856,54	3142,19
2	13,2	2,76	2763,52	3039,87
F	13,2	2,77	2752,52	3027,78
3	13,2	2,91	2620,09	2882,10
5	13,2	3,01	2530,15	2783,17
G	13,2	3,08	2472,53	2719,79
6	13,2	3,18	2396,35	2635,98
4	13,2	3,27	2332,42	2565,66
12	13,2	3,31	2303,20	2533,52
7	13,2	3,43	2222,37	2444,61
H	13,2	3,44	2214,87	2436,35
8	13,2	3,52	2166,49	2383,14
9	13,2	3,61	2110,39	2321,43



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I ^k [Amp.]	
			min	max
A	13,2	6,8463	3339,50	3673,45
1	13,2	7,42	3081,99	3390,18
B	13,2	7,79	2935,12	3228,63
C	13,2	8,31	2750,25	3025,28
14	13,2	8,76	2609,41	2870,35
10	13,2	9,26	2468,81	2715,69
D	13,2	10,46	2186,04	2404,64
11	13,2	10,53	2171,30	2388,43
E	13,2	10,81	2114,19	2325,61
15	13,2	11,35	2014,48	2215,93
13	13,2	11,55	1979,11	2177,02
2	13,2	12,04	1898,52	2088,37
F	13,2	12,10	1889,12	2078,03
3	13,2	12,86	1777,94	1955,73
5	13,2	13,41	1704,44	1874,88
G	13,2	13,79	1658,14	1823,95
6	13,2	14,31	1597,82	1757,60
4	13,2	14,77	1547,97	1702,76
12	13,2	14,99	1525,40	1677,94
7	13,2	15,62	1463,66	1610,02
H	13,2	15,68	1457,98	1603,77
8	13,2	16,08	1421,54	1563,70
9	13,2	7,29	3137,02	3450,72

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 95/15 mm² de Al-Ac tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4302,21	94	45,77	Verifica



Anexo II.c

Calculo eléctrico disposición LINE POST con conductor desnudo



Conductor de Al-Ac 95/15 mm²

Tipo constructivo:	L.M.T-LINEPOST	
Material	AL-Ac	
Sección:	95	[mm ²]
Sección portante:	15,00	[mm ²]
Diámetro exterior conductor:	13,6	[mm]
Numero de hilos:	26	
Numero de hilos del portante:	7	
Coefficiente térmico:	0,004	
Resistencia del conductor a 20°C y c.c:	0,306	[oh/km]
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible:	305	[Amp]

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, procedemos a determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

La resistencia de la línea dependerá de los materiales con el que esta compuesto el conductor que se utilizara, como así también de la temperatura de servicio.

Normalmente el fabricante brinda la resistencia del conducto a corriente continua, por lo que debemos corregirla para calcular su resistencia a corriente alterna, para ello debemos determinar el coeficiente K que dependerá del radio del conductor y la resistencia a corriente continua, debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$X = 0,05013 \times \sqrt{\frac{\mu \times f}{\rho}}$$

Donde:

f: frecuencia en ciclos por segundos

μ: Permeabilidad relativa (si el material no es magnético adopta 1).

ρ: Resistencia en ohm/km

Reemplazando, obtenemos:

$$X = 0,64$$

Con este valor podemos obtener K para hallar la resistencia efectiva, para ello utilizamos la tabla.

$$K = 1,002145$$

Una vez determinado el valor k, estamos en condición de calcular la resistencia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = k \times R_{cc20^\circ C}$$

Reemplazando:

$$R_{20^\circ C} = 0,31 \quad [\text{ohm/km}]$$

Al ser la temperatura de servicio 80°C, debemos realizar la correspondiente corrección en dicha resistencia, la cual será:

$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 0,38 \quad [\text{ohm/km}]$$

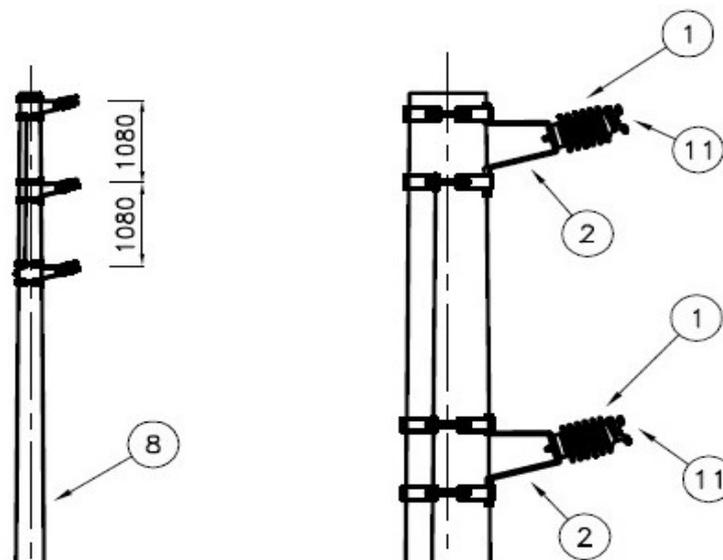
Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG) para:

Disposición según:

LINE-POST



en la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3
Longitud (mm)	1080	1080	2160

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{2-3} \times d_{1-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 1360,71 \quad [\text{mm}]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al-Ac desnudo, de 95/15 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:



Donde:
$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$

k: Coeficiente de corrección dependiendo del conductor.
φ: Diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	95	[mm ²]
N° hilos:	26	
k:	0,81	
R:	6,8	[mm]
RMG:	5,508	[mm]

Calculo inductancia línea

Finalmente, una vez determinado el RMG y la DMG, estamos en condiciones de determinar la inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar

$$L = 2 \times \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0011 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,35 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 0,381 + 0,3462j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 0,381 + 0,3462j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Zo = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Z0 = 0,5289 + 1,4302j \quad [\text{ohm/km}]$$



Calculo de impedancia

A continuación se calcula la impedancia directa de la línea para cada tramo:

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. Conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	AL-Ac	95	258,3	6379,7	0,38	0,35	0,10	0,09
01 - B	AL-Ac	95	165	5914,5	0,38	0,35	0,06	0,06
B - C	AL-Ac	95	230	1491,5	0,38	0,35	0,09	0,08
C - 14	AL-Ac	95	195	295,4	0,38	0,35	0,07	0,07
C - 11	AL-Ac	95	215	1196,2	0,38	0,35	0,08	0,07
10 - D	AL-Ac	95	510	295,4	0,38	0,35	0,19	0,18
D - 11	AL-Ac	95	30	827,0	0,38	0,35	0,01	0,01
D - E	AL-Ac	95	120	531,6	0,38	0,35	0,05	0,04
E - 13	AL-Ac	95	225	295,4	0,38	0,35	0,09	0,08
E - 15	AL-Ac	95	85	236,3	0,38	0,35	0,03	0,03
B - 02	AL-Ac	95	205	4422,9	0,38	0,35	0,08	0,07
02 - F	AL-Ac	95	25	4053,7	0,38	0,35	0,01	0,01
F - 03	AL-Ac	95	315	465,2	0,38	0,35	0,12	0,11
F - 05	AL-Ac	95	230	3588,6	0,38	0,35	0,09	0,08
05 - G	AL-Ac	95	155	2997,9	0,38	0,35	0,06	0,05
G - 06	AL-Ac	95	215	465,2	0,38	0,35	0,08	0,07
G - 04	AL-Ac	95	190	590,7	0,38	0,35	0,07	0,07
12 - G	AL-Ac	95	90	1942,0	0,38	0,35	0,03	0,03
12 - 07,	AL-Ac	95	260	1646,6	0,38	0,35	0,10	0,09
07 - H	AL-Ac	95	25	1055,9	0,38	0,35	0,01	0,01
H - 09	AL-Ac	95	165	465,2	0,38	0,35	0,06	0,06
H - 08	AL-Ac	95	200	590,7	0,38	0,35	0,08	0,07



Verificación corriente máxima

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio

Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL-Ac	95	279,04	305	Verifica
01 - B	AL-Ac	95	258,69	305	Verifica
B - C	AL-Ac	95	65,24	305	Verifica
C - 14	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
C - 10	AL-Ac	95	52,32	305	Verifica
11 - D	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
D - 10	AL-Ac	95	36,17	305	Verifica
D - E	AL-Ac	95	23,25	305	Verifica
E - 13	AL-Ac	95	12,92	305	Verifica
E - 15	AL-Ac	95	10,33	305	Verifica
B - 02	AL-Ac	95	193,45	305	Verifica
02 - F	AL-Ac	95	177,31	305	Verifica
F - 03	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
F - 05	AL-Ac	95	156,96	305	Verifica
05 - G	AL-Ac	95	131,12	305	Verifica
G - 06	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
G - 04	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica
12 - G	AL-Ac	95	84,94	305	Verifica
12 - 07,	AL-Ac	95	72,02	305	Verifica
07 - H	AL-Ac	95	46,18	305	Verifica
H - 09	AL-Ac	95	20,35	305	Verifica
H - 08	AL-Ac	95	25,84	305	Verifica

Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \text{sen } \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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



A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y finalmente para los extremos de línea.

Tramo	Caída de tensión	
A - 01	60,77	[V]
01 - B	35,99	[V]
B - C	12,65	[V]
C - 14	2,12	[V]
C - 10	9,48	[V]
11 - D	5,56	[V]
D - 10	0,92	[V]
D - E	2,35	[V]
E - 13	2,45	[V]
E - 15	0,74	[V]
B - 02	33,44	[V]
02 - F	3,74	[V]
F - 03	5,40	[V]
F - 05	30,44	[V]
05 - G	17,14	[V]
G - 06	3,69	[V]
G - 04	4,14	[V]
12 - G	6,45	[V]
12 - 07,	15,79	[V]
07 - H	0,97	[V]
H - 09	2,83	[V]
H - 08	4,36	[V]

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída	Estado	%
14	111,54	Verifica	0,85
11	125,37	Verifica	0,95
15	122,91	Verifica	0,93
13	124,62	Verifica	0,94
3	139,35	Verifica	1,06
6	185,21	Verifica	1,40
4	185,66	Verifica	1,41
9	207,56	Verifica	1,57
8	209,09	Verifica	1,58

Calculo corriente de cortocircuito

Para determinar la corriente de cortocircuito, debemos determinar la impedancia del sistema, para ello calcularemos la impedancia directa, inversa y homopolar del transformador y le sumaremos la de la línea que ya hemos calculado.

Impedancia directa del transformador

Estas serán calculadas con el método de los MVA, el cual simplifica los cálculos de corrientes de cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Z_d}$$

Además:

$$Z_i = Z_d \quad y \quad Z_o = 0,9 \times Z_d$$

Datos trafos instalados		
Sc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[%]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j

Impedancia de la red aguas arriba del trafo

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua		
Sc:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j



Resumen de impedancia de la línea

A continuación se presentan las impedancias directa, inversa y homopolar de la línea calculadas anteriormente.

Tramo	Longitud [m]	Impedancia directa [ohm]		impedancia inversa [ohm]		Impedancia homopolar	
A - 01	258,3	0,10	0,09	0,10	0,09	0,14	0,37
01 - B	165	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,24
B - C	230	0,09	0,08	0,09	0,08	0,12	0,33
C - 14	195	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,28
C - 10	215	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,31
11 - D	510	0,19	0,18	0,19	0,18	0,27	0,73
D - 10	30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
D - E	120	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06	0,17
E - 13	225	0,09	0,08	0,09	0,08	0,12	0,32
E - 15	85	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,12
B - 02	205	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,29
02 - F	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
F - 03	315	0,12	0,11	0,12	0,11	0,17	0,45
F - 05	230	0,09	0,08	0,09	0,08	0,12	0,33
05 - G	155	0,06	0,05	0,06	0,05	0,08	0,22
G - 06	215	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,31
G - 04	190	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,27
12 - G	90	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,13
12 - 07,	260	0,10	0,09	0,10	0,09	0,14	0,37
07 - H	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
H - 09	165	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,24
H - 08	200	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,29



Corriente de cortocircuito trifásico

Aplicando las ecuaciones descritas en el Capítulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I ^{"k} [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,95	3903,83	4294,22
B	13,2	2,02	3781,51	4159,66
C	13,2	2,11	3618,84	3980,73
14	13,2	2,18	3488,18	3837,00
10	13,2	2,27	3351,73	3686,90
D	13,2	2,49	3058,54	3364,40
11	13,2	2,50	3042,56	3346,82
E	13,2	2,56	2979,97	3277,97
15	13,2	2,66	2868,14	3154,96
13	13,2	2,70	2827,70	3110,47
2	13,2	2,79	2734,01	3007,42
F	13,2	2,80	2722,95	2995,25
3	13,2	2,94	2589,89	2848,88
5	13,2	3,05	2499,71	2749,68
G	13,2	3,12	2442,00	2686,20
6	13,2	3,22	2365,79	2602,37
4	13,2	3,31	2301,92	2532,12
12	13,2	3,35	2272,75	2500,02
7	13,2	3,48	2192,12	2411,33
H	13,2	3,49	2184,64	2403,11
8	13,2	3,57	2136,44	2350,08
9	13,2	3,66	2080,58	2288,63



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I ^{"k} [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	6,8463	3339,50	3673,45
1	13,2	7,42	3082,50	3390,75
B	13,2	7,79	2935,88	3229,47
C	13,2	8,31	2751,28	3026,41
14	13,2	8,76	2610,60	2871,66
10	13,2	9,26	2470,14	2717,16
D	13,2	10,45	2187,57	2406,33
11	13,2	10,52	2172,84	2390,13
E	13,2	10,81	2115,76	2327,34
15	13,2	11,34	2016,08	2217,69
13	13,2	11,54	1980,73	2178,80
2	13,2	12,03	1900,15	2090,16
F	13,2	12,09	1890,75	2079,83
3	13,2	12,85	1779,58	1957,54
5	13,2	13,40	1706,07	1876,68
G	13,2	13,77	1659,77	1825,75
6	13,2	14,29	1599,44	1759,39
4	13,2	14,75	1549,58	1704,53
12	13,2	14,97	1527,00	1679,70
7	13,2	15,60	1465,24	1611,76
H	13,2	15,66	1459,55	1605,51
8	13,2	16,07	1423,11	1565,42
9	13,2	16,55	1381,25	1519,37

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 95/15 mm² de Al-Ac tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4294,22	93	46,17	Verifica



Anexo II.d

Calculo eléctrico disposición compacta con conductor protegido



Conductor de Al 95 mm²

Tipo constructivo:	L.M.T-Compacta	
Material	AL	
Sección:	95	[mm ²]
Sección portante:	-	[mm ²]
Diámetro exterior conductor:	11,6	[mm]
Numero de hilos:	19	
Numero de hilos del portante:	-	
Coefficiente térmico:	0,0042	
Resistencia del conductor a 20°C y c.c:	0,32	[oh/km]
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible:	360	[Amp]

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para a inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

La resistencia de la línea dependerá de los materiales con el que esta compuesto el conductor que se utilizara, como así también de la temperatura de servicio.

Normalmente el fabricante brinda la resistencia del conducto a corriente continua, por lo que debemos corregirla para calcular su resistencia a corriente alterna, para ello debemos determinar el coeficiente K que dependerá del radio del conductor y la resistencia a corriente continua, debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$X = 0,05013 \times \sqrt{\frac{\mu \times f}{\rho}}$$

Donde:

f: frecuencia en ciclos por segundos

μ: Permeabilidad relativa (si el material no es magnético adopta 1).

Resistencia en ohm/km

Reemplazando, obtenemos:

$$X = 0,63$$

Con este valor podemos obtener K para hallar la resistencia efectiva, para ello utilizamos la tabla.

$$K = 1,002026$$

Una vez determinado el valor k, estamos en condición de calcular la resistencia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = k \times R_{cc20^\circ C}$$

Reemplazando:

$$R_{20^\circ C} = 0,32 \text{ [ohm/km]}$$

Al ser la temperatura de servicio 80°C, debemos realizar la correspondiente corrección en dicha

resistencia, la cual será:

$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 0,40 \quad [\text{ohm/km}]$$

Inductancia de la línea

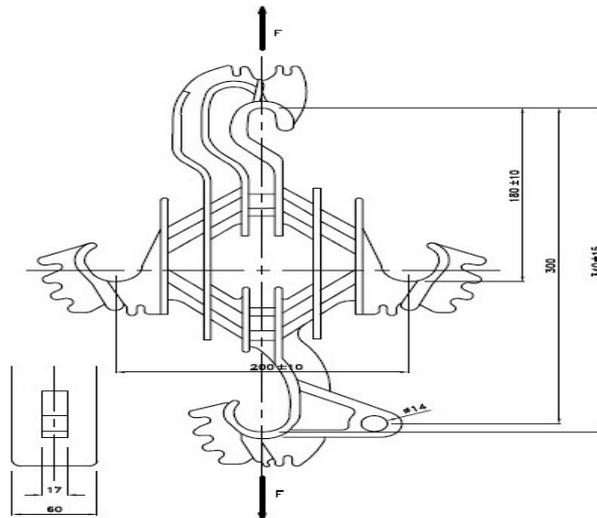
Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG) para:

Disposición según:

MN-860

Seleccione la estructura



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3
Longitud (mm)	200	188,68	188,68

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{2-3} \times d_{1-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 192,38 \quad [\text{mm}]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al protegido, de 95 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:



k : Coeficiente de corrección dependiendo del conductor.
 ϕ : Diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	95	[mm ²]
N° hilos:	19	
k:	0,758	
R:	5,8	[mm]
RMG:	4,3964	[mm]

Calculo inductancia línea

inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar es:

$$L = 2 \times \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0008 \quad [\text{H/km}]$$

Además:

$$Xl = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,24 \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 0,4015 + 0,2374j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Zi = 0,4015 + 0,2374j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Zo = (Rd + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{De}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$De = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$De = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Zo = 0,5494 + 1,7785j \quad [\text{ohm/km}]$$



Calculo de impedancia

A continuación se calcula la impedancia directa de la línea para cada tramo:

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. Conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	AL	95	258,3	6379,66	0,40	0,24	0,10	0,06
01 - B	AL	95	165	5914,48	0,40	0,24	0,07	0,04
B - C	AL	95	230	1491,54	0,40	0,24	0,09	0,05
C - 14	AL	95	195	295,35	0,40	0,24	0,08	0,05
C - 11	AL	95	215	1196,19	0,40	0,24	0,09	0,05
10 - D	AL	95	510	369,19	0,40	0,24	0,20	0,12
D - 11	AL	95	30	900,83	0,40	0,24	0,01	0,01
D - E	AL	95	120	531,64	0,40	0,24	0,05	0,03
E - 13	AL	95	225	295,35	0,40	0,24	0,09	0,05
E - 15	AL	95	85	236,28	0,40	0,24	0,03	0,02
B - 02	AL	95	205	4422,94	0,40	0,24	0,08	0,05
02 - F	AL	95	25	4053,74	0,40	0,24	0,01	0,01
F - 03	AL	95	315	465,18	0,40	0,24	0,13	0,07
F - 05	AL	95	230	3588,56	0,40	0,24	0,09	0,05
05 - G	AL	95	155	2997,85	0,40	0,24	0,06	0,04
G - 06	AL	95	215	465,18	0,40	0,24	0,09	0,05
G - 04	AL	95	190	590,71	0,40	0,24	0,08	0,05
12 - G	AL	95	90	1941,96	0,40	0,24	0,04	0,02
12 - 07,	AL	95	260	1646,60	0,40	0,24	0,10	0,06
07 - H	AL	95	25	1055,89	0,40	0,24	0,01	0,01
H - 09	AL	95	165	465,18	0,40	0,24	0,07	0,04
H - 08	AL	95	200	590,71	0,40	0,24	0,08	0,05



Verificación corriente máxima

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio

Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL	95	279,04	360	Verifica
01 - B	AL	95	258,69	360	Verifica
B - C	AL	95	65,24	360	Verifica
C - 14	AL	95	12,92	360	Verifica
C - 10	AL	95	52,32	360	Verifica
11 - D	AL	95	16,15	360	Verifica
D - 10	AL	95	39,40	360	Verifica
D - E	AL	95	23,25	360	Verifica
E - 13	AL	95	12,92	360	Verifica
E - 15	AL	95	10,33	360	Verifica
B - 02	AL	95	193,45	360	Verifica
02 - F	AL	95	177,31	360	Verifica
F - 03	AL	95	20,35	360	Verifica
F - 05	AL	95	156,96	360	Verifica
05 - G	AL	95	131,12	360	Verifica
G - 06	AL	95	20,35	360	Verifica
G - 04	AL	95	25,84	360	Verifica
12 - G	AL	95	84,94	360	Verifica
12 - 07,	AL	95	72,02	360	Verifica
07 - H	AL	95	46,18	360	Verifica
H - 09	AL	95	20,35	360	Verifica
H - 08	AL	95	25,84	360	Verifica

Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \sen \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y finalmente para los



extremos de línea.

Tramo	Caída de tensión	
A - 01	57,89	[V]
01 - B	34,28	[V]
B - C	12,05	[V]
C - 14	2,02	[V]
C - 10	9,04	[V]
11 - D	6,61	[V]
D - 10	0,95	[V]
D - E	2,24	[V]
E - 13	2,33	[V]
E - 15	0,71	[V]
B - 02	31,85	[V]
02 - F	3,56	[V]
F - 03	5,15	[V]
F - 05	29,00	[V]
05 - G	16,32	[V]
G - 06	3,51	[V]
G - 04	3,94	[V]
12 - G	6,14	[V]
12 - 07,	15,04	[V]
07 - H	0,93	[V]
H - 09	2,70	[V]
H - 08	4,15	[V]

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [V]	Estado	%
14	106,25	Verifica	0,80
11	120,83	Verifica	0,92
15	117,16	Verifica	0,89
13	118,79	Verifica	0,90
3	132,74	Verifica	1,01
6	176,42	Verifica	1,34
4	176,85	Verifica	1,34
9	197,71	Verifica	1,50
8	199,17	Verifica	1,51



Corriente de cortocircuito

Para determinar la corriente de cortocircuito, debemos determinar la impedancia del sistema, para ello calcularemos la impedancia directa, inversa y homopolar del transformador y le sumaremos la de la línea que ya hemos calculado.

Tramo	Conductor		Longitud	Zd línea [ohm]		Zi línea [ohm]		Zo línea [ohm]	
	Mat.	Sec.		R	Xl	R	Xl	R	Xl
A - 01	AL	95	258,3	0,10	0,06	0,10	0,06	0,14	0,46
01 - B	AL	95	165	0,07	0,04	0,07	0,04	0,09	0,29
B - C	AL	95	230	0,09	0,05	0,09	0,05	0,13	0,41
C - 14	AL	95	195	0,08	0,05	0,08	0,05	0,11	0,35
C - 10	AL	95	215	0,09	0,05	0,09	0,05	0,12	0,38
11 - D	AL	95	510	0,20	0,12	0,20	0,12	0,28	0,91
D - 10	AL	95	30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05
D - E	AL	95	120	0,05	0,03	0,05	0,03	0,07	0,21
E - 13	AL	95	225	0,09	0,05	0,09	0,05	0,12	0,40
E - 15	AL	95	85	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,15
B - 02	AL	95	205	0,08	0,05	0,08	0,05	0,11	0,36
02 - F	AL	95	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
F - 03	AL	95	315	0,13	0,07	0,13	0,07	0,17	0,56
F - 05	AL	95	230	0,09	0,05	0,09	0,05	0,13	0,41
05 - G	AL	95	155	0,06	0,04	0,06	0,04	0,09	0,28
G - 06	AL	95	215	0,09	0,05	0,09	0,05	0,12	0,38
G - 04	AL	95	190	0,08	0,05	0,08	0,05	0,10	0,34
12 - G	AL	95	90	0,04	0,02	0,04	0,02	0,05	0,16
12 - 07,	AL	95	260	0,10	0,06	0,10	0,06	0,14	0,46
07 - H	AL	95	25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
H - 09	AL	95	165	0,07	0,04	0,07	0,04	0,09	0,29
H - 08	AL	95	200	0,08	0,05	0,08	0,05	0,11	0,36

Impedancia transformador

Estas serán calculadas con el método de los MVA, el cual simplifica los cálculos de corrientes de cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Z_d}$$

Además:

$$Z_i = Z_d \quad y \quad Z_o = 0,9 \times Z_d$$

Datos trafos instalados		
Scc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[%]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j



Impedancia de la red aguas arribas del transformador

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua		
Sec:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j

Calculo de corriente de falla trifásica

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I" k [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,92	3959,67	4355,63
B	13,2	1,97	3867,30	4254,03
C	13,2	2,04	3739,77	4113,74
14	13,2	2,10	3633,52	3996,87
10	13,2	2,17	3519,04	3870,95
D	13,2	2,34	3261,36	3587,50
11	13,2	2,35	3246,87	3571,56
E	13,2	2,39	3189,70	3508,67
15	13,2	2,47	3085,88	3394,47
13	13,2	2,50	3047,83	3352,61
2	13,2	2,58	2958,65	3254,51
F	13,2	2,59	2948,02	3242,83
3	13,2	2,70	2818,77	3100,64
5	13,2	2,79	2729,66	3002,63
G	13,2	2,85	2672,03	2939,23
6	13,2	2,94	2595,21	2854,73
4	13,2	3,01	2530,23	2783,25
12	13,2	3,05	2500,36	2750,40
7	13,2	3,15	2417,28	2659,01
H	13,2	3,16	2409,54	2650,49
8	13,2	3,23	2359,44	2595,39
9	13,2	3,31	2301,05	2531,16



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I ^{"k} [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	6,8463	3339,50	3673,45
1	13,2	7,45	3067,98	3374,78
B	13,2	7,85	2914,19	3205,60
C	13,2	8,40	2721,70	2993,87
14	13,2	8,88	2575,89	2833,48
10	13,2	9,40	2431,06	2674,17
D	13,2	10,67	2142,00	2356,20
11	13,2	10,75	2127,02	2339,72
E	13,2	11,05	2069,02	2275,93
15	13,2	11,62	1968,05	2164,86
13	13,2	11,83	1932,33	2125,56
2	13,2	12,35	1851,09	2036,20
F	13,2	12,41	1841,63	2025,79
3	13,2	13,22	1729,98	1902,97
5	13,2	13,80	1656,40	1822,04
G	13,2	14,20	1610,16	1771,17
6	13,2	14,75	1550,03	1705,03
4	13,2	15,24	1500,42	1650,46
12	13,2	15,47	1477,99	1625,79
7	13,2	16,14	1416,72	1558,40
H	13,2	16,20	1411,09	1552,20
8	13,2	16,63	1375,01	1512,51
9	13,2	17,14	1333,63	1466,99

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 95 de Al tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
95	4355,63	94	46,34	Verifica



Anexo II.e

Calculo eléctrico disposición subterránea

Conductor Cu 120 mm²

Tipo constructivo:	LMT-Subterránea	
Material	Cu	
Conductor:	Unipolar	
Sección:	120	[mm ²]
Diámetro exterior cable:	29	[mm]
Diámetro conductor:	13	[mm]
Espesor aislante nominal:	3,9	[mm]
Espesor de la vaina nominal:	2	[mm]
Coefficiente térmico:	0,0038	
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible (Unipolares):	380	[A]
Resistencia eléctrica C.A. (90°C):	0,195	[ohm/km]
Reactancia C.A (90°C) unipolar:	0,20	[ohm/km]

Calculo de impedancia

A continuación se presenta la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para a inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores. El fabricante nos brinda los datos necesarios para una disposición coplanar horizontal con separación de 7 cm.

Calculo resistencia de la línea

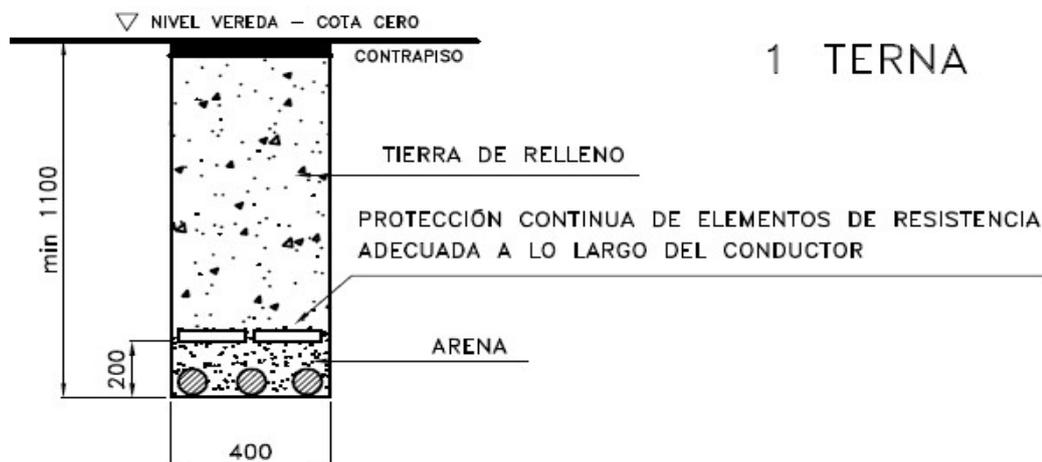
$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 0,188 \quad [\text{ohm/km}]$$

Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

A continuación se presenta la disposición adoptada

COPLANAR



En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:



Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3
Longitud (mm)	99	99	198

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{2-3} \times d_{1-3}}$$

Remplazando:

$$DMG = 124,73 \quad [mm]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Cu aislado, de 120 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$

Donde:

k: Coeficiente de corrección dependiendo del conductor.
Diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	120	[mm ²]
k:	0,762	
R:	6,5	[mm]
RMG:	4,953	[mm]

Calculo inductancia línea

inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar es:

$$L = 2 \times \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0006 \quad [H/km]$$

Además:

$$Xl = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,203 \quad [ohm/km]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.

$$Zd = 0,195 + 0,2j \quad [ohm/km]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.



$$Z_i = 0,195 + 0,2j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Z_o = (R_d + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{D_e}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$D_e = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$D_e = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Z_o = 0,3429 + 1,8067i \quad [\text{ohm/km}]$$

Calculo de impedancia

A continuación se calcula la impedancia directa de la línea para cada tramo:

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. Conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	Cu	120	258,3	6379,66	0,20	0,20	0,05	0,05
01 - B	Cu	120	165	5914,48	0,20	0,20	0,03	0,03
B - C	Cu	120	230	1491,54	0,20	0,20	0,04	0,05
C - 14	Cu	120	195	295,35	0,20	0,20	0,04	0,04
C - 11	Cu	120	215	1196,19	0,20	0,20	0,04	0,04
10 - D	Cu	120	510	369,19	0,20	0,20	0,10	0,10
D - 11	Cu	120	30	900,83	0,20	0,20	0,01	0,01
D - E	Cu	120	120	531,64	0,20	0,20	0,02	0,02
E - 13	Cu	120	225	295,35	0,20	0,20	0,04	0,05
E - 15	Cu	120	85	236,28	0,20	0,20	0,02	0,02
B - 02	Cu	120	205	4422,94	0,20	0,20	0,04	0,04
02 - F	Cu	120	25	4053,74	0,20	0,20	0,00	0,01
F - 03	Cu	120	315	465,18	0,20	0,20	0,06	0,06
F - 05	Cu	120	230	3588,56	0,20	0,20	0,04	0,05
05 - G	Cu	120	155	2997,85	0,20	0,20	0,03	0,03
G - 06	Cu	120	215	465,18	0,20	0,20	0,04	0,04
G - 04	Cu	120	190	590,71	0,20	0,20	0,04	0,04
12 - G	Cu	120	90	1941,96	0,20	0,20	0,02	0,02
12 - 07,	Cu	120	260	1646,60	0,20	0,20	0,05	0,05
07 - H	Cu	120	25	1055,89	0,20	0,20	0,00	0,01
H - 09	Cu	120	165	465,18	0,20	0,20	0,03	0,03
H - 08	Cu	120	200	590,71	0,20	0,20	0,04	0,04



Verificación corriente máxima

Debemos realizar correcciones a la corriente nominal admisible del conductor según sea el tendido de este. Los factores utilizados son los detallados en la reglamentación A.E.A. 95101.

Calculo de la corriente admisible en función de la resistividad y temperatura del terreno

Tipo de instalación:	En ductos	
Profundidad de instalación:	1,2	[m]
Coefficiente según profundidad de instalación:	0,965	
Resistividad del terreno:	100	
Coefficiente de corrección por resistividad térmica:	0,96	
Separación entre conductores	-	[cm]
Coefficiente de corrección según separación de los conductores:	1	
Temperatura suelo:	25	[°C]
Coefficiente de corrección por temperatura distinta a 20 °C:	1	
Temperatura ambiente:	40	[°C]
Coefficiente de corrección por temperatura ambiente distinta a 40°C:	1	
Corriente nominal para 25°C y 100:	380	

Además, por ser una instalación cuya ejecución de obra requiere de romper veredas, se sobredimensionará el conductor para evitar tener que recambiar este ante un aumento de carga que llevaría a un aumento de corriente.

Sobredimensionamiento del conductor:	15	[%]
--------------------------------------	----	-----

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio



Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	Cu	120	279,04	299,23	Verifica
01 - B	Cu	120	258,69	299,23	Verifica
B - C	Cu	120	65,24	299,23	Verifica
C - 14	Cu	120	12,92	299,23	Verifica
C - 10	Cu	120	52,32	299,23	Verifica
11 - D	Cu	120	16,15	299,23	Verifica
D - 10	Cu	120	39,40	299,23	Verifica
D - E	Cu	120	23,25	299,23	Verifica
E - 13	Cu	120	12,92	299,23	Verifica
E - 15	Cu	120	10,33	299,23	Verifica
B - 02	Cu	120	193,45	299,23	Verifica
02 - F	Cu	120	177,31	299,23	Verifica
F - 03	Cu	120	20,35	299,23	Verifica
F - 05	Cu	120	156,96	299,23	Verifica
05 - G	Cu	120	131,12	299,23	Verifica
G - 06	Cu	120	20,35	299,23	Verifica
G - 04	Cu	120	25,84	299,23	Verifica
12 - G	Cu	120	84,94	299,23	Verifica
12 - 07,	Cu	120	72,02	299,23	Verifica
07 - H	Cu	120	46,18	299,23	Verifica
H - 09	Cu	120	20,35	299,23	Verifica
H - 08	Cu	120	25,84	299,23	Verifica

Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \text{sen } \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y para los extremos de línea.



Tramo	Caída de tensión	
A - 01	32,21	[V]
01 - B	19,07	[V]
B - C	6,70	[V]
C - 14	1,13	[V]
C - 10	5,03	[V]
11 - D	3,68	[V]
D - 10	0,53	[V]
D - E	1,25	[V]
E - 13	1,30	[V]
E - 15	0,39	[V]
B - 02	17,72	[V]
02 - F	1,98	[V]
F - 03	2,86	[V]
F - 05	16,13	[V]
05 - G	9,08	[V]
G - 06	1,95	[V]
G - 04	2,19	[V]
12 - G	3,42	[V]
12 - 07,	8,37	[V]
07 - H	0,52	[V]
H - 09	1,50	[V]
H - 08	2,31	[V]

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [v]	Estado	%
14	59,11	Verifica	0,45
11	67,22	Verifica	0,51
15	65,18	Verifica	0,49
13	66,08	Verifica	0,50
3	73,85	Verifica	0,56
6	98,15	Verifica	0,74
4	98,39	Verifica	0,75
9	109,99	Verifica	0,83
8	110,80	Verifica	0,84



Corriente de cortocircuito

Para determinar la corriente de cortocircuito, debemos determinar la impedancia del sistema, para ello calcularemos la impedancia directa, inversa y homopolar del transformador y le sumaremos la de la línea que ya hemos calculado.

Tramo	Conductor		Longitud	Zd línea [ohm]		Zi línea [ohm]		Zo línea [ohm]	
	Mat.	Sec.		R	Xl	R	Xl	R	Xl
A - 01	Cu	120	258,3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,47
01 - B	Cu	120	165	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,30
B - C	Cu	120	230	0,04	0,05	0,04	0,05	0,08	0,42
C - 14	Cu	35	195	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,35
C - 10	Al	70	215	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,39
11 - D	Cu	120	510	0,10	0,10	0,10	0,10	0,17	0,92
D - 10	Cu	120	30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
D - E	Cu	120	120	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,22
E - 13	Cu	120	225	0,04	0,05	0,04	0,05	0,08	0,41
E - 15	Cu	120	85	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,15
B - 02	Cu	120	205	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,37
02 - F	Cu	120	25	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,05
F - 03	Cu	120	315	0,06	0,06	0,06	0,06	0,11	0,57
F - 05	Cu	120	230	0,04	0,05	0,04	0,05	0,08	0,42
05 - G	Cu	120	155	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,28
G - 06	Cu	120	215	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,39
G - 04	Cu	120	190	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,34
12 - G	Cu	120	90	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,16
12 - 07,	Cu	120	260	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,47
07 - H	Cu	120	25	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,05
H - 09	Cu	120	165	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,30
H - 08	Cu	120	200	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,36

Impedancia transformador

Estas serán calculadas con el método de los MVA, el cual simplifica los cálculos de corrientes de cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda.

Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Zd}$$

Además:

$$Zi = Zd \quad y \quad Zo = 0,9 \times Zd$$

Datos trafos instalados		
Sc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[%]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j



Impedancia de la red aguas arribas del transformador

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua		
Sec:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j

Calculo de corriente de falla trifásica

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I" k [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,91	3988,08	4386,89
B	13,2	1,95	3915,97	4307,57
C	13,2	2,00	3818,28	4200,11
14	13,2	2,04	3738,04	4111,84
10	13,2	2,09	3652,28	4017,51
D	13,2	2,20	3460,03	3806,03
11	13,2	2,21	3449,20	3794,11
E	13,2	2,24	3406,39	3747,03
15	13,2	2,29	3328,32	3661,15
13	13,2	2,31	3299,55	3629,51
2	13,2	2,36	3231,80	3554,97
F	13,2	2,36	3223,68	3546,05
3	13,2	2,44	3124,26	3436,69
5	13,2	2,49	3054,81	3360,30
G	13,2	2,53	3009,45	3310,39
6	13,2	2,58	2948,37	3243,21
4	13,2	2,63	2896,13	3185,74
12	13,2	2,65	2871,93	3159,12
7	13,2	2,72	2803,94	3084,33
H	13,2	2,72	2797,55	3077,30
8	13,2	2,77	2756,00	3031,60
9	13,2	2,82	2707,06	2977,76



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I ^{"k} [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	6,8463	3339,50	3673,45
1	13,2	7,43	3078,43	3386,27
B	13,2	7,80	2931,41	3224,55
C	13,2	8,32	2747,88	3022,67
14	13,2	8,76	2608,99	2869,89
10	13,2	9,25	2470,95	2718,04
D	13,2	10,42	2194,58	2414,04
11	13,2	10,49	2180,21	2398,23
E	13,2	10,76	2124,52	2336,97
15	13,2	11,28	2027,32	2230,05
13	13,2	11,47	1992,85	2192,13
2	13,2	11,94	1914,28	2105,71
F	13,2	12,00	1905,12	2095,63
3	13,2	12,73	1796,67	1976,33
5	13,2	13,25	1724,89	1897,38
G	13,2	13,61	1679,64	1847,61
6	13,2	14,11	1620,64	1782,71
4	13,2	14,55	1571,82	1729,00
12	13,2	14,75	1549,70	1704,67
7	13,2	15,35	1489,13	1638,04
H	13,2	15,41	1483,55	1631,90
8	13,2	15,79	1447,75	1592,53
9	13,2	16,25	1406,60	1547,26

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 120 de Cu tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
120	4386,89	143	30,68	Verifica



Anexo II.f

Calculo eléctrico disposición subterránea de Al

Conductor Al 185 mm²

Tipo constructivo:	LMT-Subterránea	
Material	AL	
Conductor:	Unipolar	
Sección:	185	[mm ²]
Diámetro exterior cable:	32	[mm]
Diámetro conductor:	16,3	[mm]
Espesor aislante nominal:	3,9	[mm]
Espesor de la vaina nominal:	2,1	[mm]
Coefficiente térmico:	0,0042	
Temperatura de servicio:	80	[°C]
Corriente admisible (Unipolares):	376	[A]
Resistencia eléctrica C.A. (90°C):	0,21	[ohm/km]
Reactancia C.A (90°C) unipolar:	0,189	[ohm/km]

Calculo de impedancia

A continuación se procede a determinar la impedancia de la línea, esta dependerá de la geometría de la misma y el conductor utilizado, para a inductancia se debe determinar el radio medio geométrico y la distancia media geométrica, que dependerán directamente de la disposición de los conductores.

Calculo resistencia de la línea

$$R_{80^{\circ}\text{C}} = 0,201 \text{ [ohm/km]}$$

Inductancia de la línea

Para calcular la impedancia de la red, se deberá tener en cuenta la disposición de la línea, como así también el radio del conductor, etc.

Calculo radio medio geométrico (RMG) y distancia media geométrica (DMG) para:

COPLANAR





En la siguiente tabla se resumen las distancias entre cada conductor:

Distancia	d 1-2	d 2-3	d 1-3
Longitud (mm)	102	102	204

Calculo distancia media geométrica

Aplicando la siguiente ecuación y reemplazando los valores establecidos anteriormente, podemos determinar la DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{1-2} \times d_{2-3} \times d_{1-3}}$$

Reemplazando:

$$DMG = 128,51 \quad [mm]$$

Calculo radio medio geométrico (RMG)

Previamente se debe determinar el radio equivalente del conductor a utilizar, en el caso presente, se utilizara conductor de Al aislado, de 185 mm², mediante la siguiente ecuación se determina el radio equivalente:

$$R_e = k \times \frac{\phi}{2}$$

Donde:

k: Coeficiente de corrección dependiendo del conductor.
Diámetro del conductor a utilizar.

Composición del conductor a utilizar

Sección:	185	[mm ²]
k:	0,762	
R:	8,15	[mm]
RMG:	6,2103	[mm]

Calculo inductancia línea

inductancia, la cual dependerá de estos factores y la frecuencia del servicio, la ecuación a utilizar es:

$$L = 2 \times \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \times 10^{-4}$$

$$L = 0,0006 \quad [H/km]$$

Además:

$$Xl = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$Xl = 0,190 \quad [ohm/km]$$

Impedancia de la línea

Impedancia directa

La impedancia de la línea será la sumatoria de los parámetros calculados.



$$Z_d = 0,21 + 0,189j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia inversa

Esta es igual a la impedancia directa.

$$Z_i = 0,21 + 0,189j \quad [\text{ohm/km}]$$

Impedancia homopolar

Se determina mediante a siguiente ecuación:

$$Z_o = (R_d + 0,002958 \times f) + \left(0,008682 \times f \times \ln \frac{D_e}{\sqrt[2]{DMG \times RMG^2}} \right) i$$

Donde:

$$D_e = 659 \times \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$D_e = 931,97$$

Finalmente podemos determinar la impedancia homopolar:

$$Z_o = 0,3579 + 1,7369i \quad [\text{ohm/km}]$$

Calculo de impedancia

A continuación se calcula la impedancia directa de la línea para cada tramo:

Tramo	Conductor		Longitud [m]	Potencia [kW]	Imp. Conductor [ohm/km]		Impedancia línea [ohm]	
	Mat.	Sec.						
A - 01	AL	185	258,3	6379,66	0,21	0,19	0,05	0,05
01 - B	AL	185	165	5914,48	0,21	0,19	0,03	0,03
B - C	AL	185	230	1491,54	0,21	0,19	0,05	0,04
C - 14	AL	185	195	295,35	0,21	0,19	0,04	0,04
C - 11	AL	185	215	1196,19	0,21	0,19	0,05	0,04
10 - D	AL	185	510	369,19	0,21	0,19	0,11	0,10
D - 11	AL	185	30	900,83	0,21	0,19	0,01	0,01
D - E	AL	185	120	531,64	0,21	0,19	0,03	0,02
E - 13	AL	185	225	295,35	0,21	0,19	0,05	0,04
E - 15	AL	185	85	236,28	0,21	0,19	0,02	0,02
B - 02	AL	185	205	4422,94	0,21	0,19	0,04	0,04
02 - F	AL	185	25	4053,74	0,21	0,19	0,01	0,00
F - 03	AL	185	315	465,18	0,21	0,19	0,07	0,06
F - 05	AL	185	230	3588,56	0,21	0,19	0,05	0,04
05 - G	AL	185	155	2997,85	0,21	0,19	0,03	0,03
G - 06	AL	185	215	465,18	0,21	0,19	0,05	0,04
G - 04	AL	185	190	590,71	0,21	0,19	0,04	0,04
12 - G	AL	185	90	1941,96	0,21	0,19	0,02	0,02
12 - 07,	AL	185	260	1646,60	0,21	0,19	0,05	0,05
07 - H	AL	185	25	1055,89	0,21	0,19	0,01	0,00
H - 09	AL	185	165	465,18	0,21	0,19	0,03	0,03
H - 08	AL	185	200	590,71	0,21	0,19	0,04	0,04



Verificación corriente máxima

Debemos realizar correcciones a la corriente nominal admisible del conductor según sea el tendido de este. Los factores utilizados son los detallados en la reglamentación A.E.A. 95101.

Calculo de la corriente admisible en función de la resistividad y temperatura del terreno

Tipo de instalación:	En ductos	
Profundidad de instalación:	1,2	[m]
Coeficiente según profundidad de instalación:	0,955	
Resistividad del terreno:	100	
Coeficiente de corrección por resistividad térmica:	0,96	
Separación entre conductores	-	[cm]
Coeficiente de corrección según separación de los conductores:	1	
Temperatura suelo:	25	[°C]
Coeficiente de corrección por temperatura distinta a 20 °C:	1	
Temperatura ambiente:	40	[°C]
Coeficiente de corrección por temperatura ambiente distinta a 40°C:	1	
Corriente nominal para 25°C y 100:	376	

Además, por ser una instalación cuya ejecución de obra requiere de romper veredas, se sobredimensionará el conductor para evitar tener que recambiar este ante un aumento de carga que llevaría a un aumento de corriente.

Sobredimensionamiento del conductor:	15	[%]
--------------------------------------	----	-----

La corriente de línea la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$I_l = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

S: potencia de la línea

U: tensión de servicio



Reemplazando para cada tramo de la línea tendremos:

Tramo	Conductor		Corriente de línea [Amp]	Corriente Max. Cond.	Condición
	Mat.	Sec.			
A - 01	AL	185	279,04	293,01	Verifica
01 - B	AL	185	258,69	293,01	Verifica
B - C	AL	185	65,24	293,01	Verifica
C - 14	AL	185	12,92	293,01	Verifica
C - 10	AL	185	52,32	293,01	Verifica
11 - D	AL	185	16,15	293,01	Verifica
D - 10	AL	185	39,40	293,01	Verifica
D - E	AL	185	23,25	293,01	Verifica
E - 13	AL	185	12,92	293,01	Verifica
E - 15	AL	185	10,33	293,01	Verifica
B - 02	AL	185	193,45	293,01	Verifica
02 - F	AL	185	177,31	293,01	Verifica
F - 03	AL	185	20,35	293,01	Verifica
F - 05	AL	185	156,96	293,01	Verifica
05 - G	AL	185	131,12	293,01	Verifica
G - 06	AL	185	20,35	293,01	Verifica
G - 04	AL	185	25,84	293,01	Verifica
12 - G	AL	185	84,94	293,01	Verifica
12 - 07,	AL	185	72,02	293,01	Verifica
07 - H	AL	185	46,18	293,01	Verifica
H - 09	AL	185	20,35	293,01	Verifica
H - 08	AL	185	25,84	293,01	Verifica

Calculo caída de tensión

Para determinar la caída de tensión en los extremos mas lejanos, utilizaremos la siguiente

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \phi + Xl \times \text{sen } \phi)$$

Donde:

R: resistencia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Xl: reactancia de la línea calculada con anterioridad para cada tramo.

I: corriente de línea calculada con anterioridad para cada tramo.

Luego, podremos determinar el porcentaje de caída de tensión mediante:

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



A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tramo y para los extremos de línea.

Tramo	Caída de tensión	
A - 01	33,41	[V]
01 - B	19,79	[V]
B - C	6,96	[V]
C - 14	1,17	[V]
C - 10	5,21	[V]
11 - D	3,82	[V]
D - 10	0,55	[V]
D - E	1,29	[V]
E - 13	1,35	[V]
E - 15	0,41	[V]
B - 02	18,38	[V]
02 - F	2,05	[V]
F - 03	2,97	[V]
F - 05	16,73	[V]
05 - G	9,42	[V]
G - 06	2,03	[V]
G - 04	2,28	[V]
12 - G	3,54	[V]
12 - 07,	8,68	[V]
07 - H	0,54	[V]
H - 09	1,56	[V]
H - 08	2,40	[V]

Verificación caída de tensión en extremos			
Extremo	Caída [v]	Estado	%
14	61,32	Verifica	0,46
11	69,73	Verifica	0,53
15	67,61	Verifica	0,51
13	68,55	Verifica	0,52
3	76,60	Verifica	0,58
6	101,82	Verifica	0,77
4	102,06	Verifica	0,77
9	114,10	Verifica	0,86
8	114,94	Verifica	0,87



Corriente de cortocircuito

Para determinar la corriente de cortocircuito, debemos determinar la impedancia del sistema, para ello calcularemos la impedancia directa, inversa y homopolar del transformador y le sumaremos la de la línea que ya hemos calculado.

Tramo	Conductor		Longitud	Zd línea [ohm]		Zi línea [ohm]		Zo línea [ohm]	
	Mat.	Sec.		R	Xl	R	Xl	R	Xl
A - 01	AL	185	258,3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,45
01 - B	AL	185	165	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,29
B - C	AL	185	230	0,05	0,04	0,05	0,04	0,08	0,40
C - 14	AL	35	195	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,34
C - 10	Al	70	215	0,05	0,04	0,05	0,04	0,08	0,37
11 - D	AL	185	510	0,11	0,10	0,11	0,10	0,18	0,89
D - 10	AL	185	30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
D - E	AL	185	120	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,21
E - 13	AL	185	225	0,05	0,04	0,05	0,04	0,08	0,39
E - 15	AL	185	85	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,15
B - 02	AL	185	205	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,36
02 - F	AL	185	25	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04
F - 03	AL	185	315	0,07	0,06	0,07	0,06	0,11	0,55
F - 05	AL	185	230	0,05	0,04	0,05	0,04	0,08	0,40
05 - G	AL	185	155	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,27
G - 06	AL	185	215	0,05	0,04	0,05	0,04	0,08	0,37
G - 04	AL	185	190	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,33
12 - G	AL	185	90	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,16
12 - 07,	AL	185	260	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,45
07 - H	AL	185	25	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04
H - 09	AL	185	165	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,29
H - 08	AL	185	200	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,35

Impedancia transformador

cortocircuito. Se requiere conocer algunos datos, que en este caso son relevados de la Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avellaneda Ltda. Podemos hacer el siguiente análisis:

$$S_{cc} = \frac{c \times U^2}{Zd}$$

Además:

$$Zi = Zd \quad y \quad Zo = 0,9 \times Zd$$

Datos trafos instalados		
Scc:	10	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
MU:	6,67	[%]

Impedancia del los transformadores instalados						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
1,162j		1,162j		1,0458j		3,3698j



Impedancia de la red aguas arribas del transformador

El mismo método utilizado para calcular la impedancia del cortocircuito del transformador, se puede utilizar para hallar las impedancias de la red aguas arriba.

En este caso la Cooperativa brinda datos correspondiente a la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, dato brindado por la E.P.E.

Datos de la red agua		
Sec:	275	[MVA]
Un:	33	[kV]
Us:	13,2	[kV]
C:	1,1	[-]

Impedancia de la red aguas arriba						
Directa [ohm]		Inversa [ohm]		Homopolar [ohm]		Total [ohm]
R	X	R	X	R	X	
0,0697+0,693515j		0,0697+0,693515j		0,2091+2,080545j		0,3485+3,467575j

Calculo de corriente de falla trifásica

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4 podemos determinar las corrientes de cortocircuito trifásica:

Punto de falla	Un [kV]	Zd [ohm]	I" k [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	1,86	4104,33	4514,77
1	13,2	1,91	3993,49	4392,84
B	13,2	1,94	3924,31	4316,74
C	13,2	1,99	3830,09	4213,10
14	13,2	2,03	3752,31	4127,54
10	13,2	2,08	3668,81	4035,69
D	13,2	2,19	3480,35	3828,38
11	13,2	2,20	3469,68	3816,65
E	13,2	2,22	3427,48	3770,23
15	13,2	2,27	3350,32	3685,35
13	13,2	2,29	3321,84	3654,02
2	13,2	2,34	3254,61	3580,07
F	13,2	2,35	3246,55	3571,21
3	13,2	2,42	3147,61	3462,37
5	13,2	2,48	3078,30	3386,13
G	13,2	2,51	3032,95	3336,25
6	13,2	2,56	2971,81	3268,99
4	13,2	2,61	2919,42	3211,37
12	13,2	2,63	2895,14	3184,65
7	13,2	2,70	2826,83	3109,52
H	13,2	2,70	2820,41	3102,45
8	13,2	2,74	2778,61	3056,47
9	13,2	2,79	2729,33	3002,26



RESUMEN CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Aplicando las ecuaciones descriptas en el Capítulo 1, punto 1.4, podemos determinar las corrientes de cortocircuito monofásicas, a continuación se presentan los resultados de estas:

Punto de falla	Un [kV]	Zt [ohm]	I ^{"k} [Amp]	
			min	máx.
A	13,2	6,8463	3339,50	3673,45
1	13,2	7,40	3087,91	3396,70
B	13,2	7,76	2945,41	3239,96
C	13,2	8,26	2766,73	3043,40
14	13,2	8,69	2630,92	2894,01
10	13,2	9,16	2495,45	2745,00
D	13,2	10,29	2222,81	2445,10
11	13,2	10,35	2208,58	2429,44
E	13,2	10,62	2153,40	2368,74
15	13,2	11,12	2056,91	2262,60
13	13,2	11,30	2022,63	2224,90
2	13,2	11,76	1944,41	2138,86
F	13,2	11,81	1935,28	2128,81
3	13,2	12,51	1827,05	2009,75
5	13,2	13,03	1755,28	1930,81
G	13,2	13,37	1709,97	1880,97
6	13,2	13,85	1650,82	1815,91
4	13,2	14,27	1601,82	1762,01
12	13,2	14,47	1579,61	1737,57
7	13,2	15,05	1518,72	1670,59
H	13,2	15,11	1513,11	1664,42
8	13,2	15,48	1477,08	1624,79
9	13,2	15,93	1435,63	1579,20

Verificación corriente térmica del conductor

Para el conductor de 185 de Al tendremos

Sección adoptada [mm]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Coefficiente K según conductor	Sección mínima [mm]	Condición
185	4392,84	109	40,30	Verifica



Anexo III.a

Calculo mecánico disposición coplanar horizontal con conductor desnudo

Cálculo mecánico de los conductores

A continuación se presentan todos los datos necesarios para el cálculo mecánico de los diferentes conductores que tendrá la línea.

Datos del conductor

Tipo	AL-Ac	
Sección nominal del aluminio	95	[mm ²]
Sección portante:	15	
Sección real (S)	110,03	[mm ²]
Diámetro del conductor (d)	13,6	[mm]
Peso del conductor (Pc)	380	[kg/km]
Carga de rotura (T)	3558	[Kg]
Modulo de elasticidad conductor:	5700	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad portante:	18000	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad conjunto:	7700	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación conductor:	0,000011	[1/°C]
Coefficiente de dilatación portante:	0,000011	[1/°C]
Coefficiente de dilatación conjunto:	0,0000189	[1/°C]

Vano máximo según ETN

Tipo constructivo:	L.M.T - COPLANAR C/CONDUCTOR DESNUDO
Vano critico:	90

Condiciones climáticas según ETN 160

ESTADO	T [°C]	Vel. viento [m/s]
1	45	0
2	-10	0
3	15	40,27
4	-5	8,33
5	16	0

Características de conductores según ETN 160

Conductor			
Hipótesis	T [°C]	Tensión Max. Amd A A [daN/mm ²]	Tensión Max. Adm A A [kg/mm ²]
Estado 1	45	11	11,22
Estado 2	-10	10,02	10,22
Estado 3	15	10,81	11,02
Estado 4	-5	10,18	10,38
Estado 5	16	5,98	6,10

Según ETN 160 ítem 3.1.3 para conductores de AL-Ac deberá verificarse que la tensión en la temperatura media anual sin carga de viento no sobrepase el valor que resulta de la siguiente expresión:



$$\sigma_{ma} = 5,2 \left(1 + 0,15 \frac{500 - a}{350} \right) daN / mm^2$$

Reemplazando se obtiene:

$$5,98$$

Por lo que verifica las condiciones del ítem 3.1.3

Cargas específicas

Esfuerzo producido por esfuerzo del viento

$$W_c = 0,75 \cdot K \frac{V^2}{16} d \left(0,6 + \frac{80}{a_m} \right) \text{sen} \theta \quad (\text{daN/m})$$

Angulo determinado por el eje del cable y acción del viento:

$$1,5707963$$

Coefficiente de presión dinámica:

Valor de K conductor de fase

$$k: \quad 1,1$$

Resultado	Conductor [daN/m]
Estado 1	0,0000
Estado 2	0,0000
Estado 3	0,1137
Estado 4	0,0049
Estado 5	0,0000

Cargas específicas debida a la acción del viento

Dividiendo los esfuerzos calculados anteriormente por la sección de cada conductor, obtendremos las cargas específicas debida a la acción del viento para cada conductor y en los 5 estados.

Estado	Carga esp. [kg/m.mm ²]
1	0,00000
2	0,00000
3	0,00105
4	0,00005
5	0,00000

Esfuerzo producido por el peso propio

$$g_c = \frac{G}{S} = \frac{kg / m}{mm^2}$$

Esfuerzo sobre el conductor de fase

$$0,0035$$



Esfuerzo total sobre el conductor y hilo de guardia según estado:

Conductor			
Estado	Esfuerzo peso [kg/m.mm ²]	Carga admisible [kg/mm ²]	Relación g/padm [kg/mm ²]
1	0,00345	11,22	0,00031
2	0,00345	10,22	0,00034
3	0,00361	11,02	0,00033
4	0,00345	10,38	0,00033
5	0,00345	6,10	0,00057

Determinación del vano crítico, estado básico y tensión mecánica para el conductor

El vano crítico se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_c = \sqrt{\frac{\alpha / \beta (t_1 - t_2) + p_{1adm} - p_{2adm}}{1/24\beta \left[\frac{g_1^2}{p_{1adm}^2} - \frac{g_2^2}{p_{2adm}^2} \right]}}$$

Donde:

a_c : vano crítico [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al/Ac

β : inversa del módulo de elasticidad para Al/Ac

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

Vano crítico

No se considera el estado de máxima temperatura, ya que dicho estado nunca puede ser el más desfavorable desde el punto de vista de la tensión.

Inversa del módulo de elasticidad: 0,000132439

Estado	T [°C]		TENS. AMD [kg/mm ²]		CARGA ESP. [kg/mm ²]		Vano crítico [m]	
	t1	t2	padm1	padm2	g1	g2	real	im
E2:E3	-10	15	10,22	11,02	0,00345	0,00361	0	1414,7
E2:E4	-10	-5	10,22	10,38	0,00345	0,00345	0	382,6
E2:E5	-10	16	10,22	6,10	0,00345	0,00345	0	251,8
E3:E4	15	-5	11,02	10,38	0,00361	0,00345	0	774,8
E3:E5	15	16	11,02	6,10	0,00361	0,00345	0	270,8
E4:E5	-5	16	10,38	6,10	0,00345	0,00345	0	254,6

Estado	vano crítico [m]		Resultado	Rel. g/padm		g/padm		vano de calculo		
	real	imag.		1	2	máx./min				
E2	E3	0	1414,7	img	0,00034	0,00033	E2	E3	90	E2
E2	E4	0	382,56	img	0,00034	0,00033	E2	E4	90	E2
E2	E5	0	251,83	img	0,00034	0,00057	E5	E2	90	E5
E3	E4	0	774,82	img	0,00033	0,00033	E4	E3	90	E4
E3	E5	0	270,84	img	0,00033	0,00057	E5	E3	90	E5
E4	E5	0	254,6	img	0,00033	0,00057	E5	E4	90	E5



El estado básico seleccionado es el 5

Tensiones mecánicas

Las tensiones mecánicas en cada estado se calculan con la ecuación de estado:

$$p_2^3 - p_2^2 \left(p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta} \right) - \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta} = 0 \leftrightarrow p_2^3 - p_2^2 A - B = 0$$

$$A = p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta};$$

$$B = \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta};$$

Donde:

a : vano de calculo o regulación [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al/Ac

β : inversa del modulo de elasticidad para Al/Ac

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

En esta ecuación los parámetros con subíndice 1 corresponden al estado básico y los otros al estado del cual se quiere la tensión.

Para resolver esta ecuación, la reescribimos igualándola a 0 y usamos la función "buscarobjetivo" de Excel para determinar el valor de la tensión p_2

Estado	p	g	T [°C]	a	b	TENSIÓN [KG/MM ²]	TRACCIÓN	FLECHA
	kg/mm ²	kg/mm ²						
1	11,22	0,0035	45	1,14	30,39	3,55	390,81	0,98
2	10,22	0,0035	-10	8,99	30,39	9,34	1027,66	0,37
3	11,02	0,0036	15	5,42	33,23	6,27	689,79	0,58
4	10,38	0,00345	-5	8,28	30,40	8,68	955,20	0,40
5	6,10	0,00345	16	5,28	30,39	6,10	671,00	0,57

estado	TENSIÓN [KG/mm ²]	TENSIÓN MAX. [KG/mm ²]	¿verifica?
1	3,55	11,22	VERIFICA
2	9,34	10,22	VERIFICA
3	6,27	11,02	VERIFICA
4	8,68	10,38	VERIFICA
5	6,10	6,10	VERIFICA



Calculo geométrico estructura las estructuras

Datos del sistema			
Tensión nominal	$U_n =$	13,2	kV
vano de calculo o regulación	$a =$	90	m
velocidad del viento	$w_s =$	40,27	m/s

Conductor

Tipo:		Al-Ac	
Sección nominal Al:		95	[mm ²]
Diámetro del conductor:	dc	13,6	[mm]
Peso:	pc	380	[kg/km]
Flecha máxima:	fmax	0,98	[m]
Tiro máximo:	tmax	1027,66	[kg]

Distancias eléctricas y diseño geométrico estructura las estructuras

Cadena simple de aisladores

La cadena de aisladores estará compuesta por 1 aisladores MN 03 según especificaciones técnicas ETN 100, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

Cadena de suspensión	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Aisladores de porcelana MN 03	1	2,7	0,152
Total		2,7	0,152

Cadena simple de aisladores, retención y terminal

La cadena de aisladores estará compuesta por 2 aisladores MN12 según especificaciones técnicas ETN 160, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

Cadena de retención	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Grampa de amarre	1	0,3	0,08
Aisladores de porcelana MN12	2	5,2	0,15
Orbita con oreja	1	0,6	0,06
Gancho con rotula	1	0,4	0,08
Total		11,6	0,36

La longitud de la cadena para el calculo será 0 ya que se encuentra en posición horizontal

Distancia vertical mínima del conductor respecto al nivel del terreno

La ETN 160, especifica las diferentes alturas mínimas del conductor respecto al nivel de suelo, dependiendo de las características de la zona donde cruzara la línea, en nuestro caso atraviesa zona urbana.

Por lo que la altura mínima será: 8,5 [m]



Posición de ménsulas

Altura de la primer ménsula respecto del nivel del suelo:

$$H1 = f + H_{libre} - L_k$$

$$H1 = 9,48 \text{ [m]}$$

Por lo que adoptamos como posición:

$$H1 = 9,50 \text{ [m]}$$

Altura del poste

Con las alturas de cada ménsula determinada y con la posición del mensulín para el hilo de guardia, teniendo en cuenta además que este se debe enterrar un 10% de su longitud, podemos determinar que la longitud final de nuestro poste de retención, retención angular y retención terminal será:

$$L_{poste} = (10 \text{ [m]}) \times \frac{100}{90} = 10,56 \text{ [m]}$$

Por lo que la longitud del poste será:

$$L_{poste} = 10,5 \text{ [m]}$$

Por razones de seguridad y para ser conservadores, se adoptaran poste de 12 metros de longitud, de esta manera aumentaremos las distancias de seguridad evitando posibles constactos con objetos extraños a la red.

Ademas se adoptara esta altura para todos los tipos de estructuras.

$$H_{pos}: 12 \text{ [m]}$$



Calculo mecánico estructura suspensión

Datos geométricos

Tipo de estructura	Simple poste		
Altura del poste	Hpos:	12	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,2	[m]
Altura Cruceta MN110	H1	10,8	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	90	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	10,43	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador:	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores:	1	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	1,53	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la



línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura		Coeficiente
1	Poste simple:	1,06
2	Poste doble:	-
a)	Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b)	Plano de la estructura paralelo a la dirección del viento	1,06
3	Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizarán los coeficientes para simple poste

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado		Coeficiente K
Postes tubulares de Ac, H° A° o de madera, de sección circular		0,7
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H° A° o de madera de sección circular		
1	Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1	Poste expuesto al viento	0,7
1.2	Poste en la sombra del viento	
1.2.1	Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2	Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3	Para $6d_m < a$	0,7
2	Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1	Para $a < 2d_m$	0,8
2.3	Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste		1

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	10,8	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,4	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para: $K = 0,7$

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7
Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27 [m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90 [°]
Carga del viento:	We :	70,95 [daN/m ²]

Carga del viento máximo perpendicular a la línea: We_{pe} : 72,35 [kg/m²]

Carga del viento máximo paralelo a la línea: We_{pa} : 76,69 [kg/m²]



TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 1027,66 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN

Para estructuras de suspensión tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento sobre los conductores:

Fuerza sobre cada conductor: Vc: 10,43 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor 2: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FVc: 31,30 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores: Vcr: 1,53 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FVr: 4,59 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 35,89 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 12 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-a
0,16	0,322	2,60	4,80	188,32	83,61	119,50
0,17	0,332	2,71	4,82	196,13	87,52	123,40
0,215	0,377	3,20	4,91	231,29	105,10	140,98
0,205	0,367	3,09	4,89	223,48	101,19	137,08
0,25	0,412	3,57	4,96	258,64	118,77	154,66
0,26	0,422	3,68	4,97	266,46	122,68	158,57
0,295	0,457	4,06	5,01	293,81	136,35	172,24
0,305	0,467	4,17	5,02	301,62	140,26	176,15
0,34	0,502	4,55	5,05	328,97	153,94	189,82
0,35	0,512	4,65	5,06	336,78	157,84	193,73
0,395	0,557	5,14	5,09	371,95	175,42	211,31
0,43	0,592	5,52	5,11	399,30	189,10	224,98



HIPÓTESIS 1-b:

Carga de viento máximo paralelo a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas: FVs: 4,59 [kg]
Acción del viento sobre poste + elementos de cabecera: We_pa: 76,69 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,16	0,322	2,60	4,80	199,62	88,63	93,21
0,17	0,332	2,71	4,82	207,90	92,77	97,35
0,215	0,377	3,20	4,91	245,17	111,40	115,99
0,205	0,367	3,09	4,89	236,89	107,26	111,85
0,25	0,412	3,57	4,96	274,16	125,90	130,49
0,26	0,422	3,68	4,97	282,44	130,04	134,63
0,295	0,457	4,06	5,01	311,43	144,54	149,12
0,305	0,467	4,17	5,02	319,72	148,68	153,26
0,34	0,502	4,55	5,05	348,71	163,17	167,76
0,35	0,512	4,65	5,06	356,99	167,31	171,90
0,395	0,557	5,14	5,09	394,26	185,95	190,54
0,43	0,592	5,52	5,11	423,25	200,44	205,03

HIPÓTESIS 2-a:

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el 50% del valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]
Tensión máxima conducto de fase: 1027,66 [kg]

Fuerza equivalente en la cima debido a conductor de fase: 1027,66 [kg]

Diam. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,16	513,83
0,17	513,83
0,215	513,83
0,205	513,83
0,25	513,83
0,26	513,83
0,295	513,83
0,305	513,83



0,34	513,83
0,35	513,83
0,395	513,83
0,43	513,83

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,16	119,50	93,21	513,83
0,17	123,40	97,35	513,83
0,215	140,98	115,99	513,83
0,205	137,08	111,85	513,83
0,25	154,66	130,49	513,83
0,26	158,57	134,63	513,83
0,295	172,24	149,12	513,83
0,305	176,15	153,26	513,83
0,34	189,82	167,76	513,83
0,35	193,73	171,90	513,83
0,395	211,31	190,54	513,83
0,43	224,98	205,03	513,83

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 12 [m]:

Coefficiente de seguridad para 13,2 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.3:

Para cargas normales:	2,5
Para cargas extraordinarias:	2

Poste calculado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,205	[m]
Diámetro base:	0,385	[m]
Carga rotura:	1050	[kg]
Peso:	1499,500	[kg]
N° postes:	1	

Poste seleccionado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1200	[kg]
Peso:	1953,000	[kg]
N° postes:	1	



Calculo mecánico estructura retención

Datos geométricos

Tipo de estructura	Triple poste		
Altura del poste	Hpos:	12	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,2	[m]
Altura libre (altura mensulín):	HL	10,8	[m]
Altura Cruceta MN 110:	H1	10,8	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	90	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	10,43	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	2	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	3,06	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ :Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un



factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura		Coeficiente
1	Poste simple:	1,06
2	Poste doble:	-
	a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
	b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3	Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para un poste.

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado		Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A° de madera de sección circular		
1	Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1	Poste expuesto al viento	0,7
1.2	Poste en la sombra del viento	
1.2.1	Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2	Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3	Para $6d_m < a$	0,7
2	Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1	Para $a < 2d_m$	0,8
2.3	Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste		1

Donde:

a : distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

dm : diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	10,8	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,4	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:

Puesto expuesto al viento: $K = 0,7$



Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa1:	75,21	[daN/m ²]

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa2:	75,21	[daN/m ²]

La resultante es: We_pa: 76,66 [kg/m²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coefficiente de velocidad (según tablan N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,34	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]

Carga del viento: We_pe: 95,07 [daN/m²]

La resultante es: We_pe: 96,91 [kg/m²]

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 1027,66 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN

Para estructuras de retención tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento sobre los conductores:



Fuerza sobre cada conductor: V_c : 10,43 [kg]
 Altura de la acción de la fuerza conductor 1: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FV_c : 31,30 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores: V_{cr} : 3,06 [kg]
 Altura de la acción de la fuerza conductor 1: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FV_r : 9,17 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 40,47 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 12 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,16	0,322	2,60	4,80	504,48	223,98
0,17	0,332	2,71	4,82	525,42	234,45
0,215	0,377	3,20	4,91	619,62	281,55
0,205	0,367	3,09	4,89	598,68	271,08
0,25	0,412	3,57	4,96	692,88	318,18
0,26	0,422	3,68	4,97	713,81	328,65
0,295	0,457	4,06	5,01	787,08	365,28
0,305	0,467	4,17	5,02	808,01	375,75
0,34	0,502	4,55	5,05	881,28	412,38
0,35	0,512	4,65	5,06	902,21	422,85
0,395	0,557	5,14	5,09	996,41	469,95
0,43	0,592	5,52	5,11	1069,67	506,58

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x): 0 [kg]
 Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):
 Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160): 8 u.
 Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):
 Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160): 2 u.

La ecuación para calcular la resultante en la cima es:



$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,16	0,00	40,47	223,98	0	0	187,00
0,17	0,00	40,47	234,45	0	0	194,40
0,215	0,00	40,47	281,55	0	0	227,70
0,205	0,00	40,47	271,08	0	0	220,30
0,25	0,00	40,47	318,18	0	0	253,61
0,26	0,00	40,47	328,65	0	0	261,01
0,295	0,00	40,47	365,28	0	0	286,91
0,305	0,00	40,47	375,75	0	0	294,31
0,34	0,00	40,47	412,38	0	0	320,22
0,35	0,00	40,47	422,85	0	0	327,62
0,395	0,00	40,47	469,95	0	0	360,92
0,43	0,00	40,47	506,58	0	0	386,82

HIPÓTESIS 1-b: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores considerados actuando en el eje de la estructura.

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 40,47 [kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0,00 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,16	0,322	2,60	4,80	504,48	223,98
0,17	0,332	2,71	4,82	525,42	234,45
0,215	0,377	3,20	4,91	619,62	281,55
0,205	0,367	3,09	4,89	598,68	271,08
0,25	0,412	3,57	4,96	692,88	318,18
0,26	0,422	3,68	4,97	713,81	328,65
0,295	0,457	4,06	5,01	787,08	365,28
0,305	0,467	4,17	5,02	808,01	375,75
0,34	0,502	4,55	5,05	881,28	412,38
0,35	0,512	4,65	5,06	902,21	422,85
0,395	0,557	5,14	5,09	996,41	469,95
0,43	0,592	5,52	5,11	1069,67	506,58



Dos tercios de las tracciones máximas de los cables

Tracción sobre conductor de fase:	1027,66	[kg]
2/3 tracción sobre conductor de fase:	685,11	[kg]
Altura libre:	10,8	[m]
Altura ménsula:	10,8	[m]
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (x-x):	1027,66	[kg]
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

Diam. Cima	Viento cables + aisladores (x-x)	Viento cables + aisladores (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-b
0,16	0,00	40,47	223,98	1027,66	0,00	184,35
0,17	0,00	40,47	234,45	1027,66	0,00	188,14
0,215	0,00	40,47	281,55	1027,66	0,00	205,98
0,205	0,00	40,47	271,08	1027,66	0,00	201,91
0,25	0,00	40,47	318,18	1027,66	0,00	220,59
0,26	0,00	40,47	328,65	1027,66	0,00	224,86
0,295	0,00	40,47	365,28	1027,66	0,00	240,13
0,305	0,00	40,47	375,75	1027,66	0,00	244,56
0,34	0,00	40,47	412,38	1027,66	0,00	260,33
0,35	0,00	40,47	422,85	1027,66	0,00	264,89
0,395	0,00	40,47	469,95	1027,66	0,00	285,72
0,43	0,00	40,47	506,58	1027,66	0,00	302,19

HIPÓTESIS 2-a: cargas extraordinarias

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste:	hL:	10,8	[m]
Tracción sobre conductor de fase superior:		1027,66	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior:		1027,66	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x):		1027,66	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (y-y):		0	[kg]



Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

363,33 [kg]

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,16	187,00	184,35	363,33
0,17	194,40	188,14	363,33
0,215	227,70	205,98	363,33
0,205	220,30	201,91	363,33
0,25	253,61	220,59	363,33
0,26	261,01	224,86	363,33
0,295	286,91	240,13	363,33
0,305	294,31	244,56	363,33
0,34	320,22	260,33	363,33
0,35	327,62	264,89	363,33
0,395	360,92	285,72	363,33
0,43	386,82	302,19	363,33

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 12 [m]:

Coefficiente de seguridad para 13,2 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales:	2,50	u.
Para cargas extraordinarias:	2,00	u.

Poste calculado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	16	[m]
Diámetro base:	0,592	[m]
Carga rotura:	750	[kg]
Peso:	1232	[kg]
Cant. Postes:	2	

Poste seleccionado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1200	[kg]
Peso:	1953	[kg]
Cant. Postes:	2	



Calculo mecánico estructura retención terminal

Datos geométricos

Tipo de estructura	Doble poste		
Altura del poste	Hpos:	12	[m]
porcentaje del poste que va enterrado		10	%
tramo del poste que va enterrado	e:	1,2	[m]
Altura libre (altura mensulín):	HL	10,8	[m]
altura ménsula 3 (inferior)	H3	10,8	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	90	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	10,43	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	2,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores	3,06	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We, el área proyectada del poste, y la ecuación de



equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica W_{ee} , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura	Coeficiente
1 Poste simple:	1,06
2 Poste doble:	-
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3 Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para poste doble

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado	Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A° de madera de sección circular	
1 Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1 Poste expuesto al viento	0,7
1.2 Poste en la sombra del viento	
1.2.1 Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2 Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3 Para $6d_m < a$	0,7
2 Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1 Para $a < 2d_m$	0,8
2.3 Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste	1

Donde:

a : distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

d_m : diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	10,8	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,4	[m]
Separación de postes en la cima	0,3	[m]
Separación entre postes por metro de longitud	4	[cm/m]
Separación entre los postes a media altura:	0,516	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Para la longitud del poste seleccionada, el fabricante ofrece 6 diámetros distintos, con diferentes cargas de rotura, para seleccionar el mas adecuado se realizara el proceso para los 6 diámetros



Diámetro de cima	diámetro a media altura	separación entre ejes
0,305	0,386	0,7076
0,35	0,431	0,7526
0,36	0,441	0,7626
0,39	0,471	0,7926
0,395	0,476	0,7976
0,44	0,521	0,8426

Coefficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:

Puesto expuesto al viento: $K = 0,7$

Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas , vínculos, etc.: $C: 1,06$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]

Carga del viento: $We_{pa1}: 75,21$ [daN/m²]

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,06$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]

Carga del viento: $We_{pa2}: 75,21$ [daN/m²]

La resultante es: $We_{pa}: 76,66$ [kg/m²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coefficiente de velocidad (según tablan N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,34$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]

Carga del viento: $We_{pe}: 95,07$ [daN/m²]

La resultante es: $We_{pe}: 96,91$ [kg/m²]



TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 1027,66 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN TERMINAL

Para estructuras terminales tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Tracciones unilaterales de los conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento sobre los conductores:

Fuerza sobre cada conductor: Vc: 10,43 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor 2: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FVc: 31,30 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores: Vcr: 3,06 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor 3: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FVr: 9,17 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 40,47 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 12 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,16	0,322	2,60	4,80	504,48	223,98
0,17	0,332	2,71	4,82	525,42	234,45
0,215	0,377	3,20	4,91	619,62	281,55
0,205	0,367	3,09	4,89	598,68	271,08
0,25	0,412	3,57	4,96	692,88	318,18
0,26	0,422	3,68	4,97	713,81	328,65
0,295	0,457	4,06	5,01	787,08	365,28
0,305	0,467	4,17	5,02	808,01	375,75
0,34	0,502	4,55	5,05	881,28	412,38
0,35	0,512	4,65	5,06	902,21	422,85
0,395	0,557	5,14	5,09	996,41	469,95
0,43	0,592	5,52	5,11	1069,67	506,58



Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x):	1541,49	[kg]
Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):		
Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160):	8	u.
Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):		
Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160):	2	u.

La ecuación para calcular la resultante en la cima es:

$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,16	0,00	40,47	223,98	1541,49	0,00	576,19
0,17	0,00	40,47	234,45	1541,49	0,00	578,63
0,215	0,00	40,47	281,55	1541,49	0,00	590,65
0,205	0,00	40,47	271,08	1541,49	0,00	587,84
0,25	0,00	40,47	318,18	1541,49	0,00	601,12
0,26	0,00	40,47	328,65	1541,49	0,00	604,28
0,295	0,00	40,47	365,28	1541,49	0,00	615,91
0,305	0,00	40,47	375,75	1541,49	0,00	619,39
0,34	0,00	40,47	412,38	1541,49	0,00	632,11
0,35	0,00	40,47	422,85	1541,49	0,00	635,89
0,395	0,00	40,47	469,95	1541,49	0,00	653,67
0,43	0,00	40,47	506,58	1541,49	0,00	668,32

HIPÓTESIS 2-a:

Carga normal según Hipótesis 1-a sin carga de viento

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor

Altura de la cima del poste:	hL:	10,8	[m]
------------------------------	-----	------	-----



Tracción sobre conductor de fase superior:	1027,66	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior:	2055,32	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x):	2055,32	[kg]

De esta forma concluimos que el conductor cuya tracción produce mayor momento es el superior. La tracción unilateral actuara sobre el eje de la línea (dirección x-x), siendo la resultante nula en la dirección perpendicular (y-y).

Fuerza resultante en dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Fuerza resultante en dirección a la línea (x-x):

Fuerza de tracción del conductor de fase:	1027,66	[kg]
Fuerza en la cima debido a los otros conductores de fase (x-x)		
Altura de la acción de la fuerza conductor:	10,8	[m]
Fuerza equivalente (x-x):	1027,66	[kg]
Tiro resultante en la cima de la estructura por tracción de		
En dirección al eje de la línea (x-x):	2055,32	[kg]
En dirección al eje de la línea (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

726,67 [kg]

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 2-a
0,16	576,19	726,67
0,17	578,63	726,67
0,215	590,65	726,67
0,205	587,84	726,67
0,25	601,12	726,67
0,26	604,28	726,67
0,295	615,91	726,67
0,305	619,39	726,67
0,34	632,11	726,67
0,35	635,89	726,67
0,395	653,67	726,67
0,43	668,32	726,67



Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 12 [m]:

Coefficiente de seguridad para 132 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales:	2,5	u.
Para cargas extraordinarias:	2	u.

Poste calculado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1650	[kg]
Peso:	2058,65	[kg]
Cant. Postes:	2	

Poste seleccionado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1650	[kg]
Peso:	2058,65	[kg]
Cant. Postes:	2	



Anexo III.b

Calculo mecánico disposición coplanar horizontal con conductor protegido



Cálculo mecánico de los conductores

A continuación se presentan todos los datos necesarios para el cálculo mecánico de los diferentes conductores que tendrá la línea.

Datos del conductor

Tipo	AL-Ac	
Sección conductor:	95	[mm ²]
Sección portante:	15	[mm ²]
Sección real (S)	110,03	[mm ²]
Diámetro del conductor (d)	13,6	[mm]
Peso del conductor (Pc)	592	[kg/km]
Carga de rotura (T)	3490	[Kg]
Modulo de elasticidad conductor:	5700	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad portante:	18000	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad conjunto:	7700	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación conductor:	0,000011	[1/°C]
Coefficiente de dilatación portante:	0,000011	[1/°C]
Coefficiente de dilatación conjunto:	0,0000189	[1/°C]

Vano normalizado según ETN

Tipo constructivo:	L.M.T-COPLANAR C/CONDUCTOR PROTEGIDO
Vano critico:	90

Condiciones climáticas según ETN 160

ESTADO	T [°C]	Vel. viento [m/s]
1	45	0
2	-10	0
3	15	40,27
4	-5	8,33
5	16	0

Características de conductores según ETN 160

Conductor			
Hipótesis	T [°C]	Tensión Max. Amd A A [daN/mm ²]	Tensión Max. Adm A A [kg/mm ²]
Estado 1	45	11	11,22
Estado 2	-10	10,02	10,22
Estado 3	15	10,81	11,02
Estado 4	-5	10,18	10,38
Estado 5	16	5,98	6,10

Según ETN 160 ítem 3.1.3 para conductores de AL/AC deberá verificarse que la tensión en la temperatura media anual sin carga de viento no sobrepase el valor que resulta de la siguiente expresión:



$$\sigma_{ma} = 5,2 \left(1 + 0,15 \frac{500 - a}{350} \right) daN / mm^2$$

Reemplazando se obtiene:

$$6,11$$

Por lo que verifica las condiciones del ítem 3.1.3

Cargas específicas

Esfuerzo producido por esfuerzo del viento

$$W_c = 0,75 \cdot K \frac{V^2}{16} d \left(0,6 + \frac{80}{a_m} \right) \text{sen} \theta \quad (\text{daN/m})$$

Angulo determinado por el eje del cable y acción del viento:

$$1,57$$

Coefficiente de presión dinámica:

Valor de K conductor de fase

$$k \quad 1,1$$

Resultado	Conductor [daN/m]
Estado 1	0,0000
Estado 2	0,0000
Estado 3	0,1137
Estado 4	0,0049
Estado 5	0,0000

Cargas específicas debida a la acción del viento

Dividiendo los esfuerzos calculados anteriormente por la sección de cada conductor, obtendremos las cargas específicas debida a la acción del viento para cada conductor y en los 5 estados.

Estado	Carga esp. [kg/m.mm ²]
1	0,00000
2	0,00000
3	0,00105
4	0,00005
5	0,00000

Esfuerzo producido por el peso propio

$$g_c = \frac{G}{S} = \frac{kg / m}{mm^2}$$

Esfuerzo sobre el conductor de fase

$$0,0054$$



Esfuerzo total sobre el conductor y hilo de guardia según estado:

Conductor			
Estado	Esfuerzo peso [kg/m.mm ²]	Carga admisible [kg/mm ²]	Relación g/padm [kg/mm ²]
1	0,0054	11,22	0,00048
2	0,0054	10,22	0,00053
3	0,0055	11,02	0,00050
4	0,0054	10,38	0,00052
5	0,0054	6,10	0,00088

Determinación del vano crítico, estado básico y tensión mecánica para el conductor

El vano crítico se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_c = \sqrt{\frac{\alpha / \beta (t_1 - t_2) + p_{1adm} - p_{2adm}}{1 / 24 \beta \left[\frac{g_1^2}{p_{1adm}^2} - \frac{g_2^2}{p_{2adm}^2} \right]}}$$

Donde:

a_c : vano crítico [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al/Ac

β : inversa del módulo de elasticidad para Al/Ac

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

Vano crítico

No se considera el estado de máxima temperatura, ya que dicho estado nunca puede ser el más desfavorable desde el punto de vista de la tensión.

Inversa del módulo de elasticidad: 0,00013

Estado	T [°C]		TENS. AMD [kg/mm ²]		CARGA ESP. [kg/mm ²]		Vano crítico [m]	
	t1	t2	padm1	padm2	g1	g2	real	im
E2:E3	-10	15	10,22	11,02	0,0054	0,00548	0	553,5
E2:E4	-10	-5	10,22	10,38	0,0054	0,00538	0	461,64
E2:E5	-10	16	10,22	6,10	0,0054	0,00538	0	111,51
E3:E4	15	-5	11,02	10,38	0,0055	0,00538	0	586,68
E3:E5	15	16	11,02	6,10	0,0055	0,00538	0	170,25
E4:E5	-5	16	10,38	6,10	0,0054	0,00538	0	125,82

Estado	vano crítico [m]		Resultado	Rel. g/padm		g/padm		vano de calculo		
	real	imag.		1	2	máx./min				
E2	E3	0	553,5	img	0,00053	0,00050	E2	E3	90	E2
E2	E4	0	461,64	img	0,00053	0,00052	E2	E4	90	E2
E2	E5	0	111,51	img	0,00053	0,00088	E5	E2	90	E5
E3	E4	0	586,68	img	0,00050	0,00052	E4	E3	90	E4
E3	E5	0	170,25	img	0,00050	0,00088	E5	E3	90	E5
E4	E5	0	125,82	img	0,00052	0,00088	E5	E4	90	E5



El estado básico seleccionado es el 5

Tensiones mecánicas

Las tensiones mecánicas en cada estado se calculan con la ecuación de estado:

$$p_2^3 - p_2^2 \left(p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta} \right) - \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta} = 0 \leftrightarrow p_2^3 - p_2^2 A - B = 0$$

$$A = p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta};$$

$$B = \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta};$$

Donde:

a : vano de calculo o regulación [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al/Ac

β : inversa del modulo de elasticidad para Al/Ac

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

En esta ecuación los parámetros con subíndice 1 corresponden al estado básico y los otros al estado del cual se quiere la tensión.

Para resolver esta ecuación, la reescribimos igualándola a 0 y usamos la función "buscarobjetivo" de Excel para determinar el valor de la tensión p2

Estado	p	g	T [°C]	a	b	TENSIÓN [KG/MM²]	TRACCIÓN	FLECHA
	kg/mm²	kg/mm²						
1	11,22	0,00538	45	-0,024	73,770	4,19	460,59	1,30
2	10,22	0,00538	-10	7,825	73,770	8,78	966,25	0,62
3	11,02	0,00548	15	4,257	76,601	6,23	685,55	0,89
4	10,38	0,00538	-5	7,112	73,775	8,21	903,00	0,66
5	6,10	0,00538	16	4,115	73,770	6,10	671,00	0,89

estado	TENSIÓN [KG/mm²]	TENSIÓN MAX. [KG/mm²]	¿verifica?
1	4,19	11,22	VERIFICA
2	8,78	10,22	VERIFICA
3	6,23	11,02	VERIFICA
4	8,21	10,38	VERIFICA
5	6,10	6,10	VERIFICA



Calculo geométrico de las estructuras

Datos del sistema			
Tensión nominal	Un=	13,2	kV
vano de calculo o regulación	a=	90	m
velocidad del viento	ws=	40,27	m/s

Conductor

Tipo:		Al- Ac	
Sección nominal Al:		95	mm ²
Diámetro del conductor:	dc	13,6	mm
Peso:	pc	5700	kg/km
Flecha máxima:	fmax	1,30	m
Tiro máximo:	tmax	966,25	kg

Distancias eléctricas y diseño geométrico estructura las estructuras

Cadena doble de aisladores

La cadena de aisladores estará compuesta por 1 aisladores MN 03 según especificaciones técnicas ETN 100, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

Cadena de suspensión	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Aisladores de porcelana MN 03	1	2,7	0,152
Total		2,7	0,152

Cadena simple de aisladores, retención y terminal

La cadena de aisladores estará compuesta por 2 aisladores MN12 según especificaciones técnicas ETN 160, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

Cadena de retención	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Grampa de amarre	1	0,25	0,078
Aisladores de porcelana MN12	2	5,2	0,146
Orbita con oreja	1	0,55	0,06
Gancho con rotula	1	0,415	0,08
Total		11,615	0,364

La longitud de la cadena para el calculo será 0 ya que se encuentra en posición horizontal

Distancia vertical mínima del conductor respecto al nivel del terreno

La ETN 160, especifica las diferentes alturas mínimas del conductor respecto al nivel de suelo, dependiendo de las características de la zona donde cruzara la línea, en nuestro caso atraviesa zona urbana.

Por lo que la altura mínima será: 8,5 [m]



Posición de ménsulas

Altura de la primer ménsula respecto del nivel del suelo:

$$H1 = f + H_{libre} - L_k$$

$$H1 = 9,65 \text{ [m]}$$

Por lo que adoptamos como posición:

$$H1 = 10 \text{ [m]}$$

Altura del poste

Con las alturas de cada ménsula determinada y con la posición del mensulín para el hilo de guardia, teniendo en cuenta además que este se debe enterrar un 10% de su longitud, podemos determinar que la longitud final de nuestro poste de retención, retención angular y retención terminal será:

$$L_{poste} = (10 \text{ [m]}) \times \frac{100}{90} = 11,11 \text{ [m]}$$

por lo que la longitud de nuestro poste será:

$$L_{poste} = 11,2 \text{ [m]}$$

Por razones de seguridad y para ser conservadores, se adoptaran poste de 12 metros de longitud, de esta manera aumentaremos las distancias de seguridad evitando posibles constactos con objetos extraños a la red.

Ademas se adoptara esta altura para todos los tipos de estructuras.

$$H_{pos} = 12 \text{ [m]}$$



Calculo mecánico estructura suspensión

Datos geométricos

Tipo de estructura	Simple poste		
Altura del poste	Hpos:	12	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,2	[m]
Altura Cruceta MN110	H1	10,8	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	90	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	10,43	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador:	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores:	1,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	1,53	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la



línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura		Coeficiente
1	Poste simple:	1,06
2	Poste doble:	-
a)	Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b)	Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3	Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para simple poste

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado		Coeficiente K
Postes tubulares de Ac, H° A° o de madera, de sección circular		0,7
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A°o de madera de sección circular		
1	Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1	Poste expuesto al viento	0,7
1.2	Poste en la sombra del viento	
1.2.1	Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2	Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3	Para $6d_m < a$	0,7
2	Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1	Para $a < 2d_m$	0,8
2.3	Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste		1

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	10,8	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,4	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para: $K= 0,7$

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7
Coeficiente por la presencia de ménsulas , vínculos, etc.:	C:	1,06
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27 [m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90 [°]
Carga del viento:	We:	70,95 [daN/m ²]

Carga del viento máximo perpendicular a la línea: We_{pe} : 72,35 [kg/m²]

Carga del viento máximo paralelo a la línea: We_{pa} : 76,69 [kg/m²]



TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 966,25 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN

Para estructuras de suspensión tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento sobre los conductores:

Fuerza sobre cada conductor: Vc: 10,43 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor 2: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FVc: 31,30 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores: Vcr: 1,53 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FVr: 4,59 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 35,89 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 12 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-a
0,16	0,322	2,60	4,80	188,32	83,61	119,50
0,17	0,332	2,71	4,82	196,13	87,52	123,40
0,205	0,367	3,09	4,89	223,48	101,19	137,08
0,215	0,377	3,20	4,91	231,29	105,10	140,98
0,25	0,412	3,57	4,96	258,64	118,77	154,66
0,26	0,422	3,68	4,97	266,46	122,68	158,57
0,295	0,457	4,06	5,01	293,81	136,35	172,24
0,305	0,467	4,17	5,02	301,62	140,26	176,15
0,34	0,502	4,55	5,05	328,97	153,94	189,82
0,35	0,512	4,65	5,06	336,78	157,84	193,73
0,395	0,557	5,14	5,09	371,95	175,42	211,31
0,43	0,592	5,52	5,11	399,30	189,10	224,98



HIPÓTESIS 1-b:

Carga de viento máximo paralelo a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas: FVs: 4,59 [kg]
Acción del viento sobre poste + elementos de cabecera: We_pa: 76,69 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,16	0,32	2,60	4,80	199,62	88,63	93,21
0,17	0,33	2,71	4,82	207,90	92,77	97,35
0,205	0,37	3,09	4,89	236,89	107,26	111,85
0,215	0,38	3,20	4,91	245,17	111,40	115,99
0,25	0,41	3,57	4,96	274,16	125,90	130,49
0,26	0,42	3,68	4,97	282,44	130,04	134,63
0,295	0,46	4,06	5,01	311,43	144,54	149,12
0,305	0,47	4,17	5,02	319,72	148,68	153,26
0,34	0,50	4,55	5,05	348,71	163,17	167,76
0,35	0,51	4,65	5,06	356,99	167,31	171,90
0,395	0,56	5,14	5,09	394,26	185,95	190,54
0,43	0,59	5,52	5,11	423,25	200,44	205,03

HIPÓTESIS 2-a:

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el 50% del valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]
Tensión máxima conducto de fase: 966,25 [kg]

Fuerza equivalente en la cima debido a conductor de fase: 966,25 [kg]

Diam. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,16	483,12
0,17	483,12
0,205	483,12
0,215	483,12
0,25	483,12
0,26	483,12
0,295	483,12
0,305	483,12



0,34	483,12
0,35	483,12
0,395	483,12
0,43	483,12

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,16	119,50	93,21	483,12
0,17	123,40	97,35	483,12
0,205	137,08	111,85	483,12
0,215	140,98	115,99	483,12
0,25	154,66	130,49	483,12
0,26	158,57	134,63	483,12
0,295	172,24	149,12	483,12
0,305	176,15	153,26	483,12
0,34	189,82	167,76	483,12
0,35	193,73	171,90	483,12
0,395	211,31	190,54	483,12
0,43	224,98	205,03	483,12

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 12 [m]:

Coefficiente de seguridad para 13,2 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.3:

Para cargas normales:	2,5	u.
Para cargas extraordinarias:	2	u.

Poste seleccionado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,205	[m]
Diámetro base:	0,385	[m]
Carga rotura:	1050	[kg]
Peso:	1499,500	[kg]
N° postes:	1	

Poste seleccionado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1200	[kg]
Peso:	1953,000	[kg]
N° postes:	1	



Calculo mecánico estructura retención

Datos geométricos

Tipo de estructura	Triple poste		
Altura del poste	Hpos:	12	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,2	[m]
Altura libre (altura mensulín):	HL	10,8	[m]
Altura Cruceta MN 110:	H1	10,8	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	90	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	10,43	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	2,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	3,06	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ :Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un



factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura		Coeficiente
1	Poste simple:	1,06
2	Poste doble:	-
a)	Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b)	Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3	Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para poste triples.

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado		Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A° de madera de sección circular		
1	Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1	Poste expuesto al viento	0,7
1.2	Poste en la sombra del viento	
1.2.1	Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2	Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3	Para $6d_m < a$	0,7
2	Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1	Para $a < 2d_m$	0,8
2.3	Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste		1

Donde:

a : distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

dm : diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	10,8	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,4	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:

Puesto expuesto al viento:

$$K = 0,7$$



Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas , vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa1:	75,21	[daN/m ²]

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa2:	75,21	[daN/m ²]

La resultante es: We_pa: 76,66 [kg/m²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coefficiente de velocidad (según tablan N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,34	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]

Carga del viento: We_pe: 95,07 [daN/m²]

La resultante es: We_pe: 96,91 [kg/m²]

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES E HILOS DE GUARDIA

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 966,25 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN

Para estructuras de retención tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento sobre los conductores:



Fuerza sobre cada conductor: V_c : 10,43 [kg]
 Altura de la acción de la fuerza conductor: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FV_c : 31,30 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores: V_{cr} : 3,06 [kg]
 Altura de la acción de la fuerza conductor: 10,8 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FV_r : 9,17 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 40,47 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 12 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,16	0,322	2,60	4,80	504,48	223,98
0,17	0,332	2,71	4,82	525,42	234,45
0,205	0,367	3,09	4,89	598,68	271,08
0,215	0,377	3,20	4,91	619,62	281,55
0,25	0,412	3,57	4,96	692,88	318,18
0,26	0,422	3,68	4,97	713,81	328,65
0,295	0,457	4,06	5,01	787,08	365,28
0,305	0,467	4,17	5,02	808,01	375,75
0,34	0,502	4,55	5,05	881,28	412,38
0,35	0,512	4,65	5,06	902,21	422,85
0,395	0,557	5,14	5,09	996,41	469,95
0,43	0,592	5,52	5,11	1069,67	506,58

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x): 0 [kg]
 Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):

Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160): 8 u.

Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):

Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160): 2 u.



La ecuación para calcular la resultante en la cima es:

$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,16	0,00	40,47	223,98	0,00	0,00	187,00
0,17	0,00	40,47	234,45	0,00	0,00	194,40
0,205	0,00	40,47	271,08	0,00	0,00	220,30
0,215	0,00	40,47	281,55	0,00	0,00	227,70
0,25	0,00	40,47	318,18	0,00	0,00	253,61
0,26	0,00	40,47	328,65	0,00	0,00	261,01
0,295	0,00	40,47	365,28	0,00	0,00	286,91
0,305	0,00	40,47	375,75	0,00	0,00	294,31
0,34	0,00	40,47	412,38	0,00	0,00	320,22
0,35	0,00	40,47	422,85	0,00	0,00	327,62
0,395	0,00	40,47	469,95	0,00	0,00	360,92
0,43	0,00	40,47	506,58	0,00	0,00	386,82

HIPÓTESIS 1-b: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores considerados actuando en el eje de la estructura.

Altura de la cima del poste: hL: 10,8 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 40,47 [kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0,00 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,16	0,322	2,60	4,80	504,48	223,98
0,17	0,332	2,71	4,82	525,42	234,45
0,205	0,367	3,09	4,89	598,68	271,08
0,215	0,377	3,20	4,91	619,62	281,55
0,25	0,412	3,57	4,96	692,88	318,18
0,26	0,422	3,68	4,97	713,81	328,65
0,295	0,457	4,06	5,01	787,08	365,28
0,305	0,467	4,17	5,02	808,01	375,75
0,34	0,502	4,55	5,05	881,28	412,38
0,35	0,512	4,65	5,06	902,21	422,85
0,395	0,557	5,14	5,09	996,41	469,95
0,43	0,592	5,52	5,11	1069,67	506,58



Dos tercios de las tracciones máximas de los cables

Tracción sobre conductor de fase:	966,25	[kg]
2/3 tracción sobre conductor de fase:	644,16	[kg]
Altura libre:	10,8	[m]
Altura ménsula:	10,8	[m]
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (x-x):	966,25	[kg]
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

Diam. Cima	Viento cables + aisladores (x-x)	Viento cables + aisladores (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-b
0,16	0,00	40,47	223,98	966,25	0,00	179,09
0,17	0,00	40,47	234,45	966,25	0,00	182,99
0,205	0,00	40,47	271,08	966,25	0,00	197,12
0,215	0,00	40,47	281,55	966,25	0,00	201,28
0,25	0,00	40,47	318,18	966,25	0,00	216,21
0,26	0,00	40,47	328,65	966,25	0,00	220,57
0,295	0,00	40,47	365,28	966,25	0,00	236,11
0,305	0,00	40,47	375,75	966,25	0,00	240,62
0,34	0,00	40,47	412,38	966,25	0,00	256,63
0,35	0,00	40,47	422,85	966,25	0,00	261,25
0,395	0,00	40,47	469,95	966,25	0,00	282,35
0,43	0,00	40,47	506,58	966,25	0,00	299,01

HIPÓTESIS 2-a: cargas extraordinarias

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste:	hL:	10,8	[m]
Tracción sobre conductor de fase superior:		966,25	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior:		966,25	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x):		966,25	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (y-y):		0	[kg]



Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

$$341,62 \quad [\text{kg}]$$

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,16	187,00	179,09	341,62
0,17	194,40	182,99	341,62
0,205	220,30	197,12	341,62
0,215	227,70	201,28	341,62
0,25	253,61	216,21	341,62
0,26	261,01	220,57	341,62
0,295	286,91	236,11	341,62
0,305	294,31	240,62	341,62
0,34	320,22	256,63	341,62
0,35	327,62	261,25	341,62
0,395	360,92	282,35	341,62
0,43	386,82	299,01	341,62

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 12 [m]:

Coefficiente de seguridad para 132 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales:	2,50	u.
Para cargas extraordinarias:	2,00	u.

Poste calculado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,16	[m]
Diámetro base:	0,377	[m]
Carga rotura:	750	[kg]
Peso:	1232	[kg]
Cant. Postes:	2	

Poste adoptado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1200	[kg]
Peso:	1953	[kg]
Cant. Postes:	2	



Calculo mecánico estructura retención terminal

Datos geométricos

Tipo de estructura	Doble poste		
Altura del poste	Hpos:	12	[m]
porcentaje del poste que va enterrado		10	%
tramo del poste que va enterrado	e:	1,2	[m]
Altura libre (altura mensulín):	HL	10,8	[m]
altura ménsula 3 (inferior)	H3	10,8	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	90	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	10,43	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	2,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores	3,06	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We, el área proyectada del poste, y la ecuación de



equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica W_{ee} , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura	Coeficiente
1 Poste simple:	1,06
2 Poste doble:	-
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3 Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para poste doble

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado	Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A°o de madera de sección circular	
1 Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1 Poste expuesto al viento	0,7
1.2 Poste en la sombra del viento	
1.2.1 Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2 Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3 Para $6d_m < a$	0,7
2 Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1 Para $a < 2d_m$	0,8
2.3 Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste	1

Donde:

a : distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

d_m : diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	10,8	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,4	[m]
Separación de postes en la cima	0,3	[m]
Separación entre postes por metro de longitud	4	[cm/m]
Separación entre los postes a media altura:	0,516	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Para la longitud del poste seleccionada, el fabricante ofrece 6 diámetros distintos, con diferentes cargas de rotura, para seleccionar el mas adecuado se realizara el proceso para los 6 diámetros



Diámetro de cima	diámetro a media altura	separación entre ejes
0,305	0,386	0,708
0,35	0,431	0,753
0,36	0,441	0,763
0,39	0,471	0,793
0,395	0,476	0,798
0,44	0,521	0,843

Coefficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:

Puesto expuesto al viento: $K = 0,7$

Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,06$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]

Carga del viento: $We_{pa1}: 75,21$ [daN/m²]

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,06$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]

Carga del viento: $We_{pa2}: 75,21$ [daN/m²]

La resultante es: $We_{pa}: 76,66$ [kg/m²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,34$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]

Carga del viento: $We_{pe}: 95,07$ [daN/m²]

La resultante es: $We_{pe}: 96,91$ [kg/m²]



TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 966,25 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN TERMINAL

Para estructuras terminales tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Tracciones unilaterales de los conductores

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste:	hL:	10,8	[m]
Acción del viento sobre los conductores:			
Fuerza sobre cada conductor:	Vc:	10,43	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor:		10,8	[m]
Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y)	FVc:	31,30	[kg]
Acción del viento sobre cadena de aisladores:			
Fuerza sobre cada cadena de aisladores:	Vcr:	3,06	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor 3:		10,8	[m]
Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y)	FVr:	9,17	[kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y):		40,47	[kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x):		0	[kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 12 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,16	0,322	2,60	4,80	504,48	223,98
0,17	0,332	2,71	4,82	525,42	234,45
0,205	0,367	3,09	4,89	598,68	271,08
0,215	0,377	3,20	4,91	619,62	281,55
0,25	0,412	3,57	4,96	692,88	318,18
0,26	0,422	3,68	4,97	713,81	328,65
0,295	0,457	4,06	5,01	787,08	365,28
0,305	0,467	4,17	5,02	808,01	375,75
0,34	0,502	4,55	5,05	881,28	412,38
0,35	0,512	4,65	5,06	902,21	422,85
0,395	0,557	5,14	5,09	996,41	469,95
0,43	0,592	5,52	5,11	1069,67	506,58



Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x):	1449,37	[kg]
Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):		
Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160):	8	u.
Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):		
Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160):	2	u.

La ecuación para calcular la resultante en la cima es:

$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,16	0,00	40,47	223,98	1449,37	0,00	545,48
0,17	0,00	40,47	234,45	1449,37	0,00	548,06
0,205	0,00	40,47	271,08	1449,37	0,00	557,78
0,215	0,00	40,47	281,55	1449,37	0,00	560,74
0,25	0,00	40,47	318,18	1449,37	0,00	571,75
0,26	0,00	40,47	328,65	1449,37	0,00	575,07
0,295	0,00	40,47	365,28	1449,37	0,00	587,28
0,305	0,00	40,47	375,75	1449,37	0,00	590,93
0,34	0,00	40,47	412,38	1449,37	0,00	604,25
0,35	0,00	40,47	422,85	1449,37	0,00	608,21
0,395	0,00	40,47	469,95	1449,37	0,00	626,77
0,43	0,00	40,47	506,58	1449,37	0,00	642,04

HIPÓTESIS 2-a:

Carga normal según Hipótesis 1-a sin carga de viento

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor

Altura de la cima del poste:	hL:	10,8	[m]
------------------------------	-----	------	-----



Tracción sobre conductor de fase superior:	966,25	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior:	966,25	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x):	966,25	[kg]

De esta forma concluimos que el conductor cuya tracción produce mayor momento es el superior. La tracción unilateral actuara sobre el eje de la línea (dirección x-x), siendo la resultante nula en la dirección perpendicular (y-y).

Fuerza resultante en dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Fuerza resultante en dirección a la línea (x-x):

Fuerza de tracción del conductor de fase: 966,25 [kg]

Fuerza en la cima debido a los otros conductores de fase (x-x)

Altura de la acción de la fuerza conductor: 10,8 [m]

Fuerza equivalente (x-x): 1932,49 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura por tracción de conductores

En dirección al eje de la línea (x-x): 1932,49 [kg]

En dirección al eje de la línea (y-y): 0 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

683,24 [kg]

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 2-a
0,16	545,48	683,24
0,17	548,06	683,24
0,205	557,78	683,24
0,215	560,74	683,24
0,25	571,75	683,24
0,26	575,07	683,24
0,295	587,28	683,24
0,305	590,93	683,24
0,34	604,25	683,24
0,35	608,21	683,24
0,395	626,77	683,24
0,43	642,04	683,24



Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 12 [m]:

Coefficiente de seguridad para 132 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales:	2,5	u.
Para cargas extraordinarias:	2	u.

Poste calculado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1500	[kg]
Peso:	1991,8	[kg]
Cant. Postes:	2	

Poste adoptado:

Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	12	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,43	[m]
Carga rotura:	1500	[kg]
Peso:	1991,8	[kg]
Cant. Postes:	2	



Anexo III.c

Calculo mecánico disposición LINE POST con conductor desnudo



Cálculo mecánico de los conductores

A continuación se presentan todos los datos necesarios para el cálculo mecánico del conductor de transmisión de potencia.

Datos del conductor

Tipo	AL-Ac	
Sección nominal del conductor:	95	[mm ²]
Sección nominal portante:	15,00	[mm ²]
Sección real (S)	110,03	[mm ²]
Diámetro del conductor (d)	13,6	[mm]
Peso del conductor (Pc)	380	[kg/km]
Carga de rotura (T)	3558	[Kg]
Modulo de elasticidad conductor:	5700	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad portante:	18000	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad conjunto:	7700	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación conductor:	0,000011	[1/°C]
Coefficiente de dilatación portante:	0,000011	[1/°C]
Coefficiente de dilatación conjunto:	0,0000189	[1/°C]

Vano normalizado según ETN

Tipo de estructura:	L.M.T-LINEPOST
Vano crítico:	60

Condiciones climáticas según ETN 160

ESTADO	T [°C]	Vel. viento [m/s]
1	45	0
2	-10	0
3	15	40,27
4	-5	8,33
5	16	0

Características de conductores según ETN 160

Conductor			
Hipótesis	T [°C]	Tensión Max. Amd AlAl [daN/mm ²]	Tensión Max. Adm AlAl [kg/mm ²]
Estado 1	45	11	11,22
Estado 2	-10	10,02	10,22
Estado 3	15	10,81	11,02
Estado 4	-5	10,18	10,38
Estado 5	16	5,98	6,10

Según ETN 160 ítem 3.1.3 para conductores de AL/AC deberá verificarse que la tensión en la temperatura media anual sin carga de viento no sobrepase el valor que resulta de la siguiente expresión:



$$\sigma_{ma} = 5,2 \left(1 + 0,15 \frac{500 - a}{350} \right) daN / mm^2$$

Reemplazando se obtiene:

$$6,180571429$$

Por lo que verifica las condiciones del ítem 3.1.3

Cargas específicas

Esfuerzo producido por esfuerzo del viento

$$W_c = 0,75 \cdot K \frac{V^2}{16} d \left(0,6 + \frac{80}{a_m} \right) \text{sen} \theta \quad (\text{daN/m})$$

Angulo determinado por el eje del cable y acción del viento:

$$1,57079633$$

Coefficiente de presión dinámica:

Valor de K conductor de fase

$$k \quad 1,1$$

Resultado	Conductor [daN/m]
Estado 1	0
Estado 2	0
Estado 3	0,1137
Estado 4	0,0049
Estado 5	0

Cargas específicas debida a la acción del viento

Dividiendo los esfuerzos calculados anteriormente por la sección de cada conductor, obtendremos las cargas específicas debida a la acción del viento para cada conductor y en los 5 estados.

Estado	Carga esp. [kg/m.mm ²]
1	0
2	0
3	0,00105
4	0,00005
5	0

Esfuerzo producido por el peso propio

$$g_c = \frac{G}{S} = \frac{kg / m}{mm^2}$$

Esfuerzo sobre el conductor de fase

$$0,0035$$



Esfuerzo total sobre el conductor y hilo de guardia según estado:

Conductor			
Estado	Esfuerzo peso [kg/m.mm ²]	Carga admisible [kg/mm ²]	Relación g/padm [kg/mm ²]
1	0,0035	11,22	0,00031
2	0,0035	10,22	0,00034
3	0,0036	11,02	0,00033
4	0,0035	10,38	0,00033
5	0,0035	6,10	0,00057

Determinación del vano crítico, estado básico y tensión mecánica para el conductor

El vano crítico se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_c = \sqrt{\frac{\alpha / \beta (t_1 - t_2) + P_{1adm} - P_{2adm}}{1 / 24 \beta \left[\frac{g_1^2}{P_{1adm}^2} - \frac{g_2^2}{P_{2adm}^2} \right]}}$$

Donde:

a_c : vano crítico [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al/Ac

β : inversa del módulo de elasticidad para Al/Ac

t_i : temperatura

P_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

Vano crítico

No se considera el estado de máxima temperatura, ya que dicho estado nunca puede ser el más desfavorable desde el punto de vista de la tensión.

Inversa del módulo de elasticidad: 0,000132439

Estado	T [°C]		TENS. AMD [kg/mm ²]		CARGA ESP. [kg/mm ²]		Vano crítico [m]	
	t1	t2	padm1	padm2	g1	g2	real	im
E2:E3	-10	15	10,22	11,02	0,00345	0,00361	0	1414,7
E2:E4	-10	-5	10,22	10,38	0,00345	0,00345	0	886,76
E2:E5	-10	16	10,22	6,10	0,00345	0,00345	0	79,4
E3:E4	15	-5	11,02	10,38	0,00361	0,00345	0	1807,6
E3:E5	15	16	11,02	6,10	0,00361	0,00345	0	266,89
E4:E5	-5	16	10,38	6,10	0,00345	0,00345	0	139,52

Estado	vano crítico [m]		Resultado	Rel. g/padm		g/padm		vano de calculo		
	real	imag.		1	2	máx./min				
E2	E3	0	1414,7	img	0,000338	0,000328	E2	E3	60	E2
E2	E4	0	886,76	img	0,000338	0,000333	E2	E4	60	E2
E2	E5	0	79,4	img	0,000338	0,000566	E5	E2	60	E5
E3	E4	0	1807,6	img	0,000328	0,000333	E4	E3	60	E4
E3	E5	0	266,89	img	0,000328	0,000566	E5	E3	60	E5
E4	E5	0	139,52	img	0,000333	0,000566	E5	E4	60	E5



El estado básico seleccionado es el 5

Tensiones mecánicas

Las tensiones mecánicas en cada estado se calculan con la ecuación de estado:

$$p_2^3 - p_2^2 \left(p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta} \right) - \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta} = 0 \leftrightarrow p_2^3 - p_2^2 A - B = 0$$

$$A = p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta};$$

$$B = \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta};$$

Donde:

a : vano de calculo o regulación [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al/Ac

β : inversa del modulo de elasticidad para Al/Ac

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

En esta ecuación los parámetros con subíndice 1 corresponden al estado básico y los otros al estado del cual se quiere la tensión.

Para resolver esta ecuación, la reescribimos igualándola a 0 y usamos la función "buscarobjetivo" de Excel para determinar el valor de la tensión p_2

Estado	p	g	T [°C]	a	b	TENSIÓN [KG/MM²]	TRACCIÓN	FLECHA
	kg/mm²	kg/mm²						
1	11,22	0,00345	45	1,60	13,51	3,05	335,52	0,51
2	10,22	0,00345	-10	9,45	13,51	9,59	1055,44	0,16
3	11,02	0,00361	15	5,88	14,77	6,26	688,26	0,26
4	10,38	0,00345	-5	8,73	13,51	8,90	979,53	0,17
5	6,10	0,00345	16	5,74	13,51	6,10	671,00	0,25

estado	TENSIÓN [KG/mm²]	TENSIÓN MAX. [KG/mm²]	¿verifica?
1	3,05	11,22	VERIFICA
2	9,59	10,22	VERIFICA
3	6,26	11,02	VERIFICA
4	8,90	10,38	VERIFICA
5	6,10	6,10	VERIFICA



Calculo geométrico de las estructura

Datos del sistema			
Tensión nominal	Un=	13,2	kV
vano de calculo o regulación	a=	60	m
velocidad del viento	ws=	40,27	m/s

Conductor

Tipo:		Al-Ac	
Sección nominal Al:		95	mm ²
Diámetro del conductor:	dc	13,6	mm
Peso:	pc	380	kg/km
Flecha máxima:	fmax	0,51	m
Tiro máximo:	tmax	1055,44	kg

Distancias eléctricas y diseño geométrico estructuras

Cadena simple de aisladores, suspensión

La cadena de aisladores estará compuesta por 1 aisladores MN 04 según especificaciones técnicas ETN 100, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

Cadena de suspensión	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Aisladores de porcelana MN 04	1	6	0,25
Total		6	0,25

Cadena simple de aisladores, retención y terminal

La cadena de aisladores estará compuesta por 2 aisladores MN12 según especificaciones técnicas ETN 160, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

Cadena de retención	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Grampa de amarre	1	0,25	0,078
Aisladores de porcelana MN12	2	5,2	0,146
Orbita con oreja	1	0,55	0,06
Gancho con rotula	1	0,415	0,08
Total		11,615	0,364

La longitud de la cadena para el calculo será 0 ya que se encuentra en posición horizontal

Distancia vertical mínima del conductor respecto al nivel del terreno

La ETN 160, especifica las diferentes alturas mínimas del conductor respecto al nivel de suelo, dependiendo de las características de la zona donde cruzara la línea, en nuestro caso atraviesa zona rural.

Por lo que la altura mínima será: 8,5 [m]



Posición de ménsulas

Altura del primer conductor respecto del nivel del suelo:

$$H1 = f + H_{libre} - L_k$$
$$H1 = 9,01 \text{ [m]}$$

Por lo que adoptamos como posición:

$$H1 = 9,10 \text{ [m]}$$

Altura del segundo conductor respecto del nivel del suelo:

$$H1 = 10,18 \text{ [m]}$$

Altura del tercer conductor respecto del nivel del suelo:

$$H1 = 11,26 \text{ [m]}$$

Altura del poste

Con las alturas de cada ménsula determinada y con la posición del mensulín para el hilo de guardia, teniendo en cuenta además que este se debe enterrar un 10% de su longitud, podemos determinar que la longitud final de nuestro poste de retención, retención angular y retención terminal será:

$$L_{poste} = 11,26 \text{ [m]} \times \frac{100}{90} = 12,6 \text{ [m]}$$

por lo que la longitud de nuestro poste será:

$$L_{poste} = 13 \text{ [m]}$$

Adoptaremos postes de 13 [m] de longitud, cumpliendo de esta manera con la reglamentación de la E.P.E., a diferencia de los casos anteriores no se adopta mayor altura por la disposición de los conductores, ya que no posee ménsula. Dicha altura será adoptada para las diferentes estructuras



Calculo mecánico estructura suspensión

Datos geométricos

Tipo de estructura	Simple poste		
Altura del poste	Hpos:	13	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,3	[m]
Altura libra:		11,7	
Altura conductor R:	H1	9,1	[m]
Altura conductor S:	H2:	10,18	
Altura conductor T:	H3:	11,26	

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	60	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	6,96	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador:	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores:	3,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	4,59	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se



procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura	Coeficiente
1 Poste simple:	1,06
2 Poste doble:	-
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3 Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para simple poste

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado	Coeficiente K
Postes tubulares de Ac, H° A° o de madera, de sección circular	0,7
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A°o de madera de sección circular	
1 Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1 Poste expuesto al viento	0,7
1.2 Poste en la sombra del viento	
1.2.1 Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2 Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3 Para $6d_m < a$	0,7
2 Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1 Para $a < 2d_m$	0,8
2.3 Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste	1

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	11,7	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,85	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]
Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para:	K= 0,7	

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K: 0,7
Coeficiente por la presencia de ménsulas , vínculos, etc.:	C: 1,06
Velocidad del viento máximo:	V: 40,27 [m/s]
Angulo de acción del viento:	θ : 90 [°]
Carga del viento:	We: 70,95 [daN/m ²]



Carga del viento máximo perpendicular a la línea: We_{pe} : 72,35 [kg/m²]
Carga del viento máximo paralelo a la línea: We_{pa} : 76,69 [kg/m²]

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 1055,44 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN

Para estructuras de suspensión tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste: hL : 11,7 [m]

Acción del viento sobre los conductores:

Fuerza sobre cada conductor: Vc : 6,96 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor R: 9,1 [m]

Altura de la acción de la fuerza conductor S: 10,18

Altura de la acción de la fuerza conductor T: 11,26

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FVc : 18,16 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores: Vcr : 4,59 [kg]

Altura de la acción de la fuerza conductor R: 9,1 [m]

Altura de la acción de la fuerza conductor S: 10,18 [m]

Altura de la acción de la fuerza conductor T: 11,26 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FVr : 11,97 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 30,13 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 13 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-a
0,19	0,3655	3,25	5,23	235,12	105,18	135,31
0,205	0,3805	3,43	5,27	247,82	111,53	141,66



0,235	0,4105	3,78	5,32	273,21	124,23	154,36
0,245	0,4205	3,89	5,34	281,68	128,46	158,59
0,25	0,4255	3,95	5,34	285,91	130,58	160,70
0,295	0,4705	4,48	5,40	324,00	149,62	179,75
0,305	0,4805	4,60	5,41	332,47	153,85	183,98
0,34	0,5155	5,00	5,45	362,10	168,67	198,80
0,35	0,5255	5,12	5,46	370,56	172,90	203,03
0,38	0,5555	5,47	5,48	395,96	185,60	215,73

HIPÓTESIS 1-b:

Carga de viento máximo paralelo a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas: FVs: 11,97 [kg]

Acción del viento sobre poste + elementos de cabecera: We_pa: 76,69 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,19	0,366	3,25	5,23	249,23	111,49	123,46
0,205	0,381	3,43	5,27	262,69	118,22	130,19
0,235	0,411	3,78	5,32	289,61	131,68	143,65
0,245	0,421	3,89	5,34	298,58	136,17	148,14
0,25	0,426	3,95	5,34	303,07	138,41	150,38
0,295	0,471	4,48	5,40	343,44	158,60	170,57
0,305	0,481	4,60	5,41	352,42	163,09	175,06
0,34	0,516	5,00	5,45	383,82	178,79	190,76
0,35	0,526	5,12	5,46	392,80	183,27	195,25
0,38	0,556	5,47	5,48	419,72	196,73	208,71

HIPÓTESIS 2-a:

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el 50% del valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]

Tensión máxima conducto de fase: 1055,44 [kg]

Fuerza equivalente en la cima debido a conductor de fase R: 820,89 [kg]

Fuerza equivalente en la cima debido a conductor de fase S: 918,32 [kg]

Fuerza equivalente en la cima debido a conductor de fase T: 1015,74 [kg]



Diam. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,19	507,87
0,205	507,87
0,235	507,87
0,245	507,87
0,25	507,87
0,295	507,87
0,305	507,87
0,34	507,87
0,35	507,87
0,38	507,87

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,19	135,31	123,46	507,87
0,205	141,66	130,19	507,87
0,235	154,36	143,65	507,87
0,245	158,59	148,14	507,87
0,25	160,70	150,38	507,87
0,295	179,75	170,57	507,87
0,305	183,98	175,06	507,87
0,34	198,80	190,76	507,87
0,35	203,03	195,25	507,87
0,38	215,73	208,71	507,87

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 13 [m]:

Coeficiente de seguridad para 13,2 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.3:

Para cargas normales:	2,5	u.
Para cargas extraordinarias:	2	u.

Poste calculado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L.	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	13	[m]
Diámetro cima:	0,205	[m]
Diámetro base:	0,4	[m]
Carga rotura:	1100	[kg]
Peso:	1744,5	[kg]
N° postes:	1	



Poste seleccionado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L.	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	13	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,445	[m]
Carga rotura:	1200	[kg]
Peso:	2294,5	[kg]
N° postes:	1	



Calculo mecánico estructura retención

Datos geométricos

Tipo de estructura		Triple poste	
Altura del poste	Hpos:	13	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,3	[m]
Altura libre (altura mensulín):	HL	11,7	[m]
Altura conductor R:		9,1	[m]
Altura conductor S:		10,18	
Altura conductor T:		11,26	

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:		60	[m]
Carga del viento sobre cada conductor		0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor		6,96	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	3,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	4,59	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado



Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura	Coeficiente
1 Poste simple:	1,06
2 Poste doble:	-
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3 Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para poste triples.

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado	Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A°o de madera de sección circular	
1 Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1 Poste expuesto al viento	0,7
1.2 Poste en la sombra del viento	
1.2.1 Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2 Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3 Para $6d_m < a$	0,7
2 Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1 Para $a < 2d_m$	0,8
2.3 Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste	1

Donde:

a : distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

dm : diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	11,7	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,85	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:

Puesto expuesto al viento:

$$K = 0,7$$



Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa1:	75,205	[daN/m ²]

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa2:	75,21	[daN/m ²]

La resultante es: We_pa: 76,66 [kg/m²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coefficiente de velocidad (según tablan N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]

Carga del viento: We_pe: 75,21 [daN/m²]

La resultante es: We_pe: 76,66 [kg/m²]

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase: 1055,44 [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN

Para estructuras de retención tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]



Acción del viento sobre los conductores:

Fuerza sobre cada conductor:	Vc:	6,96	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor R:		9,1	[m]
Altura de la acción de la fuerza conductor S:		10,18	[m]
Altura de la acción de la fuerza conductor T:		11,26	[m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FVc: 18,16 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores:	Vcr:	4,59	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor R:		9,10	[m]
Altura de la acción de la fuerza conductor S:		10,18	[m]
Altura de la acción de la fuerza conductor T:		11,26	[m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FVr: 11,97 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 30,13 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 13 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,19	0,366	3,25	5,23	230,56	103,14
0,205	0,381	3,43	5,27	243,01	109,36
0,235	0,411	3,78	5,32	267,91	121,82
0,245	0,421	3,89	5,34	276,21	125,97
0,25	0,426	3,95	5,34	280,36	128,04
0,295	0,471	4,48	5,40	317,72	146,72
0,305	0,481	4,60	5,41	326,02	150,87
0,34	0,516	5,00	5,45	355,07	165,40
0,35	0,526	5,12	5,46	363,37	169,55
0,38	0,556	5,47	5,48	388,28	182,00

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x): 0 [kg]

Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):

Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160): 1 u.

Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):

Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160): 1 u.



La ecuación para calcular la resultante en la cima es:

$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,19	0,00	30,13	103,14	0,00	0,00	133,27
0,205	0,00	30,13	109,36	0,00	0,00	139,49
0,235	0,00	30,13	121,82	0,00	0,00	151,95
0,245	0,00	30,13	125,97	0,00	0,00	156,10
0,25	0,00	30,13	128,04	0,00	0,00	158,17
0,295	0,00	30,13	146,72	0,00	0,00	176,85
0,305	0,00	30,13	150,87	0,00	0,00	181,00
0,34	0,00	30,13	165,40	0,00	0,00	195,53
0,35	0,00	30,13	169,55	0,00	0,00	199,68
0,38	0,00	30,13	182,00	0,00	0,00	212,13

HIPÓTESIS 1-b: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores considerados actuando en el eje de la estructura.

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 30,13 [kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0,00 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,19	0,366	3,25	5,23	230,56	103,14
0,205	0,381	3,43	5,27	243,01	109,36
0,235	0,411	3,78	5,32	267,91	121,82
0,245	0,421	3,89	5,34	276,21	125,97
0,25	0,426	3,95	5,34	280,36	128,04
0,295	0,471	4,48	5,40	317,72	146,72
0,305	0,481	4,60	5,41	326,02	150,87
0,34	0,516	5,00	5,45	355,07	165,40



0,35	0,526	5,12	5,46	363,37	169,55
0,38	0,556	5,47	5,48	388,28	182,00

Dos tercios de las tracciones máximas de los cables

Tracción sobre conductor de fase:	1055,44	[kg]
2/3 tracción sobre conductor de fase:	703,62	[kg]
Altura conductor T:	11,26	[m]
Altura conductor S:	10,18	[m]
Altura conductor R:	9,10	
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (x-x):	918,32	[kg]
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

Diam. Cima	Viento cables + aisladores (x-x)	Viento cables + aisladores (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-b
0,19	0,00	30,13	103,14	918,32	0,00	927,94
0,205	0,00	30,13	109,36	918,32	0,00	928,85
0,235	0,00	30,13	121,82	918,32	0,00	930,80
0,245	0,00	30,13	125,97	918,32	0,00	931,49
0,25	0,00	30,13	128,04	918,32	0,00	931,84
0,295	0,00	30,13	146,72	918,32	0,00	935,19
0,305	0,00	30,13	150,87	918,32	0,00	935,99
0,34	0,00	30,13	165,40	918,32	0,00	938,90
0,35	0,00	30,13	169,55	918,32	0,00	939,78
0,38	0,00	30,13	182,00	918,32	0,00	942,50

HIPÓTESIS 2-a: cargas extraordinarias

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste:	hL:	11,7	[m]
Tracción sobre conductor de fase superior:		1055,44	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior:		1015,74	[kg]



Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x): 1015,74 [kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (y-y): 0 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

1015,74 [kg]

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,19	133,27	927,94	1015,74
0,205	139,49	928,85	1015,74
0,235	151,95	930,80	1015,74
0,245	156,10	931,49	1015,74
0,25	158,17	931,84	1015,74
0,295	176,85	935,19	1015,74
0,305	181,00	935,99	1015,74
0,34	195,53	938,90	1015,74
0,35	199,68	939,78	1015,74
0,38	212,13	942,50	1015,74

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 13 [m]:

Coefficiente de seguridad para 132 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales: 2,50 u.
Para cargas extraordinarias: 2,00 u.

Poste calculado:

Fabricante: Mástil S.A
Tipo: H° A° sección circular
Conicidad: 1,5 [cm/m]
Altura: 13 [m]
Diámetro cima: 0,295 [m]
Diámetro base: 0,421 [m]
Carga rotura: 2400 [kg]
Peso: 2868 [kg]
Cant. Postes: 1



Poste calculado:

Fabricante:	Mástil S.A
Tipo:	H° A° sección circular
Conicidad:	1,5 [cm/m]
Altura:	13 [m]
Diámetro cima:	0,295 [m]
Diámetro base:	0,49 [m]
Carga rotura:	3000 [kg]
Peso:	2868 [kg]
Cant. Postes:	1



Calculo mecánico estructura retención terminal

Datos geométricos

Tipo de estructura	Simple poste		
Altura del poste	Hpos:	13	[m]
porcentaje del poste que va enterrado		10	%
tramo del poste que va enterrado	e:	1,3	[m]
Altura libre:	HL	11,7	[m]
altura ménsula 1 (inferior):	H1	9,1	[m]
altura ménsula 2 (medio):	H2	10,18	[m]
altura ménsula 3 (superior):	H3	11,26	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	50	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,12	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	5,80	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	2,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores	3,06	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la



línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura		Coeficiente
1	Poste simple:	1,06
2	Poste doble:	-
	a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
	b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3	Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para poste doble

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado		Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A° de madera de sección circular		
1	Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1	Poste expuesto al viento	0,7
1.2	Poste en la sombra del viento	
1.2.1	Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2	Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3	Para $6d_m < a$	0,7
2	Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1	Para $a < 2d_m$	0,8
2.3	Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste		1

Donde:

a : distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

dm : diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	11,7	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,85	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:

Puesto expuesto al viento: $K = 0,7$

Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]

Carga del viento:	We _{pa1} :	75,21	[daN/m ²]
-------------------	---------------------	-------	-----------------------

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coefficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]

Carga del viento	We _{pa2} :	75,21	[daN/m ²]
Carga del viento máximo perpendicular a la línea	We _{pe} :	76,66	
La resultante es:	We _{pa} :	81,26	[kg/m ²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coefficiente de velocidad (según tablan N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coefficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]

Carga del viento:	We _{pe} :	75,21	[daN/m ²]
-------------------	--------------------	-------	-----------------------

La resultante es:	We _{pe} :	76,66	[kg/m ²]
-------------------	--------------------	-------	----------------------

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase:	1055,44	[kg]
Tensión al 60%:	633,26	[kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN TERMINAL

Para estructuras terminales tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.
Tracciones unilaterales de los conductores



Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste:	hL:	11,7	[m]
Acción del viento sobre los conductores:			
Fuerza sobre cada conductor:	Vc:	5,80	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor R:		9,1	[m]
Altura de la acción de la fuerza conductor S:		10,18	
Altura de la acción de la fuerza conductor T:		11,26	

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FVc: 15,13 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:			
Fuerza sobre cada cadena de aisladores:	Vcr:	3,06	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor R:		9,1	[m]
Altura de la acción de la fuerza conductor S:		10,18	
Altura de la acción de la fuerza conductor T:		11,26	

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FVr: 7,98 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y):	23,11	[kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x):	0	[kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 13 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,19	0,37	3,25	5,23	230,56	103,14
0,205	0,38	3,43	5,27	243,01	109,36
0,235	0,41	3,78	5,32	267,91	121,82
0,245	0,42	3,89	5,34	276,21	125,97
0,25	0,43	3,95	5,34	280,36	128,04
0,295	0,47	4,48	5,40	317,72	146,72
0,305	0,48	4,60	5,41	326,02	150,87
0,34	0,52	5,00	5,45	355,07	165,40
0,35	0,53	5,12	5,46	363,37	169,55
0,38	0,56	5,47	5,48	388,28	182,00

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x):	826,49	[kg]
Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):



Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160):	1	u.
Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):		
Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160):	1	u.

La ecuación para calcular la resultante en la cima es:

$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,19	0,00	23,11	103,14	826,49	0,00	836,07
0,205	0,00	23,11	109,36	826,49	0,00	837,04
0,235	0,00	23,11	121,82	826,49	0,00	839,10
0,245	0,00	23,11	125,97	826,49	0,00	839,82
0,25	0,00	23,11	128,04	826,49	0,00	840,20
0,295	0,00	23,11	146,72	826,49	0,00	843,76
0,305	0,00	23,11	150,87	826,49	0,00	844,60
0,34	0,00	23,11	165,40	826,49	0,00	847,71
0,35	0,00	23,11	169,55	826,49	0,00	848,65
0,38	0,00	23,11	182,00	826,49	0,00	851,56

HIPÓTESIS 2-a:

Carga normal según Hipótesis 1-a sin carga de viento.

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor

Altura de la cima del poste:	hL:	11,7	[m]
Tracción sobre conductor de fase superior:		1015,74	[kg]

Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior: 1015,74 [kg]

Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x): 1015,74 [kg]

De esta forma concluimos que el conductor cuya tracción produce mayor momento es el superior. La tracción unilateral actúa sobre el eje de la línea (dirección x-x), siendo la resultante nula en la dirección perpendicular (y-y).



Fuerza resultante en dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Fuerza resultante en dirección a la línea (x-x):

Fuerza de tracción del conductor de fase: 633,26 [kg]

Fuerza en la cima debido a los otros conductores de fase (x-x)

Altura de la acción de la fuerza conductor S: 9,1 [m]

Altura de la acción de la fuerza conductor R: 10,18

Altura de la acción de la fuerza conductor T: 11,26

Fuerza equivalente (x-x): 1043,53 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura por tracción de conductores

En dirección al eje de la línea (x-x): 1043,53 [kg]

En dirección al eje de la línea (y-y): 0 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

1043,53 [kg]

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 2-a
0,19	836,07	1043,53
0,205	837,04	1043,53
0,235	839,10	1043,53
0,245	839,82	1043,53
0,25	840,20	1043,53
0,295	843,76	1043,53
0,305	844,60	1043,53
0,34	847,71	1043,53
0,35	848,65	1043,53
0,38	851,56	1043,53

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 13 [m]:

Coeficiente de seguridad para 132 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales: 2,5 u.

Para cargas extraordinarias: 2 u.



Poste calculado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	13	[m]
Diámetro cima:	0,295	[m]
Diámetro base:	0,49	[m]
Carga rotura:	2200	[kg]
Peso:	2801	[kg]
Cant. Postes:	1	

Poste seleccionado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	13	[m]
Diámetro cima:	0,295	[m]
Diámetro base:	0,49	[m]
Carga rotura:	3000	[kg]
Peso:	2801	[kg]
Cant. Postes:	1	



Anexo III.d

Calculo mecánico disposición COMPACTA con conductor protegido



Cálculo mecánico de los conductores

A continuación se presentan todos los datos necesarios para el cálculo mecánico de los diferentes conductores que tendrá la línea.

Datos del conductor

Tipo	AL	
Sección nominal del conductor:	95	[mm ²]
Sección nominal portante:	-	[mm ²]
Sección real (S)	95	[mm ²]
Diámetro del conductor (d)	11,6	[mm]
Peso del conductor (Pc)	260	[kg/km]
Carga de rotura (T)	2699	[Kg]
Modulo de elasticidad conductor:	5700	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad portante:	-	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad conjunto:	5700	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación conductor:	0,000023	[1/°C]
Coefficiente de dilatación portante:	-	[1/°C]
Coefficiente de dilatación conjunto:	0,000023	[1/°C]

Vano normalizado según ETN

Tipo de estructura:	L.M.T-Compacta
Vano critico:	55

Condiciones climáticas según ETN 160

ESTADO	T [°C]	Vel. viento [m/s]
1	45	0
2	-10	0
3	15	40,27
4	-5	8,33
5	16	0

Características de conductores según ETN 160

Conductor			
Hipótesis	T [°C]	Tensión Max. Amd A A [daN/mm ²]	Tensión Max. Adm A A [kg/mm ²]
Estado 1	45	14	14,28
Estado 2	-10	11,72	11,95
Estado 3	15	12,65	12,90
Estado 4	-5	11,91	12,15
Estado 5	16	4,4	4,49

Según ETN 160 ítem 3.1.3 para conductores de AL deberá verificarse que la tensión en la temperatura media anual sin carga de viento no sobrepase el valor que resulta de la siguiente expresión:



$$\sigma_{ma} = 5,2 \left(1 + 0,15 \frac{500 - a}{350} \right) daN / mm^2$$

Reemplazando se obtiene:

$$6,19$$

Por lo que verifica las condiciones del ítem 3.1.3

Cargas específicas

Esfuerzo producido por esfuerzo del viento

$$W_c = 0,75 \cdot K \frac{V^2}{16} d \left(0,6 + \frac{80}{a_m} \right) \text{sen} \theta \quad (\text{daN/m})$$

Angulo determinado por el eje del cable y acción del viento: 1,57

Coefficiente de presión dinámica:

Valor de K conductor de fase k 1,2

Resultado	Conductor [daN/m]
Estado 1	0
Estado 2	0
Estado 3	0,10581
Estado 4	0,00453
Estado 5	0

Cargas específicas debida a la acción del viento

Dividiendo los esfuerzos calculados anteriormente por la sección de cada conductor, obtendremos las cargas específicas debida a la acción del viento para cada conductor y en los 5 estados.

Estado	Carga esp. [kg/m.mm ²]
1	0
2	0
3	0,00114
4	0,00005
5	0

Esfuerzo producido por el peso propio

$$g_c = \frac{G}{S} = \frac{kg / m}{mm^2}$$

Esfuerzo sobre el conductor de fase 0,0027



Esfuerzo total sobre el conductor y hilo de guardia según estado:

Conductor			
Estado	Esfuerzo peso [kg/m.mm ²]	Carga admisible [kg/mm ²]	Relación g/padm [kg/mm ²]
1	0,0027	14,28	0,00019
2	0,0027	11,95	0,00023
3	0,0030	12,90	0,00023
4	0,0027	12,15	0,00023
5	0,0027	4,49	0,00061

Determinación del vano crítico, estado básico y tensión mecánica para el conductor

El vano crítico se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_c = \sqrt{\frac{\alpha / \beta (t_1 - t_2) + p_{1adm} - p_{2adm}}{1 / 24 \beta \left[\frac{g_1^2}{p_{1adm}^2} - \frac{g_2^2}{p_{2adm}^2} \right]}}$$

Donde:

a_c : vano crítico [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al

β : inversa del módulo de elasticidad para Al

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

Vano crítico

No se considera el estado de máxima temperatura, ya que dicho estado nunca puede ser el más desfavorable desde el punto de vista de la tensión.

Inversa del módulo de elasticidad: 0,000178909

Estado	T [°C]		TENS. AMD [kg/mm ²]		CARGA ESP. [kg/mm ²]		Vano crítico [m]	
	t1	t2	padm1	padm2	g1	g2	real	im
E2:E3	-10	15	11,95	12,90	0,00274	0,00296	7400,9	0
E2:E4	-10	-5	11,95	12,15	0,00274	0,00274	0	1478,3
E2:E5	-10	16	11,95	4,49	0,00274	0,00274	0	235,34
E3:E4	15	-5	12,90	12,15	0,00296	0,00274	2692,4	0
E3:E5	15	16	12,90	4,49	0,00296	0,00274	0	333,8
E4:E5	-5	16	12,15	4,49	0,00274	0,00274	0	257,45

Estado	vano crítico [m]		Resultado	Rel. g/padm		g/padm		vano de calculo		
	real	imag.		1	2	máx./min				
E2	E3	7400,9	0	real	0,00023	0,00023	E3	E2	55	E2
E2	E4	0	1478,3	img	0,00023	0,00023	E2	E4	55	E2
E2	E5	0	235,34	img	0,00023	0,00061	E5	E2	55	E5
E3	E4	2692,4	0	real	0,00023	0,00023	E3	E4	55	E4
E3	E5	0	333,8	img	0,00023	0,00061	E5	E3	55	E5
E4	E5	0	257,45	img	0,00023	0,00061	E5	E4	55	E5



El estado básico seleccionado es el 5

Tensiones mecánicas

Las tensiones mecánicas en cada estado se calculan con la ecuación de estado:

$$p_2^3 - p_2^2 \left(p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta} \right) - \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta} = 0 \leftrightarrow p_2^3 - p_2^2 A - B = 0$$

$$A = p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta};$$

$$B = \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta};$$

Donde:

a : vano de calculo o regulación [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Al

β : inversa del modulo de elasticidad para Al

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

En esta ecuación los parámetros con subíndice 1 corresponden al estado básico y los otros al estado del cual se quiere la tensión.

Para resolver esta ecuación, la reescribimos igualándola a 0 y usamos la función "buscarobjetivo" de Excel para determinar el valor de la tensión p_2

Estado	p	g	T [°C]	a	b	TENSIÓN [KG/MM²]	TRACCIÓN	FLECHA
	kg/mm²	kg/mm²						
1	14,28	0,00274	45	0,50	5,28	1,92	182,72	0,54
2	11,95	0,00274	-10	7,57	5,28	7,66	727,46	0,14
3	12,90	0,00296	15	4,35	6,19	6,58	624,80	0,17
4	12,15	0,00274	-5	6,92	5,28	7,03	668,29	0,15
5	4,49	0,00274	16	4,22	5,28	4,49	426,27	0,23

estado	TENSIÓN [KG/mm²]	TENSIÓN MAX. [KG/mm²]	¿verifica?
1	1,92	14,28	VERIFICA
2	7,66	11,95	VERIFICA
3	6,58	12,90	VERIFICA
4	7,03	12,15	VERIFICA
5	4,49	4,49	VERIFICA



Datos del portante

Tipo	Ac	
Sección nominal del portante:	35	[mm ²]
Sección real (S)	34,37	[mm ²]
Diámetro del conductor (d)	7,5	[mm]
Peso del conductor (Pc)	280	[kg/km]
Carga de rotura (T)	3920	[Kg]
Modulo de elasticidad conductor:	20000	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad portante:	-	[daN/mm ²]
Modulo de elasticidad conjunto:	20000	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación conductor:	0,000011	[1/°C]
Coefficiente de dilatación portante:	-	[1/°C]
Coefficiente de dilatación conjunto:	0,000011	[1/°C]

Vano normalizado según ETN

Tipo de estructura:	L.M.T-Compacta
Vano crítico:	55

Condiciones climáticas según ETN 160

ESTADO	T [°C]	Vel. viento [m/s]
1	45	0
2	-10	0
3	15	40,27
4	-5	8,33
5	16	0

Características del portante según ETN 160

Portante			
Hipótesis	T [°C]	Tensión Max. Amd A A [daN/mm ²]	Tensión Max. Adm A A [kg/mm ²]
Estado 1	45	28	28,55
Estado 2	-10	28	28,55
Estado 3	15	28	28,55
Estado 4	-5	28	28,55
Estado 5	16	16	16,32

Según ETN 160 ítem 3.1.3 para conductores de Ac deberá verificarse que la tensión en la temperatura media anual sin carga de viento no sobrepase el valor que resulta de la siguiente expresión:

$$\sigma_{ma} = 5,2 \left(1 + 0,15 \frac{500 - a}{350} \right) daN / mm^2$$

Reemplazando se obtiene:

$$6,19$$

Por lo que verifica las condiciones del ítem 3.1.3



Cargas específicas

Esfuerzo producido por esfuerzo del viento

$$W_c = 0,75 \cdot K \frac{V^2}{16} d \left(0,6 + \frac{80}{a_m} \right) \text{sen} \theta \quad (\text{daN/m})$$

Angulo determinado por el eje del cable y acción del viento: 1,57
Coeficiente de presión dinámica:
Valor de K conductor de fase k 1,2

Resultado	Conductor [daN/m]
Estado 1	0
Estado 2	0
Estado 3	0,0684
Estado 4	0,0029
Estado 5	0

Cargas específicas debida a la acción del viento

Dividiendo los esfuerzos calculados anteriormente por la sección de cada conductor, obtendremos las cargas específicas debida a la acción del viento para cada conductor y en los 5 estados.

Estado	Carga esp. [kg/m.mm ²]
1	0
2	0
3	0,00203
4	0,00009
5	0

Esfuerzo producido por el peso propio

$$g_c = \frac{G}{S} = \frac{\text{kg/m}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo sobre el conductor de fase 0,016

Esfuerzo total sobre el portador según estado:

Portador			
Estado	Esfuerzo peso [kg/m.mm ²]	Carga admisible [kg/mm ²]	Relación g/padm [kg/mm ²]
1	0,01636	28,55	0,00057
2	0,01636	28,55	0,00057
3	0,01648	28,55	0,00058
4	0,01636	28,55	0,00057
5	0,01636	16,32	0,00100



Determinación del vano crítico, estado básico y tensión mecánica para el conductor

El vano crítico se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_c = \sqrt{\frac{\alpha / \beta (t_1 - t_2) + p_{1adm} - p_{2adm}}{1/24\beta \left[\frac{g_1^2}{p_{1adm}^2} - \frac{g_2^2}{p_{2adm}^2} \right]}}$$

Donde:

a_c : vano crítico [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Ac

β : inversa del módulo de elasticidad para Ac

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

Vano crítico

No se considera el estado de máxima temperatura, ya que dicho estado nunca puede ser el más desfavorable desde el punto de vista de la tensión.

Inversa del módulo de elasticidad: 5,09892E-05

Estado	T [°C]		TENS. AMD [kg/mm ²]		CARGA ESP. [kg/mm ²]		Vano crítico [m]	
	t1	t2	padm1	padm2	g1	g2	real	im
E2:E3	-10	15	28,55	28,55	0,01636	0,01648	1142,8	0
E2:E4	-10	-5	28,55	28,55	0,01636	0,01636	11944	0
E2:E5	-10	16	28,55	16,32	0,01636	0,01636	0	109,47
E3:E4	15	-5	28,55	28,55	0,01648	0,01636	1023,1	0
E3:E5	15	16	28,55	16,32	0,01648	0,01636	0	147,98
E4:E5	-5	16	28,55	16,32	0,01636	0,01636	0	118,05

Estado	vano crítico [m]		Resultado	Rel. g/padm		g/padm		vano de calculo	
	real	imag.		1	2	máx./min			
E2 E3	1142,8	0	real	0,00057	0,00058	E3	E2	55	E2
E2 E4	11944	0	real	0,00057	0,00057	E4	E2	55	E2
E2 E5	0	109,47	img	0,00057	0,00100	E5	E2	55	E5
E3 E4	1023,1	0	real	0,00058	0,00057	E3	E4	55	E4
E3 E5	0	147,98	img	0,00058	0,00100	E5	E3	55	E5
E4 E5	0	118,05	img	0,00057	0,00100	E5	E4	55	E5

El estado básico seleccionado es el 5



Tensiones mecánicas

Las tensiones mecánicas en cada estado se calculan con la ecuación de estado:

$$p_2^3 - p_2^2 \left(p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta} \right) - \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta} = 0 \leftrightarrow p_2^3 - p_2^2 A - B = 0$$

$$A = p_1 - \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - \frac{a^2 g_1^2}{24 p_1^2 \beta};$$

$$B = \frac{a^2 g_2^2}{24 \beta};$$

Donde:

a : vano de calculo o regulación [m]

α : coeficiente de dilatación lineal para Ac

β : inversa del modulo de elasticidad para Ac

t_i : temperatura

p_{adm} : tensión máxima admisible según ETN 160

g_i : carga específica total

En esta ecuación los parámetros con subíndice 1 corresponden al estado básico y los otros al estado del cual se quiere la tensión.

Para resolver esta ecuación, la reescribimos igualándola a 0 y usamos la función "buscarobjetivo" de Excel para determinar el valor de la tensión p_2

Estado	p	g	T [°C]	a	b	TENSIÓN [KG/MM ²]	TRACCIÓN	FLECHA
	kg/mm ²	kg/mm ²						
1	28,55	0,01636	45	7,58	661,38	12,10	415,75	0,51
2	28,55	0,01636	-10	19,44	661,38	20,95	720,00	0,30
3	28,55	0,01648	15	14,05	671,57	16,51	567,50	0,38
4	28,55	0,01636	-5	18,36	661,40	20,01	687,88	0,31
5	16,32	0,01636	16	13,83	661,38	16,32	560,80	0,38

estado	TENSIÓN [KG/mm ²]	TENSIÓN MAX. [KG/mm ²]	¿verifica?
1	12,10	28,55	VERIFICA
2	20,95	28,55	VERIFICA
3	16,51	28,55	VERIFICA
4	20,01	28,55	VERIFICA
5	16,32	16,32	VERIFICA



Calculo geométrico de las estructuras

Datos del sistema			
Tensión nominal	Un=	13,2	kV
vano de calculo o regulación	a=	55	m
velocidad del viento	ws=	40,27	m/s

Conductor

Tipo:		Al	
Sección nominal Al:		95	mm ²
Diámetro del conductor:	dc	11,6	mm
Peso:	pc	260	kg/km
Flecha máxima:	fmax	0,54	m
Tiro máximo:	tmax	727,46	kg

Portante

Tipo:		Ac	
Sección nominal Al:		35	mm ²
Diámetro del conductor:	dc	7,5	mm
Peso:	pc	280	kg/km
Flecha máxima:	fmax	0,51	m
Tiro máximo:	tmax	720,00	kg

Distancias eléctricas y diseño geométrico de las estructuras

Cadena simple de aisladores, estructura suspensión

La cadena de aisladores estará compuesta por 1 aisladores MN 03 según especificaciones técnicas ETN 100, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

Cadena de suspensión	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Separador	1	0,45	0,355
Ménsula L o C	1	3,5	0,2
Total		3,95	0,555

Cadena simple de aisladores, estructura retención y terminal

La cadena de aisladores estará compuesta por 2 aisladores MN12 según especificaciones técnicas ETN 160, serán de cerámica.

Esta esta compuesta por:

cadena de retención	cantidad	peso [kg]	longitud [m]
Aislador orgánico (MN 11C)	3	0,94	0,35
Ménsula auxiliar para retención (MN 880)	1	2	0,063
Brazo tipo C (MN 875)	1	3,5	0,464
Horquilla de retención (MN 226)	3	0,2	0,065
Total		8,92	1,772

La longitud de la cadena para el calculo será 0 ya que se encuentra en posición horizontal



Distancia vertical mínima del conductor respecto al nivel del terreno

La ETN 160, especifica las diferentes alturas mínimas del conductor respecto al nivel de suelo, dependiendo de las características de la zona donde cruzara la línea, en nuestro caso atraviesa zona urbana

Por lo que la altura mínima será: 8,5 [m]

Posición de ménsulas

Altura de la primer ménsula respecto del nivel del suelo:

$$H1 = f + H_{libre} - L_k$$
$$H1 = 9,59 \text{ [m]}$$

Por lo que adoptamos como posición:

$$H1 = 10 \text{ [m]}$$

Altura del poste

Con las alturas de cada ménsula determinada y con la posición del mensulín para el hilo de guardia, teniendo en cuenta además que este se debe enterrar un 10% de su longitud, podemos determinar que la longitud final de nuestro poste de retención, retención angular y retención terminal será:

$$L_{poste} = 10[m] \times \frac{100}{90} = 11,111111 \text{ [m]}$$

Por lo que la longitud de nuestro poste será:

$$L_{poste} = 11,5 \text{ [m]}$$

Finalmente, como la longitud de la cadena de las estructuras de retención y terminal es 0 ya que se encuentran horizontalmente, podemos adoptar la misma altura para todos los tipos de estructuras. Se adoptaran postes de 13 [m] de altura, aumentando las distancias eléctricas mejorando la seguridad respecto a otros puntos extraños a la línea

$$H_{pos}: 13 \text{ [m]}$$



Calculo mecánico estructura suspensión

Datos geométricos

Tipo de estructura		Simple poste	
Altura del poste	Hpos:	13	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,3	[m]
Altura MN860	H1	11,1	[m]
Altura libre:		11,7	

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:		55	[m]
Carga del viento sobre cada conductor		0,11	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor		5,93	[kg]
Carga del viento sobre portante		0,07	[kg/m]
Carga del viento sobre el portante para el vano:		3,84	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador:	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores:	1,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	1,53	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado



Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor W_e , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica W_{ee} , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura	Coeficiente
1 Poste simple:	1,06
2 Poste doble:	-
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3 Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para simple poste

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado	Coeficiente K
Postes tubulares de Ac, H° A° o de madera, de sección circular	0,7
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A°o de madera de sección circular	
1 Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1 Poste expuesto al viento	0,7
1.2 Poste en la sombra del viento	
1.2.1 Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2 Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3 Para $6d_m < a$	0,7
2 Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1 Para $a < 2d_m$	0,8
2.3 Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste	1

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	11,1	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno	5,55	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para: K= 0,7

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7
Coeficiente por la presencia de ménsulas , vínculos, etc.:	C:	1,06
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27 [m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90 [°]



Carga del viento:	We:	70,95	[daN/m ²]
Carga del viento máximo perpendicular a la línea:	We_pe:	72,35	[kg/m ²]
Carga del viento máximo paralelo a la línea:	We_pa:	76,69	[kg/m ²]

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre el portante:	720,00	[kg]
Tensión máxima sobre cada conductor:	727,46	[kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN

Para estructuras de suspensión tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste:	hL:	11,7	[m]
Acción del viento sobre los conductores:			
Fuerza sobre cada conductor:	Vc:	5,93	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor:		11,1	[m]
Acción del viento sobre el portante:			
Fuerza sobre el portante:	Vp:	3,84	[kg]
Altura de la acción de la fuerza:		11,1	[m]
Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y)	FVc:	20,52	[kg]
Acción del viento sobre cadena de aisladores:			
Fuerza sobre cada cadena de aisladores:	Vcr:	1,53	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor:		11,1	[m]
Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y)	FVr:	1,45	[kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y):		21,97	[kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x):		0	[kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 13 [m]:



Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-a
0,19	0,366	3,25	5,23	235,12	105,18	127,15
0,205	0,381	3,43	5,27	247,82	111,53	133,50
0,235	0,411	3,78	5,32	273,21	124,23	146,20
0,245	0,421	3,89	5,34	281,68	128,46	150,43
0,25	0,426	3,95	5,34	285,91	130,58	152,55
0,295	0,471	4,48	5,40	324,00	149,62	171,60
0,305	0,481	4,60	5,41	332,47	153,85	175,83
0,34	0,516	5,00	5,45	362,10	168,67	190,64
0,35	0,526	5,12	5,46	370,56	172,90	194,88
0,38	0,556	5,47	5,48	395,96	185,60	207,57

HIPÓTESIS 1-b:

Carga de viento máximo paralelo a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas: FVs: 1,45 [kg]
Acción del viento sobre poste + elementos de cabecera: We_pa: 76,69 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,19	0,366	3,25	5,23	249,23	111,49	112,94
0,205	0,381	3,43	5,27	262,69	118,22	119,67
0,235	0,411	3,78	5,32	289,61	131,68	133,13
0,245	0,421	3,89	5,34	298,58	136,17	137,62
0,25	0,426	3,95	5,34	303,07	138,41	139,86
0,295	0,471	4,48	5,40	343,44	158,60	160,05
0,305	0,481	4,60	5,41	352,42	163,09	164,54
0,34	0,516	5,00	5,45	383,82	178,79	180,24
0,35	0,526	5,12	5,46	392,80	183,27	184,73
0,38	0,556	5,47	5,48	419,72	196,73	198,19

HIPÓTESIS 2-a:

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el 50% del valor máximo de tensión del conductor
Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]
Tensión máxima conducto de fase: 720,00 [kg]



Fuerza equivalente en la cima debido a conductor de fase: 720,00 [kg]

Diam. Cima	F total Hipótesis 1-b
0,19	360,00
0,205	360,00
0,235	360,00
0,245	360,00
0,25	360,00
0,295	360,00
0,305	360,00
0,34	360,00
0,35	360,00
0,38	360,00

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,19	127,15	112,94	360,00
0,205	133,50	119,67	360,00
0,235	146,20	133,13	360,00
0,245	150,43	137,62	360,00
0,25	152,55	139,86	360,00
0,295	171,60	160,05	360,00
0,305	175,83	164,54	360,00
0,34	190,64	180,24	360,00
0,35	194,88	184,73	360,00
0,38	207,57	198,19	360,00

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 13 [m]:

Coefficiente de seguridad para 13,2 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.3:

Para cargas normales: 2,5 u.
Para cargas extraordinarias: 2 u.

Poste calculado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L.
Tipo:	H° A° sección circular
Conicidad:	1,5 [cm/m]
Altura:	13 [m]
Diámetro cima:	0,19 [m]
Diámetro base:	0,385 [m]
Carga rotura:	750 [kg]
Peso:	1400,800 [kg]
N° postes:	1



Poste adoptado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L.	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	13	[m]
Diámetro cima:	0,25	[m]
Diámetro base:	0,445	[m]
Carga rotura:	1200	[kg]
Peso:	2294,5	[kg]
N° postes:	1	



Calculo mecánico estructura retención

Datos geométricos

Tipo de estructura		Triple poste	
Altura del poste	Hpos:	13	[m]
Porcentaje del poste que va enterrado		10	%
Tramo del poste que va enterrado	e:	1,3	[m]
Altura libre:	HL	11,7	[m]
Altura Cruceta MN 110:	H1	11,1	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:		55	[m]
Carga del viento sobre cada conductor		0,11	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor		5,93	[kg]
Carga del viento sobre el portante		0,07	[kg/m]
Carga del viento sobre el portante en el vano		3,84	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	2,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores:	3,06	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{daN}{m^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ : Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de



superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura		Coeficiente
1	Poste simple:	1,06
2	Poste doble:	-
	a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
	b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3	Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para poste simple.
Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado		Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A°o de madera de sección circular		
1	Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1	Poste expuesto al viento	0,7
1.2	Poste en la sombra del viento	
1.2.1	Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2	Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3	Para $6d_m < a$	0,7
2	Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1	Para $a < 2d_m$	0,8
2.3	Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste		1

Donde:

a: distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

dm: diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Los datos a tener en cuenta son:

Altura de los postes sobre el terreno:	11,7	[m]
Mitad de la altura de los postes sobre el terreno:	5,85	[m]
Conicidad de los postes:	1,5	[cm/m]

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:



Puesto expuesto al viento: $K = 0,7$

Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,06$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]
 Carga del viento: $We_{pa1}: 75,205$ [daN/m²]

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,06$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]
 Carga del viento: $We_{pa2}: 75,21$ [daN/m²]

La resultante es: $We_{pa}: 76,66$ [kg/m²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coeficiente de velocidad (según tablan N° 8 ETN 160): $K: 0,7$
 Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.: $C: 1,06$
 Velocidad del viento máximo: $V: 40,27$ [m/s]
 Angulo de acción del viento: $\theta: 90$ [°]

Carga del viento: $We_{pe}: 75,21$ [daN/m²]

La resultante es: $We_{pe}: 76,66$ [kg/m²]

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre el portante: $727,46$ [kg]
 Tensión máxima sobre cada conductor de fase: $720,00$ [kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN

Para estructuras de retención tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerza resultante de las tracciones de ambos conductores.

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)



Altura de la cima del poste:	hL:	11,7	[m]
Acción del viento sobre los conductores:			
Fuerza sobre cada conductor:	Vc:	5,93	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor:		11,1	[m]
Acción del viento sobre el portante:			
Fuerza sobre el portante:	Vp:	3,84	[kg]
Altura de la acción de la fuerza:		11,1	[m]
Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y)	FVc:	20,52	[kg]
Acción del viento sobre cadena de aisladores:			
Fuerza sobre cada cadena de aisladores:	Vcr:	3,06	[kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor:		11,1	[m]
Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y)	FVr:	8,70	[kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y):		29,23	[kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x):		0	[kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 13 [m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,19	0,366	3,25	5,23	230,56	103,14
0,205	0,381	3,43	5,27	243,01	109,36
0,235	0,411	3,78	5,32	267,91	121,82
0,245	0,421	3,89	5,34	276,21	125,97
0,25	0,426	3,95	5,34	280,36	128,04
0,295	0,471	4,48	5,40	317,72	146,72
0,305	0,481	4,60	5,41	326,02	150,87
0,34	0,516	5,00	5,45	355,07	165,40
0,35	0,526	5,12	5,46	363,37	169,55
0,38	0,556	5,47	5,48	388,28	182,00

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x):	0	[kg]
Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):		
Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160):	1	u.
Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):		



Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160): 1 u.

La ecuación para calcular la resultante en la cima es:

$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,19	0,00	29,23	103,14	0,00	0,00	132,37
0,205	0,00	29,23	109,36	0,00	0,00	138,59
0,235	0,00	29,23	121,82	0,00	0,00	151,04
0,245	0,00	29,23	125,97	0,00	0,00	155,19
0,25	0,00	29,23	128,04	0,00	0,00	157,27
0,295	0,00	29,23	146,72	0,00	0,00	175,95
0,305	0,00	29,23	150,87	0,00	0,00	180,10
0,34	0,00	29,23	165,40	0,00	0,00	194,62
0,35	0,00	29,23	169,55	0,00	0,00	198,77
0,38	0,00	29,23	182,00	0,00	0,00	211,23

HIPÓTESIS 1-b: cargas normales

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores considerados actuando en el eje de la estructura.

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y):

De los cálculos de la hipótesis 1-a podemos extraer los siguientes resultados:

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 29,23 [kg]
Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0,00 [kg]

Diam. Cima	Diam. Base	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,19	0,366	3,25	5,23	230,56	103,14
0,205	0,381	3,43	5,27	243,01	109,36
0,235	0,411	3,78	5,32	267,91	121,82
0,245	0,421	3,89	5,34	276,21	125,97
0,25	0,426	3,95	5,34	280,36	128,04
0,295	0,471	4,48	5,40	317,72	146,72
0,305	0,481	4,60	5,41	326,02	150,87



0,34	0,516	5,00	5,45	355,07	165,40
0,35	0,526	5,12	5,46	363,37	169,55
0,38	0,556	5,47	5,48	388,28	182,00

Dos tercios de las tracciones máximas de los cables

Tracción sobre conductor de fase:	727,46	[kg]
Tracción sobre el portante:	720,00	
2/3 tracción sobre conductor de fase y tiro flojo:	242,49	[kg]
2/3 tracción sobre conductor de fase:	480,00	
Altura libre:	11,7	[m]
Altura ménsula :	11,1	[m]
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (x-x):	572,77	[kg]
Fuerza de tracción equivalente en la cima de la estructura (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

Diam. Cima	Viento cables + aisladores (x-x)	Viento cables + aisladores (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-b
0,19	0,00	29,23	103,14	572,77	0,00	587,86
0,205	0,00	29,23	109,36	572,77	0,00	589,30
0,235	0,00	29,23	121,82	572,77	0,00	592,35
0,245	0,00	29,23	125,97	572,77	0,00	593,42
0,25	0,00	29,23	128,04	572,77	0,00	593,97
0,295	0,00	29,23	146,72	572,77	0,00	599,18
0,305	0,00	29,23	150,87	572,77	0,00	600,41
0,34	0,00	29,23	165,40	572,77	0,00	604,93
0,35	0,00	29,23	169,55	572,77	0,00	606,28
0,38	0,00	29,23	182,00	572,77	0,00	610,47

HIPÓTESIS 2-a: cargas extraordinarias

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Altura de la cima del poste:	hL:	11,7	[m]
Tracción sobre conductor de fase superior:		720,00	[kg]



Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior:	683,07	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x):	683,07	[kg]
Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

683,07 [kg]

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 1-b	F. total Hipótesis 2-a
0,19	132,37	587,86	683,07
0,205	138,59	589,30	683,07
0,235	151,04	592,35	683,07
0,245	155,19	593,42	683,07
0,25	157,27	593,97	683,07
0,295	175,95	599,18	683,07
0,305	180,10	600,41	683,07
0,34	194,62	604,93	683,07
0,35	198,77	606,28	683,07
0,38	211,23	610,47	683,07

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 13 [m]:

Coefficiente de seguridad para 132 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales:	2,50	u.
Para cargas extraordinarias:	2,00	u.

Poste calculado:

Fabricante:	Mástil S.A
Tipo:	H° A° sección circular
Conicidad:	1,5 [cm/m]
Altura:	13 [m]
Diámetro cima:	0,245 [m]
Diámetro base:	0,44 [m]
Carga rotura:	1500 [kg]
Peso:	2044 [kg]
Cant. Postes:	1



Poste calculado:

Fabricante:	Mástil S.A
Tipo:	H° A° sección circular
Conicidad:	1,5 [cm/m]
Altura:	13 [m]
Diámetro cima:	0,245 [m]
Diámetro base:	0,44 [m]
Carga rotura:	1800 [kg]
Peso:	2086 [kg]
Cant. Postes:	1



Calculo mecánico estructura retención terminal

Datos geométricos

tipo de estructura	Triple poste		
Altura del poste	Hpos:	13	[m]
porcentaje del poste que va enterrado		10	%
tramo del poste que va enterrado	e:	1,3	[m]
Altura libre (altura mensulín):	HL	11,7	[m]
altura ménsula 3 (inferior)	H3	11,1	[m]

Acción del viento sobre los conductores

Longitud del vano critico:	55	[m]
Carga del viento sobre cada conductor	0,11	[kg/m]
Carga del viento sobre un conductor	5,93	[kg]
Carga del viento sobre el portante	0,07	[kg/m]
En toda la longitud del vano:	3,84	[kg]

Acción del viento sobre la cadena de aisladores

La carga del viento sobre un aislador se la determina mediante la TABLA N° 2 de la ETN 160, la cual presentamos a continuación:

Velocidad [km/h]	esfuerzo sobre c/ aislador [daN]
30	0,1
72	0,5
145	1,5

Por lo que el esfuerzo del viento sobre una cadena de aisladores es:

Carga del viento sobre un aislador	1,53	[kg]
Cantidad de aisladores	3,00	u.
Carga del viento sobre la cadena de aisladores	4,59	[kg]

Acción del viento sobre la estructura

Para determinar el esfuerzo del viento sobre la estructura, la ETN 160, en el ítem 7.3.1 nos da la expresión que debemos utilizar, la cual es:

$$We = k \times \frac{V^2}{16} \times \text{sen } \theta \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2} \right]$$

Donde:

V: velocidad del viento en m/s

k: coeficiente de velocidad, según TABLA N°8 de ETN 160

θ: Angulo determinado por la dirección del viento, y el plano que contiene el elemento de superficie considerado

Además debemos considerar los efectos del viento sobre las ménsulas y los vínculos, para ello se



procede de acuerdo con el ítem 7.3.3 de la ETN 160. esta consideración se obtiene aplicando un factor o coeficiente dado por tabla sobre el valor calculado del tiro equivalente en la cima de la línea.

El tiro equivalente se obtiene con el valor We , el área proyectada del poste, y la ecuación de equilibrio de momentos en la base. A fines prácticos, aplicamos el coeficiente a la carga específica Wee , y luego calculamos el tiro equivalente con el área proyectada del poste, cuando se planteen las hipótesis de carga.

Estructura	Coeficiente
1 Poste simple:	1,06
2 Poste doble:	-
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	1,34
b) Plano de la estructura paralelo ala dirección del viento	1,06
3 Poste triple:	1,27

En el caso presente, se utilizaran los coeficientes para poste doble

Coeficiente de velocidad según la TABLA N° 8, ETN 160:

Elemento considerado	Coeficiente K
Postes dobles de caños tubulares de Ac, de H°A°o de madera de sección circular	
1 Viento paralelo al plano de la estructura:	
1.1 Poste expuesto al viento	0,7
1.2 Poste en la sombra del viento	
1.2.1 Para $a < 2d_m$ (1)	0
1.2.2 Para $6d_m \leq a \leq 2d_m$	0,35
1.2.3 Para $6d_m < a$	0,7
2 Viento perpendicular al plano de la estructura, para cada uno de los postes	
2.1 Para $a < 2d_m$	0,8
2.3 Para $2d_m \leq a$	0,7
Postes triples. En cualquier dirección y por cada poste	1

Donde:

a : distancia que separa los ejes de ambos postes, medida en la mitad de la altura de los mismos sobre el terreno

dm : diámetro medio del poste, medido en la mitad de la altura sobre el terreno

Coeficiente de velocidad según tabla N° 8 para:

Viento paralelo a la estructura:

Puesto expuesto al viento: $K = 0,7$

Carga por viento máximo en dirección paralela a la línea:

CARGA DE VIENTO SOBRE EL POSTE EXPUESTO AL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160): $K = 0,7$



Coeficiente por la presencia de ménsulas , vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa1:	75,205	[daN/m ²]

CARGA DEL VIENTO SOBRE EL POSTE A LA SOMBRA DEL VIENTO:

Coeficiente de velocidad (según tabla N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pa2:	75,21	[daN/m ²]
La resultante es:	We_pa:	76,66	[kg/m ²]

Carga por viento máximo en dirección perpendicular a la línea:

Coeficiente de velocidad (según tablan N° 8 ETN 160):	K:	0,7	
Coeficiente por la presencia de ménsulas, vínculos, etc.:	C:	1,06	
Velocidad del viento máximo:	V:	40,27	[m/s]
Angulo de acción del viento:	θ :	90	[°]
Carga del viento:	We_pe:	75,21	[daN/m ²]
La resultante es:	We_pe:	76,66	[kg/m ²]

TENSIONES MÁXIMAS SOBRE LOS CONDUCTORES

Los datos que obtuvimos en el calculo mecánico son:

Tensión máxima sobre cada conductor de fase:	727,46	[kg]
Tensión máxima sobre el portante:	720,00	[kg]

HIPÓTESIS DE CARGA PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURA RETENCIÓN TERMINAL

Para estructuras terminales tenemos las siguientes Hipótesis según el ítem 7.5.3 de la ETN 160

HIPÓTESIS 1-a:

Carga de viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera, y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.
Tracciones unilaterales de los conductores

Acción del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea (y-y)

Altura de la cima del poste:	hL:	11,7	[m]
------------------------------	-----	------	-----



Acción del viento sobre los conductores:

Fuerza sobre cada conductor: Vc: 5,93 [kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor: 11,1 [m]

Acción del viento sobre el portante:

Fuerza sobre el portante: Vp: 3,84 [kg]
Altura de la acción de la fuerza: 11,1 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cables (y-y) FVc: 20,52 [kg]

Acción del viento sobre cadena de aisladores:

Fuerza sobre cada cadena de aisladores: Vcr: 4,59 [kg]
Altura de la acción de la fuerza conductor: 11,1 [m]

Fuerza equivalente en la cima por viento sobre cadenas (y-y) FVr: 13,06 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (y-y): 33,58 [kg]

Resultante en la cima viento sobre cables + aisladores (x-x): 0 [kg]

Carga de viento sobre estructuras según diámetro de cima, para postes de 13[m]:

Diam. Cima	Diam. Base.	Sup.	Centro Pres.	Fuerza viento	F. equi. Cima
0,19	0,366	3,25	5,23	230,56	103,14
0,205	0,381	3,43	5,27	243,01	109,36
0,235	0,411	3,78	5,32	267,91	121,82
0,245	0,421	3,89	5,34	276,21	125,97
0,25	0,426	3,95	5,34	280,36	128,04
0,295	0,471	4,48	5,40	317,72	146,72
0,305	0,481	4,60	5,41	326,02	150,87
0,34	0,516	5,00	5,45	355,07	165,40
0,35	0,526	5,12	5,46	363,37	169,55
0,38	0,556	5,47	5,48	388,28	182,00

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores:

Fuerza resultante en la dirección paralela a la línea (x-x): 859,15 [kg]
Fuerza resultante en la dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 1-a:

Resistencia de la estructura en dirección paralela a la línea (x-x):

Veces la nominal del poste (Ítem. 7.4.1.4 ETN 160): 1 u.

Resistencia de la estructura en dirección perpendicular a la línea (y-y):

Veces la nominal del poste (Ítem 7.4.1.4 ETN 160): 1 u.



La ecuación para calcular la resultante en la cima es:

$$F_{total} = \sqrt{\frac{F(x-x)^2}{Cx} + \frac{F(y-y)^2}{Cy}}$$

Diam. Cima	Viento Cables + cadenas (x-x)	Viento cables + cadenas (y-y)	Viento estructura (y-y)	Tracción cables (x-x)	Tracción cables (y-y)	F total Hipótesis 1-a
0,19	0,00	33,58	103,14	859,15	0,00	869,96
0,205	0,00	33,58	109,36	859,15	0,00	870,96
0,235	0,00	33,58	121,82	859,15	0,00	873,09
0,245	0,00	33,58	125,97	859,15	0,00	873,84
0,25	0,00	33,58	128,04	859,15	0,00	874,22
0,295	0,00	33,58	146,72	859,15	0,00	877,86
0,305	0,00	33,58	150,87	859,15	0,00	878,73
0,34	0,00	33,58	165,40	859,15	0,00	881,89
0,35	0,00	33,58	169,55	859,15	0,00	882,84
0,38	0,00	33,58	182,00	859,15	0,00	885,78

HIPÓTESIS 2-a:

Carga normal según Hipótesis 1-a sin carga de viento

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor momento.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Anulación de la tracción del conductor que produce mayor

Altura de la cima del poste: hL: 11,7 [m]

Tracción sobre conductor de fase superior: 727,46 [kg]

Fuerza de tensión equivalente en la cima conductor superior: 690,15 [kg]

Fuerza de tensión equivalente en la cima, máxima (x-x): 690,15 [kg]

De esta forma concluimos que el conductor cuya tracción produce mayor momento es el superior. La tracción unilateral actuara sobre el eje de la línea (dirección x-x), siendo la resultante nula en la dirección perpendicular (y-y).

Fuerza resultante en dirección perpendicular a la línea (y-y): 0 [kg]

Fuerza resultante en dirección a la línea (x-x):

Fuerza de tracción del conductor de fase: 363,73 [kg]



Fuerza en la cima debido a los otros conductores de fase (x-x)		
Altura de la acción de la fuerza conductor:	11,1	[m]
Fuerza equivalente (x-x):	1035,23	[kg]
Tiro resultante en la cima de la estructura por tracción de conductores		
En dirección al eje de la línea (x-x):	1035,23	[kg]
En dirección al eje de la línea (y-y):	0	[kg]

Tiro resultante en la cima de la estructura según Hipótesis 2-a:

Mediante la ecuación y los coeficientes utilizados en las Hipótesis anteriores, calculamos la resultante en la cima:

1035,23 [kg]

Diseño final

Diam. Cima	F. total Hipótesis 1-a	F. total Hipótesis 2-a
0,19	869,96	1035,23
0,205	870,96	1035,23
0,235	873,09	1035,23
0,245	873,84	1035,23
0,25	874,22	1035,23
0,295	877,86	1035,23
0,305	878,73	1035,23
0,34	881,89	1035,23
0,35	882,84	1035,23
0,38	885,78	1035,23

Evaluación de la fuerza total en la cima para distintos postes, según los datos del fabricante Mástil S.A. para postes de 13 [m]:

Coeficiente de seguridad para 132 kV, según ETN 160, ítem 7.4.1.4:

Para cargas normales:	2,5	u.
Para cargas extraordinarias:	2	u.

Poste calculado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	13	[m]
Diámetro cima:	0,295	[m]
Diámetro base:	0,49	[m]
Carga rotura:	2200	[kg]
Peso:	2801	[kg]
Cant. Postes:	1	



Poste calculado:

Fabricante:	CECARRI S.R.L	
Tipo:	H° A° sección circular	
Conicidad:	1,5	[cm/m]
Altura:	13	[m]
Diámetro cima:	0,295	[m]
Diámetro base:	0,49	[m]
Carga rotura:	2400	[kg]
Peso:	2868	[kg]
Cant. Postes:	1	



Anexo IV.a

Cálculo fundaciones disposición coplanar horizontal con conductor desnudo



Fundación para estructura de suspensión

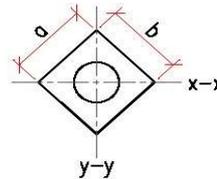
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	1	[u]
Altura total de los postes		12	[m]
Fuerza máxima en la cima		513,83	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,43	[m]
Peso total de la estructura		4741,1	[kg]
Postes:		1953	[kg]
Vínculos:		-	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780	[kg]
Cadena de suspensión:		8,1	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,2	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,53	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,2	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,5	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		0,930	[m]
Ancho del dado:		0,930	[m]
Altura del dado:		1,400	[m]
Incremento:		0,000	[m]



Peso de la base:	Gb:	2479,030	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	720,094	[kg]
Largo trapecio superior:		1,224	[m]
Ancho trapecio superior:		1,224	[m]
Superficie trapecio superior:		1,499	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		0,930	[m]
Largo trapecio inferior:		0,930	[m]
Superficie trapecio inferior:		0,865	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		1,634	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,211	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,424	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		7940,225	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:		0,865	[m ²]
Presión sobre el fondo:		0,918	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:		1,800	
Ratio:		0,510	
¿Verifica?		Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,00408381	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00658101	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		6028,94	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		3207,96	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		9912,09	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,3	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 2,18
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:		1,21	[m ³]
Volumen de hormigón:		1,08	[m ³]

Fundación para estructura de retención

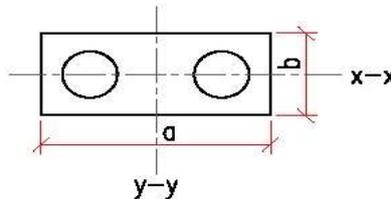
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	N°:	2,00	[u]
Altura total de los postes		12,00	[m]
Fuerza máxima en la cima dirección (x-x)		1027,66	[kg]
Fuerza máxima en la cima dirección (y-y)		358,65	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,43	[m]
Peso total de la estructura		8175,69	[kg]
Postes:		3906,00	[kg]
Vínculos:		1500,00	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2700,00	[kg]
Cadena de retención:		69,69	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,20	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,53	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		0,78	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,50	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		1,710	[m]
Ancho del dado:		0,930	[m]
Altura del dado:		1,400	[m]



Incremento:		0,000	[m]
Peso de la base:	Gb:	4508,870	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	990,613	[kg]
Largo trapecio superior:		2,004	[m]
Ancho trapecio superior:		1,224	[m]
Superficie trapecio superior:		2,454	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		1,710	[m]
Largo trapecio inferior:		0,930	[m]
Superficie trapecio inferior:		1,590	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		2,809	[m ³]
Volumen del dado interior:		2,226	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,583	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		13675,174	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:		1,590	[m ²]
Presión sobre el fondo:		0,860	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:		1,800	
Ratio:		0,478	
¿Verifica?		Si	

Calculo de momento dirección (x-x)

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0070334	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00335248	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		12057,88	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		5898,52	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		32214,07	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,2	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 3,16
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:		2,23	[m ³]
Volumen de hormigón:		1,96	[m ³]



Calculo de momento dirección (y-y)

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,00382518	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00616424	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		4208,21	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		3207,96	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		16410,67	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,2	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 4,66
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	2,23	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,96	[m ³]

Fundación para estructura terminal

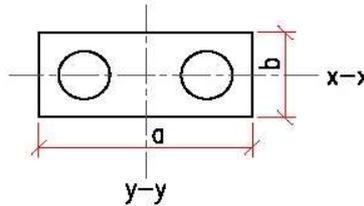
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	2,00	[u]
Altura total de los postes		12,00	[m]
Fuerza máxima en la cima dirección (x-x)		2055,32	[kg]
Fuerza máxima en la cima dirección (y-y)		358,65	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,43	[m]
Peso total de la estructura		8432,15	[kg]
Postes:		4117,30	[kg]
Vínculos:		1500,00	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de retención:		34,85	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,20	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,53	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		0,78	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,50	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		1,71	[m]
Ancho del dado:		0,93	[m]
Altura del dado:		1,4	[m]



Incremento:		0	[m]
Peso de la base:	Gb:	4508,87	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	990,61	[kg]
Largo trapecio superior:		2,00	[m]
Ancho trapecio superior:		1,22	[m]
Superficie trapecio superior:		2,45	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		1,71	[m]
Largo trapecio inferior:		0,93	[m]
Superficie trapecio inferior:		1,59	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		2,81	[m ³]
Volumen del dado interior:		2,23	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,58	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		13931,63	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:		1,59	[m ²]
Presión sobre el fondo:		0,88	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:		1,80	
Ratio:		0,49	
¿Verifica?		Si	

Calculo de momento dirección (x-x)

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0071653	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00341535	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		24115,7543	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		5898,51506	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		32801,8221	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,2	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 1,60477
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:		2,22642	[m ³]
Volumen de hormigón:		1,96037843	[m ³]



Calculo de momento dirección (y-y)

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,00389692	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00627984	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		4208,21271	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		3207,96433	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		16688,3266	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,2	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 4,72796703
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	2,22642	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,96037843	[m ³]



Anexo IV.b

Cálculo fundaciones disposición coplanar horizontal con conductor protegido



Fundación para estructura de suspensión

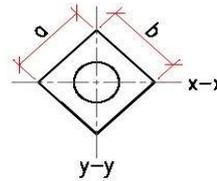
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	1,00	[u]
Altura total de los postes		12,00	[m]
Fuerza máxima en la cima		483,12	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,43	[m]
Peso total de la estructura		4741,10	[kg]
Postes:		1953,00	[kg]
Vínculos:		0,00	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de suspensión:		8,10	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,20	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,53	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,50	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		0,930	[m]
Ancho del dado:		0,930	[m]
Altura del dado:		1,400	[m]
Incremento:		0,000	[m]



Peso de la base:	Gb:	2479,030	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	720,094	[kg]
Largo trapecio superior:		1,224	[m]
Ancho trapecio superior:		1,224	[m]
Superficie trapecio superior:		1,499	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		0,930	[m]
Largo trapecio inferior:		0,930	[m]
Superficie trapecio inferior:		0,865	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		1,634	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,211	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,424	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		7940,225	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:	0,865	[m ²]
Presión sobre el fondo:	0,918	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:	1,800	
Ratio:	0,510	
¿Verifica?	Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,00408381	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00658101	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:	5668,64		
Momento estabilizante lateral:	Ms:	3207,96		
Momento estabilizante de fondo:	Mb:	9912,09		
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:	0,3		

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 2,31
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	1,21	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,08	[m ³]

Fundación para estructura de retención

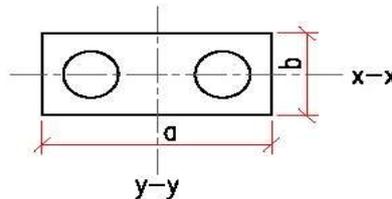
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	N°:	2,00	[u]
Altura total de los postes		12,00	[m]
Fuerza máxima en la cima dirección x-x		966,25	[kg]
Fuerza máxima en la cima dirección y-y		358,65	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,43	[m]
Peso total de la estructura		4802,69	[kg]
Postes:		1953,00	[kg]
Vínculos:		0,00	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de retención:		69,69	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,20	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,53	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		0,78	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,50	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		1,710	[m]
Ancho del dado:		0,930	[m]
Altura del dado:		1,400	[m]



Incremento:		0,000	[m]
Peso de la base:	Gb:	4508,870	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	990,613	[kg]
Largo trapecio superior:		2,004	[m]
Ancho trapecio superior:		1,224	[m]
Superficie trapecio superior:		2,454	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		1,710	[m]
Largo trapecio inferior:		0,930	[m]
Superficie trapecio inferior:		1,590	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		2,809	[m ³]
Volumen del dado interior:		2,226	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,583	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		10302,174	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:		1,590	[m ²]
Presión sobre el fondo:		0,648	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:		1,800	
Ratio:		0,360	
¿Verifica?		Si	

Calculo de momento en la dirección x-x

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0052986	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00252559	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		11337,28	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		5898,52	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		24427,61	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,2	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 2,67
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	2,23	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,96	[m ³]



Calculo de momento dirección (y-y)

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0029	<	0,01	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,0046	<	0,01	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		4208,21	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		3207,96	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		12655,64	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,3	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 3,77
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	2,23	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,96	[m ³]

Fundación para estructura terminal

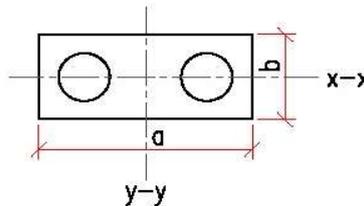
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	N°:	2,00	[u]
Altura total de los postes		12,00	[m]
Fuerza máxima en la cima dirección x-x		1932,49	[kg]
Fuerza máxima en la cima dirección y-y		358,65	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,43	[m]
Peso total de la estructura		4806,65	[kg]
Postes:		1991,80	[kg]
Vínculos:		0,00	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de retención:		34,85	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,20	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,53	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		0,78	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,50	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		1,810	[m]
Ancho del dado:		0,930	[m]



Altura del dado:		1,450	[m]
Incremento:		0,050	[m]
Peso de la base:	Gb:	5001,910	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	1102,148	[kg]
Largo trapecio superior:		2,115	[m]
Ancho trapecio superior:		1,235	[m]
Superficie trapecio superior:		2,611	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		1,810	[m]
Largo trapecio inferior:		0,930	[m]
Superficie trapecio inferior:		1,683	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		3,089	[m ³]
Volumen del dado interior:		2,441	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,648	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		10910,703	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:		1,683	[m ²]
Presión sobre el fondo:		0,648	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:		1,800	
Ratio:		0,360	
¿Verifica?		Si	

Calculo de momento dirección x-x

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,00523124	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00238738	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		22738,969	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		6936,575	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		27413,219	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,3	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 1,510613
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:		2,441	[m ³]
------------------------	--	-------	-------------------



Volumen de hormigón: 2,175 [m³]

Calculo de momento dirección (y-y)

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$ 0,00268788 < 0,1 Ok

Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$ 0,0046464 < 0,1 Ok

Momento de vuelco: Mv: 4220,168

Momento estabilizante lateral: Ms: 3564,096

Momento estabilizante de fondo: Mb: 13347,264

Relación Ms/Mb: Ms/Mb: 0,3

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coefficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 4,00727
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación: 2,441 [m³]

Volumen de hormigón: 2,175 [m³]



Anexo IV.c

Calculo fundaciones disposición LINE POST con conductor desnudo



Fundación para estructura de suspensión

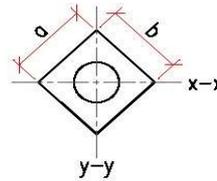
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	1,00	[u]
Altura total de los postes		13,00	[m]
Fuerza máxima en la cima		507,87	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,45	[m]
Peso total de la estructura		5092,50	[kg]
Postes:		2294,50	[kg]
Vínculos:		-	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de suspensión:		18,00	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,30	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,55	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,63	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		0,950	[m]
Ancho del dado:		0,950	[m]
Altura del dado:		1,500	[m]
Incremento:		0,000	[m]



Peso de la base:	Gb:	2802,156	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	848,354	[kg]
Largo trapecio superior:		1,265	[m]
Ancho trapecio superior:		1,265	[m]
Superficie trapecio superior:		1,601	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		0,950	[m]
Largo trapecio inferior:		0,950	[m]
Superficie trapecio inferior:		0,903	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		1,853	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,354	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,499	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		8743,009	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:	0,903	[m ²]
Presión sobre el fondo:	0,969	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:	1,800	
Ratio:	0,538	
¿Verifica?	Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,00383465	<	0,01	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,00679828	<	0,01	Ok
Momento de vuelco:	Mv:	6449,98		
Momento estabilizante lateral:	Ms:	4030,51		
Momento estabilizante de fondo:	Mb:	11115,96		
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:	0,4		

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,2

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 2,3
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	1,35	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,22	[m ³]



Fundación para estructura de retención

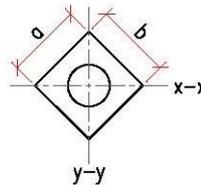
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	1,00	[u]
Altura total de los postes		13,00	[m]
Fuerza máxima en la cima		1015,74	[kg]
Diámetro en la cima		0,30	[m]
Diámetro en la base		0,49	[m]
Peso total de la estructura		5717,69	[kg]
Postes:		2868,00	[kg]
Vínculos:		-	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de suspensión:		69,69	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,30	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,59	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,63	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		1,000	[m]
Ancho del dado:		1,000	[m]
Altura del dado:		1,510	[m]
Incremento:		0,005	[m]



Peso de la base:	Gb:	2983,315	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	901,014	[kg]
Largo trapecio superior:		1,317	[m]
Ancho trapecio superior:		1,317	[m]
Superficie trapecio superior:		1,736	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		1,000	[m]
Largo trapecio inferior:		1,000	[m]
Superficie trapecio inferior:		1,000	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		2,040	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,510	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,530	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		9602,019	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:	1,000	[m ²]
Presión sobre el fondo:	0,960	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:	1,800	
Ratio:	0,533	
¿Verifica?	Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0039	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,0064	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:	12906,72		
Momento estabilizante lateral:	Ms:	4328,06		
Momento estabilizante de fondo:	Mb:	12857,08		
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:	0,30		

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 1,33
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	1,51	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,30	[m ³]

Fundación para estructura terminal

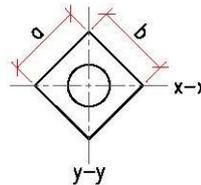
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	1,00	[u]
Altura total de los postes		13,00	[m]
Fuerza máxima en la cima		1043,53	[kg]
Diámetro en la cima		0,30	[m]
Diámetro en la base		0,49	[m]
Peso total de la estructura		5615,85	[kg]
Postes:		2801,00	[kg]
Vínculos:		-	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de suspensión:		34,85	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,30	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,59	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,63	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		1,09	[m]
Ancho del dado:		1,09	[m]
Altura del dado:		1,55	[m]
Incremento:		0,05	[m]



Peso de la base:	Gb:	3745,89	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	1029,06	[kg]
Largo trapecio superior:		1,42	[m]
Ancho trapecio superior:		1,42	[m]
Superficie trapecio superior:		2,00	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		1,09	[m]
Largo trapecio inferior:		1,09	[m]
Superficie trapecio inferior:		1,19	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		2,45	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,84	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,61	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		10390,79	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:	1,188	[m ²]
Presión sobre el fondo:	0,875	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:	1,800	
Ratio:	0,486	
¿Verifica?	Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0037	<	0,1	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,0053	<	0,1	Ok
Momento de vuelco:	Mv:	13287,59		
Momento estabilizante lateral:	Ms:	5102,51		
Momento estabilizante de fondo:	Mb:	15241,41		
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:	0,3		

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 1,53
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	1,84	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,63	[m ³]



Anexo IV.d

Cálculo fundaciones disposición COMPACTA con conductor protegido

Fundación para estructura de suspensión

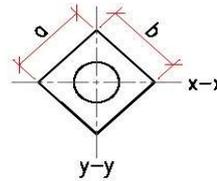
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	1,00	[u]
Altura total de los postes		13,00	[m]
Fuerza máxima en la cima		360,00	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,45	[m]
Peso total de la estructura		5078,45	[kg]
Postes:		2294,50	[kg]
Vínculos:		0,00	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de suspensión:		3,95	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,30	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,55	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,63	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		0,950	[m]
Ancho del dado:		0,950	[m]
Altura del dado:		1,500	[m]
Incremento:		0,000	[m]



Peso de la base:	Gb:	2802,156	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	848,354	[kg]
Largo trapecio superior:		1,265	[m]
Ancho trapecio superior:		1,265	[m]
Superficie trapecio superior:		1,601	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		0,950	[m]
Largo trapecio inferior:		0,950	[m]
Superficie trapecio inferior:		0,903	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		1,853	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,354	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,499	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		8728,959	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:	0,903	[m ²]
Presión sobre el fondo:	0,967	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:	1,800	
Ratio:	0,537	
¿Verifica?	Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0038	<	0,01	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,0068	<	0,01	Ok
Momento de vuelco:	Mv:	4571,99		
Momento estabilizante lateral:	Ms:	4030,51		
Momento estabilizante de fondo:	Mb:	11099,11		
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:	0,36		

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,25

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 3,31
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	1,354	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,218	[m ³]



Fundación para estructura de retención

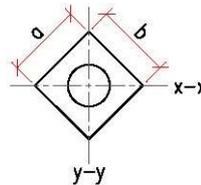
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	N°:	1,00	[u]
Altura total de los postes		13,00	[m]
Fuerza máxima en la cima		683,07	[kg]
Diámetro en la cima		0,25	[m]
Diámetro en la base		0,44	[m]
Peso total de la estructura		4874,92	[kg]
Postes:		2086,00	[kg]
Vínculos:		-	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de suspensión:		8,92	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,30	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,54	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,63	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		0,940	[m]
Ancho del dado:		0,940	[m]
Altura del dado:		1,500	[m]
Incremento:		0,000	[m]



Peso de la base:	Gb:	2754,274	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	840,313	[kg]
Largo trapecio superior:		1,255	[m]
Ancho trapecio superior:		1,255	[m]
Superficie trapecio superior:		1,576	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		0,940	[m]
Largo trapecio inferior:		0,940	[m]
Superficie trapecio inferior:		0,884	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		1,820	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,325	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,494	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		8469,507	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:	0,884	[m ²]
Presión sobre el fondo:	0,959	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:	1,800	
Ratio:	0,533	
¿Verifica?	Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0038	<	0,01	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,0068	<	0,01	Ok
Momento de vuelco:	Mv:	8675,05		
Momento estabilizante lateral:	Ms:	3988,08		
Momento estabilizante de fondo:	Mb:	10661,26		
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:	0,40		

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,2

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 1,69
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:	1,33	[m ³]
Volumen de hormigón:	1,20	[m ³]

Fundación para estructura terminal

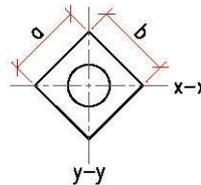
Fundaciones directas, bloques de hormigón simple.

Estas son calculadas mediante el método de Sulzberger, según indicaciones de la ETN 160 ítem 15.2.1

Datos generales

Coefficiente de compresibilidad lateral a cota de fundación	Ct:	3,2	[Kg/cm ³]
Coefficiente de compresibilidad de fondo a cota de fundación	Cb:	3	[Kg/cm ³]
Angulo de incidencia de la tierra gravante		6	[°]
Peso específico de la tierra		1700	[Kg/cm ²]
Peso específico del hormigón		2300	[Kg/cm ²]
Coefficiente de fricción suelo-hormigón		0,5	[Kg/cm ²]
Capacidad portante del terreno		1,8	[Kg/cm ³]

Configuración



Desarrollo del calculo

Numero de postes	Nº:	1,00	[u]
Altura total de los postes		13,00	[m]
Fuerza máxima en la cima		1035,23	[kg]
Diámetro en la cima		0,30	[m]
Diámetro en la base		0,49	[m]
Peso total de la estructura		5656,92	[kg]
Postes:		2868,00	[kg]
Vínculos:		-	[kg]
Ménsulas y mensulín:		2780,00	[kg]
Cadena de suspensión:		8,92	[kg]
Empotramiento mínimo del poste		1,30	[m]
Diámetro de hueco que aloja el poste:		0,59	[m]
Espesor mínimo de paredes y fondo:		0,20	[m]
Separación entre postes en la base:		-	[m]
Máxima profundidad de la fundación:		1,63	[m]

Redimensionamiento de la fundación

Largo del dado:		1,090	[m]
Ancho del dado:		1,090	[m]
Altura del dado:		1,550	[m]
Incremento:		0,050	[m]



Peso de la base:	Gb:	3745,892	[kg]
Peso del volumen de tierra gravante:	Gt:	1029,057	[kg]
Largo trapecio superior:		1,416	[m]
Ancho trapecio superior:		1,416	[m]
Superficie trapecio superior:		2,005	[m ²]
Ancho trapecio Inferior:		1,090	[m]
Largo trapecio inferior:		1,090	[m]
Superficie trapecio inferior:		1,188	[m ²]
Volumen trapecio mayor:		2,447	[m ³]
Volumen del dado interior:		1,842	[m ³]
Volumen de la tierra gravante:		0,605	[m ³]
Peso total (Ge+Gb+Gt)		10431,869	[kg]

Verificación de la capacidad portante del suelo

Área fondo del bloque:		1,188	[m ²]
Presión sobre el fondo:		0,878	[kg/m ²]
Capacidad portante del suelo:		1,800	
Ratio:		0,488	
¿Verifica?		Si	

Calculo de momento

Condición: $(6 \cdot m \cdot g) / (b \cdot t^2 \cdot Ct)$	0,0037	<	0,01	Ok
Condición: $(2 \cdot G) / (a^2 \cdot b \cdot Cb)$	0,0054	<	0,01	Ok
Momento de vuelco:	Mv:		13181,87	
Momento estabilizante lateral:	Ms:		5102,51	
Momento estabilizante de fondo:	Mb:		15298,58	
Relación Ms/Mb:	Ms/Mb:		0,30	

Tabla de coeficiente de seguridad según la relación Ms/Mb

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cs	1,5	1,39	1,31	1,25	1,2	1,16	1,12	1,08	1,05	1,02

Cs_min: 1,31

Coeficiente de seguridad a vuelco $[(Ms+Mb)/Mv]$ 1,55
VERIFICA

Estado de fundación

Volumen de excavación:		1,84	[m ³]
Volumen de hormigón:		1,63	[m ³]



Anexo V

Computo y presupuesto

Computo de materiales L.M.T coplanar horizontal con conductor desnudo

En este anexo, se detallaran todos los materiales, equipos, herramientas y mano de obra, para poder ejecutar la obra, como así también se determinara el presupuesto.

Comenzaremos con la cantidad de conductor necesario para ejecutar 2 [km] de esta línea.

Conductor	Cantidad
PRYSALAC 95/15 mm ²	6000

Por otro lado, podemos determinar la cantidad de estructuras de cada tipo constructivo, para ello tendremos en cuenta el vano máximo. En el anexo VII se encuentra desarrollada la planimetría para 2 [km] de línea, allí se pueden observar la cantidad de cada estructura.

Tipo de estructura	Cantidad
Estructuras de retención:	1
Estructuras terminales:	2
Estructuras de suspensión:	24

Una vez determinada la cantidad de estructuras y con los cálculos desarrollados en el anexo IV.a, donde se determino el volumen de cada fundación, estamos en condición de computar la cantidad de m³ de hormigón necesarios.

Hormigón	[m ³ /fund.]	Total [m ³]
Fundación estructura de suspensión	1,08	25,87
Fundación estructura de retención	1,96	1,96
Fundación estructura de terminal	1,96	3,92

A continuación se detallaran los materiales necesarios para cada tipo de estructura normalizada por la E.P.E., en el anexo VI se encuentran los planos de cada una de ellas, los cuales fueron extraídos de la pagina de la E.P.E., pestaña "información técnica".

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 240_5		24		631,08
MN 472	Poste de H°A° 12/1200	1	353,75	353,75
MN 155	Cruceta de H° A° p/Perno rígido y retención simple	1	68,67	68,67
TN 52	L.M.T. 13,2 - 33 Kv PUESTA A TIERRA SOSTÉN	1	5,68	5,68
TN 51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
	Manguera flexible 1"	1	1,63	1,63
TN 218a	L.M.T. 13,2 kV AISLACIÓN CERÁMICA	3	47,76	143,28



Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 242_3		1		2029,88
MN 523A	Cruceta de H°A° tipo CL8 1,8/2x1800	1	107,32	107,32
MN 771	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V1	1	112,89	112,89
MN 170	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V2	1	127,90	127,90
MN 169	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V3	1	130,49	130,49
MN 472	Poste de H°A° 12/1200	2	353,75	707,50
	Manguera flexible 1"	2	1,63	3,26
MN 1101	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 93d	Terminal Cu estañado especial p/identar s=35 mm ²	1	0,88	0,88
	Conductor de Cu desnudo s=35mm ² (7x2,52)	3	3,45	10,34
TN51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
TN53	L.M.T. 13,2 - 33 kV PUESTA A TIERRA RETENCIÓN	1	12,26	12,26
MN 203c	Conector p/cab paralelo Al estañado	9	5,14	46,29
MN 3a	Aislador campana	1	9,57	9,57
MN 411r	Perno recto	1	3,53	3,53
TN211a2	L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. AISLACIÓN CERÁMICA	2	100,75	201,49
TN211a3	L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. AISLACIÓN CERÁMICA	4	122,43	489,73
MN 262a	Atadura preformada s/Aislador MN14 p/cable Al-Ac 5	1	6,20	6,20

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 243_3		2		1869,27
MN 523A	Cruceta de H°A° tipo CL8 1,8/2x1800	1	107,32	107,32
MN 771	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V1	1	112,89	112,89
MN 170	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V2	1	127,90	127,90
MN 169	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V3	1	130,49	130,49
MN 473	Poste de H°A° 12/1800	2	477,42	954,84
	Manguera flexible 1"	4	1,63	6,52
TN51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 1101	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 93d	Terminal Cu estañado especial p/identar s=35mm ²	1	0,88	0,88
	Conductor de Cu desnudo s=35mm ² (7x2,52)	3	3,45	10,34
TN53	L.M.T. 13,2 - 33 kV PUESTA A TIERRA RETENCIÓN	1	12,26	12,26
TN211a2	L.M.T. 13,2 kV CAD RET ASOLACIÓN CERÁMICA	1	100,75	100,75
TN211a3	L.M.T 13,2 kV CAD RET AISLACIÓN CERÁMICA	2	122,43	244,86

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 51g		1		58,08
MN 551d	Conjunto armado jabalina lisa Ac-Cu	1	55,46	55,46
MN 1101	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	1	2,13	2,13
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 30	Arandela plana	2	0,16	0,33

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 52		1		5,68
MN 187b	Grampa	2	0,54	1,09
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	2	0,16	0,33
MN 30	Arandela plana	6	0,16	0,98
MN 1101	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	1	2,13	2,13
MN 100a	Cordón de Ac	2	0,58	1,15

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 53		1		12,26
MN 1101	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	3	2,13	6,39
MN 187b	Grampa	4	0,54	2,17
MN 32a	Arandela elástica partido 1/2"	3	0,16	0,49
MN 30	Arandela plana	9	0,16	1,47
MN 100a	Cordón de Ac	3	0,58	1,73

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 211a2		1		100,75
MN 173	Gancho c/rotula	1	4,35	4,35
MN 12	Aislador de suspensión a rotula	2	30,67	61,33
MN 154	orbita c/oreja corta	1	5,35	5,35
MN 1016	Grampa de amarre p/conductor de energía 50 a 120 mm	1	29,72	29,72

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 211a3		1		122,43
MN 1013	Estribo de retención	1	22,77	22,77
MN 228	Ojal ovalado c/rotula	1	3,27	3,27
MN 12	Aislador de suspensión a torula	2	30,67	61,33
MN 154	Orbita c/oreja corta	1	5,35	5,35
MN 1016	Grampa de amarre p/conductor de energía 50 a 120 mm	1	29,72	29,72

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 218a		1		47,76
MN 3c	Aislador campana	1	26,12	26,12
MN 414	Perno recto	1	21,64	21,64

En la siguiente tabla se detallan todos los materiales para poder llevar a cabo la obra, donde esta determinada la cantidad de cada uno y el precio total.

Resumen materiales			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio [USD]
Conductor PRYSALAC 95/15 [mm ²]	6000	2,16	12948,24
Hormigón armado	31,75	81,20	2578,04
Estructuras de suspensión	24	631,08	15145,92
Estructura de retención	1	2029,88	2029,88
Estructura terminal	2	1869,27	3738,55
Total costo materiales			36440,63

Una vez determinado y detallado todos los materiales, podemos proceder a determinar las horas necesarias para la ejecución de la línea, detallando cada rubro.

Comenzaremos por determinar las horas del rubro civil, las tareas serán llevadas a cabo por personal idóneo con sueldo según última tabla de UOCRA.

Las tareas que estos desarrollaran serán:

- Excavación para fundiciones.
- Excavación zanja.
- Hormigonar fundiciones.

A continuación se detallan las horas necesarias en función de la cantidad de tierra a remover y hormigón.

DETERMINACIÓN DE HORAS PERSONAL CIVIL			
DESCRIPCIÓN	Hrs/1m ³	Cantidad m ³	Total hrs
Realizar excavaciones de 1m ³	5	35,74	178,70
Hormigonar fundición de 1m ³	0,25	31,75	7,94
Metro lineal de zanja de 0,4m x 1,2m	-	-	0,00
TOTAL DE HORAS PERSONAL CIVIL			192

Luego de determinar las horas necesarias para la obra civil, nos queda determinar las horas para la colocación de los postes, armado de estructura y tendido de cables. Dichas tareas las realizara personal idóneo con sueldos determinados según planillas de E.P.E.

DETERMINACIÓN HORAS PERSONAL ELÉCTRICO			
Descripción de actividad	Hrs/u.	Cantidad u.	Total hrs
Colocación de postes	1	27	27
Preparado de la estructura suspensión	0,5	24	12
Preparado de la estructura retención	4	1	4
Preparado de la estructura terminal	4	2	8
Tendido del cable por bobina	3	6	18
Morsetería	0,75	27	20,25
TOTAL DE HORAS PERSONAL E.P.E.			96

Personal - Mano de obra				
Descripción	Precio unitario [USD/h]	Carga horaria	Personal	Precio total [USD]
Oficial especializado	\$ 5,96	192	1	1145,20
Oficial UOCRA	\$ 5,08	192	1	975,76
Medio oficial UOCRA	\$ 4,69	192	1	899,74
Ayudante UOCRA	\$ 4,30	192	2	1651,87
Sereno	\$ 4,43	-	-	-
Cuadrilla tipo CT 1, NORMA	\$ 61,35	96	1	5889,70
Total costo mano de obra				10562,27

Por último nos queda determinar las herramientas, equipos y rodados necesarios para la ejecución de la obra, estos costo de estos se determinara en función de las planillas de E.P.E..

A continuación se enumeran los equipos, con su correspondiente costo y las horas que tendrán que estar disponible/funcionando.

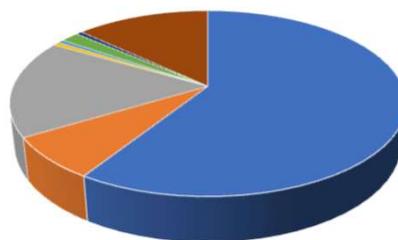


Equipos y rodados necesarios			
Descripción	Cantidad hrs	USD/unidad	Precio USD
Camión con hridrogrua articulada (15 tn)	32	54,60	1747,24
Tunelera teledirigida	-	20,48	-
Camioneta	96	15,58	1496,08
Retroexcavadora	-		-
Camión	-		-
Martillo neumático	-	2,13	-
Aserradora de pavimento	-	9,90	-
Acoplado porta bobina	24	1,48	35,46
Hidroelevador con canasto hasta 13 [m]	48	24,38	1170,14
Kit de herramientas MT	48	1,45	69,69
Kit de herramientas obras civiles subterr	-	2,10	-
Total costos equipos y rodados			4518,60

Finalmente, ya tenemos todos los costos detallados. Por lo que podemos determinar el computo y presupuesto final, el cual es:

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	36440,63	59,00
Equipos y rodados	4518,60	7,32
Mano de obra	10562,27	17,10
Mantenimiento (1%)	364,41	0,59
Obrador (1%)	364,41	0,59
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	1093,22	1,77
Dirección de obra (1% del costo materiales)	364,41	0,59
Costos	53707,94	86,96
Gastos administrativos y generales (15% costos)	8056,19	13,04
TOTAL	61764,13	100
TOTAL + IVA	74734,60	121

Composición del costo sin IVA



- Costos materiales
- Equipos y rodados
- Mano de obra
- Mantenimiento (1%)
- Obrador (1%)
- Gastos imprevistos (3% costos materiales)
- Dirección de obra (1% del costo materiales)
- Gastos administrativos y generales (15% costos)



Computo de materiales L.M.T coplanar horizontal conductor protegido

En este anexo, se detallaran todos los materiales, equipos, herramientas y mano de obra, para poder ejecutar la obra, como así también se determinara el presupuesto.

Comenzaremos con la cantidad de conductor necesario para ejecutar 2 [km] de esta línea.

Conductor	Cantidad
Eco Compac Dúo (PRYSMIAN) Al/Ac- 95/15 mm ²	6000

Por otro lado, podemos determinar la cantidad de estructuras de cada tipo constructivo, para ello tendremos en cuenta el vano máximo. En el anexo VII se encuentra desarrollada la planimetría para 2 [km] de línea, allí se pueden observar la cantidad de cada estructura.

Tipo de estructura	Cantidad
Estructuras terminales:	2
Estructuras de retención:	1
Estructuras de suspensión:	24

Una vez determinada la cantidad de estructuras y con los cálculos desarrollados en el anexo IV.b, donde se determino el volumen de cada fundación, estamos en condición de computar la cantidad de m³ de hormigón necesarios.

Hormigón	[m ³ /fund.]	Total [m ³]
Fundación estructura de suspensión	1,08	25,87
Fundación estructura de retención	1,96	1,96
Fundación estructura de terminal	2,17	4,35

A continuación se detallaran los materiales necesarios para cada tipo de estructura normalizada por la E.P.E., en el anexo VI se encuentran los planos de cada una de ellas, los cuales fueron extraídos de la pagina de la E.P.E., pestaña "información técnica".

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 240_5		1		631,08
MN 472	Poste de H°A° 12/1200	1	353,75	353,75
MN 155	Cruceta de H° A° p/Perno rígido y retención simple	1	68,67	68,67
TN 52	L.M.T. 13,2 - 33 Kv PUESTA A TIERRA SOSTÉN	1	5,68	5,68
TN51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
	Manguera flexible 1"	1	1,63	1,63
TN218a	L.M.T. 13,2 kV AISLACIÓN CERÁMICA	3	47,76	143,28



Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 242_3		1		2029,88
MN 523A	Cruceta de H°A° tipo CL8 1,8/2x1800	1	107,32	107,32
MN 771	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V1	1	112,89	112,89
MN 170	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V2	1	127,90	127,90
MN 169	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V3	1	130,49	130,49
MN 472	Poste de H°A° 12/1200	2	353,75	707,50
	Manguera flexible 1"	2	1,63	3,26
MN 1101	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 93d	Terminal Cu estañado especial p/identar s=35 mm ²	1	0,88	0,88
	Conductor de Cu desnudo s=35mm ² (7x2,52)	3	3,45	10,34
TN51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
TN53	L.M.T. 13,2 - 33 kV PUESTA A TIERRA RETENCIÓN	1	12,26	12,26
MN 203c	Conector p/cab paralelo Al estañado	9	5,14	46,29
MN 3a	Aislador campana	1	9,57	9,57
MN 411r	Perno recto	1	3,53	3,53
TN211a2	L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. AISLACIÓN CERÁMICA	2	100,75	201,49
TN211a3	L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. AISLACIÓN CERÁMICA	4	122,43	489,73
MN 262a	Atadura preformada s/Aislador MN14 p/cable Al-Ac 5	1	6,20	6,20

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 243_3		1		1869,27
MN 523A	Cruceta de H°A° tipo CL8 1,8/2x1800	1	107,32	107,32
MN 771	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V1	1	112,89	112,89
MN 170	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V2	1	127,90	127,90
MN 169	Vinculo de H°A° p/poste doble tipo V3	1	130,49	130,49
MN 473	Poste de H°A° 12/1800	2	477,42	954,84
	Manguera flexible 1"	4	1,63	6,52
TN51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 1101	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 93d	Terminal Cu estañado especial p/identar s=35mm ²	1	0,88	0,88
	Conductor de Cu desnudo s=35mm ² (7x2,52)	3	3,45	10,34
TN53	L.M.T. 13,2 - 33 kV PUESTA A TIERRA RETENCIÓN	1	12,26	12,26
TN211a2	L.M.T. 13,2 kV CAD RET AISLACIÓN CERÁMICA	1	100,75	100,75
TN211a3	L.M.T 13,2 kV CAD RET AISLACIÓN CERÁMICA	2	122,43	244,86

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 51g		1		58,08
MN 551d	Conjunto armado jabalina lisa Ac-Cu	1	55,46	55,46
MN 1101	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	1	2,13	2,13
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 30	Arandela plana	2	0,16	0,33



Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 52		1		5,68
MN 187b	Grampa	2	0,54	1,09
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	2	0,16	0,33
MN 30	Arandela plana	6	0,16	0,98
MN 1101	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	1	2,13	2,13
MN 100a	Cordón de Ac	2	0,58	1,15

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 53		1		12,26
MN 1101	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	3	2,13	6,39
MN 187b	Grampa	4	0,54	2,17
MN 32a	Arandela elástica partido 1/2"	3	0,16	0,49
MN 30	Arandela plana	9	0,16	1,47
MN 100a	Cordón de Ac	3	0,58	1,73

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 211a2		1		100,75
MN 173	Gancho c/rotula	1	4,35	4,35
MN 12	Aislador de suspensión a rotula	2	30,67	61,33
MN 154	orbita c/oreja corta	1	5,35	5,35
MN 1016	Grampa de amarre p/conductor de energía 50 a 120 mm	1	29,72	29,72

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 211a3		1		122,43
MN 1013	Estribo de retención	1	22,77	22,77
MN 228	Ojal ovalado c/rotula	1	3,27	3,27
MN 12	Aislador de suspensión a torula	2	30,67	61,33
MN 154	Orbita c/oreja corta	1	5,35	5,35
MN 1016	Grampa de amarre p/conductor de energía 50 a 120 mm	1	29,72	29,72

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 218a		1		47,76
MN 3c	Aislador campana	1	26,12	26,12
MN 414	Perno recto	1	21,64	21,64

En la siguiente tabla se detallan todos los materiales para poder llevar a cabo la obra, donde esta determinada la cantidad de cada uno y el precio total.

Resumen materiales			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Conductor PRYSALAC 95/15 [mm ²]	6000	2,81	16832,71
Hormigón armado	32,18	81,20	2612,85
Estructuras de suspensión	24	631,08	15145,92
Estructura de retención	1	2029,88	2029,88
Estructura terminal	2	1869,27	3738,55
Total costo materiales			40359,91

Una vez determinado y detallado todos los materiales, podemos proceder a determinar las horas

necesarias para la ejecución de la línea, detallando cada rubro.

Comenzaremos por determinar las horas del rubro civil, las tareas serán llevadas a cabo por personal idóneo con sueldo según última tabla de UOCRA.

Las tareas que estos desarrollarán serán:

- Excavación para fundiciones.
- Excavación zanja.
- Hormigonar fundiciones.

A continuación se detallan las horas necesarias en función de la cantidad de tierra a remover y hormigón.

DETERMINACIÓN DE HORAS PERSONAL CIVIL			
DESCRIPCIÓN	Hrs/m ³	Cantidad m ³	Total hrs
Realizar excavaciones de 1m ³	5	36,17	180,843
Hormigonar fundición de 1m ³	0,25	27,00	6,75
Metro lineal de zanja de 0,4m x 1,2m	-	-	0
TOTAL DE HORAS PERSONAL CIVIL			192

Luego de determinar las horas necesarias para la obra civil, nos queda determinar las horas para la colocación de los postes, armado de estructura y tendido de cables. Dichas tareas las realizará personal idóneo con sueldos determinados según planillas de E.P.E.

DETERMINACIÓN HORAS PERSONAL ELÉCTRICO			
Descripción de actividad	Hrs/u.	Cantidad u.	Total hrs
Colocación de postes	1	27	27
Preparado de la estructura suspensión	0,5	24	12
Preparado de la estructura retención	4	1	4
Preparado de la estructura terminal	4	2	8
Tendido del cable por bobina	4	6	24
Morsetería	1	27	27
TOTAL DE HORAS PERSONAL E.P.E.			104

Personal - Mano de obra				
Descripción	Precio unitario [C/4]	Carga horaria	Personal	Precio total USD
Oficial especializado	5,96	192	1	1145,20
Oficial UOCRA	5,08	192	1	975,76
Medio oficial UOCRA	4,69	192	1	899,74
Ayudante UOCRA	4,30	192	2	1651,87
Sereno	4,43	-	-	-
Cuadrilla tipo CT 1, NORMA	61,35	104	1	6380,51
Total costo mano de obra				11053,08

Por último nos queda determinar las herramientas, equipos y rodados necesarios para la ejecución de la obra, estos costos de estos se determinarán en función de las planillas de E.P.E..

A continuación se enumeran los equipos, con su correspondiente costo y las horas que tendrán que estar disponible/funcionando.

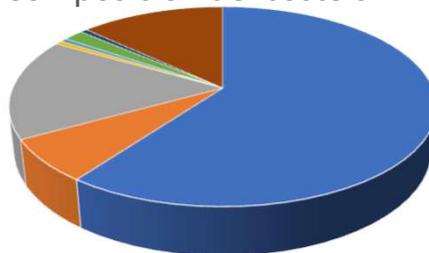


Equipos y rodados necesarios			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Camión con hidrogrua articulada (15 tn)	32	53,31	1705,83
Tunelera teledirigida	-	0,00	-
Camioneta	104	15,58	1620,75
Retroexcavadora	-		-
Camión	-		-
Martillo neumático	-	0,00	-
Aserradora de pavimento	-	0,00	-
Acoplado porta bobina	24	1,72	41,21
Hidroelevador con canasto hasta 13 [m]	48	24,38	1170,14
Kit de herramientas MT	48	1,45	69,69
Kit de herramientas obras civiles subterr	-	0,00	-
Total costos equipos y rodados			4607,62

Finalmente, ya tenemos todos los costos detallados. Por lo que podemos determinar el computo y presupuesto final, el cual es:

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	40359,91	60,05
Equipos y rodados	4607,62	6,86
Mano de obra	11053,08	16,45
Mantenimiento (1%)	403,60	0,60
Obrador (1%)	403,60	0,60
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	1210,80	1,80
Dirección de obra (1% costos materiales)	403,60	0,60
Costos	58442,21	86,96
Gastos administrativos y generales (15% costos)	8766,33	13,04
TOTAL	67208,54	100,00
TOTAL + IVA	81322,33	121,00

Composición del costo sin IVA



- Costos materiales
- Mano de obra
- Obrador (1%)
- Dirección de obra (1% costos materiales)
- Equipos y rodados
- Mantenimiento (1%)
- Gastos imprevistos (3% costos materiales)
- Gastos administrativos y generales (15% costos)



Computo de materiales L.M.T line-post con conductor desnudo

En este anexo, se detallaran todos los materiales, equipos, herramientas y mano de obra, para poder ejecutar la obra, como así también se determinara el presupuesto.

Comenzaremos con la cantidad de conductor necesario para ejecutar 2 [km] de esta línea.

Conductor	Cantidad
PRYSALAC 95/15 mm ²	6000

Por otro lado, podemos determinar la cantidad de estructuras de cada tipo constructivo, para ello tendremos en cuenta el vano máximo. En el anexo VII se encuentra desarrollada la planimetría para 2 [km] de línea, allí se pueden observar la cantidad de cada estructura.

Tipo de estructura	Cantidad
Estructuras terminales:	2
Estructuras de retención:	3
Estructuras de suspensión:	30

Una vez determinada la cantidad de estructuras y con los cálculos desarrollados en el anexo IV.c, donde se determino el volumen de cada fundación, estamos en condición de computar la cantidad de m³ de hormigón necesarios.

Hormigón	[m ³ /fund.]	Total [m ³]
Fundación estructura de suspensión	1,22	36,55
Fundación estructura de retención	1,30	3,89
Fundación estructura de terminal	1,63	3,26

A continuación se detallaran los materiales necesarios para cada tipo de estructura normalizada por la E.P.E., en el anexo VI se encuentran los planos de cada una de ellas, los cuales fueron extraídos de la pagina de la E.P.E., pestaña "información técnica".

Descripción	Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 615	30		673,88
Aislador de porcelana tipo Line-post, de 13,2 kV, con 1	3	38,06	114,18
Ménsula de H°G° para LAMT line-post simple terna, c	3	9,67	29,01
MN 187b Grampa	1	0,54	0,54
MN 32a Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 30 Arandela plana	2	0,16	0,33
MN 110I Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 100a Cordón de Ac	4	0,58	2,31
Poste de H°A° 13/1200	1	446,91	446,91
TN 51g B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 187a Grampa	3	0,54	1,63
Atadura preformada Metálica p/conductor desnudo	3	6,20	18,60



Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 617		3		1687,62
	Aislador de porcelana tipo line-post, de 13,2 kV, con p	3	38,06	114,18
	Ménsula de H°A° para LAMT line-post simple terna, c	3	9,67	29,01
MN 187b	Grampa	6	0,54	3,26
MN 187a	Grampa	4	0,54	2,17
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	2	0,16	0,33
MN 30	Arandela plana	4	0,16	0,65
MN 1101	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	5	2,13	10,66
TN 211a2	L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. AISLACIÓN CERÁMICA	6	100,75	604,48
MN 203c	Conector p/cab paralelo Al estañado	6	5,14	30,86
TN 51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 581c	Poste de H°A° 13/3000	1	771,94	771,94
MN 380	Ojal s/rosca	6	2,61	15,66
	Atadura preformada metálica p/conductor desnudo 95/	3	6,20	18,60
MN 100a	Cordón de Ac	4	0,58	2,31
MN 104g	Abrazadera retención	3	8,48	25,45

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 618		2		1072,43
TN 211a2	L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. AISLACIÓN CERÁMICA	2	100,75	201,49
MN 187b	Grampa	2	0,54	1,09
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 30	Arandela plana	2	0,16	0,33
MN 1101	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 100a	Cordón de Ac	4	0,58	2,31
MN 581c	Poste de H°A° 13/3000	1	771,94	771,94
TN 51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 187a	Grampa	3	0,54	1,63
MN 380	Ojal s/rosca	3	2,61	7,83
MN 104g	Abrazadera retención	3	8,48	25,45

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 51g		1		58,08
MN 551d	Conjunto armado jabalina lisa Ac-Cu	1	55,46	55,46
MN 1101	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	1	2,13	2,13
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 30	Arandela plana	2	0,16	0,33

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 211a2		1		100,75
MN 173	Gancho c/rotula	1	4,35	4,35
MN 12	Aislador de suspensión a rotula	2	30,67	61,33
MN 154	orbita c/oreja corta	1	5,35	5,35
MN 1016	Grampa de amarre p/conductor de energía 50 a 120 mm	1	29,72	29,72



En la siguiente tabla se detallan todos los materiales para poder llevar a cabo la obra, donde esta determinada la cantidad de cada uno y el precio total.

Resumen materiales			
Descripción	Cantidad	U\$/unidad	Precio U\$D
Conductor PRYSALAC 95/15 [mm ²]	6000	2,16	12948,24
Hormigón armado	43,70	81,20	3548,31
Estructuras de suspensión	30	673,88	20216,38
Estructura de retención	3	1687,62	5062,87
Estructura terminal	2	1072,43	2144,86
Total costo materiales			43920,66

Una vez determinado y detallado todos los materiales, podemos proceder a determinar las horas necesarias para la ejecución de la línea, detallando cada rubro.

Comenzaremos por determinar las horas del rubro civil, las tareas serán llevadas a cabo por personal idóneo con sueldo según ultima tabla de UOCRA.

Las tareas que estos desarrollaran serán:

- Excavación para fundiciones.
- Excavación zanja.
- Hormigonar fundiciones.

A continuación se detallan las horas necesarias en función de la cantidad de tierra a remover y hormigón.

DETERMINACIÓN DE HORAS PERSONAL CIVIL			
DESCRIPCIÓN	Hrs/1m ³	Cantidad m ³	Total hrs
Realizar excavaciones de 1m ³	5	48,83	244,13
Hormigonar fundición de 1m ³	0,25	35,00	8,75
Metro lineal de zanja de 0,4m x 1,2m	-	-	0
TOTAL DE HORAS PERSONAL CIVIL			256

Luego de determinar las horas necesarias para la obra civil, nos queda determinar las horas para la colocación de los postes, armado de estructura y tendido de cables. Dichas tareas las realizara personal idóneo con sueldos determinados según planillas de E.P.E.

DETERMINACIÓN HORAS PERSONAL ELÉCTRICO			
Descripción de actividad	Hrs/u.	Cantidad u.	Total hrs
Colocación de postes	1	35	35
Preparado de la estructura suspensión	0,5	30	15
Preparado de la estructura retención	0,5	3	1,5
Preparado de la estructura terminal	0,5	2	1
Tendido del cable por bobina	3	6	18
Morsetería	0,75	35	26,25
TOTAL DE HORAS PERSONAL E.P.E.			104



Personal - Mano de obra				
Descripción	Precio unitario [€/h]	Carga horaria	Personal	Precio total USD
Oficial especializado	5,96	192	1	1145,20
Oficial UOCRA	5,08	192	1	975,76
Medio oficial UOCRA	4,69	192	1	899,74
Ayudante UOCRA	4,30	192	2	1651,87
Sereno	4,43	-	-	-
Cuadrilla tipo CT 1, NORMA	61,35	104	1	6380,51
Total costo mano de obra				11053,08

Por ultimo nos queda determinar las herramientas, equipos y rodados necesarios para la ejecución de la obra, estos costo de estos se determinara en función de las planillas de E.P.E..

A continuación se enumeran los equipos, con su correspondiente costo y las horas que tendrán que estar disponible/funcionando.

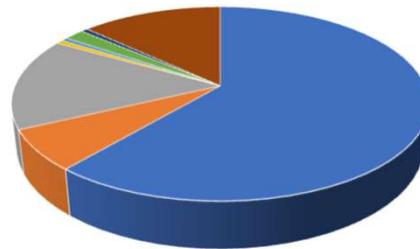
Equipos y rodados necesarios			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Camión con hridrogrua articulada (15 tn)	40	53,31	2132,29
Tunelera teledirigida	-	0,00	-
Camioneta	104	15,58	1620,75
Retroexcavadora	-	-	-
Camión	-	-	-
Martillo neumático	-	0,00	-
Aserradora de pavimento	-	0,00	-
Acoplado porta bobina	24	1,72	41,21
Hidroelevador con canasto hasta 13 [m]	40	24,38	975,11
Kit de herramientas MT	40	1,45	58,08
Kit de herramientas obras civiles subterr	-	0,00	-
Total costos equipos y rodados			4827,44



Finalmente, ya tenemos todos los costos detallados. Por lo que podemos determinar el computo y presupuesto final, el cual es:

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	43920,66	61,2
Equipos y rodados	4827,44	6,7
Mano de obra	11053,08	15,4
Mantenimiento (1%)	439,21	0,6
Obrador (1%)	439,21	0,6
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	1317,62	1,8
Dirección de obra (1% costos materiales)	439,21	0,6
Costo	62436,42	87,0
Gastos administrativos y generales (15% costos)	9365,46	13,0
TOTAL	71801,88	100,0
TOTAL + IVA	86880,27	121,0

Composición del costo sin IVA



- Costos materiales
- Equipos y rodados
- Mano de obra
- Mantenimiento (1%)
- Obrador (1%)
- Gastos imprevistos (3% costos materiales)
- Dirección de obra (1% costos materiales)
- Gastos administrativos y generales (15% costos)

Computo de materiales L.M.T compacta con conductor protegido

En este anexo, se detallaran todos los materiales, equipos, herramientas y mano de obra, para poder ejecutar la obra, como así también se determinara el presupuesto.

Comenzaremos con la cantidad de conductor necesario para ejecutar 2 [km] de esta línea.

Conductor	Cantidad
Eco Compac Dúo Aluminio 95 mm ²	6000
Acero galvanizado 35 mm ²	2000
Espaciadores	707

Por otro lado, podemos determinar la cantidad de estructuras de cada tipo constructivo, para ello tendremos en cuenta el vano máximo. En el anexo VII se encuentra desarrollada la planimetría para 2 [km] de línea, allí se pueden observar la cantidad de cada estructura.

Tipo de estructura	Cantidad
Estructuras terminales:	2
Estructuras de retención:	1
Estructuras de suspensión:	40

Una vez determinada la cantidad de estructuras y con los cálculos desarrollados en el anexo IV.d, donde se determino el volumen de cada fundación, estamos en condición de computar la cantidad de m³ de hormigón necesarios.

Hormigón	[m ³ /fund.]	Total [m ³]
Fundación estructura de suspensión	1,22	48,73
Fundación estructura de retención	1,20	1,20
Fundación estructura de terminal	1,63	3,26

A continuación se detallaran los materiales necesarios para cada tipo de estructura normalizada por la E.P.E., en el anexo VI se encuentran los planos de cada una de ellas, los cuales fueron extraídos de la pagina de la E.P.E., pestaña "información técnica".

Descripción	Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 804	20		586,65
Poste de H°A° 13/1200	1	446,91	446,91
TN 51g B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 850 Brazo soporte tipo L	1	54,30	54,30
MN 104f Abrazadera retención p/ red compacta	2	8,48	16,96
MN 100a Cordón de Ac	1	0,58	0,58
MN 1101 Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 187b Grampa	1	0,54	0,54
MN 30 Arandela plana	2	0,16	0,33
MN 32a Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 895a Conjunto preformado anti vibrante t/armord rood p/cor	1	6,66	6,66



Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 805a		20		648,39
	Poste de H°A° 13/1200	1	446,91	446,91
TN 51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 850	Brazo soporte tipo L	1	54,30	54,30
MN 104f	Abrazadera retención p/red compacta	3	8,48	25,45
MN 100a	Cordón de Ac	1	0,58	0,58
MN 110l	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 187b	Grampa	1	0,54	0,54
MN 30	Arandela plana	2	0,16	0,33
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 860	Espaciador p/red compacta	1	9,30	9,30
MN 855	Brazo anti balanceo	1	8,50	8,50
MN 870	Estribo p/brazo tipo L	1	22,77	22,77
MN 64	Bulón	1	1,19	1,19
MN 890d	Atadura preformada de PVC p/conductor de 95 mm² en	3	3,83	11,49
MN 895a	Conjunto preformado anti vibrante t/armord rood p/cor	1	6,66	6,66

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 815a		1		1012,24
MN 581a	Poste de H°A° 13/1800	1	577,07	577,07
TN 51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 875	Brazo tipo C p/red compacta	1	9,82	9,82
MN 411r	Perno recto	3	3,53	10,60
	Aislador orgánico tipo PR 15 PB de AVATOR o similar	3	16,31	48,93
MN 11c	Aislador orgánico a horquilla t/suspens-retenc 15 kV	6	25,45	152,68
MN 226	Horquilla de retención	6	6,46	38,78
MN 887d	Conjunto preformado p/retención conductor protegido	6	6,31	37,84
MN 885a	Conjunto preformado p/retención conductor de Ac de 3	2	5,33	10,66
MN 215	Guardacabo	2	0,49	0,98
MN 377	Ojal c/rosca	8	2,76	22,10
MN 104f	Abrazadera retención p/red compacta	3	8,48	25,45
MN 110l	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	1	2,13	2,13
MN 187b	Grampa	4	0,54	2,17
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	4	0,16	0,65
MN 100a	Cordón de Ac	1,5	0,58	0,86
	Atadura preformada de PVC para conductor protegido	3	4,48	13,44



Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 820a		2		1122,57
MN 581b	Poste de H°A° 13/2400	1	704,65	704,65
TN 51g	B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)	1	58,08	58,08
MN 875	Brazo tipo C p/red compacta	1	9,82	9,82
MN 880	Ménsula auxiliar p/retención red compacta	1	16,75	16,75
MN 104f	Abrazadera retención p/red compacta	3	8,48	25,45
MN 48	Bulón	7	0,65	4,57
MN 377	Ojal c/rosca	1	2,76	2,76
MN 215	Guardacabo	1	0,49	0,49
MN 74c	Terminal de Al forjado estañado p/identar s=95 mm ²	3	1,89	5,66
MN 110l	Esparrago de conexión de bronce o latón laminado	2	2,13	4,26
MN 187b	Grampa	3	0,54	1,63
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	9	0,16	1,47
	Conductor de Cu desnudo s=35mm ² (7x2,52)	2	3,45	6,89
	Descargador de sobretensión Ozon Un=12 kV, In= 5KA	3	39,15	117,44
MN 11c	Aislador orgánico a horquilla t/supens-retenc 15 kV	3	25,45	76,34
MN 887d	Conjunto preformado p/retención conductor protegido	3	6,31	18,92
MN 885a	Conjunto preformado p/retención conductor de Ac 35 mm ²	1	5,33	5,33
MN 93d	Terminal Cu estañado especial p/identar s=35mm ²	4	0,88	3,52
MN 226	Horquilla de retención	3	6,46	19,39
MN 882	Soporte p/descargador tipo Z p/red compacta	3	13,05	39,15

Descripción		Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 51g		1		58,08
MN 551d	Conjunto armado jabalina lisa Ac-Cu	1	55,46	55,46
MN 110l	Esparrago de conexión de Bce o Latón laminado	1	2,13	2,13
MN 32a	Arandela elástica partida 1/2"	1	0,16	0,16
MN 30	Arandela plana	2	0,16	0,33

En la siguiente tabla se detallan todos los materiales para poder llevar a cabo la obra, donde esta determinada la cantidad de cada uno y el precio total.

Resumen materiales			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Conductor PRYSALAC 95/15 [mm ²]	6000	1,47	8816,01
Fiador de Ac galvanizado 35 mm ²	2000	1,26	2522,84
Espaciadores	707	9,30	6576,22
Hormigón armado	53,19	81,20	4318,86
Estructuras de suspensión	40	586,65	23466,09
Estructura de retención	1	648,39	648,39
Estructura terminal	2	1012,24	2024,48
Total costo materiales			48372,88

Una vez determinado y detallado todos los materiales, podemos proceder a determinar las horas necesarias para la ejecución de la línea, detallando cada rubro.



Comenzaremos por determinar las horas del rubro civil, las tareas serán llevadas a cabo por personal idóneo con sueldo según última tabla de UOCRA.

Las tareas que estos desarrollaran serán:

- Excavación para fundiciones.
- Excavación zanja.
- Hormigonar fundiciones.

A continuación se detallan las horas necesarias en función de la cantidad de tierra a remover y hormigón.

DETERMINACIÓN DE HORAS PERSONAL CIVIL			
DESCRIPCIÓN	Hrs/1m ³	Cantidad m ³	Total hrs
Realizar excavaciones de 1m ³	5	59,16	295,79
Hormigonar fundición de 1m ³	0,25	43,00	10,75
Metro lineal de zanja de 0,4m x 1,2m	-	-	0
TOTAL DE HORAS PERSONAL CIVIL			312

Luego de determinar las horas necesarias para la obra civil, nos queda determinar las horas para la colocación de los postes, armado de estructura y tendido de cables. Dichas tareas las realizara personal idóneo con sueldos determinados según planillas de E.P.E.

DETERMINACIÓN HORAS PERSONAL ELÉCTRICO			
Descripción de actividad	Hrs/u.	Cantidad u.	Total hrs
Colocación de postes	1	43	43
Preparado de la estructura suspensión	0,5	40	20
Preparado de la estructura retención	0,5	1	0,5
Preparado de la estructura terminal	0,5	2	1
Tendido del cable por bobina	4	6	24
Colocación espaciadores	0,15	707	106,05
Morsetería	1	43	43
TOTAL DE HORAS PERSONAL E.P.E.			240

Personal - Mano de obra				
Descripción	Precio unitario [C/4]	Carga horaria	Personal	Precio total USD
Oficial especializado	5,96	192	1	1145,20
Oficial UOCRA	5,08	192	1	975,76
Medio oficial UOCRA	4,69	192	1	899,74
Ayudante UOCRA	4,30	192	2	1651,87
Sereno	4,43	-	-	-
Cuadrilla tipo CT 1, NORMA	61,35	240	1	14724,25
Total costo mano de obra				19396,82

Por ultimo nos queda determinar las herramientas, equipos y rodados necesarios para la ejecución de la obra, estos costo de estos se determinara en función de las planillas de E.P.E..

A continuación se enumeran los equipos, con su correspondiente costo y las horas que tendrán que estar disponible/funcionando.



Equipos y rodados necesarios			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Camión con hridrogrua articulada (15 tn	48	53,31	2558,75
Tunelera teledirigida	-	0,00	-
Camioneta	240	15,58	3740,20
Retroexcavadora	-		-
Camión	-		-
Martillo neumático	-	0,00	-
Aserradora de pavimento	-	0,00	-
Acoplado porta bobina	24	1,72	41,21
Hidroelevador con canasto hasta 13 [m]	48	24,38	1170,14
Kit de herramientas MT	48	1,45	69,69
Kit de herramientas obras civiles subterr	-	0,00	-
Total costos equipos y rodados			7579,98

Finalmente, ya tenemos todos los costos detallados. Por lo que podemos determinar el computo y presupuesto final, el cual es:

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	48372,88	53,75
Equipos y rodados	7579,98	8,42
Mano de obra	19396,82	21,55
Mantenimiento (1%)	483,73	0,54
Obrador (1%)	483,73	0,54
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	1451,19	1,61
Dirección de obra(1% de los materiales)	483,73	0,54
Costos	78252,05	86,96
Gastos generales y administrativos (15%)	11737,81	13,04
TOTAL	89989,86	100,00
TOTAL + IVA	108887,73	121,00



Computo de materiales LSMT coplanar horizontal Cu

En este anexo, se detallaran todos los materiales, equipos, herramientas y mano de obra, para poder ejecutar la obra, como así también se determinara el presupuesto.

Comenzaremos con la cantidad de conductor necesario para ejecutar 2 [km] de esta línea.

Conductor	Cantidad
RETENAX MT Cu 120 mm ²	6000

Para este tipo constructivo, no se utilizaran estructuras de hormigón. Por lo que se procede a determinar el volumen de tierra a remover, los metros a tunelear, las veredas a remover, la cantidad de arena para preparar la zanja, la cantidad de ladrillos, etc.

Excavación		
Ancho	0,4	[m]
Profundidad	1,2	[m]
Longitud cuadra	100	[m]
Volumen por cuadra	48	[m ³]
Numero de cuadras	17	[u]
Volumen total	816	[m ³]
Longitud calle	20	[m]
Numero de calles	17	[u]
Longitud total a tunelear	340	[m]
Remoción de veredas		
Ancho	0,4	[m]
Longitud	100	[m]
Profundidad	0,05	[m]
Cantidad de cuadras	17	[u]
Porcentaje de remoción	70	[%]
Volumen total	23,8	[m ³]
Reparación		
Porcentaje reparar con hormigón	100	[%]
Porcentaje de vereda a repara con baldosas	50	[%]
Volumen de hormigón necesario para reparar	23,8	[m ³]
Metros cuadrados de baldosas necesarias	238	[m ²]
Protección y señalización del cable		
Arena fina	136	[m ³]
Ladrillos 15 X 30	4533	[u]
Caja de señalización de línea y nivel de tensión (E.P.E)	51	[u]
Cinta de precaución cable MT	2000	[m]



En uno de los extremos de la línea, se planteara una conexión a una línea aérea, la cual se realiza con la siguiente estructura normalizada, en el anexo VI se encuentran los detalles de la misma.

Descripción	Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 120a	1		1338,86
Descargador de sobretensión Ozon Un=15kV, In=10 kA	3	58,72	176,16
Perfil Normal "U" N° 10 - largo= 12 m	1	242,14	242,14
Seccionador unipolar cuchilla intemperie 13,2 kV 400	3	280,00	840,00
Terminal contraíble p/cable AS s=1x185 a 1x400 - exte	1	50,00	50,00
Caño de AcGa de 4 "	3	10,19	30,56

Empalmes y derivaciones			
Descripción	Cantidad	USD/u	Total USD
Caja para empalmes y derivaciones	1	1300,00	1300,00

En la siguiente tabla se detallan todos los materiales para poder llevar a cabo la obra, donde esta determinada la cantidad de cada uno y el precio total.

Resumen materiales			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Conductor RETENAX MT 120 [mm ²] Cu, C	6000	21,97	131820,00
Hormigón armado	23,80	40,60	966,28
Estructuras TN 120a	1	1338,86	1338,86
Arena fina	136	18,76	2551,36
Ladrillos	4533	0,22	985,93
Caños PVC 2"	1020	1,29	1318,35
Cajas para empalme y derivaciones	1	1300,00	1300,00
Mosaico normal de 15 x 15	9067	0,29	2629,43
Total costo materiales			142910,21

Una vez determinado y detallado todos los materiales, podemos proceder a determinar las horas necesarias para la ejecución de la línea, detallando cada rubro.

Comenzaremos por determinar las horas del rubro civil, las tareas serán llevadas a cabo por personal idóneo con sueldo según ultima tabla de UOCRA.

Las tareas que estos desarrollaran serán:

- Excavación para fundiciones.
- Excavación zanja.
- Hormigonar fundiciones.

A continuación se detallan las horas necesarias en función de la cantidad de tierra a remover y hormigón.

DETERMINACIÓN DE HORAS PERSONAL CIVIL			
DESCRIPCIÓN	m/hrs	Cantidad m ³	Total hrs
Metro lineal de zanja de 0,4m x 1,2m	1	1700,0	1700
Metro lineal de remoción de vereda	2,00	1190,0	595
	-	-	0
TOTAL DE HORAS PERSONAL CIVIL			2296



Luego de determinar las horas necesarias para la obra civil, nos queda determinar las horas para la colocación de los postes, armado de estructura y tendido de cables. Dichas tareas las realizara personal idóneo con sueldos determinados según planillas de E.P.E.

DETERMINACIÓN HORAS PERSONAL ELÉCTRICO			
Descripción de actividad	Hrs/u.	Cantidad u.	Total hrs
Tendido del cable por bobina	2	6	12
Empalmes	2	3	6
Terminales	1	6	6
TOTAL DE HORAS PERSONAL E.P.E.			24

Personal - Mano de obra				
Descripción	Precio unitario [\$/h]	Carga horaria	Personal	Precio total USD
Oficial especializado	5,96	1148	1	6847,32
Oficial UOCRA	5,08	1148	1	5834,26
Medio oficial UOCRA	4,69	1148	1	5379,69
Ayudante UOCRA	4,30	1148	2	9876,83
Sereno	4,43	-	-	-
Cuadrilla tipo CT 1, NORMA	61,35	24	1	1472,42
Total costo mano de obra				29410,52

Por ultimo nos queda determinar las herramientas, equipos y rodados necesarios para la ejecución de la obra, estos costo de estos se determinara en función de las planillas de E.P.E..

A continuación se enumeran los equipos, con su correspondiente costo y las horas que tendrán que estar disponible/funcionando.

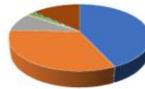
Equipos y rodados necesarios			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Camión con hridrogrua articulada (15 tn)	-	53,31	-
Tunelera teledirigida	408	20,48	8354,86
Camioneta	48	15,58	748,04
Retroexcavadora	1182	36,97	43693,38
Cargador frontal de 1m ³	240	36,97	8871,75
Camión	1148	37,49	43036,77
Martillo neumático	23,8	2,13	50,66
Aserradora de pavimento	11,9	9,90	117,87
Acoplado porta bobina	3	1,72	5,15
Hidroelevador con canasto hasta 13 [m]	-	24,38	-
Kit de herramientas MT	18	1,45	26,13
Kit de herramientas obras civiles subterr	1148,00	2,10	2412,51
Total costos equipos y rodados			107317,14



Finalmente, ya tenemos todos los costos detallados. Por lo que podemos determinar el computo y presupuesto final, el cual es:

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	142910,21	43,12
Equipos y rodados	107317,14	32,38
Mano de obra	29410,52	8,87
Mantenimiento (1% costos materiales)	1429,10	0,43
Obrador (1% costos materiales)	1429,10	0,43
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	4287,31	1,29
Dirección de obra (1% de los materiales)	1429,10	0,43
Costos	288212,48	86,96
Gastos generales y administrativos (15% del costo)	43231,87	13,04
TOTAL	331444,35	100,00
TOTAL + IVA	401047,66	121,00

Composición del costo sin IVA



- Costos materiales
- Equipos y rodados
- Mano de obra
- Mantenimiento (1% costos materiales)
- Obrador (1% costos materiales)
- Gastos imprevistos (3% costos materiales)
- Dirección de obra (1% de los materiales)
- Gastos generales y administrativos (15% del costo)



Computo de materiales LSMT coplanar horizontal AI

En este anexo, se detallaran todos los materiales, equipos, herramientas y mano de obra, para poder ejecutar la obra, como así también se determinara el presupuesto.

Comenzaremos con la cantidad de conductor necesario para ejecutar 2 [km] de esta línea.

Conductor	Cantidad
RETENAX MT AI 185 mm ²	6000

Para este tipo constructivo, no se utilizaran estructuras de hormigón. Por lo que se procede a determinar el volumen de tierra a remover, los metros a tunelear, las veredas a remover, la cantidad de arena para preparar la zanja, la cantidad de ladrillos, etc.

Excavación		
Ancho	0,4	[m]
Profundidad	1,2	[m]
Longitud cuadra	100	[m]
Volumen por cuadra	48	[m ³]
Numero de cuadras	17	[u]
Volumen total	816	[m ³]
Longitud calle	20	[m]
Numero de calles	17	[u]
Longitud total a tunelear	340	[m]
Remoción de veredas		
Ancho	0,4	[m]
Longitud	100	[m]
Profundidad	0,05	[m]
Cantidad de cuadras	17	[u]
Porcentaje de remoción	70	[%]
Volumen total	23,8	[m ³]
Reparación		
Porcentaje reparar con hormigón	100	[%]
Porcentaje de vereda a repara con baldosas	50	[%]
Volumen de hormigón necesario para reparar	23,8	[m ³]
Metros cuadrados de baldosas necesarias	238	[m ²]
Protección y señalización del cable		
Arena fina	136	[m ³]
Ladrillos 15 X 30	4533	[u]
Caja de señalización de línea y nivel de tensión (E.P.E)	51	[u]
Cinta de precaución cable MT	2000	[m]



En uno de los extremos de la línea, se planteara una conexión a una línea aérea, la cual se realiza con la siguiente estructura normalizada, en el anexo VI se encuentran los detalles de la misma.

Descripción	Cantidad	USD/unidad	USD/TN
TN 120a	1		1338,86
Descargador de sobretensión Ozon Un=15kV, In=10 kA	3	58,72	176,16
Perfil Normal "U" N° 10 - largo= 12 m	1	242,14	242,14
Seccionador unipolar cuchilla intemperie 13,2 kV 400	3	280,00	840,00
Terminal contraíble p/cable AS s=1x185 a 1x400 - exte	1	50,00	50,00
Caño de AcGa de 4 "	3	10,19	30,56

Empalmes y derivaciones			
Descripción	Cantidad	USD/u	Total USD
Caja para empalmes y derivaciones	1	1300,00	1300,00

En la siguiente tabla se detallan todos los materiales para poder llevar a cabo la obra, donde esta determinada la cantidad de cada uno y el precio total.

Resumen materiales			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Conductor RETENAX MT 185 [mm ²] Al, C	6000	15,79	94740,00
Hormigón armado	23,80	40,60	966,28
Estructuras TN 120a	1	1338,86	1338,86
Arena fina	136	18,76	2551,36
Ladrillos	4533	0,22	985,93
Caños PVC 2"	1020	1,29	1318,35
Cajas para empalme y derivaciones	1	1300,00	1300,00
Mosaico normal de 15 x 15	9067	0,29	2629,43
Total costo materiales			105830,21

Una vez determinado y detallado todos los materiales, podemos proceder a determinar las horas necesarias para la ejecución de la línea, detallando cada rubro.

Comenzaremos por determinar las horas del rubro civil, las tareas serán llevadas a cabo por personal idóneo con sueldo según ultima tabla de UOCRA.

Las tareas que estos desarrollaran serán:

- Excavación para fundiciones.
- Excavación zanja.
- Hormigonar fundiciones.

A continuación se detallan las horas necesarias en función de la cantidad de tierra a remover y hormigón.

DETERMINACIÓN DE HORAS PERSONAL CIVIL			
DESCRIPCIÓN	m/hrs	Cantidad m ³	Total hrs
Metro lineal de zanja de 0,4m x 1,2m	1	1700,0	1700
Metro lineal de remoción de vereda	2,00	1190,0	595
	-	-	0
TOTAL DE HORAS PERSONAL CIVIL			2296



Luego de determinar las horas necesarias para la obra civil, nos queda determinar las horas para la colocación de los postes, armado de estructura y tendido de cables. Dichas tareas las realizara personal idóneo con sueldos determinados según planillas de E.P.E.

DETERMINACIÓN HORAS PERSONAL ELÉCTRICO			
Descripción de actividad	Hrs/u.	Cantidad u.	Total hrs
Tendido del cable por bobina	2	6	12
Empalmes	2	3	6
Terminales	1	6	6
TOTAL DE HORAS PERSONAL E.P.E.			24

Personal - Mano de obra				
Descripción	Precio unitario [C\$/h]	Carga horaria	Personal	Precio total USD
Oficial especializado	5,96	1148	1	6847,32
Oficial UOCRA	5,08	1148	1	5834,26
Medio oficial UOCRA	4,69	1148	1	5379,69
Ayudante UOCRA	4,30	1148	2	9876,83
Sereno	4,43	-	-	-
Cuadrilla tipo CT 1, NORMA	61,35	24	1	1472,42
Total costo mano de obra				29410,52

Por ultimo nos queda determinar las herramientas, equipos y rodados necesarios para la ejecución de la obra, estos costo de estos se determinara en función de las planillas de E.P.E..

A continuación se enumeran los equipos, con su correspondiente costo y las horas que tendrán que estar disponible/funcionando.

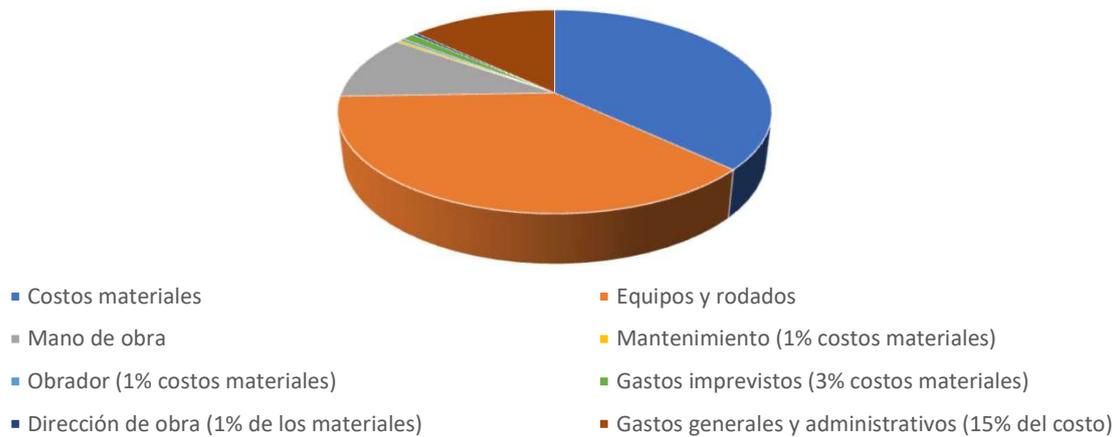
Equipos y rodados necesarios			
Descripción	Cantidad	USD/unidad	Precio USD
Camión con hridrogrua articulada (15 tn)	-	53,31	-
Tunelera teledirigida	408	20,48	8354,86
Camioneta	48	15,58	748,04
Retroexcavadora	1182	36,97	43693,38
Cargador frontal de 1m ³	240	36,97	8871,75
Camión	1148	37,49	43036,77
Martillo neumático	23,8	2,13	50,66
Aserradora de pavimento	11,9	9,90	117,87
Acoplado porta bobina	3	1,72	5,15
Hidroelevador con canasto hasta 13 [m]	-	24,38	-
Kit de herramientas MT	18	1,45	26,13
Kit de herramientas obras civiles subterr	1148,00	2,10	2412,51
Total costos equipos y rodados			107317,14



Finalmente, ya tenemos todos los costos detallados. Por lo que podemos determinar el computo y presupuesto final, el cual es:

Resumen costos		
Descripción	USD	%
Costos materiales	105830,21	36,97
Equipos y rodados	107317,14	37,49
Mano de obra	29410,52	10,27
Mantenimiento (1% costos materiales)	1058,30	0,37
Obrador (1% costos materiales)	1058,30	0,37
Gastos imprevistos (3% costos materiales)	3174,91	1,11
Dirección de obra (1% de los materiales)	1058,30	0,37
Costos	248907,68	86,96
Gastos generales y administrativos (15% del costo)	37336,15	13,04
TOTAL	286243,83	100,00
TOTAL + IVA	346355,03	121,00

Composición del costo sin IVA

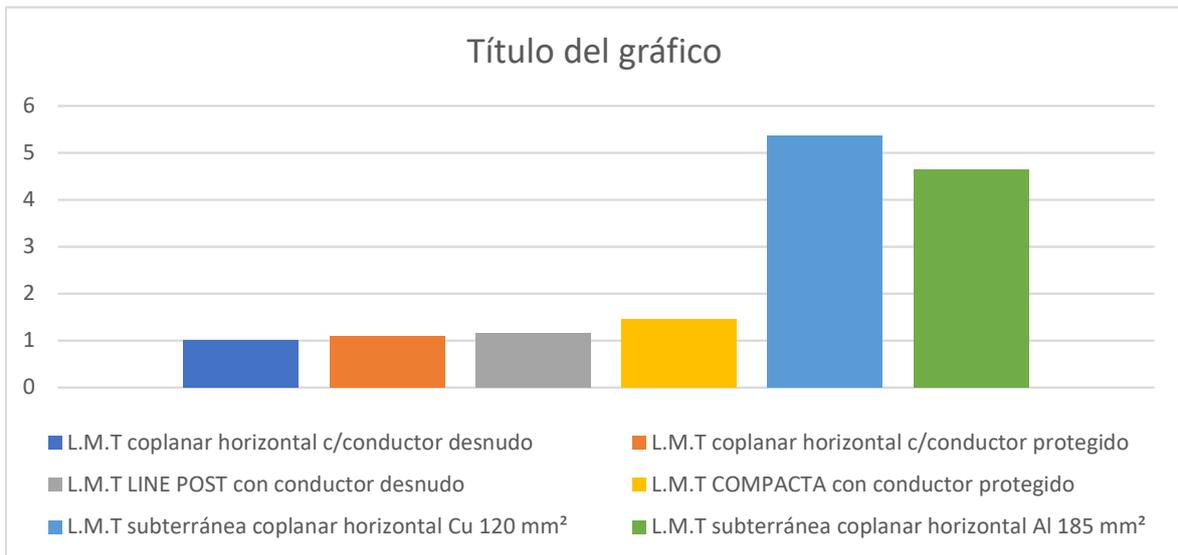




Conclusión final

Comparación económica	
Tipo constructivo	Coefficiente
L.M.T coplanar horizontal c/conductor desnudo	1
L.M.T coplanar horizontal c/conductor protegido	1,09
L.M.T LINE POST con conductor desnudo	1,16
L.M.T COMPACTA con conductor protegido	1,46
L.M.T subterránea coplanar horizontal Cu 120 mm ²	5,37
L.M.T subterránea coplanar horizontal Al 185 mm ²	4,63

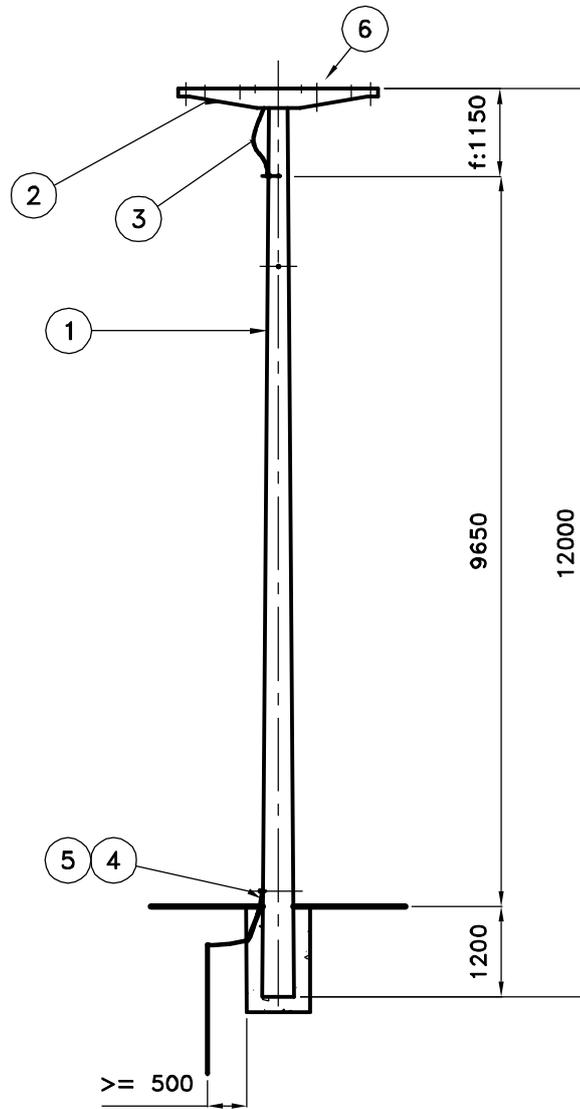
En el siguiente gráfico se puede apreciar lo descrito en la tabla anterior





Anexo VI

Planos especificaciones técnicas E.P.E.



NOTAS:

- LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERÁN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.
- TENSION MÁXIMA ADMISIBLE DEL CONDUCTOR A TEMPERATURA MEDIA ANUAL = 5,98 [daN/mm²].
- SE DEBE TENER EN CUENTA PARA EL COMPUTO RESPECTIVO LA CANTIDAD DE H' SIMPLE O ARMADO SEGÚN CORRESPONDA.
- LAS ATADURAS SERÁN SELECCIONADAS SEGÚN EL CONDUCTOR A EMPLEAR Y SE DEBEN CONSIDERAR INCLUIDAS EN LA CONFORMACIÓN DEL PRESENTE TN.

CONDUCTOR: 50/8 - 95/15 mm² AIAC

VANO MAXIMO: 90 m

●	SOPORTE SOSTEN
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 472	14001033	Poste de Hormigon Armado 12,00/1200 - MN 472	Pza	1
2	MN 155	14040008	Cruceta de Ho Ao p/Perno Rigido y Retencion Simple - MN 155	Pza	1
3	TN52		L.M.T. 13,2 - 33 kV PUESTA A TIERRA - SOSTEN	Conj	1
4	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H'A')	Conj	1
5		47120030	Manguera Flexible 1"	mts	1
6	TN218a		L.M.T. 13,2 kV SOSTEN - AISLACION CERAMICA	Conj	3



L.M.T. 13,2 kV
SOSTEN - COPL HOR - AIS CER

TN240_5

MATRICULA:

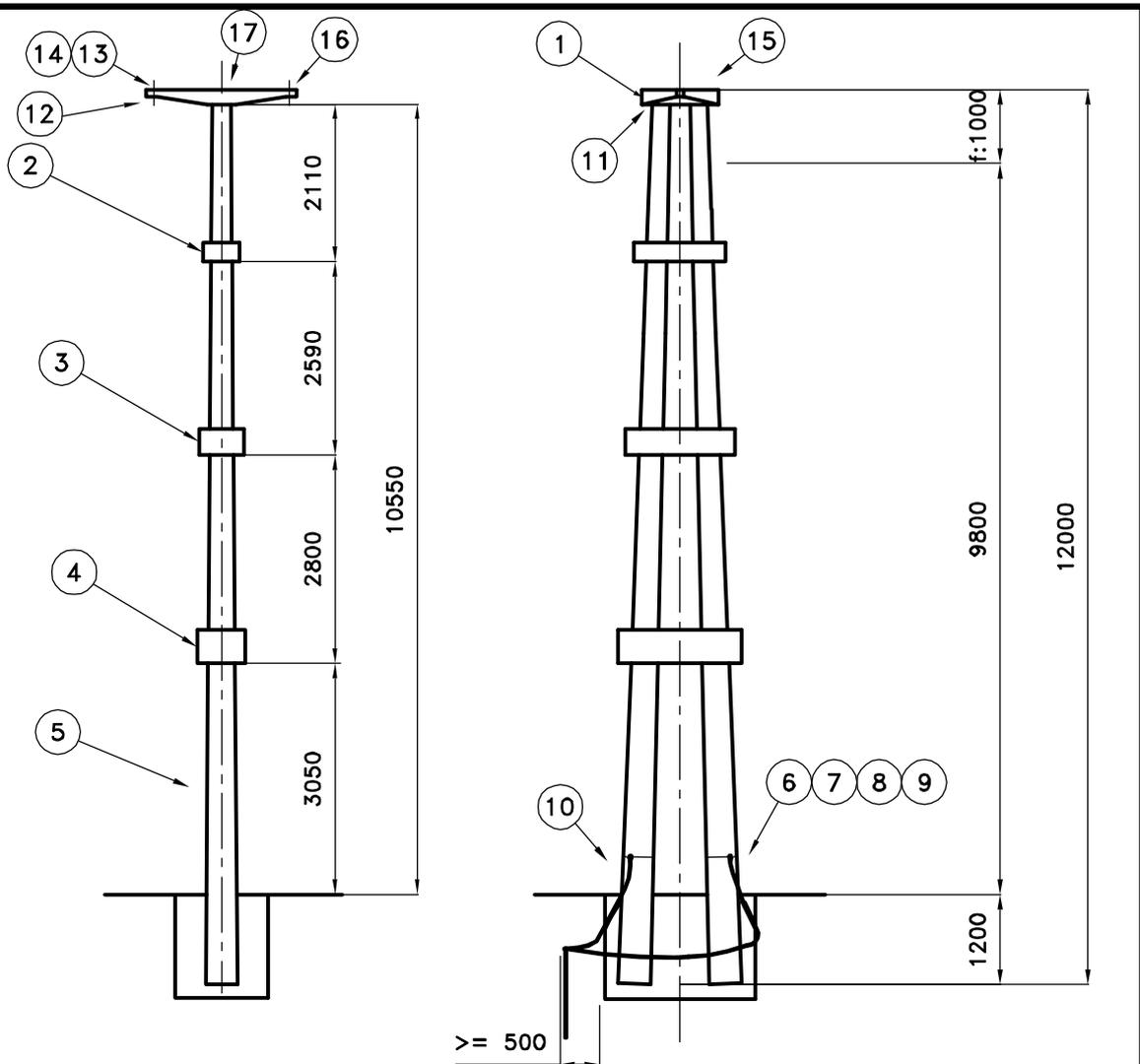
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 07/18

ESC.:1:100



NOTA

- LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERAN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.
 - SE DEBERA TENER EN CUENTA PARA EL COMPUTO RESPECTIVO LA CANTIDAD DE HORMIGON SIMPLE
 - TENSION MÁXIMA ADMISIBLE DEL CONDUCTOR A TEMPERATURA MEDIA ANUAL = 5,98 [daN/mm²]
- CONDUCTOR: 50/8 - 95/15 mm² AlAc VANO MAXIMO: 90 m

 SIMBOLO SITE	ESTRUCTURA RETENCION DESCRIPCION
------------------	-------------------------------------

ITEM	CODIGO	MATIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 523A	14040175	Cruceta de HoAo Tipo CL8 1,80/2x1800 - MN 523a	pza	1
2	MN 771	14040082	Vinculo de Hormigon Armado p/Poste Doble Tipo V1 - MN 771	PZA	1
3	MN 170	14040005	Vinculo de Hormigon Armado p/Poste Doble Tipo V3 - MN 170	Pza	1
4	MN 169	14040004	Vinculo de Hormigon Armado p/Poste Doble tipo V5 - MN 169	pza	1
5	MN 472	14001033	Poste de Hormigon Armado 12,00/1200 - MN 472	Pza	2
6		47120030	Manguera Flexible 1"	mts	2
7	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
8	MN 93d	11111004	Terminal Cu Estazado Especial p/Identar s=35mm ² - MN 93d	Pza	1
9		16002015	Conductor de Cu Desnudo s=35mm ² (7x2,52)	Mts	3
10	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H'A)	Conj	1
11	TN53		L.M.T. 13,2 - 33 kV PUESTA A TIERRA - RETENCION	Conj	1
12	MN 203c	11120352	Conector p/Cab paralelo Al estazado MN 203c	Pza	9
13	MN 3a	20001003	Aislador Campana - MN 3a	Pza	1
14	MN 411r	11120124	Perno Recto - MN 411r	Pza	1
15	TN211a2		L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. - AISLACION CERAMICA	Conj	2
16	TN211a3		L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. - AISLACION CERAMICA	Conj	4
17	MN 262a	11120055	Atadura Preformada s/Aislador MN 14 p/Cable Al-Ac 50/8mm ² MN 262aPza	Pza	1



L.M.T. 13,2 kV
RETENCION - COPL HOR - AIS CER

TN242_3

MATRICULA:

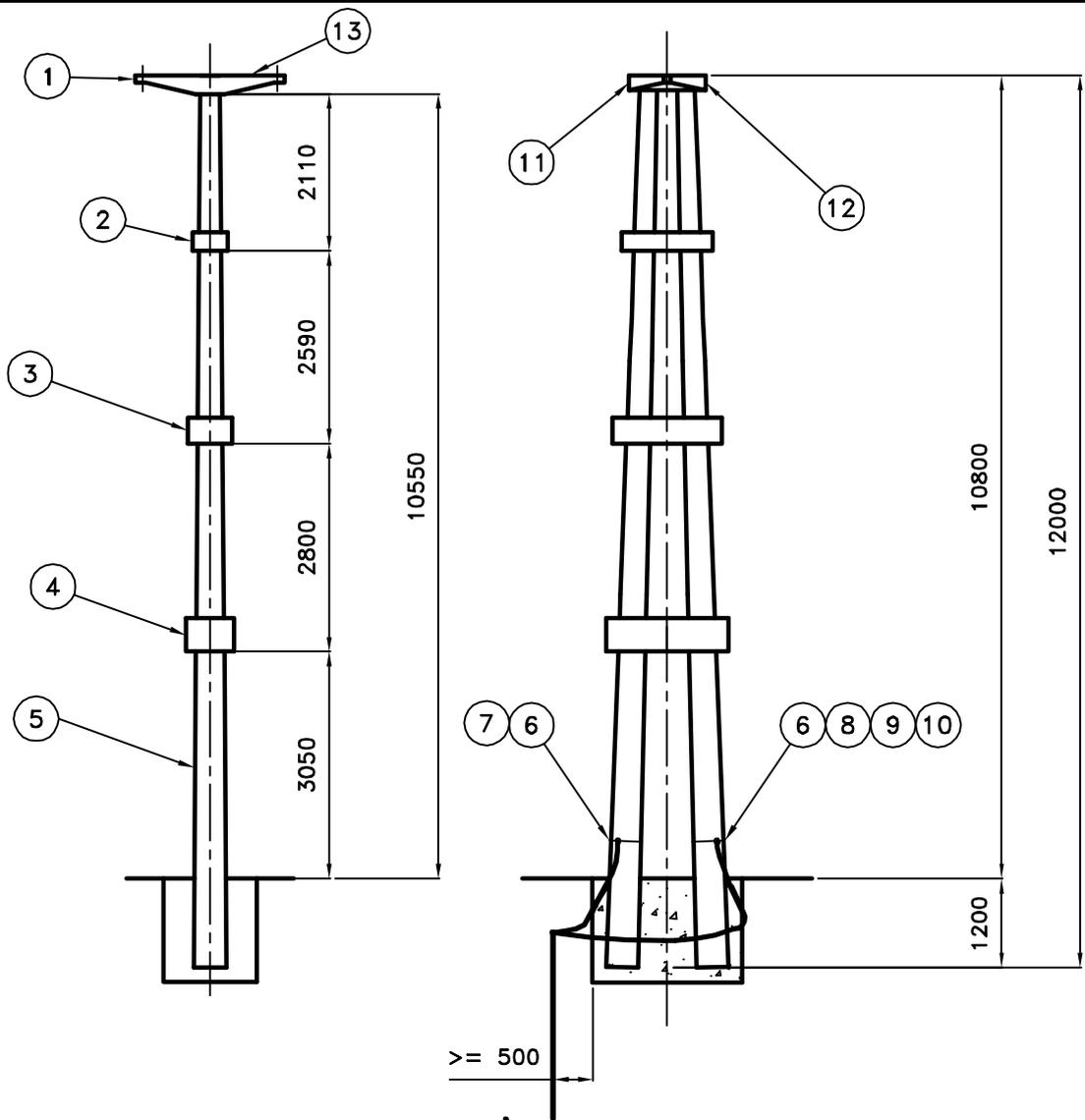
HOJA: 1/1

FECHA: 04/16

ESC.:1:100

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS



NOTA

- LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERAN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.
- TENSION MÁXIMA ADMISIBLE DEL CONDUCTOR A TEMPERATURA MEDIA ANUAL = 5,98 [daN/mm²]
- SE DEBERA TENER EN CUENTA PARA EL COMPUTO RESPECTIVO LA CANTIDAD DE HORMIGON SIMPLE

CONDUCTOR: 50/8 - 95/15 mm² AIAc

VANO MAXIMO: 90 m

SIMBOLO SITE	ESTRUCTURA TERMINAL	DESCRIPCION
--------------	---------------------	-------------

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 523A	14040175	Cruceta de HoAo Tipo CL8 1,80/2x1800 - MN 523a	pza	1
2	MN 771	14040082	Vinculo de Hormigon Armado p/Poste Doble Tipo V1 - MN 771	PZA	1
3	MN 170	14040005	Vinculo de Hormigon Armado p/Poste Doble Tipo V3 - MN 170	Pza	1
4	MN 169	14040004	Vinculo de Hormigon Armado p/Poste Doble tipo V5 - MN 169	pza	1
5	MN 473	14001035	Poste de Hormigon Armado 12,00/1800 - MN 473	Pza	2
6		47120030	Manguera Flexible 1"	mts	4
7	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H'A')	Conj	1
8	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
9	MN 93d	11111004	Terminal Cu Estazado Especial p/Identar s=35mm ² - MN 93d	Pza	1
10		16002015	Conductor de Cu Desnudo s=35mm ² (7x2,52)	Mts	3
11	TN53		L.M.T. 13,2 - 33 kV PUESTA A TIERRA - RETENCION	Conj	1
12	TN211a2		L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. - AISLACION CERAMICA	Conj	1
13	TN211a3		L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. - AISLACION CERAMICA	Conj	2



L.M.T. 13,2 kV
TERMINAL - COPL HOR - AIS CER

TN243_3

MATRICULA:

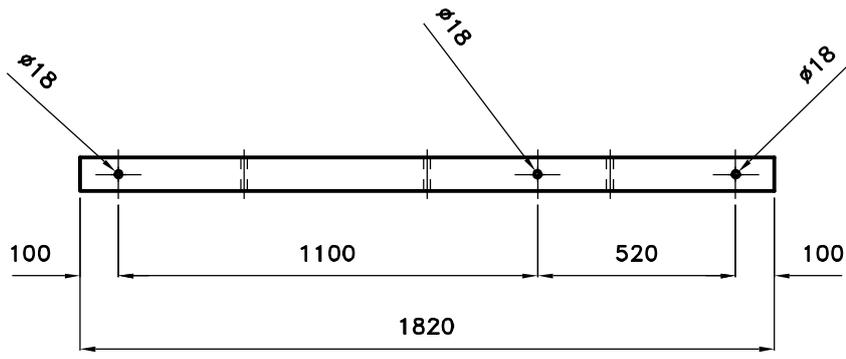
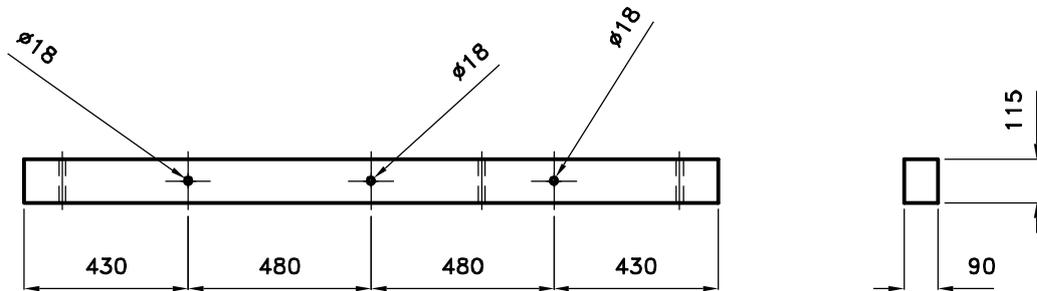
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 04/16

ESC.:1:100



NOTA

- 1) MATERIAL: MADERA DURA SEGUN IRAM 9502 / 9540.
- 2) REQUERIMIENTOS Y ENSAYOS SEGUN E.T.N. 09 DE ESTA E.P.E Y NORMAS IRAM 9540 Y 9560.



CRUCETA CENTRAL

MN 110

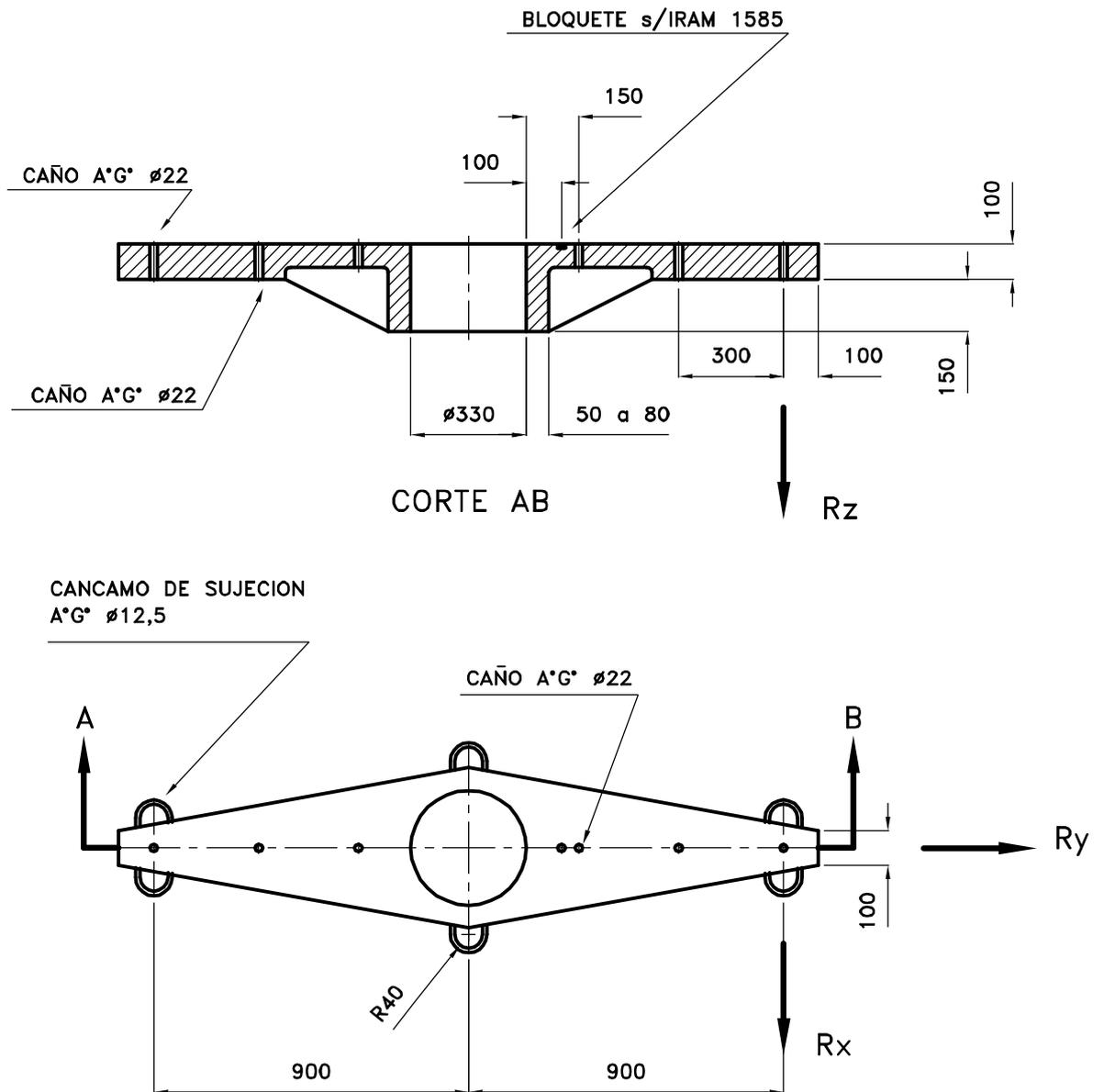
MATRICULA: 205556

HOJA: 1/1 | ESCALA: 1:20

FECHA: 08/94

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS



CARGAS DE ROTURA (daN): $R_x = 900$ $R_y = 750$ $R_z = 600$

CRUCETA TIPO CR3c 1,80/900

NOTA

LA CONSTRUCCION Y ENSAYOS RESPONDERAN A IRAM 1720 E IRAM 1725.



CRUCETA H°A° p/PERNO
RIGIDO y RETENCION SIMPLE
13,2 kV - 33 kV

MN 155

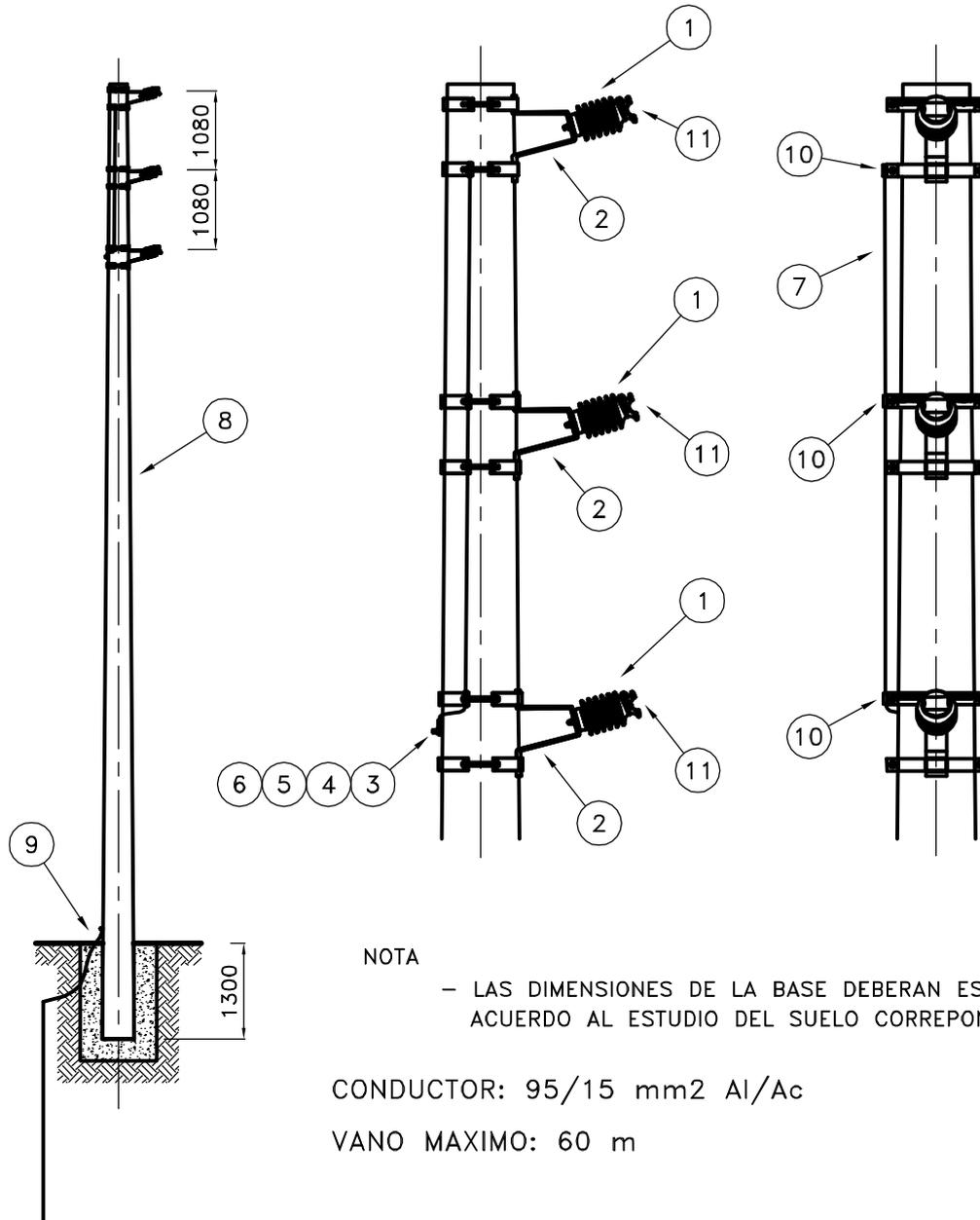
MATRICULA: 201786

HOJA: 1/1 | ESCALA: 1:20

FECHA: 07/97

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS



NOTA

- LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERAN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.

CONDUCTOR: 95/15 mm² Al/Ac

VANO MAXIMO: 60 m

SIMBOLO SITE	DESCRIPCION
●	SOPORTE SOSTEN

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1		20001080	Aislador de Porcelana Tipo Line Post, de 13,2 kV, con Perno Corto	pza	3
2		11121093	Mensula HoGo para LAMT Line Post Simple terna, c/abrazaderas segu	Pza	3
3	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	1
4	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	1
5	MN 30	11120197	Arandela Plana - MN 30	Pza	2
6	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
7	MN 100a	16002032	Cordon de Ac - MN 100a.	Mts	4
8		14001038	Poste de Hormigon Armado 13,00/1200 s/IRAM 1586 - 1603 Y 1605	Pza	1
9	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H'A')	Conj	1
10	MN 187a	11120209	Grampa MN 187a	Pza	3
11		11121078	Atadura Preformada Metalica p/Conductor Desnudo 95/15 AlAc y Aisl	pza	3



L.M.T. 13,2 kV - LINE POST
DISP COPL VERT - SOSTEN

TN615

MATRICULA:

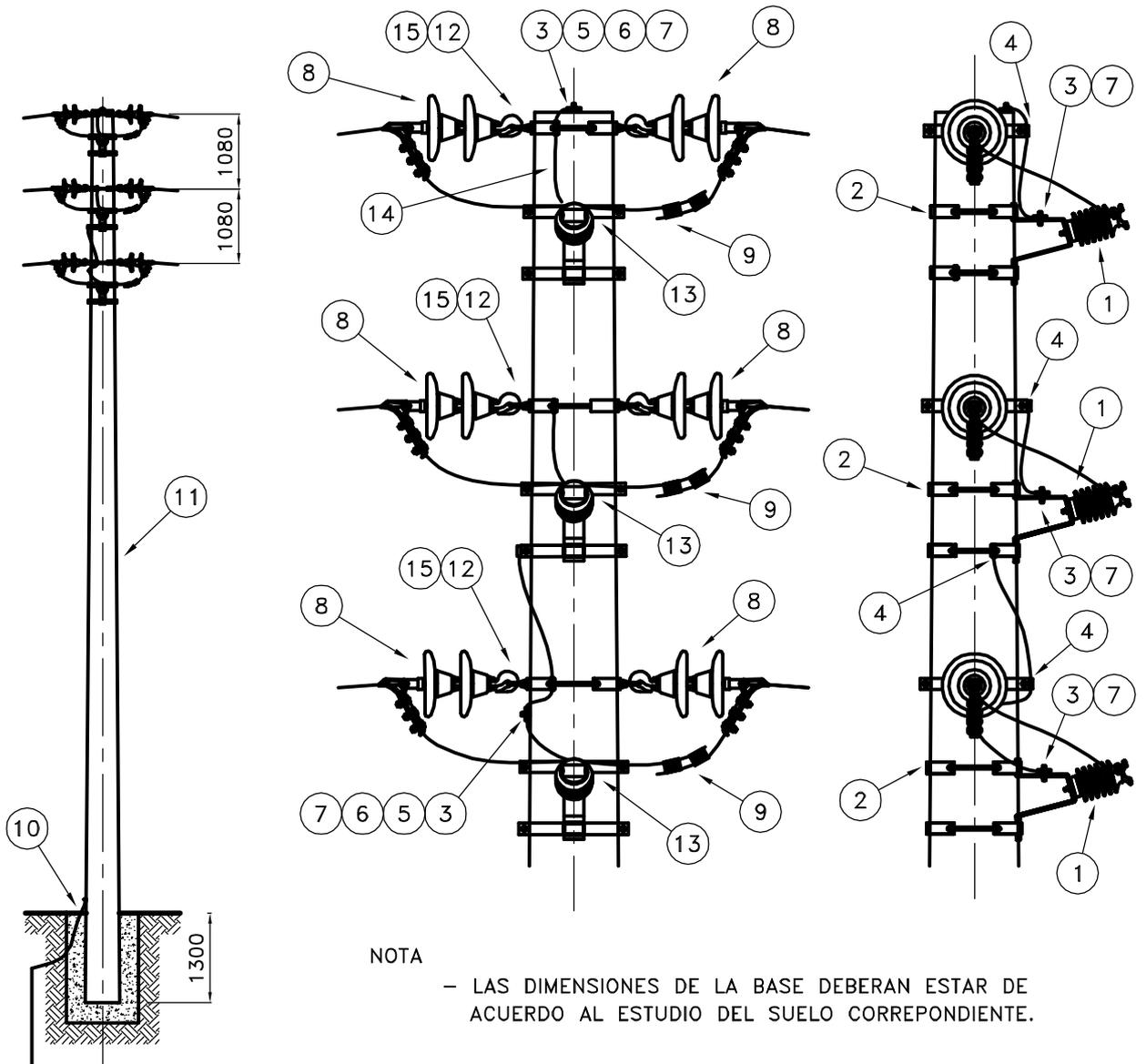
HOJA: 1/1

FECHA: 05/12

ESC.:1:100

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS



NOTA

- LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERAN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.

CONDUCTOR: 95/15 mm² Al/Ac

VANO MAXIMO: 60 m

SIMBOLO SITE	DESCRIPCION
☐	SOPORTE RETENCION PASANTE

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1		20001080	Aislador de Porcelana Tipo Line Post, de 13,2 kV, con Perno Corto	pza	3
2		11121093	Mensula HoGo para LAMT Line Post Simple terna, c/abrazaderas segu	Pza	3
3	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	6
4	MN 187a	11120209	Grampa MN 187a	Pza	4
5	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	2
6	MN 30	11120197	Arandela Plana - MN 30	Pza	4
7	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	5
8	TN211a2		L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. - AISLACION CERAMICA	Conj	6
9	MN 203c	11120352	Conector p/Cab paralelo Al estatado MN 203c	Pza	6
10	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H*A*)	Conj	1
11	MN 581c	14001040	Poste de Hormigon Armado 13,00/3000 - MN 581c	Pza	1
12	MN 380	11120106	Ojal s/Rosca - MN 380	Pza	6
13		11121078	Atadura Preformada Metalica p/Conductor Desnudo 95/15 AlAc y Aisl	pza	3
14	MN 100a	16002032	Cordon de Ac - MN 100a.	Mts	4
15	MN 104g	11190029	Abrazadera Retencion MN 104g	pza	3



L.M.T. 13,2 kV - LINE POST
DISP COPL VERT - RETENCION

TN617

MATRICULA:

HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

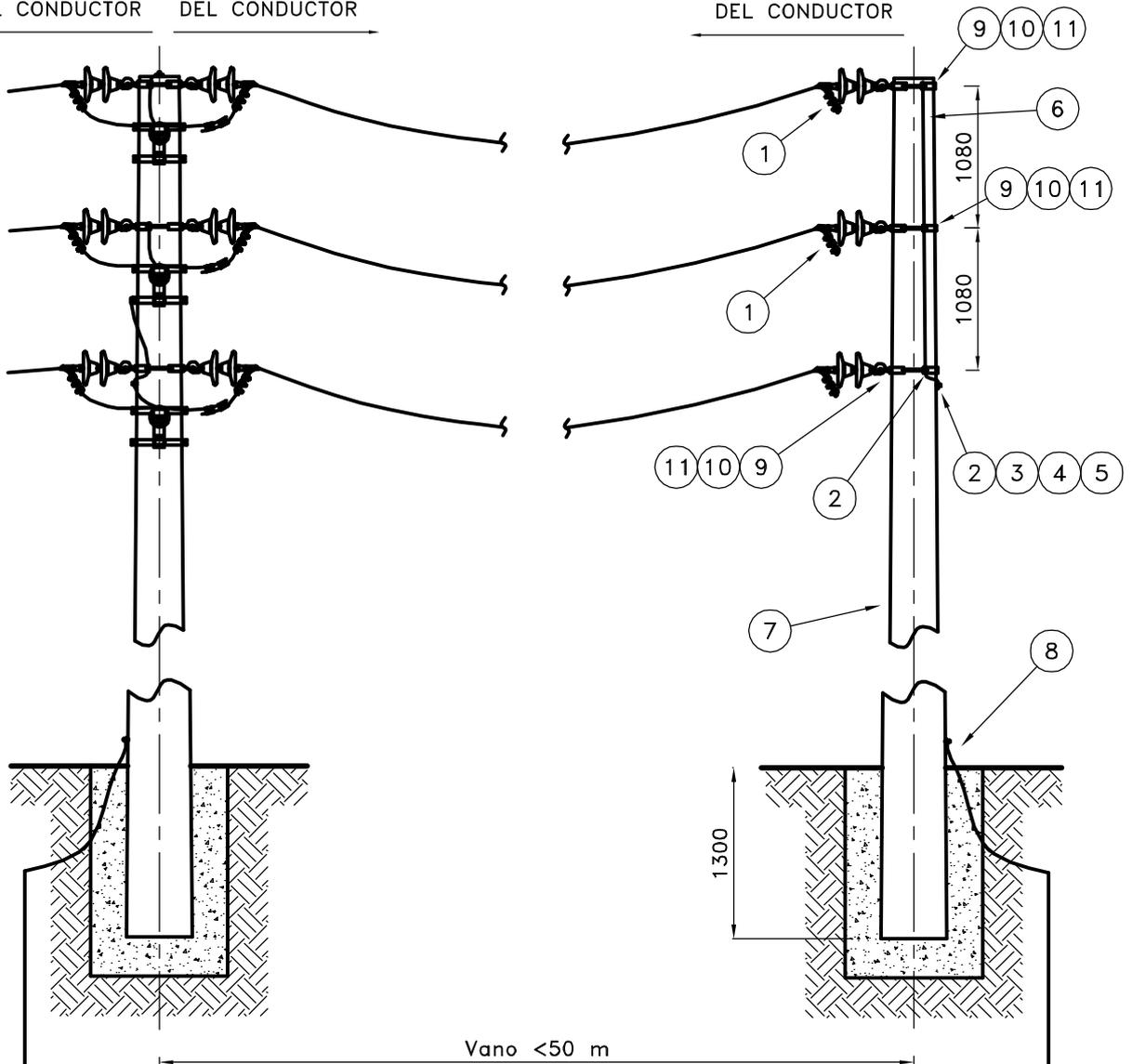
FECHA: 05/12

ESC.:1:100

100% DEL TIRO
DEL CONDUCTOR

60% DEL TIRO
DEL CONDUCTOR

60% DEL TIRO
DEL CONDUCTOR



CONDUCTOR: 95/15 mm² Al/Ac

NOTA

- LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERAN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.
- EL VANO SERA SIEMPRE MENOR QUE EL MENOR DE LOS VANOS DE LA LINEA Y EN NINGUN CASO SUPERIOR DE 50 m.

◉	SOPORTE RETENCION TERMINAL
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	TN211a2		L.M.T. 13,2 kV CAD. RET. - AISLACION CERAMICA	Conj	2
2	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	2
3	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	1
4	MN 30	11120197	Arandela Plana - MN 30	Pza	2
5	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
6	MN 100a	16002032	Cordon de Ac - MN 100a.	Mts	4
7	MN 581c	14001040	Poste de Hormigon Armado 13,00/3000 - MN 581c	Pza	1
8	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H*A*)	Conj	1
9	MN 187a	11120209	Grampa MN 187a	Pza	3
10	MN 380	11120106	Ojal s/Rosca - MN 380	Pza	3
11	MN 104g	11190029	Abrazadera Retencion MN 104g	pza	3



L.M.T. 13,2 kV - LINE POST
DISP COPL VERT - TERMINAL

TN618

MATRICULA:

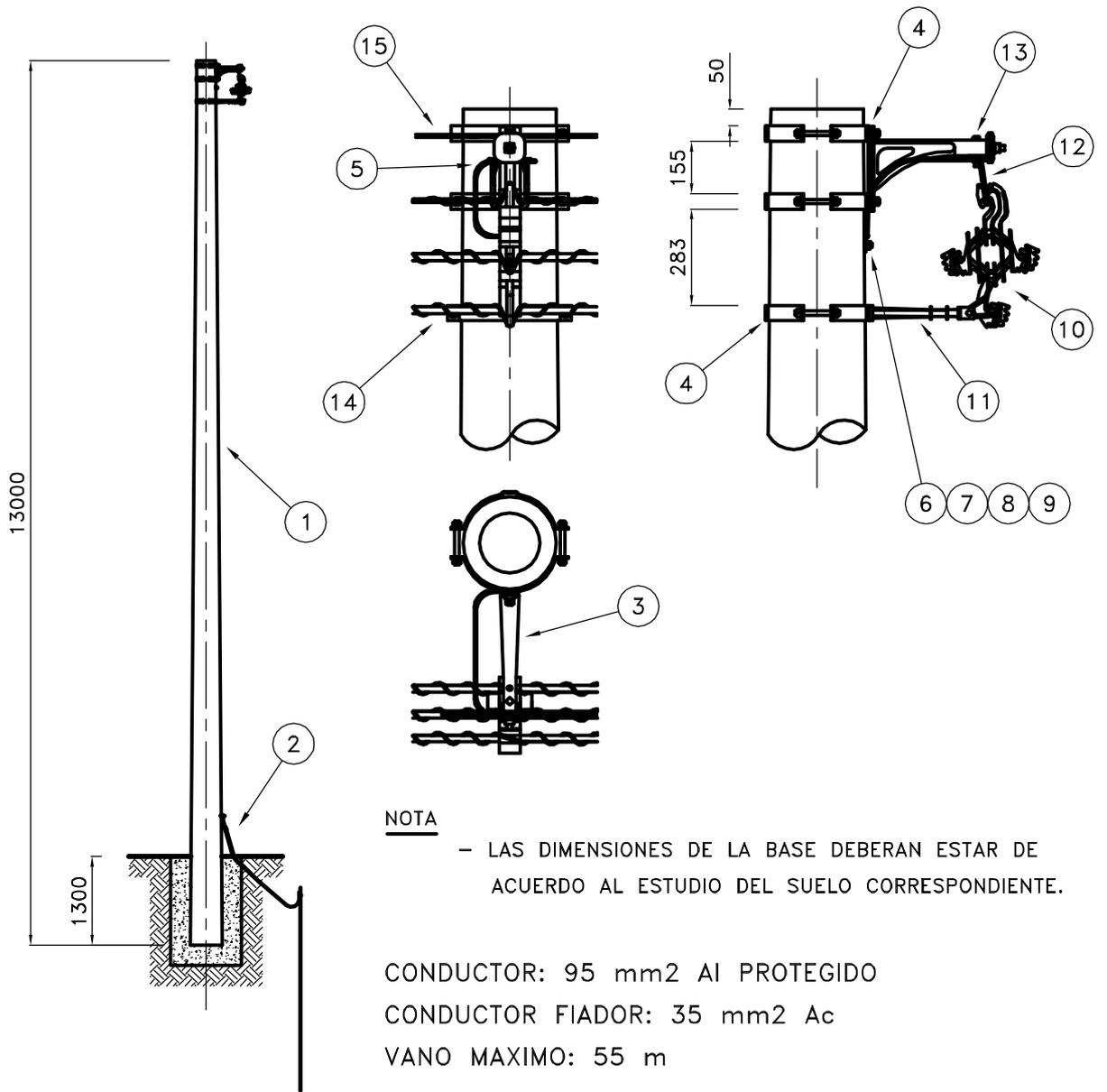
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 05/12

ESC.:1:100



NOTA

- LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERAN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.

CONDUCTOR: 95 mm² Al PROTEGIDO

CONDUCTOR FIADOR: 35 mm² Ac

VANO MAXIMO: 55 m

SIMBOLO SITE	DESCRIPCION
●	SOPORTE SOSTEN

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1		14001038	Poste de Hormigon Armado 13,00/1200 s/IRAM 1586 - 1603 Y 1605	Pza	1
2	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H*A*)	Conj	1
3	MN 850	11190001	Brazo Soporte Tipo L MN 850 Segun PDTG No 11190001	pza	1
4	MN 104f	11190020	Abrazadera Retencion p/Red Compacta MN 104f	pza	3
5	MN 100a	16002032	Cordon de Ac - MN 100a.	Mts	1
6	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
7	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	1
8	MN 30	11120197	Arandela Plana - MN 30	Pza	2
9	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	1
10	MN 860	11190003	Espaciador p/Red Compacta 13,2kV MN 860 s/PDTG 11190003	PZA	1
11	MN 855	11190002	Brazo Antibalanceo MN 855 Segun PDTG 11190002	pza	1
12	MN 870	11190005	Estribo p/Brazo Tipo L MN 870	PZA	1
13	MN 64	11120191	Bulon - MN 64	Pza	1
14	MN 890d	11190026	Atadura Preformada de PVC p/Conductor Protegido de 95mm ² en Espac	pza	3
15	MN 895a	11190009	Conjunto Preformado Antivibrante t/Armord Rood p/Conductor de Ac	pza	1



L.M.T. 13,2 kV - LINEA COMPACTA
SUSP. c/BRAZO ANTIBALANCEO

TN805a

MATRICULA:

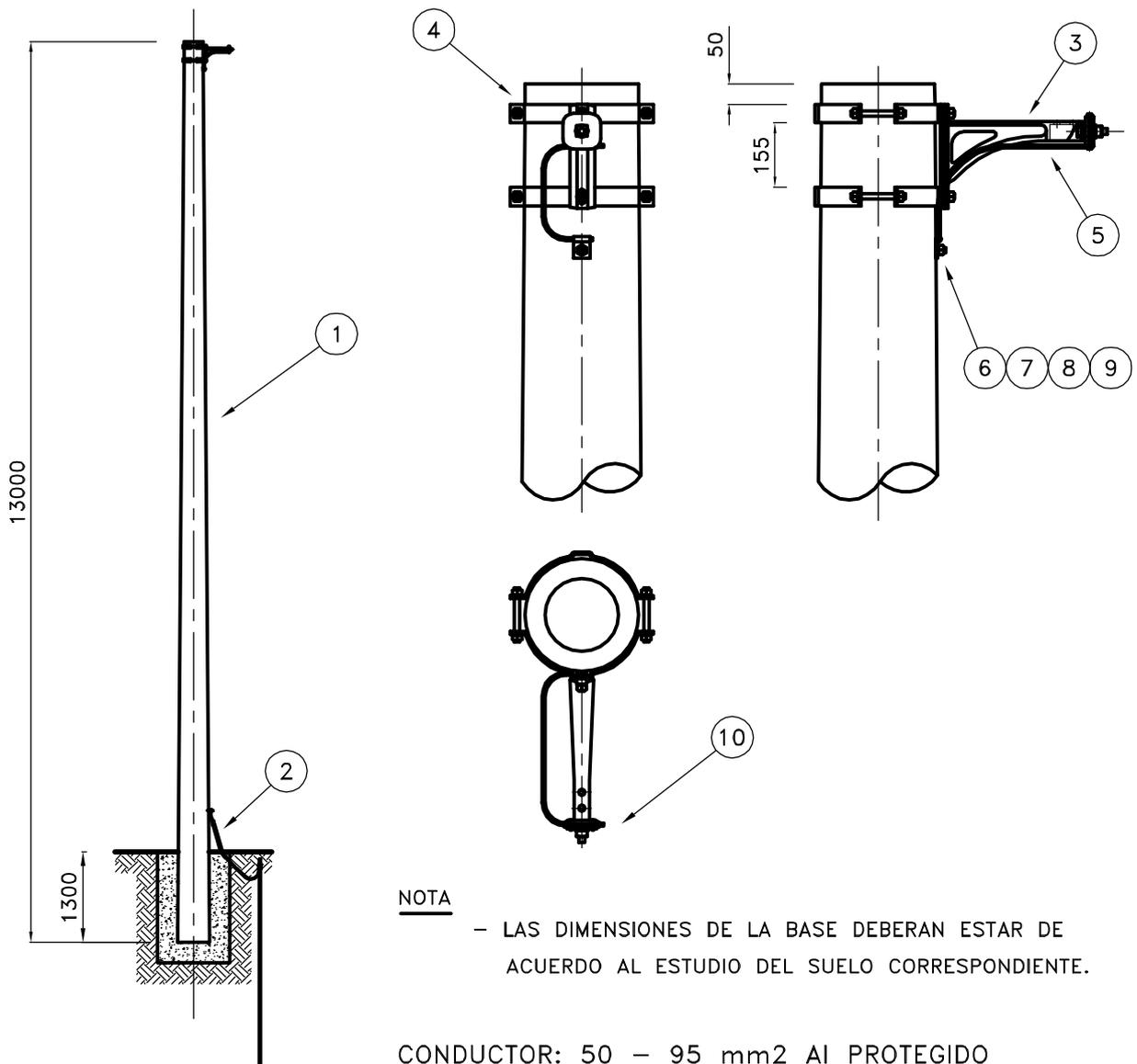
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 05/13

ESC.:1:100



NOTA

— LAS DIMENSIONES DE LA BASE DEBERAN ESTAR DE ACUERDO AL ESTUDIO DEL SUELO CORRESPONDIENTE.

CONDUCTOR: 50 – 95 mm² Al PROTEGIDO

CONDUCTOR FIADOR: 35 mm² Ac

VANO MAXIMO: 55 m

SIMBOLO SITE	DESCRIPCION
●	SOPORTE SOSTEN

ITEM	CODIGO	MATIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1		14001038	Poste de Hormigon Armado 13,00/1200 s/IRAM 1586 – 1603 Y 1605	Pza	1
2	TN51g		B.T. – M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H'A')	Conj	1
3	MN 850	11190001	Brazo Soporte Tipo L MN 850 Segun PDTG No 11190001	pza	1
4	MN 104f	11190020	Abrazadera Retencion p/Red Compacta MN 104f	pza	2
5	MN 100a	16002032	Cordon de Ac – MN 100a.	Mts	1
6	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado – MN 1101b	Pza	1
7	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	1
8	MN 30	11120197	Arandela Plana – MN 30	Pza	2
9	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" – MN 32a	Pza	1
10	MN 895a	11190009	Conjunto Preformado Antivibrante t/Armord Rood p/Conductor de Ac	pza	1



L.M.T. 13,2 kV – LINEA COMPACTA
SUSPENSION

TN804

MATRICULA:

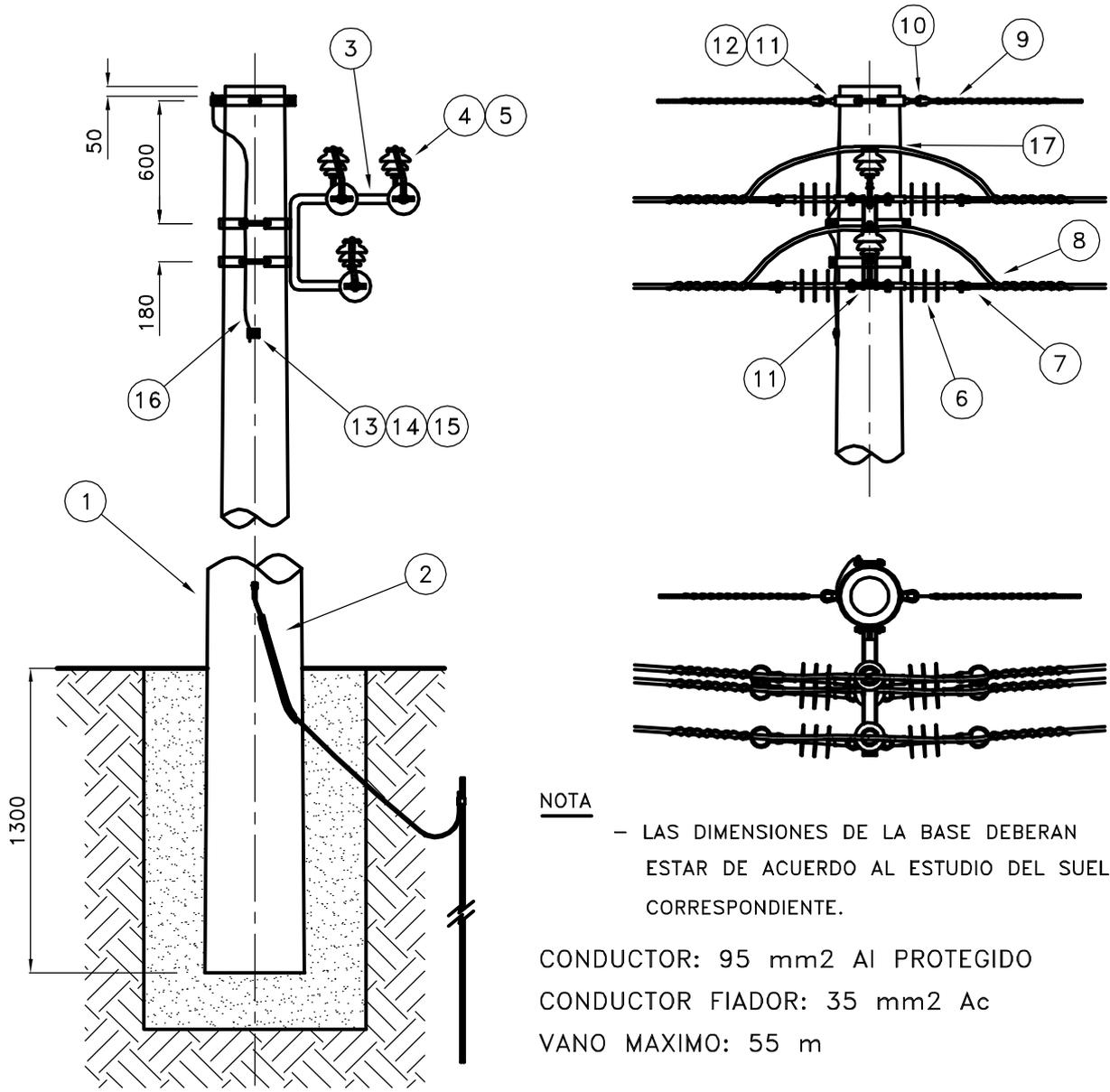
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 05/13

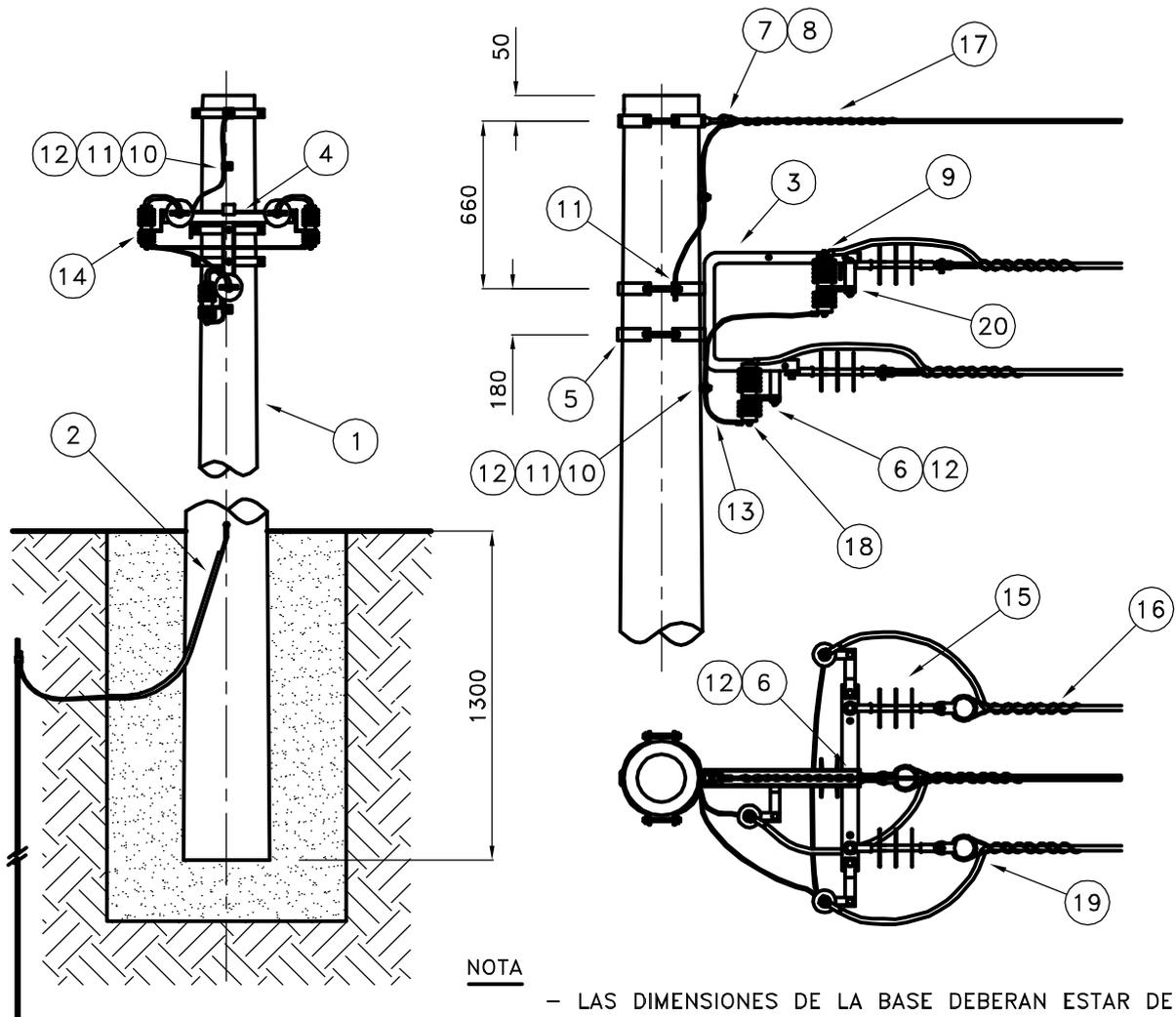
ESC.:1:100



◻	RETENCION RECTA
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 581a	14001039	Poste de Hormigon Armado 13,00/1800 - MN 581a	Pza	1
2	TN51G		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H*A*)	Conj	1
3	MN 875	11190007	Brazo Tipo C p/Red Compacta MN 875 s/PDTG 11190007	PZA	1
4	MN 411r	11120124	Perno Recto - MN 411r	Pza	3
5		20060004	Aislador Organico tipo PR 15 PB de AVATOR o similar (Equivalente)	Pza	3
6	MN 11c	20060016	Aislador Organico a Horquilla t/Suspens-Retenc 15kV - MN 11c	Pza	6
7	MN 226	11120034	Horquilla de Retencion - MN 226	Pza	6
8	MN 887d	11190024	Conjunto Preformado p/Retencion Conductor Protegido de 95mm2 MN 8	pza	6
9	MN 885a	11190011	Conjunto Preformado p/Retencion Conductor de Ac de 35 mm2. MN 885	pza	2
10	MN 215	11120157	Guardacabo - MN 215	Pza	2
11	MN 377	11120105	Ojal c/Rosca - MN 377	Pza	8
12	MN 104f	11190020	Abrazadera Retencion p/Red Compacta MN 104f	pza	3
13	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
14	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	4
15	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	4
16	MN 100a	16002032	Cordon de Ac - MN 100a.	Mts	1.50
17		11190031	Atadura prefornada de PVC para conductor protegido de 95 mm2 de A	pza	3

EPE	L.M.T. 13,2 kV - LINEA COMPACTA RETENCION RECTA	TN815a	
		MATRICULA:	
		HOJA: 1/1	
EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE	UNIDAD NORMAS	FECHA: 05/13	ESC.:1:100



CONDUCTOR: 95 mm² Al PROTEGIDO
 VANO MAXIMO: 55 m

CONDUCTOR FIADOR: 35 mm² Ac

◉	RETENCION TERMINAL
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 581b	14001117	Poste de Hormigon Armado 13,00/2400 - MN 581b	pza	1
2	TN51g		B.T. - M.T. PUESTA A TIERRA (Soporte H'A')	Conj	1
3	MN 875	11190007	Brazo Tipo C p/Red Compacta MN 875 s/PDTG 11190007	PZA	1
4	MN 880	11190006	Mensula Auxiliar p/Retencion Red Compacta MN 880	pza	1
5	MN 104f	11190020	Abrazadera Retencion p/Red Compacta MN 104f	pza	3
6	MN 48	11120175	Bulon - MN 48	Pza	7
7	MN 377	11120105	Ojal c/Rosca - MN 377	Pza	1
8	MN 215	11120157	Guardacabo - MN 215	Pza	1
9	MN 74c	11111045	Terminal Al Forjado Estazado p/Identar s=95mm ² - MN 74c	Pza	3
10	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	2
11	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	3
12	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	9
13		16002015	Conductor de Cu Desnudo s=35mm ² (7x2,52)	Mts	2
14		20030016	Descargador Sobretension OZn Un=12kV, In=5kA, c/Desligador Inco	pza	3
15	MN 11c	20060016	Aislador Organico a Horquilla t/Suspens-Retenc 15kV - MN 11c	Pza	3
16	MN 887d	11190024	Conjunto Preformado p/Retencion Conductor Protegido de 95mm ² MN 8	pza	3
17	MN 885a	11190011	Conjunto Preformado p/Retencion Conductor de Ac de 35 mm ² . MN 885	pza	1
18	MN 93d	11111004	Terminal Cu Estazado Especial p/Identar s=35mm ² - MN 93d	Pza	4
19	MN 226	11120034	Horquilla de Retencion - MN 226	Pza	3
20	MN 882	11190008	Soporte p/Descargador Tipo Z p/Red Compacta MN 882	PZA	3



L.M.T. 13,2 kV - LINEA COMPACTA
 RETENCION TERMINAL

TN820a

MATRICULA:

HOJA: 1/1

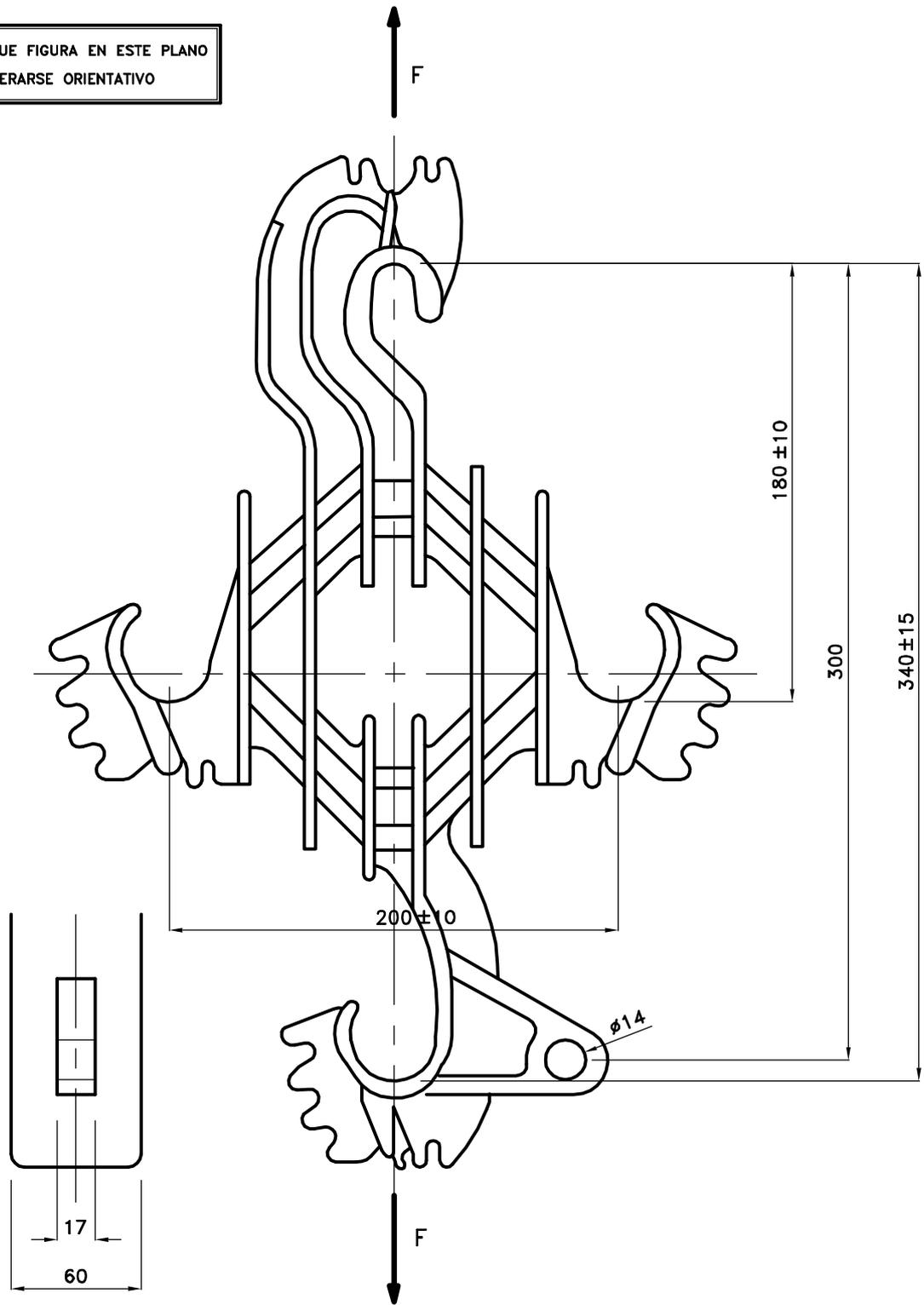
EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 05/13

ESC.:1:100

EL DISEÑO QUE FIGURA EN ESTE PLANO
DEBE CONSIDERARSE ORIENTATIVO



NOTA

- CARACTERISTICAS Y ENSAYOS segun PDTG N° 207456.



L.M.T. 13,2 kV RED COMPACTA
ESPACIADOR

MN 860

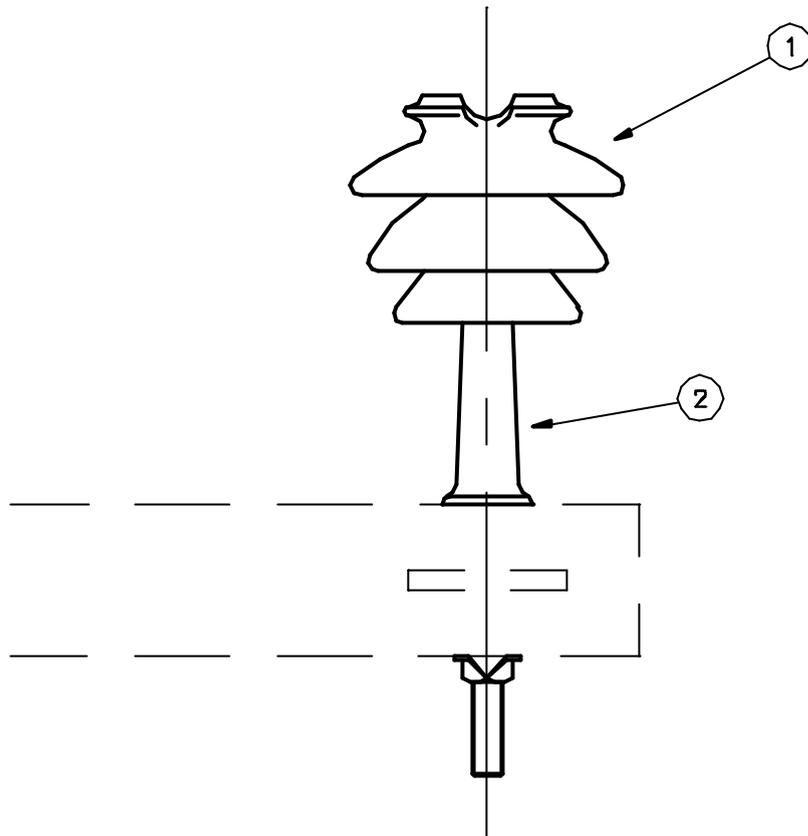
MATRICULA: 207456

HOJA: 1/1 ESCALA: s/e

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 08/06



↓ Susp. Gen.	SOSTEN - AISLADOR CERAMICO
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD/CANT.
1	MN 3c	20001005	Aislador Campana - MN 3c	Pza 1
2	MN 414	11120115	Perno Recto - MN 414	Pza 1

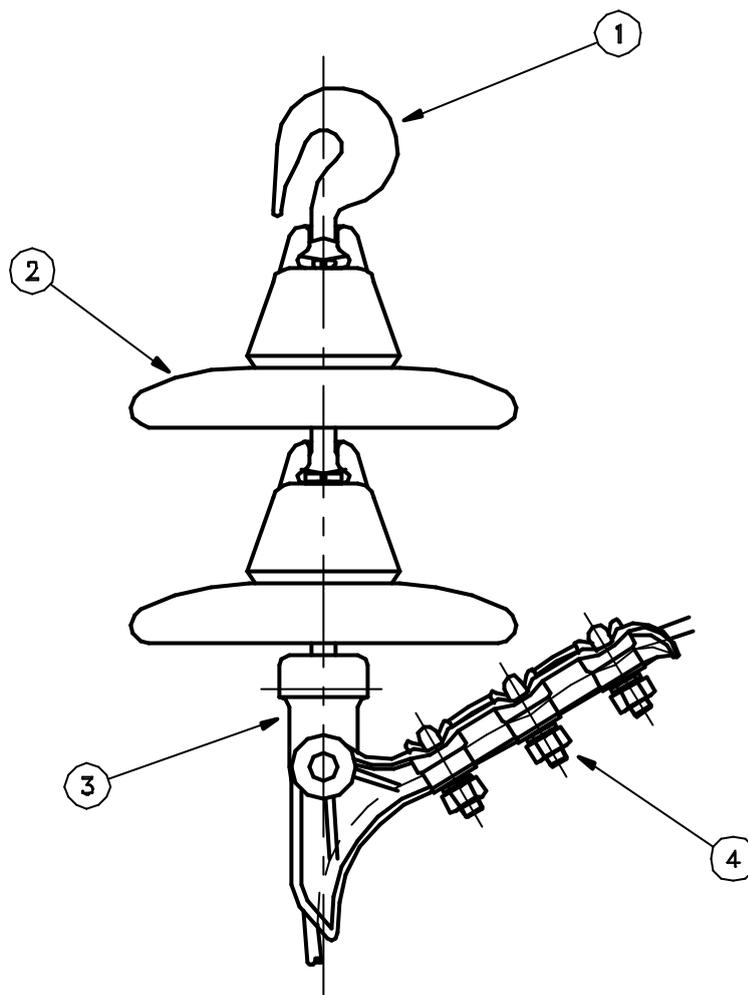


L.M.T. 13,2 kV
SOSTEN - AISLACION CERAMICA

TN218a

MATRICULA:

HOJA: 1/1



PARA SER UTILIZADO EN DISPOSICION COPLANAR HORIZONTAL

CONDUCTOR: 50/8 mm² AlAc
95/15 mm² AlAc

— Ref. Gen.	CADENA DE RETENCION – AISLADOR CERAMICO
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 173	11120064	Gancho c/Rotula – MN 173	Pza	1
2	MN 12	20001023	Aislador de Suspension a Rotula – MN 12	Pza	2
3	MN 154	11120038	Orbita s/Oreja Corta – MN 154	Pza	1
4	MN 1016	11120027	Grampa de Amarre p/Conductor de Energia 50 a 120mm ² –MN 1016	Pza	1



L.M.T. 13,2 kV
CAD. RET. – AISLACION CERAMICA

TN211a2

MATRICULA:

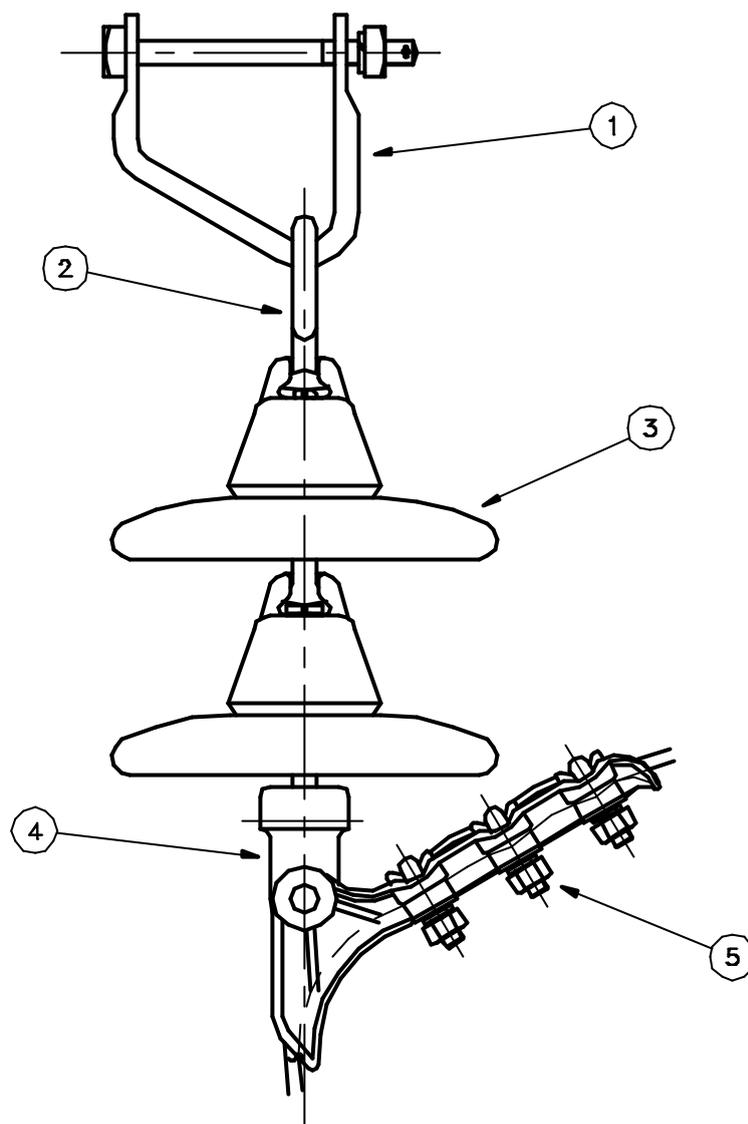
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 12/03

ESC.: 1:5



PARA SER UTILIZADO EN DISPOSICION COPLANAR HORIZONTAL Y COPLANAR VERTICAL

CONDUCTOR: 50/8 mm² AIAc
95/15 mm² AIAc

— Ref. Gen.	CADENA DE RETENCION — AISLADOR CERAMICO
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 1013	11120062	Estribo de Retencion — MN 1013 (p/Cruceta Ho y Conductor AI	Pza	1
2	MN 228	11120035	Ojal Ovalado e/Rolula — MN 228	Pza	1
3	MN 12	20001023	Aislador de Suspension a Rotula — MN 12	Pza	2
4	MN 154	11120038	Orbita e/Oreja Corta — MN 154	Pza	1
5	MN 1016	11120027	Grampa de Amarre p/Conductor de Energia 50 a 120mm ² —MN 1016	Pza	1



L.M.T. 13,2 kV
CAD. RET. — AISLACION CERAMICA

TN211a3

MATRICULA:

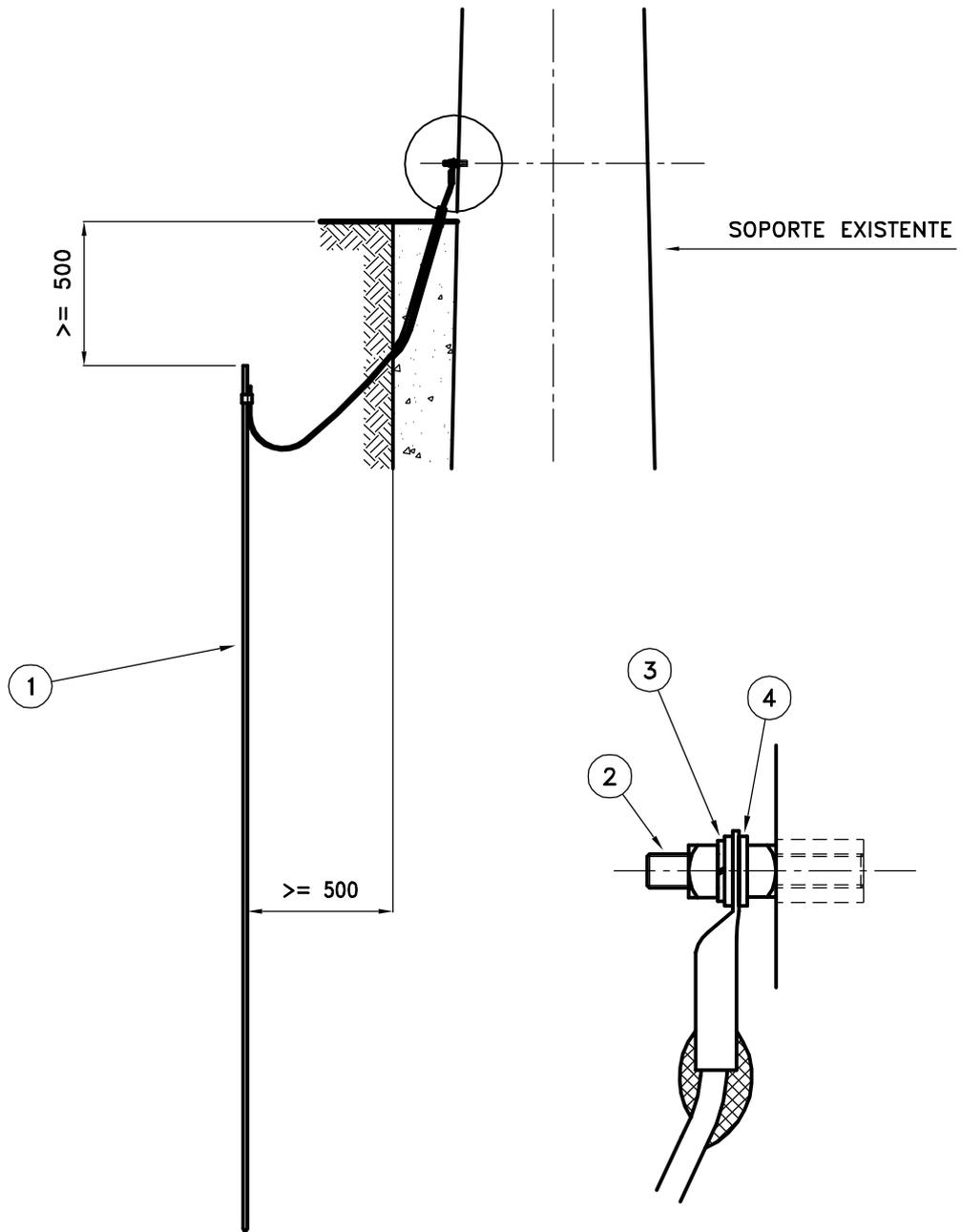
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 08/03

ESC.: 1:5



NOTA:

La unión entre el conjunto armado de jabalina y el conductor vinculado al poste, será por compresión en frío, según ETN 72.

⏚	PUESTA A TIERRA
SIMBOLO SITE	DESCRIPCION

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 551d	11120774	Conjunto Armado Jabalina Lisa Ac-Cu - MN 551d	pza	1
2	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bce o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
3	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	1
4	MN 30	11120197	Arandela Plana - MN 30	Pza	2



B.T. - M.T.
PUESTA A TIERRA (Soporte H°A°)

TN51g

MATRICULA:

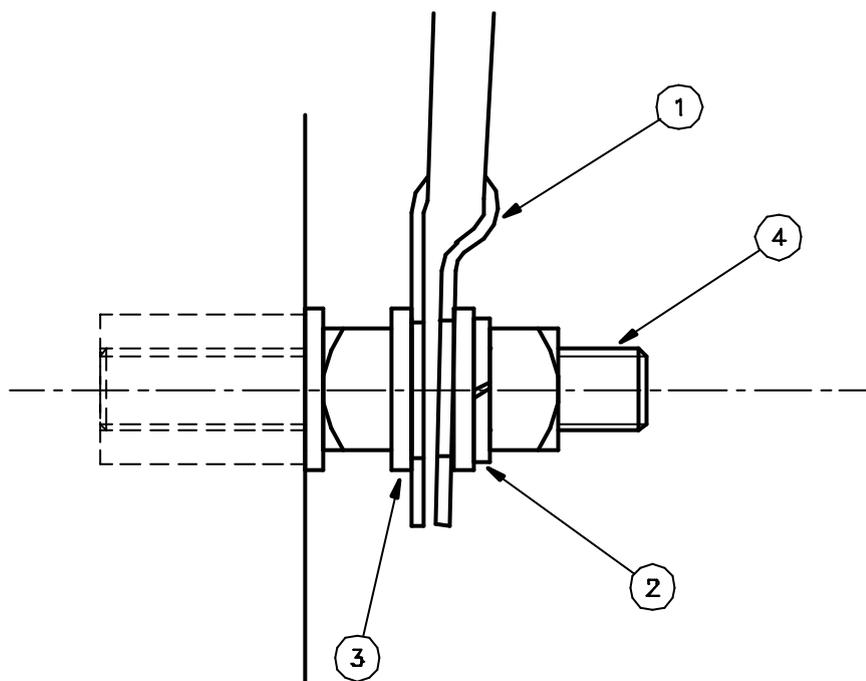
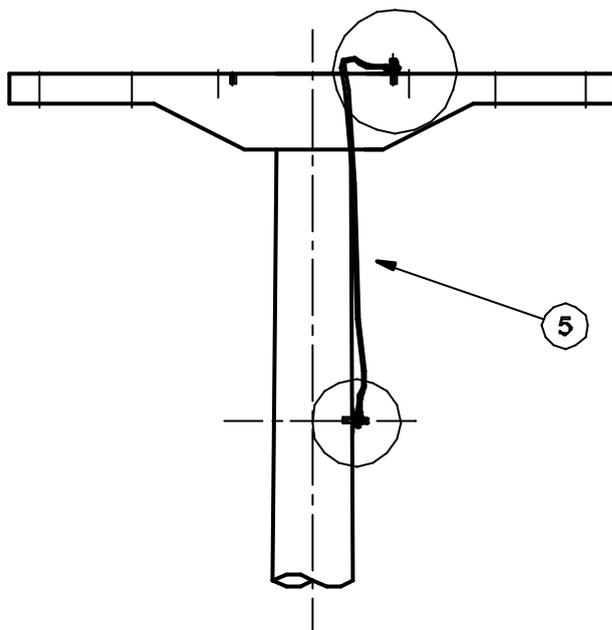
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 11/01

ESC.: 1:25



ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	2
2	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2" - MN 32a	Pza	2
3	MN 30	11120197	Arandela Plana - MN 30	Pza	6
4	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexlon de Bca o Laton Laminado - MN 1101b	Pza	1
5	MN 100a	16002032	Cordon de Ac - MN 100a.	Mts	2



L.M.T. 13,2 - 33 kV
PUESTA A TIERRA - SOSTEN

TN52

MATRICULA:

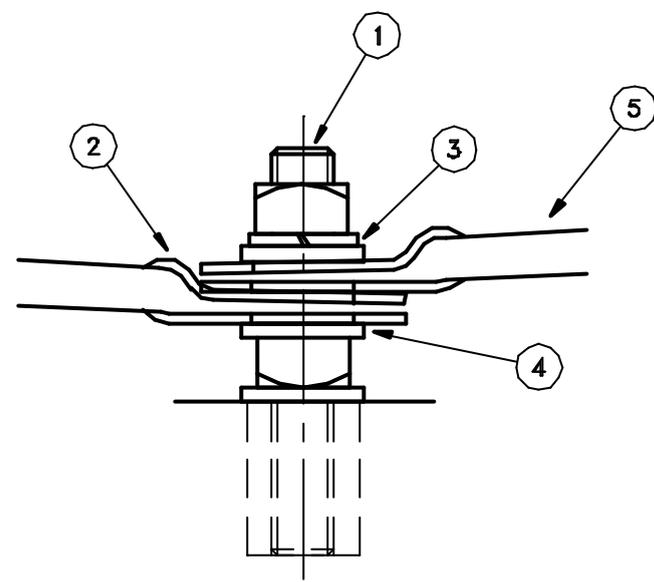
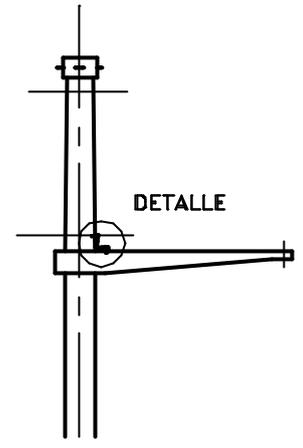
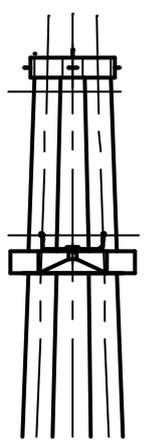
HOJA: 1/1

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

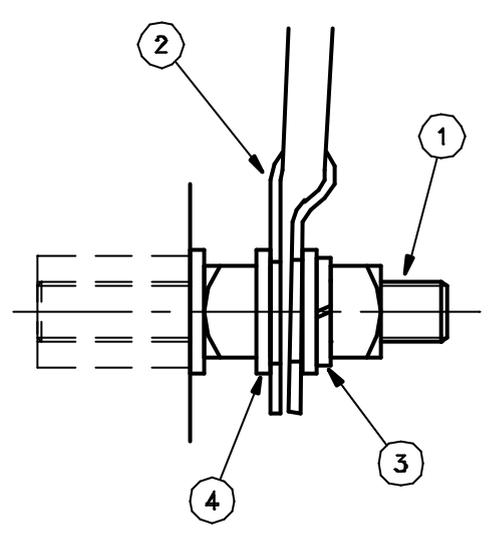
UNIDAD NORMAS

FECHA: 08/03

ESC.: 1:25



DETALLE EN MENSULA



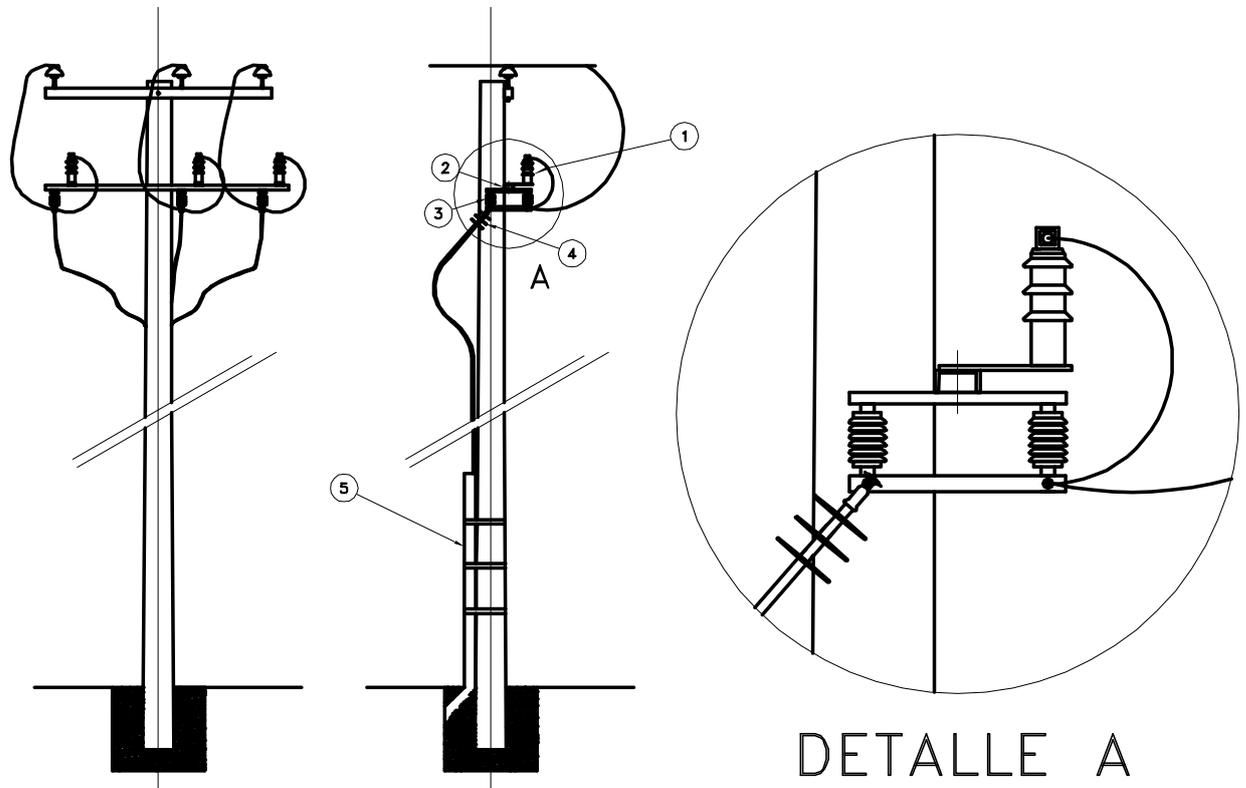
DETALLE EN POSTE

ITEM	CODIGO	MATRIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	MN 1101b	11120220	Esparrago de conexion de Bca o Lalon Laminado - MN 1101b	Pza	3
2	MN 187b	11120210	Grampa MN 187b	Pza	4
3	MN 32a	11120199	Arandela Elastica Partida 1/2 ^a - MN 32a	Pza	3
4	MN 30	11120197	Arandela Plana - MN 30	Pza	9
5	MN 100a	16002032	Cordon de Ac - MN 100a.	Mts	3



L.M.T. 13,2 - 33 kV
PUESTA A TIERRA - RETENCION

TN53	
MATRICULA:	
HOJA:	1/1
FECHA:	08/03
ESC.:	1:100



NOTA 1:
 LA VINCULACION ENTRE EL PERFIL NORMAL 10 Y EL DESCARGADOR ES MEDIANTE UN SOPORTE SOLDADO AL MISMO.

NOTA 2:
 LA VINCULACION ENTRE EL POSTE DE H°A° Y EL CAÑO DE A°G° SE REALIZARÁ MEDIANTE ZUMCHADO CON FLEJE DE ACERO INOXIDABLE

ITEM	CODIGO	MATIC.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1		20030010	Descargador Sobretension OZn Un=15kV,In=10kA, c/Desligador Incor	Pza	3
2		44001001	Perfil Normal "U" No 10 - Largo= 12 m	mts	1
3		25020019	Seccionador Unip Cuchilla Intemp 13,2kV 400A Apto Loadbuster s/	Pza	3
4		11181018	Terminal Contraible p/Cable AS s=1x185 a 1x400-Exterior-15kV (Con	pza	1
5		21081001	Canoe de AcGo de 4"	mts	3



PROTECCION BAJADA CABLE
 SUBTERRANEO EN M.T

TN120a

MATRICULA:

HQJA: 1/1

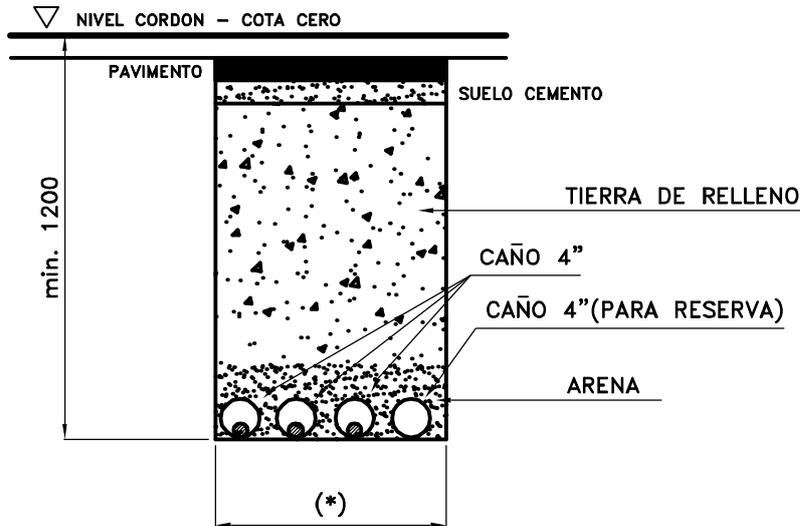
EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 01/16

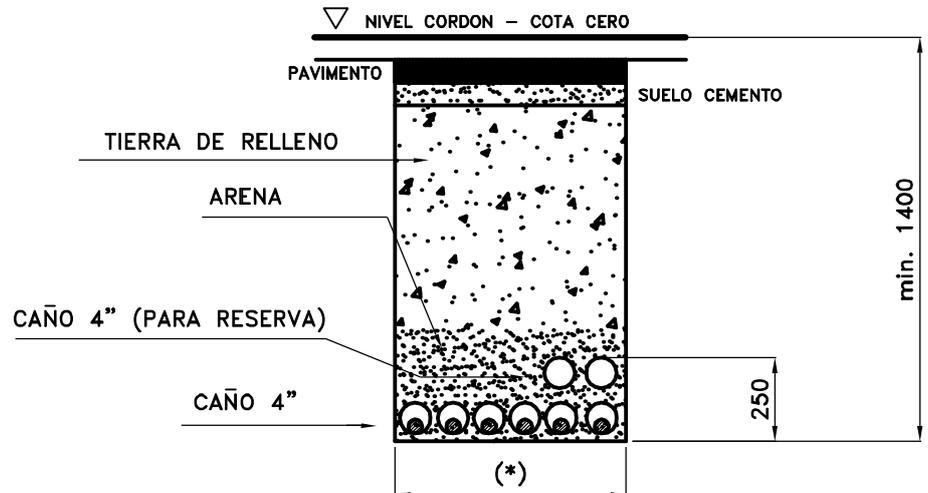
ESC:

1 TERNA



(*) 700 CON CIELO ABIERTO
1000 CON TUNELERA

2 TERNAS



(*) 1000 CON CIELO ABIERTO
1500 CON TUNELERA



L.M.T
DISPOSICIÓN CONDUCTORES
CRUCE CALLE c/PAVIMENTO

ETN98

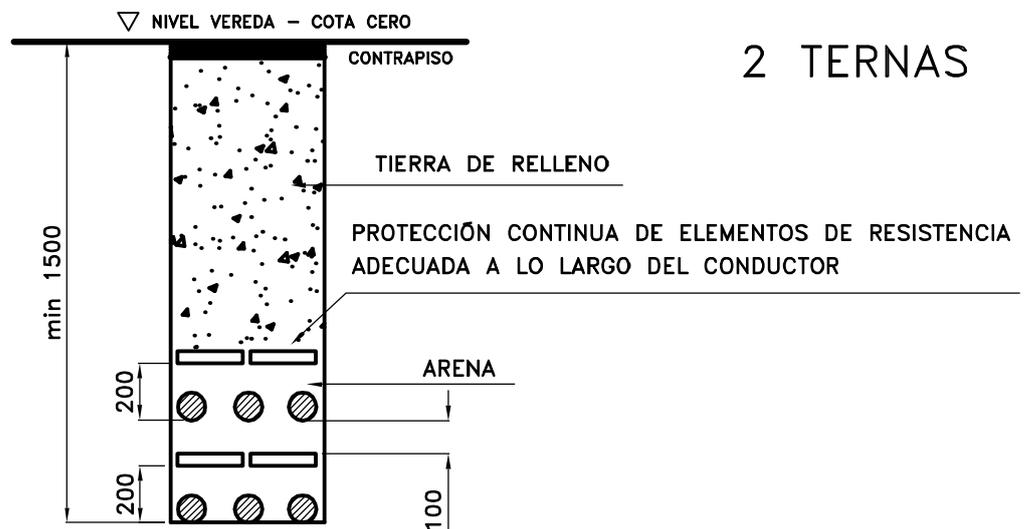
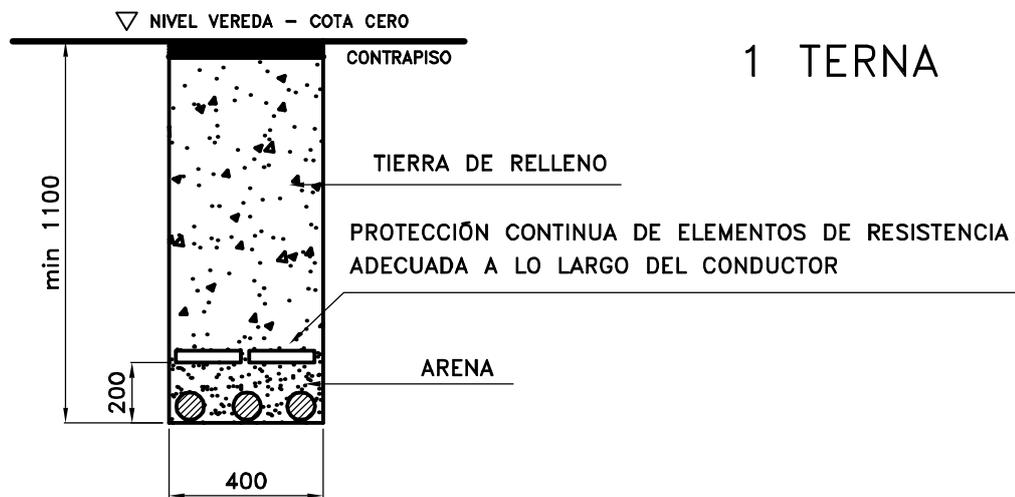
RESOLUCIÓN

HOJA: 1 | ESCALA: S/E

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

UNIDAD NORMAS

FECHA: 05/17



L.M.T
DISPOSICIÓN CONDUCTORES
VEREDA

ETN 98

RESOLUCIÓN:

HOJA: 1 | ESCALA: S/E

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA SANTA FE

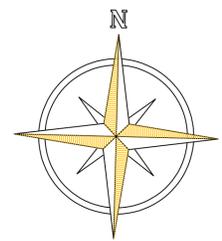
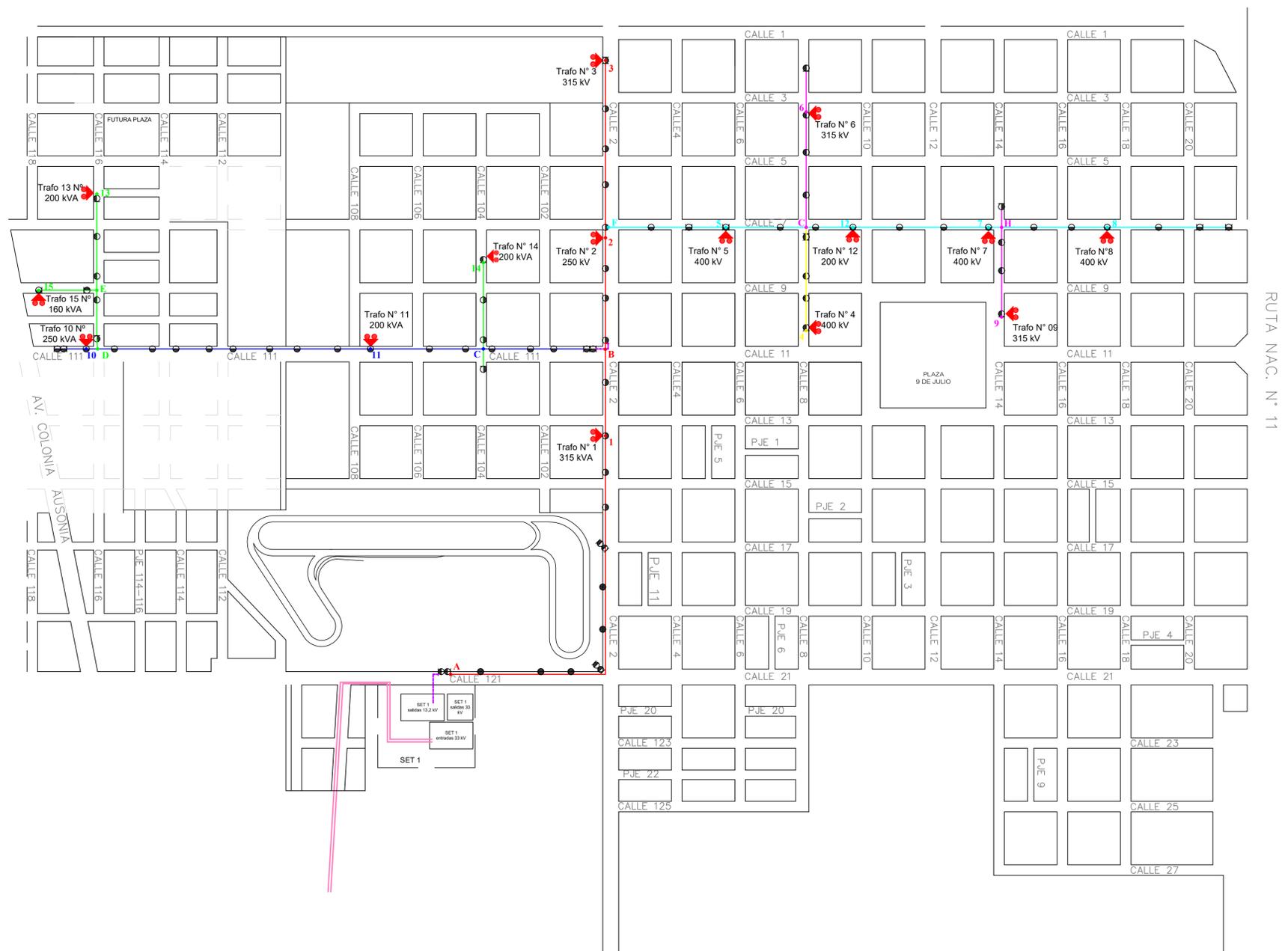
UNIDAD NORMAS

FECHA: 05/17



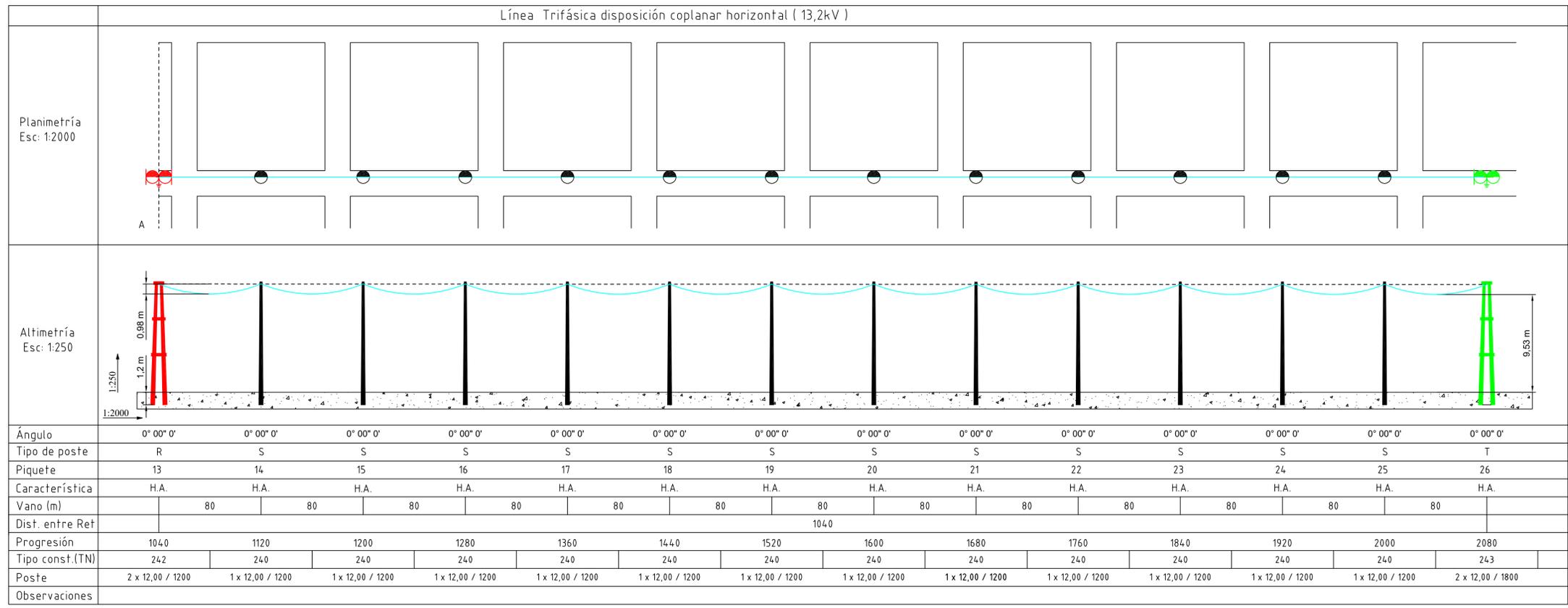
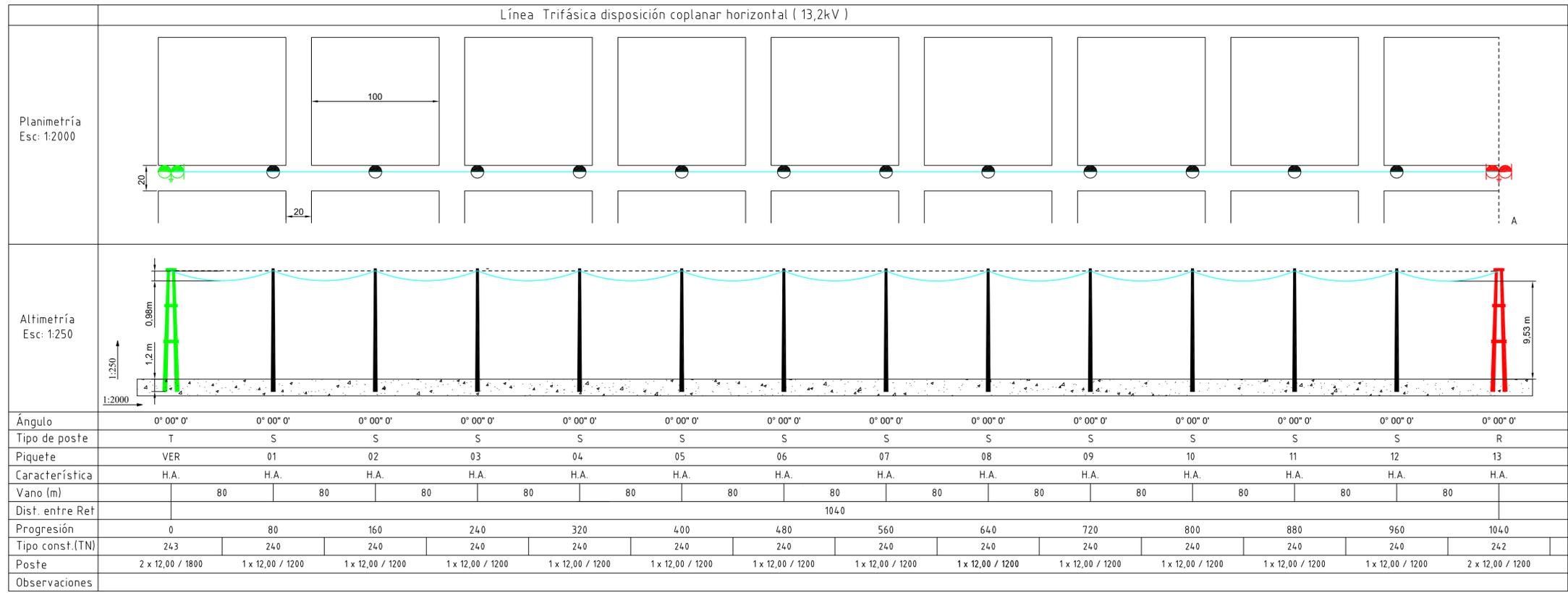
Anexo VII

Planos



Descripción		
Referencia	Conductor	Disposición
	Al desnudo 3 x 70 mm ²	Coplanar horizontal - MN 110
	Al desnudo 3 x 35 mm ²	Coplanar horizontal - MN 110
	Al protegido 3 x 35 mm ²	Coplanar horizontal - MN 110
	Al protegido 3 x 35 mm ²	Compacta - MN 860
	Cu desnudo 3 x 16 mm ²	Coplanar horizontal - MN 110
	Al protegido 3 x 70 mm ²	Coplanar horizontal - MN 110
	Transición subterráneo	

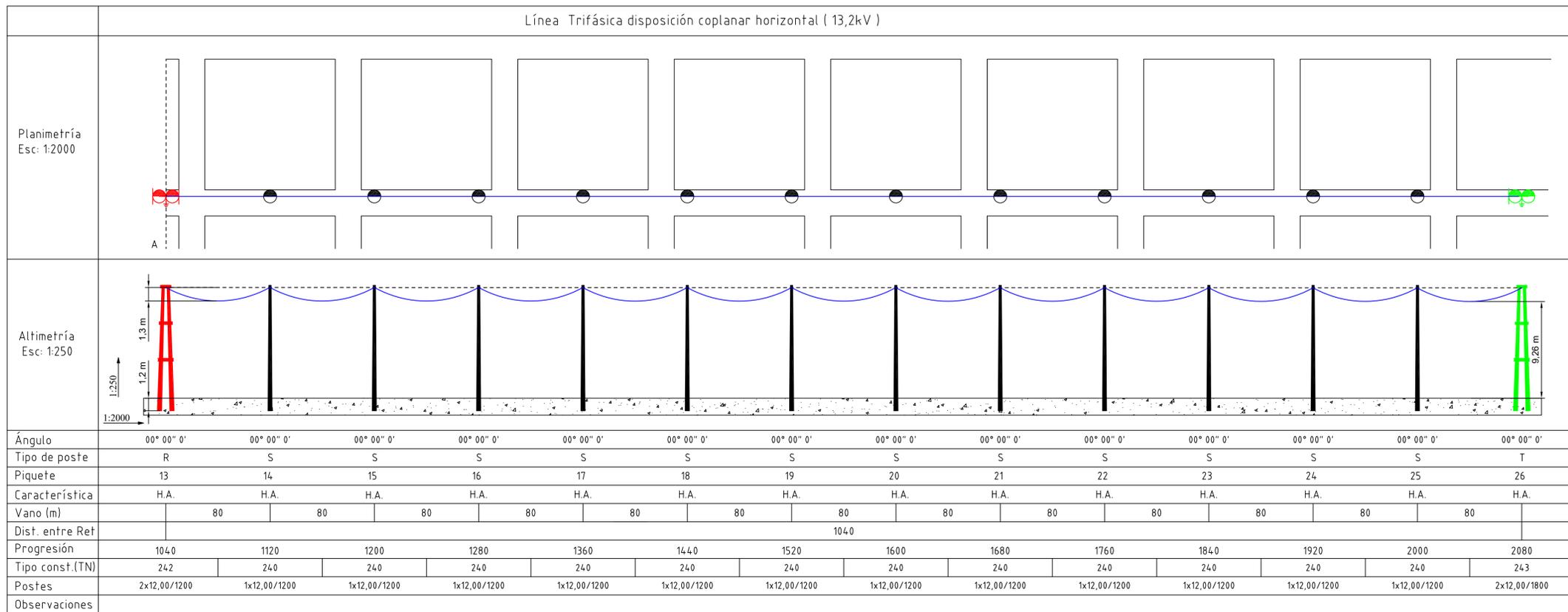
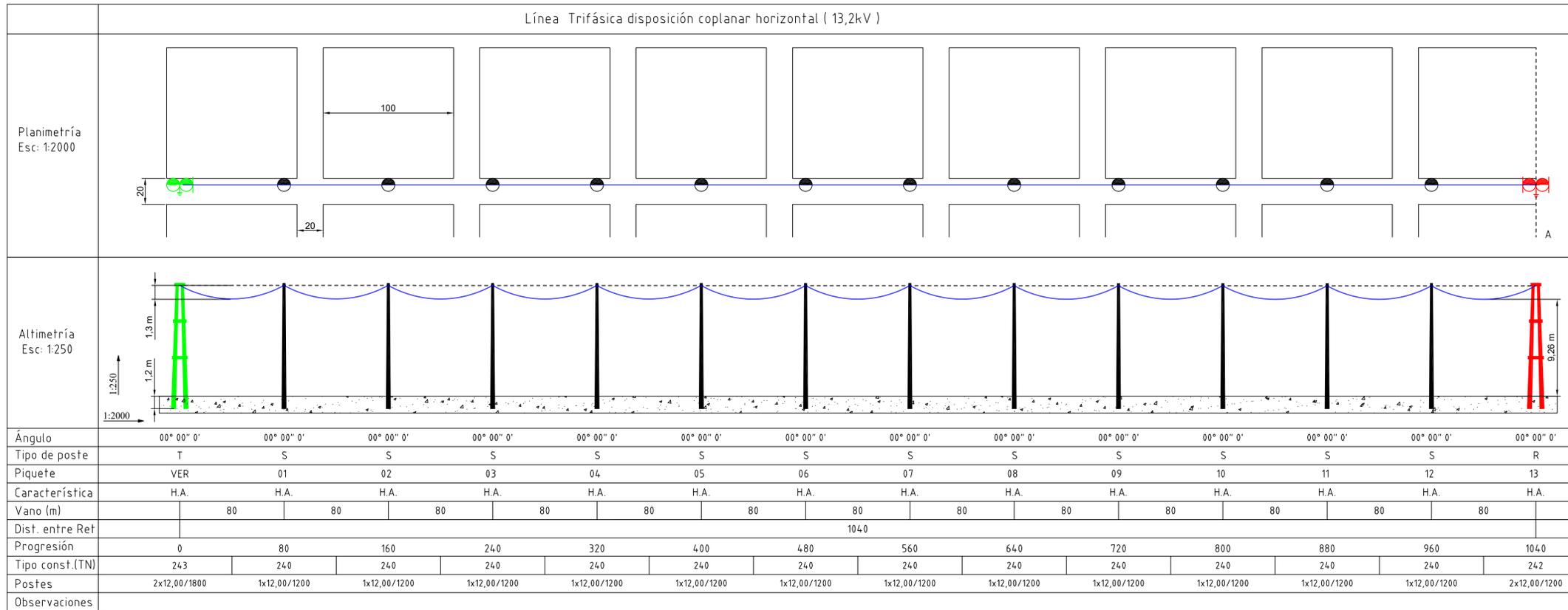
	Fecha:	Nombre:	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final de Carrera	Comparación económica de diferentes tipos de tecnologías constructivas utilizadas en L.M.T en 13.2 kV	
	Dibujó:	13/09/19			Franzoi, Andrés
	Revisó:	16/09/19			Cendra, Claudio
	Aprobó:	22/10/19	Antón, Elvijo		
Escala:	1:5000			Empresa prestataria: Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avda Ltda.	
Toler.	Geografía y composición distribuidor N°3			Localidad: Avellaneda, Santa Fe, Argentina	
Rug.				N° de Plano: 1	



Observaciones		
Referencia	Descripción	Cantidad
	Estructura terminal TN 243 - 2 postes H°A° 12 / 1800	2
	Estructura retención TN 242 - 2 postes H°A° 12 / 1200	1
	Estructura suspensión TN 240 - 1 postes H°A° 12 / 1200	24
	Conductor desnudo de Al - Ac 95 / 15 mm² Disposición coplanar horizontal - MN 155	6300 [m]

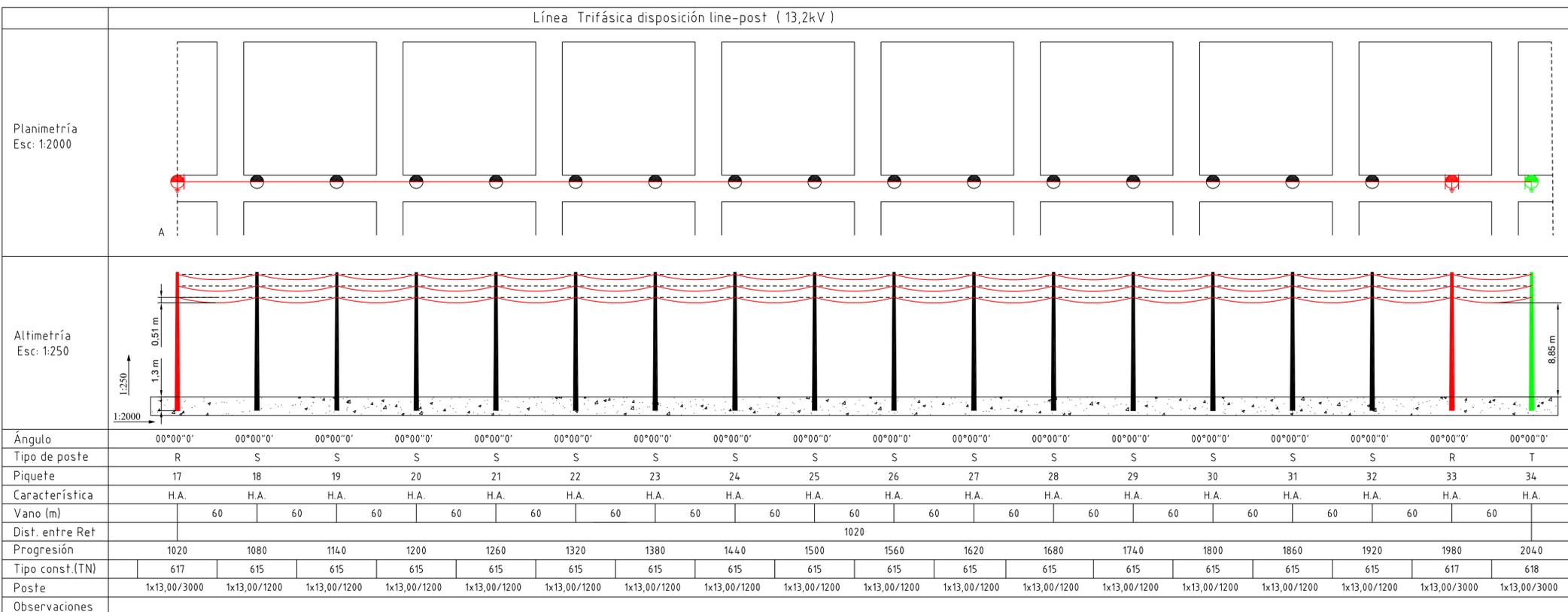
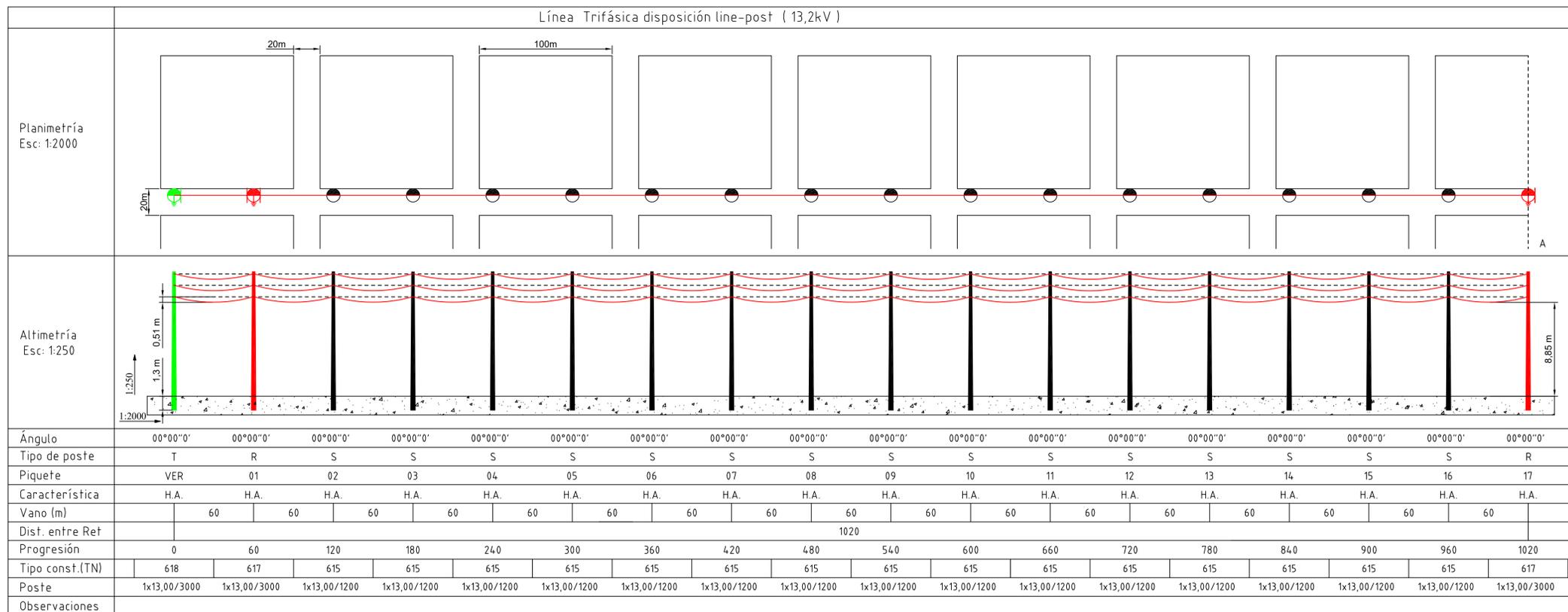
	Fecha:	Nombre:	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final de Carrera	Comparación económica de diferentes tipos de tecnologías constructivas utilizadas en L.M.T en 13.2 kV	
	Dibujó:	13/09/19			Franzoi, Andrés
	Revisó:	16/09/19			Cendra, Claudio
	Aprobó:	22/10/19			Antón, Elvijo
Escala:	1:2000		Empresa prestataria:	Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avda Ltda.	
Toler.				Localidad: Avellaneda, Santa Fe, Argentina	
Rug.				Nº de Plano: 2	

Plani - altimetría Tecnología Coplanar horizontal c/ conductor desnudo



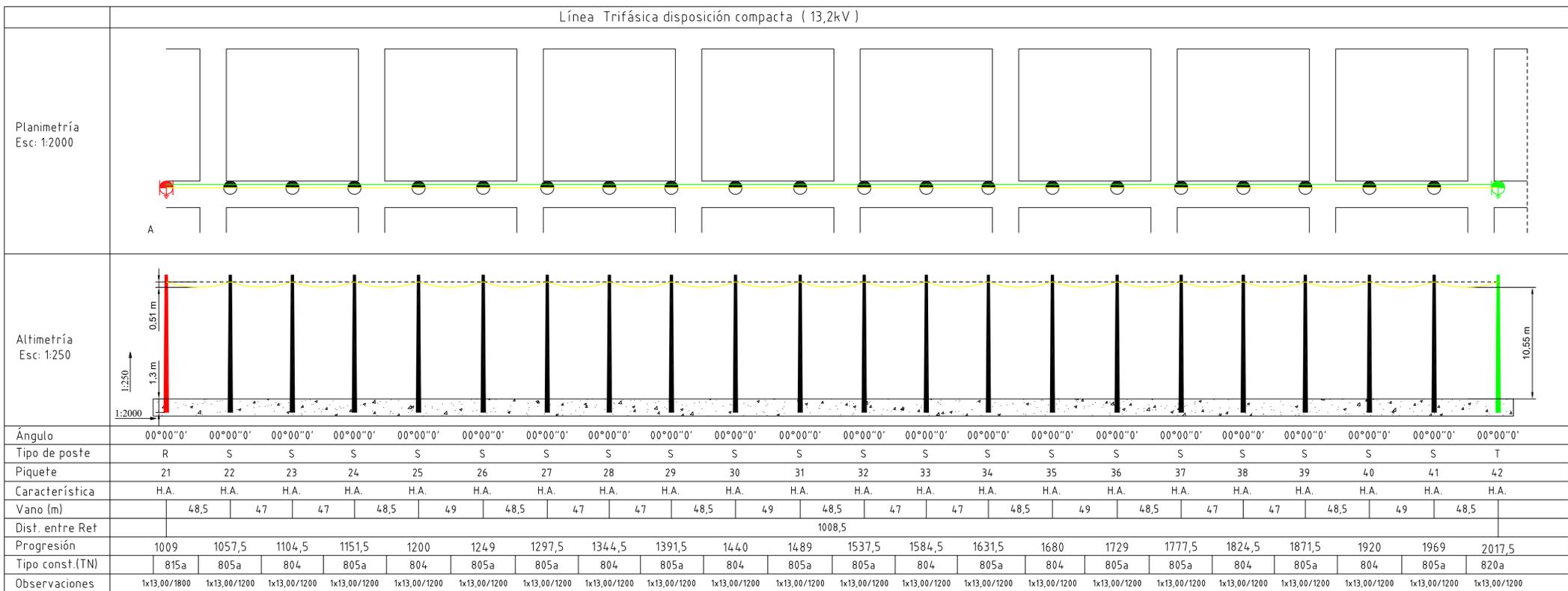
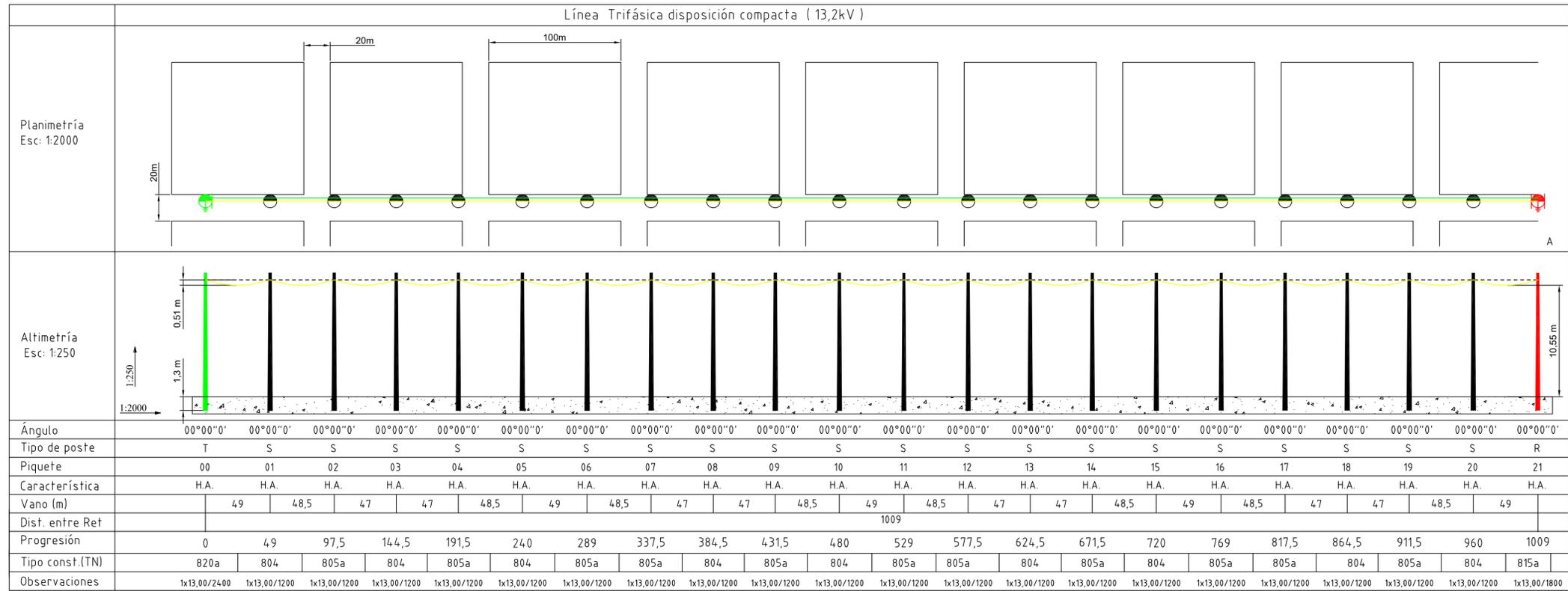
Observaciones		
Referencia	Descripción	Cantidad
	Estructura terminal TN 243 - 2 postes H°A° 12 / 1800	2
	Estructura retención TN 242 - 2 postes H°A° 12 / 1200	1
	Estructura suspensión TN 240 - 1 postes H°A° 12 / 1200	24
	Conductor protegido de Al-Ac 95 / 15 mm² Disposición coplanar horizontal - MN 155	6300 [m]

	Fecha:	Nombre:	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final de Carrera	Comparación económica de diferentes tipos de tecnologías constructivas utilizadas en L.M.T en 13,2 kV	
	Dibujó:	13/09/19			Franzoi, Andrés
	Revisó:	16/09/19			Cendra, Claudio
	Aprobó:	22/10/19			Antón, Elvijo
Escala:	1:2000			Empresa prestataria:	
Toler.	Plani - altimetría Tecnología Coplanar Horizontal c/conductor Protegido			Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avda Ltda.	
Rug.				Localidad: Avellaneda, Santa Fe, Argentina	
				Nº de Plano: 3	



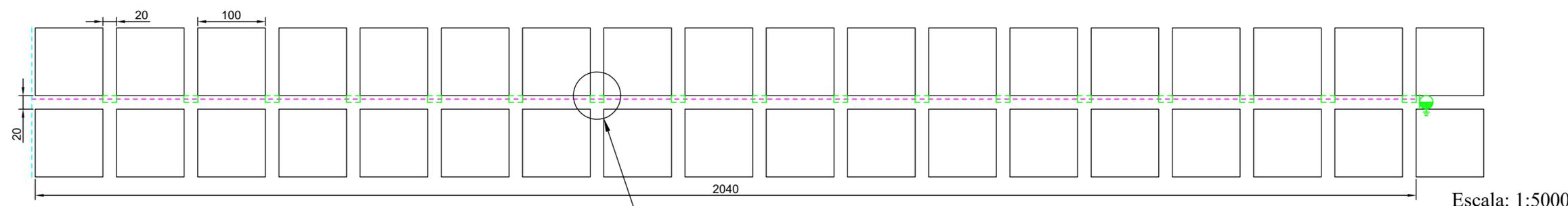
Observaciones		
Referencia	Descripción	Cantidad
	Estructura terminal TN 618 - 1 postes H ² A ^o 13 / 3000	2
	Estructura retención TN 617 - 1 postes H ² A ^o 13 / 3000	3
	Estructura suspensión TN 615 - 1 postes H ² A ^o 13 / 1200	30
	Conductor desnudo de Al - Ac 95 / 15 mm ² Disposición LINE POST	6300 [m]

 UTN Facultad Regional Reconquista	Fecha:	Nombre:	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final de Carrera	Comparación económica de diferentes tipos de tecnologías constructivas utilizadas en L.M.T en 13.2 kV	
	Dibujó:	13/09/19			Franzoi, Andrés
	Revisó:	16/09/19			Cendra, Claudio
	Aprobó:	22/10/19			Antón, Elvijo
Escala:	1:2000			Empresa prestataria:	
Toler.	 Plani - altimetría Tecnología Línea Post c/conductor Desnudo			Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avda Ltda.	
Rug.				Localidad: Avellaneda, Santa Fe, Argentina	
				Nº de Plano: 4	

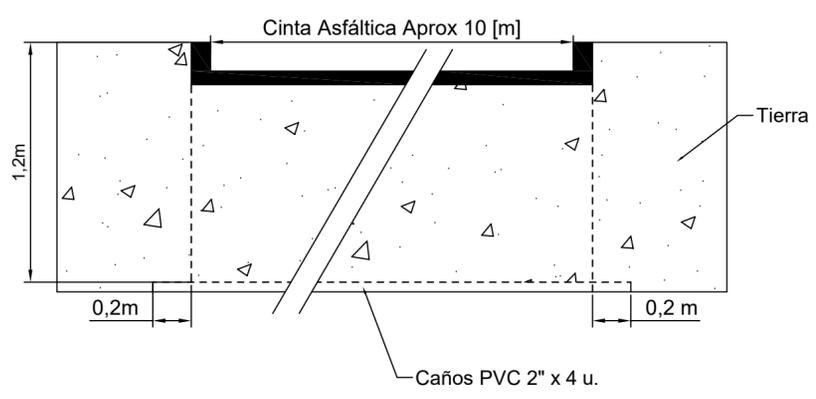


Observaciones		
Referencia	Descripción	Cantidad
	Estructura terminal TN 820a - 1 postes H°A° 13 / 2400	2
	Estructura retención TN 815a - 1 postes H°A° 13 / 1800	1
	Estructura suspensión TN 805a - 1 postes H°A° 13 / 1200	20
	Estructura suspensión TN 804 - 1 postes H°A° 13 / 1200	20
	Conductor protegido de Al 95 mm ² - Disposición compacta - MN 860	6300 [m]
	Conductor fiador Ac galvanizado 35 mm ²	2100 [m]

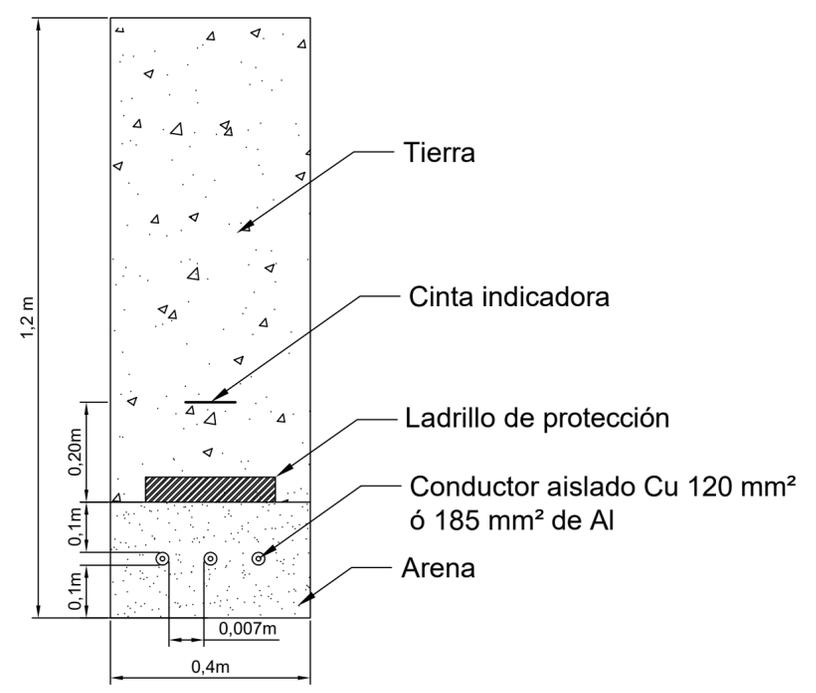
<p>UTN Facultad Regional Reconquista</p>	<p>Fecha: 13/09/19 Nombre: Francoi, Andrés</p>	<p>Ingeniería Electromecánica Proyecto Final de Carrera</p>	<p>Comparación económica de diferentes tipos de tecnologías constructivas utilizadas en L.M.T en 13.2 kV</p>	
	<p>Revisó: 16/09/19 Cendra, Claudio</p>			
	<p>Aprobó: 22/10/19 Antón, Elvijo</p>	<p>Escala: 1:2000</p>		<p>Planí-altimetría Tecnología Compacta c/Conductor Protegido</p>
	<p>Toler.:</p>	<p>Empresa prestataria: Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avda Ltda.</p>		
<p>Rug.</p>	<p>Nº de Plano: 5</p>	<p>Localidad: Avellaneda, Santa Fe, Argentina</p>		



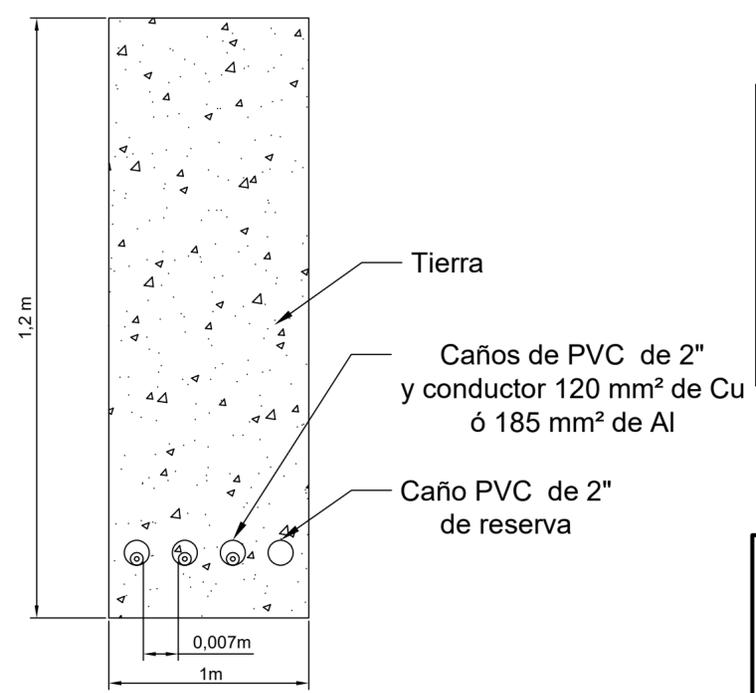
DETALLE LONGITUDINAL
CRUCE DE CALLE
Escala: 1:25



DETALLE 1: TRANSVERSAL
TENDIDO VEREDA
Escala: 1:10
Plano 1



DETALLE 2: TRANSVERSAL
CRUCE DE CALLE
Escala: 1:10



Observaciones		
Referencia	Descripción	Cantidad
	Estructura TN 120a - Protección Bajada Cable Subterráneo en M.T.	1
	Conductor aislado unipolar de Cu 120 mm ² ó de Al 185 mm ² - Disposición horizontal [7 Cm]	6300 [m]
Detalle 1	Plano N°: 4 - E.T.N. 98 - L.M.T disposición conductores en vereda	
Detalle 2	Plano N°: 5 -E.T.N 98 - L.M.T disposición conductores cruce de calle c/pavimento	

	Fecha:	Nombre:	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final de Carrera	Comparación económica de diferentes tipos de tecnologías constructivas utilizadas en L.M.T en 13,2 kV Empresa prestataria: Cooperativa de Servicios Públicos, Sociales y Vivienda de Avda Ltda. Localidad: Avellaneda, Santa Fe, Argentina N° de Plano: 6	
	Dibujó:	13/09/19			Franzoi, Andrés
	Revisó:	16/09/19			Cendra, Claudio
	Aprobó:	22/10/19	Antón, Elvio		
Escala:	1:5000				
Toler.					
Rug.					



Anexo VIII

Catálogos conductores

Media Tensión Distribución y Puesta a Tierra

Cuerda desnuda de Cobre



NORMAS DE REFERENCIA ▶

DESCRIPCION ▶

CARACTERÍSTICAS ▶



Norma de
Fabricación



Cuerdas
rígidas



Apto para
intemperie

Líneas Aéreas de Energía

PRYS CU

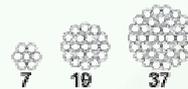
IRAM 2004

CONDUCTOR

Metal: Alambres de cobre electrolítico duro (otros temple bajo pedido).

Forma: cuerdas redondas.

Formación: según IRAM 2004 (u otras bajo pedido)



IDENTIFICACIÓN

Hilado de color negro identificatorio del fabricante.

Normativas

IRAM 2004 (u otras bajo pedido).

Certificaciones

Todos los cables de Prysmian están elaborados con Sistema de Garantía de Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000 certificadas por la UCIEE

Cuerda de cobre para distribución de energía en líneas aéreas y para puestas a tierra.

14

CONDICIONES DE EMPLEO



Sobre aislado-
res

 **PRYSMIAN**
CABLES & SYSTEMS



Prys Cu

Características Técnicas

Cables según norma IRAM 2004

Sección Nominal	Formación	Diámetro aproximado	Masa aproximada	Carga de rotura calculada	Intensidad de corriente admisible (2)	Caída de Tensión (3)
mm ²	Nº x mm	mm	kg/km	kgf	A	ohm/km
4 (1)	7 x 0,85	2,6	36	160	45	8,28
6 (1)	7 x 1,05	3,2	55	245	57	5,55
10	7 x 1,35	4,1	90	400	82	3,37
16	7 x 1,70	5,1	143	626	115	2,34
25	7 x 2,15	6,5	229	995	145	1,56
35	7 x 2,52	7,6	314	1352	180	1,18
50	7 x 3,02	9,1	451	1906	225	0,900
50	19 x 1,85	9,3	462	2006	225	0,900
70	19 x 2,15	10,8	624	2698	280	0,709
95	19 x 2,52	12,6	857	3672	345	0,588
120	19 x 2,85	14,3	1097	4640	400	0,506
150	37 x 2,25	15,8	1334	5740	465	0,440
185	37 x 2,52	17,7	1673	7150	530	0,400
240	37 x 2,85	20,0	2118	9035	635	0,351

(1) Secciones no contempladas en la norma IRAM 2004.

(2) Para temperatura ambiente de 40° C, cables expuestos al sol y viento de 0,6 m/seg.

(3) Para sistemas trifásicos de c.a. 50 Hz y $\cos \varphi = 0,8$ con los conductores en un mismo plano y separados 0,20 m. entre ejes. Para sistemas monofásicos multiplicar por 1,15.

Media y Alta Tensión Distribución y Transmisión

Cuerda desnuda de Aluminio Acero



NORMAS DE REFERENCIA ▶

DESCRIPCION ▶

CARACTERÍSTICAS ▶



Norma de



Cuerdas
 rígidas



Apto para
 intemperie

Líneas Aéreas de Energía

PRYSALAC

IRAM 2187

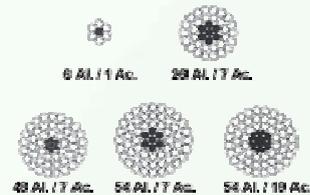
CONDUCTOR

Metal: Alambres de aluminio con alma de acero (alambres o cuerdas según la sección) .

Forma: cuerdas redondas.

La proporción de Aluminio a Acero se puede variar para obtener la relación capacidad de corriente – resistencia mecánica adecuada a cada aplicación.

El alambre o la corona externa de la cuerda de acero se protege con grasa para aumentar la protección contra la corrosión.



Normativas

IRAM 2187 (u otras bajo pedido).

Certificaciones

Todos los cables de Prysmian están elaborados con Sistema de Garantía de Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000 certificadas por la UCIEE

Cuerda de aluminio con alma de acero para distribución en media tensión y transmisión en alta y altísima tensión, montados sobre aisladores.

20

CONDICIONES DE EMPLEO



- ▶ **Cuerdas de aluminio con alma de acero aptas para distribución en líneas aéreas de media tensión y transmisión en alta y altísima tensión; montado sobre aisladores. Tipo ACSR.**
- ▶ **IRAM 2187 u otras a pedido**

Características Técnicas

Cables según norma IRAM 2187

Sección nominal	Formación aluminio	Formación Acero	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Largo habitual de expedición (2)	Carga de rotura calculada	Resist. eléctrica máxima a 20°C y c. c.	Intensidad de corriente admisible (1)
mm ²	Nº x mm	Nº x mm	mm	kg/km	m	kg	ohm/km	A
16/2,5	6 x 1,8	1 x 1,8	5,4	60	5000	591	1,88	100
25/4	6 x 2,25	1 x 2,25	6,8	100	3500	917	1,20	130
35/6	6 x 2,7	1 x 2,7	8,1	140	2500	1254	0,835	160
50/8	6 x 3,2	1 x 3,2	9,6	195	2000	1713	0,595	195
70/12	26 x 1,85	7 x 1,44	11,7	280	5000	2681	0,413	255
95/15	26 x 2,15	7 x 1,67	13,6	380	4000	3558	0,306	305
120/20	26 x 2,44	7 x 1,9	15,5	490	3000	4526	0,237	365
150/25	26 x 2,7	7 x 2,1	17,1	600	2500	5464	0,194	415
185/30	26 x 3,0	7 x 2,33	19,0	740	2000	6646	0,157	475
210/35	26 x 3,2	7 x 2,49	20,3	845	2000	7482	0,138	505
240/40	26 x 3,45	7 x 2,68	21,9	980	2500	8675	0,119	565
300/50	26 x 3,86	7 x 3,0	24,5	1230	2500	10700	0,0949	650
340/30	48 x 3,0	7 x 2,33	25,0	1170	2000	9310	0,0851	670
380/50	54 x 3,0	7 x 3,0	27,0	1440	2000	12322	0,0767	715
435/55	54 x 3,2	7 x 3,2	28,8	1640	2000	13688	0,0666	765
550/70	54 x 3,6	7 x 3,6	32,4	2080	1500	17095	0,0526	865
680/85	54 x 4,0	19 x 2,4	36,0	2550	1000	21043	0,0426	1000

(1) Para temperatura ambiente de 40° C, cables expuestos al sol, al nivel del mar y viento de 0,6 m/seg.

(2) Otros acondicionamientos bajo pedido

Media Tensión

Distribución

Cuerda desnuda de Aluminio

NORMAS DE REFERENCIA

DESCRIPCION



CARACTERÍSTICAS



Norma de



Cuerdas
rígidas



Apto para
intemperie

Líneas Aéreas de Energía

PRYSAL ALUMINIO

IRAM 63003

CONDUCTOR

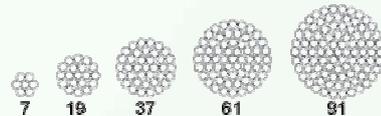
Metal: Alambres de aluminio 1350.

Forma: cuerdas redondas.

Formación:

Clase AA: Para conductores desnudos empleados en líneas aéreas.

Clase A: Para conductores recubiertos con materiales resistentes a la intemperie, y para conductores desnudos donde se requiera mayor flexibilidad que con la clase AA.



Normativas

IRAM 63003 (u otras bajo pedido).

Certificaciones

Todos los cables de Prysmian están elaborados con Sistema de Garantía de Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000 certificadas por la UCIEE

Cuerda de aluminio para distribución de energía en líneas aéreas de media tensión.

30

CONDICIONES DE EMPLEO



Sobre aislado-
res



Prysal Aluminio

Características Técnicas

Cables según norma IRAM 63003

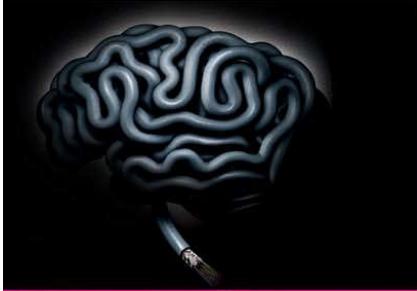
Sección nominal	Formación	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Carga de rotura calculada	Resistencia eléctrica máxima a 20°C y c. c.	Intensidad de corriente admisible (1)
mm ²	Nº x mm	mm	kg/km	kg	ohm/km	A
10	7 x 1,35	4,1	27	195	2,7842	78
16	7 x 1,70	5,1	43	302	1,7558	104
25	7 x 2,15	6,5	70	457	1,0977	139
35	7 x 2,52	7,6	95	594	0,7990	171
50	7 x 3,02	9,1	135	827	0,5563	215
70	19 x 2,15	10,8	190	1242	0,4025	265
95	19 x 2,52	12,6	260	1611	0,2930	324
120	19 x 2,85	14,3	335	2061	0,2291	380
150	37 x 2,25	15,8	405	2648	0,1877	431
185	37 x 2,52	17,7	510	3137	0,1496	498
240	37 x 2,85	20,0	650	4013	0,1170	584
300	61 x 2,52	22,7	840	5172	0,0907	687
400	61 x 2,85	25,7	1075	6615	0,0709	804
500	61 x 3,23	29,1	1381	8247	0,0552	942
625	91 x 2,96	32,6	1732	10645	0,0439	1087
800	91 x 3,35	36,9	2218	13234	0,0343	1266
1000	91 x 3,74	41,1	2764	15995	0,0275	1445
1265	91 x 4,21	46,3	3503	20268	0,0217	1657

(1) Para conductor expuesto a una radiación solar de 900 W/m², considerando una emisividad de 0,6, al nivel del mar y viento de 0,6 m/seg, temperatura ambiente de 40° C, temperatura máxima admisible de 80°C y una frecuencia de 50 Hz.

Acondicionamientos:



Bobinas de
madera



Líneas Aéreas Protegidas de Media Tensión

Eco Compact Duo

Edición 2009

Confiabilidad y Máxima Performance

Cable de Media Tensión 13,2 kV y 33 kV

NORMAS DE REFERENCIA

DESCRIPCION DEL CABLE



CARACTERÍSTICAS



Norma de
Fabricación



Tensión
Nominal



Temperatura máxima
en el conductor



Cuerdas
Rígidas



Resistente a
absorción de agua



Resistente a
la abrasión



Resistente a
la intemperie

ECO COMPACT DUO

IRAM 63005

> CONDUCTOR

Metal: Aluminio grado eléctrico, Aleación de aluminio y Aluminio/Acero.
Forma: Cuerdas circulares.

Flexibilidad: Para el aluminio se utilizan cuerdas circulares compactas, según IRAM NM 280 (IEC 60228).

Para la aleación de aluminio se utilizan cuerdas circulares sin compactar, según IRAM 2212.

Para el aluminio/acero se utilizan cuerdas circulares sin compactar según IRAM 2187- 1 y 2.

Opcionalmente, las cuerdas pueden ser obturadas mediante el agregado de elementos que eviten la propagación longitudinal del agua, retardando el desarrollo y la propagación de "Water Trees" (Arborescencias)

> CAPA SEMICONDUCTORA

Constituida por polietileno semiconductor reticulado químicamente de color negro.

> CUBIERTA

Constituida por polietileno químicamente reticulado de formulación especial de PRYSMIAN, con características 'Antitracking', y de resistencia a la radiación solar, de color gris para reducir el impacto visual. Marcación, por ejemplo si el conductor fuese de aluminio /acero (IRAM 2187-1): "Prysmian Eco Compact Duo - Industria Argentina - 13,2 kV - Sección (mm²).
- IRAM 63005 - CABLE PROTEGIDO NO AISLADO - NO TOCAR - A1/S1A"

> NORMATIVA

IRAM 63005, NBR 11873 u otras bajo pedido. Al respecto, informamos que cumplimos para el Ensayo de Resistencia al encaminamiento eléctrico (Tracking), con los mayores valores de Tensión Inicial indicados por la Norma. Que son de 2,5 kV para los especímenes nuevos y de 2,25 kV para los especímenes envejecidos.

> **CERTIFICACIONES** Poseemos Certificado de los Ensayos de Tipo, expedido por ente de tercera parte.

> Cables aptos para líneas aéreas protegidas de media tensión, especialmente diseñados para ser instalados sobre perchas aislantes (espaciadores poliméricos); para uso en zonas arboladas, montañosas, contaminadas, calles estrechas, redes con más de un circuito por estructura e instalaciones transitorias. Ver "NOTAS IMPORTANTES" (en página 6).

03



Eco Compact Duo

- ▶ Cable de media tensión para redes aéreas protegidas
- ▶ IRAM 63005
- ▶ 13,2 kV

Características técnicas

Eco Compact Duo con conductor de Aluminio (Según Iram NM 280) (1)

Sección (mm ²)	Formación (2) (N° x mm)	Diámetro Aprox.		Masa Aprox. (kg/km)	Resistencia eléctrica a:		Corriente admisible (3) (A)
		Conductor (mm)	Cable (mm)		20 °C - c.c. (ohm/km)	90 °C - c.a. (3) (ohm/km)	
25	7 x 2,17	5,9	14	177	1,20	1,54	166
35	7 x 2,58	7	15	217	0,868	1,11	200
50	7 x 2,95	8,1	16	263	0,641	0,822	238
70	14 x 2,55	9,8	18	335	0,443	0,568	296
95	19 x 2,58	11,6	19	430	0,320	0,411	360
120	19 x 2,86	12,8	21	503	0,253	0,325	414
150	30 x 2,58	14,5	22	603	0,206	0,264	471
185	37 x 2,58	16,2	24	721	0,164	0,211	541
240	37 x 2,94	18	26	866	0,125	0,161	635
300	60 x 2,58	20,7	29	1092	0,100	0,129	735

Eco Compact Duo con conductor de Aleación de Aluminio (AAAC según Iram 2212)

Sección (mm ²)	Formación (2) (N° x mm)	Diámetro Aprox.		Masa Aprox. (kg/km)	Carga de Rotura (4) (daN)	Resistencia eléctrica a:		Corriente admisible (3) (A)
		Conductor (mm)	Cable (mm)			20 °C - c.c. (ohm/km)	80 °C - c.a. (3) (ohm/km)	
25	7 x 2,15	6,5	14	190	712	1,30	1,58	146
35	7 x 2,52	7,6	15	231	978	0,944	1,15	176
50	19 x 1,85	9,3	17	292	1431	0,648	0,788	219
70	19 x 2,15	10,8	19	361	1933	0,480	0,584	262
95	19 x 2,52	12,6	20	456	2656	0,349	0,425	318
120	19 x 2,85	14,3	22	550	3397	0,273	0,332	368
150	37 x 2,25	15,8	24	636	4123	0,226	0,275	414
185	37 x 2,52	17,6	26	764	5172	0,180	0,219	476
240	37 x 2,85	20	28	936	6615	0,141	0,172	554
300	61 x 2,52	22,7	31	1155	8526	0,109	0,133	650

04



Eco Compact Duo

- ▶ Cable de media tensión para redes aéreas protegidas
- ▶ IRAM 63005
- ▶ 13,2 kV

Características técnicas

Eco Compact Duo con conductor de Aluminio con alma de acero (ACSR según Iram 2187-1).

Sección (mm ²)	Formación (2)		Diámetro Aprox.		Masa Aprox. (kg/km)	Carga de rotura (4) (daN)	Resistencia eléctrica a:		Corriente admisible (3) (A)
	Acero (N° x mm)	Aluminio (N° x mm)	Conductor (mm)	Cable (mm)			20°C - c.c. (ohm/km)	90°C - c.a. (3) (ohm/km)	
25/4	1 x 2,25	6 x 2,25	6,8	15	221	900	1,20	1,54	169
35/6	1 x 2,70	6 x 2,70	8,1	16	282	1230	0,835	1,071	209
50/8	1 x 3,20	6 x 3,20	9,6	17	359	1680	0,595	0,763	255
70/12	7 x 1,44	26 x 1,85	11,7	20	468	2630	0,413	0,530	318
95/15	7 x 1,67	26 x 2,15	13,6	21	592	3490	0,306	0,393	381
120/20	7 x 1,90	26 x 2,44	15,5	23	728	4440	0,237	0,304	446
150/25	7 x 2,10	26 x 2,70	17,1	25	861	5360	0,194	0,249	504
185/30	7 x 2,33	26 x 3,00	19	27	1029	6520	0,157	0,202	575
210/35	7 x 2,49	26 x 3,20	20,3	28	1150	7340	0,138	0,177	623
240/40	7 x 2,68	26 x 3,45	21,8	30	1310	8510	0,119	0,153	683
300/50	7 x 3,00	26 x 3,86	24,4	32	1597	10500	0,0949	0,122	787

Referencias:

(1) No se indica la carga de rotura ya que estos cables van suspendidos de sistemas portantes especiales, no estando los mismos sometidos a esfuerzos mecánicos debido al tendido.

(2): Se indica el número de alambres, N°, por el diámetro nominal de cada uno, donde particularmente para las cuerdas de Al dado que son circulares compactas, el valor es antes de cablear. Las restantes cuerdas son circulares sin compactar.

(3): Los valores se calcularon (*) en base a las siguientes condiciones de instalación:

Generales: Frecuencia = 50 Hz, simple terna con una carga simétrica equilibrada, temperatura ambiente = 40 °C, Irradiancia (radiación) solar - H = 1000 W/m² y velocidad del viento = 0,6 m/s.

Particulares:

Para los cables de Al, disposición triangular, siendo la separación axial entre fases de 179 mm (en base a nuestros accesorios) y siendo la temperatura máxima en el conductor de 90 °C.

Para los cables AAAC, disposición plana, siendo la separación axial entre fases de 500 mm y la temperatura máxima en el conductor de 80 °C.

Para los cables Al, disposición plana, siendo la separación axial entre fases de 500 mm y la temperatura máxima en el conductor de 90 °C.

(4): Los valores indicados corresponden exclusivamente a los conductores desnudos.

(*): Método de cálculo: de acuerdo a lo indicado en el Anexo D de la Norma NBR 11873, partiendo de la Norma IEC 61597 (Capacidad de conducción de corriente para cuerdas desnudas) se modela un circuito térmico equivalente insertando las resistencias térmicas, tanto de la capa semiconductor como la cubierta protectora.

05

Media Tensión

De 2,3/3,3 kV a 19/33 kV

Distribución en MT

DENOMINACIÓN ► **RETENAX MT**

NORMAS DE REFERENCIA ► **IRAM 2178**

DESCRIPCION ► **> CONDUCTOR**



Metal: Alambres de cobre electrolítico de máxima pureza o aluminio grado eléctrico.

Forma: constituidos por cuerdas redondas compactas de cobre o aluminio, mediante un método especial que permite obtener superficies más lisas y diámetros de cuerdas menores que los de las cuerdas normales de igual sección.

Flexibilidad: Clase 2; según IRAM NM-280 e IEC 60228 Opcionalmente, las cuerdas pueden ser obturadas mediante el agregado de elementos que eviten la propagación longitudinal del agua y retarda el desarrollo y la propagación de "Water Trees".

> SEMICONDUCTORA INTERNA

Capa extruída de material semiconductor.

> AISLAMIENTO

Capa homogénea de Polietileno reticulado (XLPE) extruído en triple extrusión simultánea.

El aislamiento de los cables RETENAX está constituido por polietileno químicamente reticulado de altísima pureza y calidad. El proceso de reticulación se realiza en un medio inerte no saturado de vapor, conocido como "Dry Curing".

La excelente estabilidad térmica del polietileno reticulado le capacita para admitir en régimen permanente temperaturas de trabajo en el conductor de hasta 90° C, tolerando temperaturas de cortocircuito de 250° C.

> SEMICONDUCTORA EXTERNA



Norma de
Fabrica-



Tensión
nominal



Temperatura de servicio



Cuerdas
Rígidas



Resistente a
la absorción
de agua



Resistente
a la abra-
sión



No propa-
gación de
la llama



Resistente
a agentes
químicos



Resistente
a grasas y
aceites



Mezclas
ecológicas

36

CONDICIONES DE EMPLEO



En bandejas



Directamente
enterrado



Enterrado en
canaletas



Enterrado en
cañerías

Retenax MT

Las líneas de extrusión continua (conocidas como "catenaria") posibilitan la triple extrusión continua de la capa semiconductora interna, la aislamiento y la capa semiconductora externa, permitiendo la perfecta adherencia de las tres capas, dando como resultado cables de elevada confiabilidad.

> PANTALLA METALICA

Formada por cintas o una corona de alambres y cintas. En todos los casos el material es cobre electrolítico recocido.

La resistencia eléctrica de la pantalla es de $3,3 \Omega / \text{km}$; opcionalmente se pueden dimensionar otras diferentes en función de la corriente de cortocircuito de la red. Asimismo, la pantalla puede ser obturada para evitar la propagación longitudinal del agua.

> ENVOLTURA EXTERIOR

De PVC, Pe o poliolefina termoplástica tipo VEMEX®, color negro (opcional rojo).

Marcación

PRYSMIAN RETENAX® * Ind. Argentina * Tensión (kV) * Cat. (I o II) * Nro. de conductores * Sección

> Certificaciones

Todos los cables de Prysmian están elaborados con Sistema de Garantía de Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000 certificadas por la TÜV



CARACTERÍSTICAS

Los cables RETENAX son aptos para uso enterrado con protección, en electroductos o canaletas y en bandejas o al aire libre (cuando los Reglamentos así lo permitan); para el uso directamente enterrados requieren de armaduras metálicas robustas. La variante con cubierta VEMEX le otorga ventajas que lo convierten en un cable idóneo para tendido mecanizado.

Acondicionamientos:



Bobinas

Media Tensión

Distribución en MT

Cable Retenax CU 13,2 kV - Categoría I

Datos dimensionales

Sección nominal	Diámetro Conductor	Espesor aislante nominal	Espesor de envoltura nominal (cable sin armar)	Diámetro Exterior aprox. (cable sin armar)	Masa aprox. (cable sin armar)	Espesor de vaina nominal (cable armado)	Diámetro Exterior aprox. (cable armado)	Masa aprox. (cable armado)
mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	mm	mm	Kg/km
Unipolares Cat I								
25	6,0	3,9	1,8	21,5	730	1,8	27	1030
35	7,0	3,9	1,8	23	850	1,8	28	1160
50	8,1	3,9	1,8	24	1000	1,8	29	1320
70	9,8	3,9	1,8	26	1240	1,9	31	1600
95	11,5	3,9	1,8	27	1520	1,9	33	1900
120	13	3,9	1,9	29	1800	2,0	34	2180
150	14,4	3,9	1,9	30	2090	2,1	36	2510
185	16,1	3,9	2,0	32	2470	2,1	38	2920
240	18,5	3,9	2,0	35	3080	2,2	40	3560
300	20,7	3,9	2,1	37	3720	2,3	43	4250
400	23,3	3,9	2,2	40	4590	2,4	46	5180
500	26,4	3,9	2,3	44	5660	2,5	49	6300
Tripolares Cat I								
25	6,0	3,9	2,3	45	2800	2,5	48	3490
35	7,0	3,9	2,4	47	3260	2,5	51	3980
50	8,1	3,9	2,5	50	3830	2,6	53	4580
70	9,8	3,9	2,6	54	4770	2,8	58	5580
95	11,5	3,9	2,7	58	5820	2,9	62	6720
120	13	3,9	2,8	62	6800	3,0	65	7740
150	14,4	3,9	2,9	65	7870	3,1	69	8900
185	16,1	3,9	3,0	69	9250	3,2	73	10380
240	18,5	3,9	3,2	75	11500	3,4	79	12660
300	20,7	3,9	3,4	81	13900	3,6	87	16160
400	23,3	3,9	3,6	87	16930	3,9	93	19470

Media Tensión

Distribución en MT

Cable Retenax AL 13,2 kV - Categoría I

Datos dimensionales

Sección nominal	Diámetro Conductor	Espesor aislante nominal	Espesor de envoltura nominal (cable sin armar)	Diámetro Exterior aprox. (cable sin armar)	Masa aprox. (cable sin armar)	Espesor de vaina nominal (cable armado)	Diámetro Exterior aprox. (cable armado)	Masa aprox. (cable armado)
mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	mm	mm	Kg/km
Unipolares Cat I								
25	6,0	3,9	1,8	22	580	1,8	27	880
35	7,0	3,9	1,8	23	640	1,8	28	950
50	8,2	3,9	1,8	24	710	1,8	29	1040
70	9,9	3,9	1,8	26	830	1,9	31	1190
95	11,7	3,9	1,8	28	960	1,9	33	1340
120	13,1	3,9	1,9	29	1080	2,0	35	1470
150	14,6	3,9	1,9	31	1200	2,1	36	1630
185	16,3	3,9	2,0	32	1360	2,1	38	1810
240	18,6	3,9	2,0	35	1590	2,2	40	2090
300	20,9	3,9	2,1	38	1880	2,3	43	2420
400	23,7	3,9	2,2	41	2250	2,4	47	2850
500	26,8	3,9	2,3	44	2650	2,5	50	3300
Tripolares Cat I								
25	6,0	3,9	2,3	45	2350	2,5	48	3030
35	7,0	3,9	2,4	48	2630	2,5	51	3350
50	8,2	3,9	2,5	50	2980	2,6	53	3730
70	9,9	3,9	2,6	55	3550	2,8	58	4370
95	11,7	3,9	2,7	59	4150	2,9	62	5050
120	13,1	3,9	2,8	62	4660	3,0	65	5610
150	14,6	3,9	2,9	65	5230	3,1	69	6260
185	16,3	3,9	3,0	69	5950	3,2	73	7070
240	18,6	3,9	3,2	75	7100	3,4	79	8260
300	20,9	3,9	3,4	81	8380	3,6	87	10660
400	23,7	3,9	3,6	88	9950	3,9	94	12510

Media Tensión

Distribución en MT

Cable Retenax CU 13,2 kV

Datos Eléctricos

Sección nominal	Corriente admisible para cables en aire (unipolares)	Corriente admisible para cables en aire (tripolares)	Corriente admisible para cables enterrados (unipolares)	Corriente admisible para cables enterrados (tripolares)	Resistencia a 90°C y 50 Hz	Reactancia a 50 Hz (unipolares)	Reactancia a 50 Hz (tripolares)
mm ²	A	A	A	A	ohm/km	ohm/km	ohm/km
25	175	135	165	145	0,926	0,245	0,132
35	205	155	195	170	0,668	0,235	0,122
50	245	190	230	200	0,493	0,226	0,116
70	305	230	280	240	0,341	0,216	0,110
95	370	280	335	290	0,246	0,206	0,101
120	425	320	380	330	0,195	0,200	0,104
150	475	360	420	365	0,158	0,195	0,0976
185	545	415	470	410	0,126	0,189	0,0946
240	640	485	540	475	0,0961	0,182	0,0911
300	730	550	610	535	0,0766	0,176	0,0883
400	835	640	685	615	0,0599	0,171	0,0853
500	940	-	755	-	0,0466	0,165	-

Cable Retenax AL 13,2 kV

Datos Eléctricos

Sección nominal	Corriente admisible para cables en aire (unipolares)	Corriente admisible para cables en aire (tripolares)	Corriente admisible para cables enterrados (unipolares)	Corriente admisible para cables enterrados (tripolares)	Resistencia a 90°C y 50 Hz	Reactancia a 50 Hz (unipolares)	Reactancia a 50 Hz (tripolares)
mm ²	A	A	A	A	ohm/km	ohm/km	ohm/km
25	140	108	132	116		0,245	0,132
35	164	124	156	136	1,112	0,235	0,122
50	196	152	184	160	0,821	0,226	0,116
70	244	184	224	192	0,567	0,216	0,110
95	296	224	268	232	0,410	0,206	0,101
120	340	256	304	264	0,324	0,200	0,104
150	380	288	336	292	0,264	0,195	0,0976
185	436	332	376	328	0,210	0,189	0,0946
240	512	388	432	380	0,16	0,182	0,0911
300	584	440	488	428	0,128	0,176	0,0883
400	668	512	548	492	0,0997	0,171	0,0853
500	752	-	604	-	0,0755	0,165	-

50

- Cables en aire: se considera tres cables unipolares en un plano sobre bandeja y distanciados un diámetro o un cable multipolar sólo, en un ambiente a 40° C.

- Cables enterrados: tres cables unipolares colocados en un plano horizontal y distanciados 7 cm. o un cable multipolar solo, enterrado a 1 m. de profundidad en un terreno a 25° C. y 100° C. cm / W de resistividad térmica.