



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

Profesor: Ing. César Mazurier

Ing. Fernando Marull

Alumnos: Gustavo Rojas

Mauro Corradi

Eduardo Lescano

Año 2015

Capítulos

- 01 Memoria descriptiva
- 02 Cálculo de la aislación
- 03 Distancias eléctricas
- 04 Cálculo mecánico del conductor
- 05 Estructuras
- 06 Fundaciones
- 07 Estudios eléctricos
- 08 Estación transformadores
- 09 Planos



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica
“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”

Capítulo 01: Memoria descriptiva

Año 2015

Contenido

Objetivos

Antecedentes

Áreas de influencia

Definición del problema

Estudio de la demanda de potencia y energía

Solución propuesta

Descripción general de las instalaciones

Memoria descriptiva

Objetivos generales

Los objetivos del presente proyecto es desarrollar una propuesta para la optimización técnica y económica del sistema eléctrico de distribución en media tensión de la zona sur de la ciudad de Concordia para la empresa encargada de brindar dicho servicio.

Objetivos específicos

- Efectuar el diagnóstico del sistema eléctrico de distribución en media tensión con el fin de determinar sus condiciones operativas.
- Seleccionar una alternativa adecuada que genere mejoras en la disminución de las pérdidas para contar con un sistema de distribución confiable, seguro, flexible, económico y tan amplio como lo exija el consumo.
- Estimar la rentabilidad de la alternativa seleccionada a fin de determinar la factibilidad del proyecto.

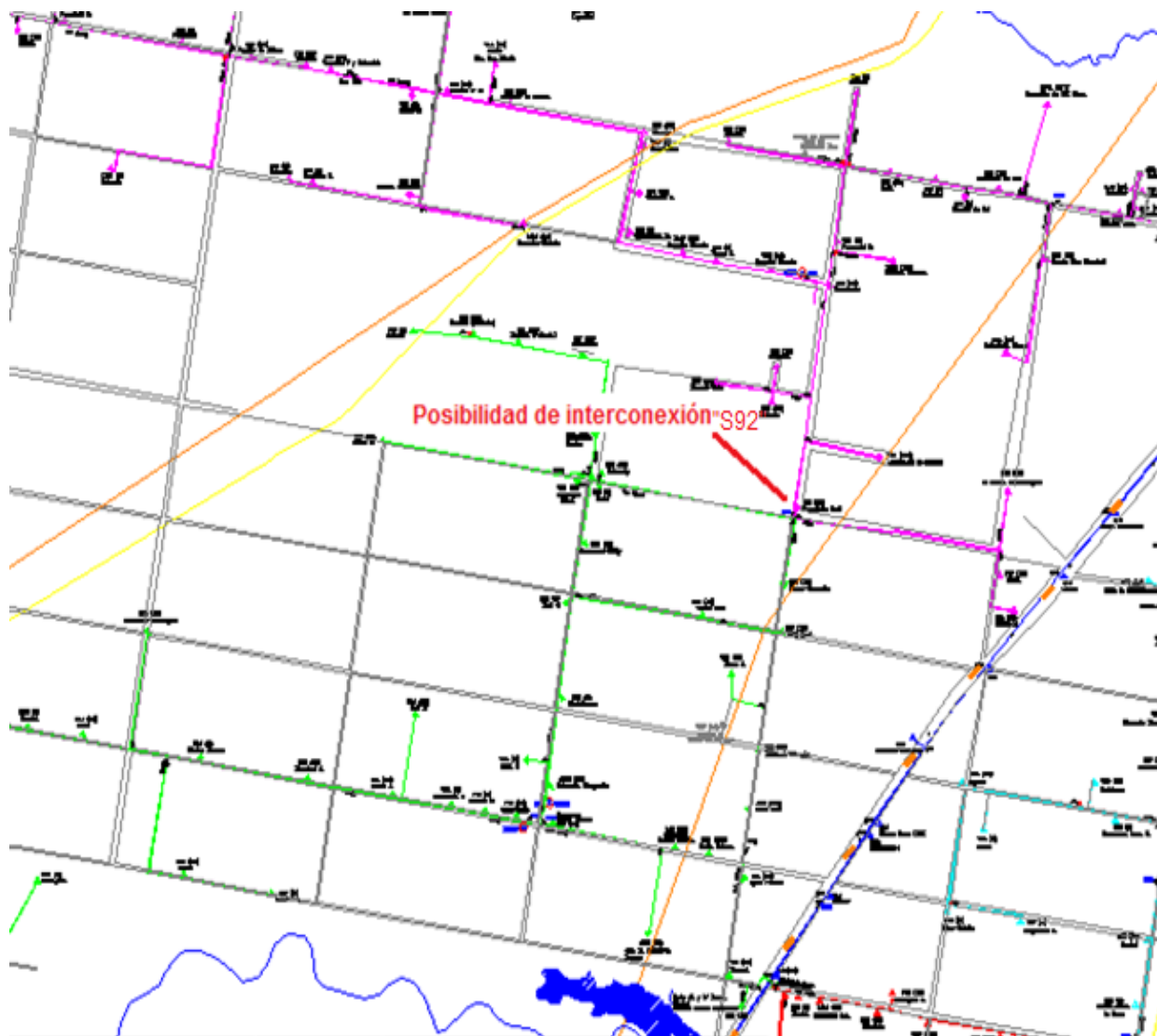
Antecedentes

La empresa a cargo de la distribución en la ciudad de Concordia es “Cooperativa eléctrica y otros servicios de Concordia Ltda.”, la cual cuenta con tres estaciones de rebaje en la zona sur del ejido de Concordia las mencionadas son SET YERUÁ NORTE 33/13,2 kV, 2500 kVA, ubicado en el acceso a cascaditas de Dri a unos 200m al oeste de la ruta nacional N°14, km 251, la cual posee dos salidas en 13,2kV (este y oeste) que comprenden las zonas de Colonia Yerúa, Cascaditas de Dri y alrededores.

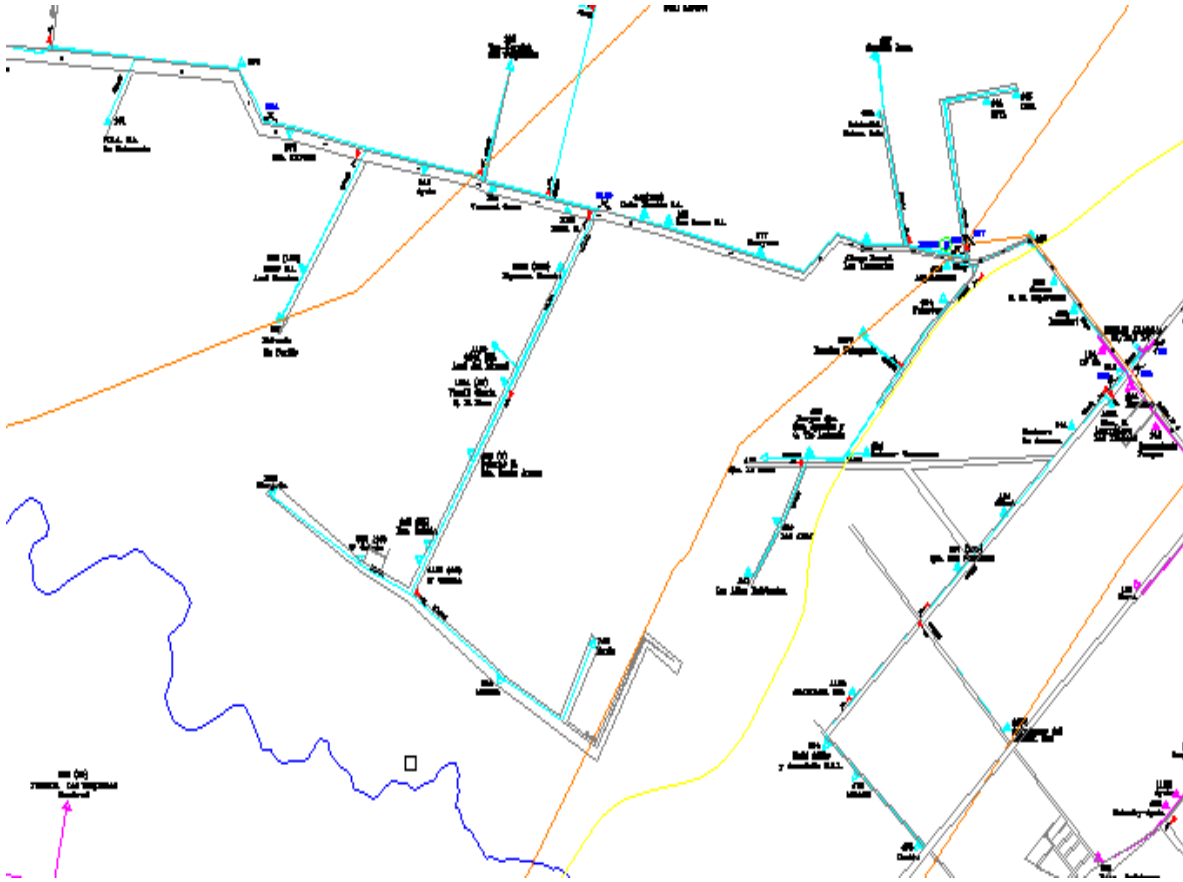
SET YERUÁ SUR 33/13,2 kV, 2500 kVA, ubicado en acceso a Puerto Yerúa y ruta nacional N°14 km 243, con dos salidas en 13,2 kV (este y oeste) que comprenden las localidades de Puerto yerúa, Calabacillas, Estación Yreúa y alrededores.

SET ARACAMA 33/13,2 kV, 2000 kVA, ubicado a unos 200m al oeste del cementerio privado parque de la concordia con una salida de 13,2 kV que comprende la localidad de Yuquerí y alrededores siguiendo su traza por la ruta provincial N°22 hacia el oeste abasteciendo a todos los usuarios de la zona.

Tanto la SET YERUÁ NORTE como SUR son energizadas por el alimentador N°6 de 33 kV proveniente de la ET Concordia propiedad de la empresa ENERSA, y la SET ARACAMA es alimentada por la salida N°6 de 33 kV proveniente de la central N°2 propiedad de la Coop. Eléctrica



Redes de 13,2 kV salidas oeste (magenta Yerúa norte), (verde Yerúa sur) existe la posibilidad de interconectar ambas redes en la **S92**.



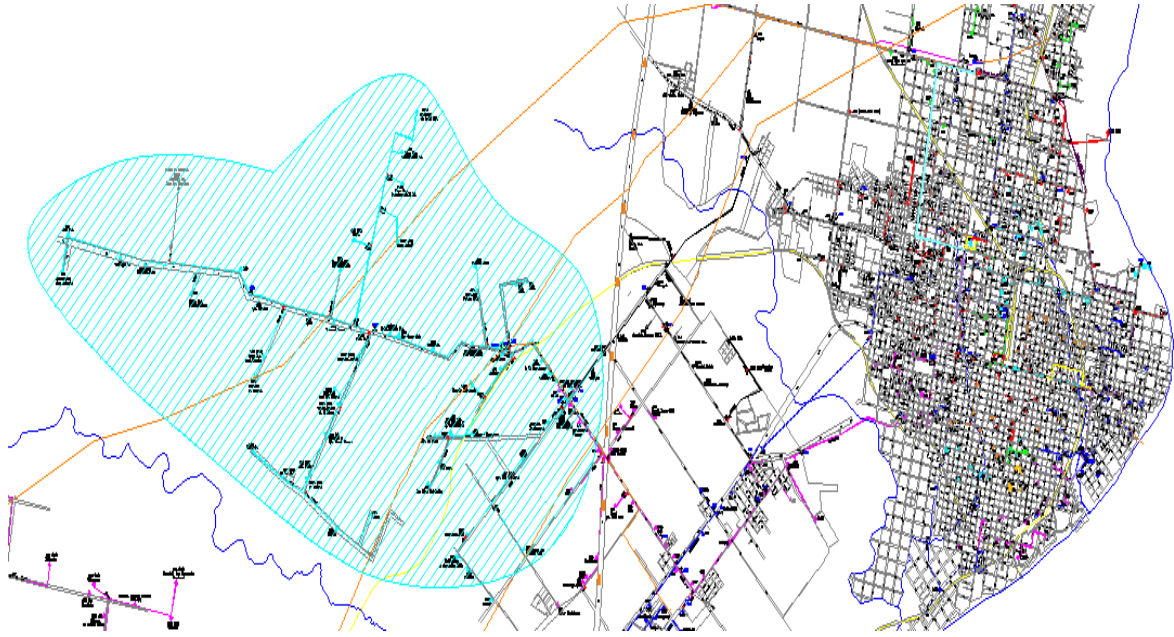
Red de 13,2 kV SET Aracama actualmente funcionando energizada desde un solo punto



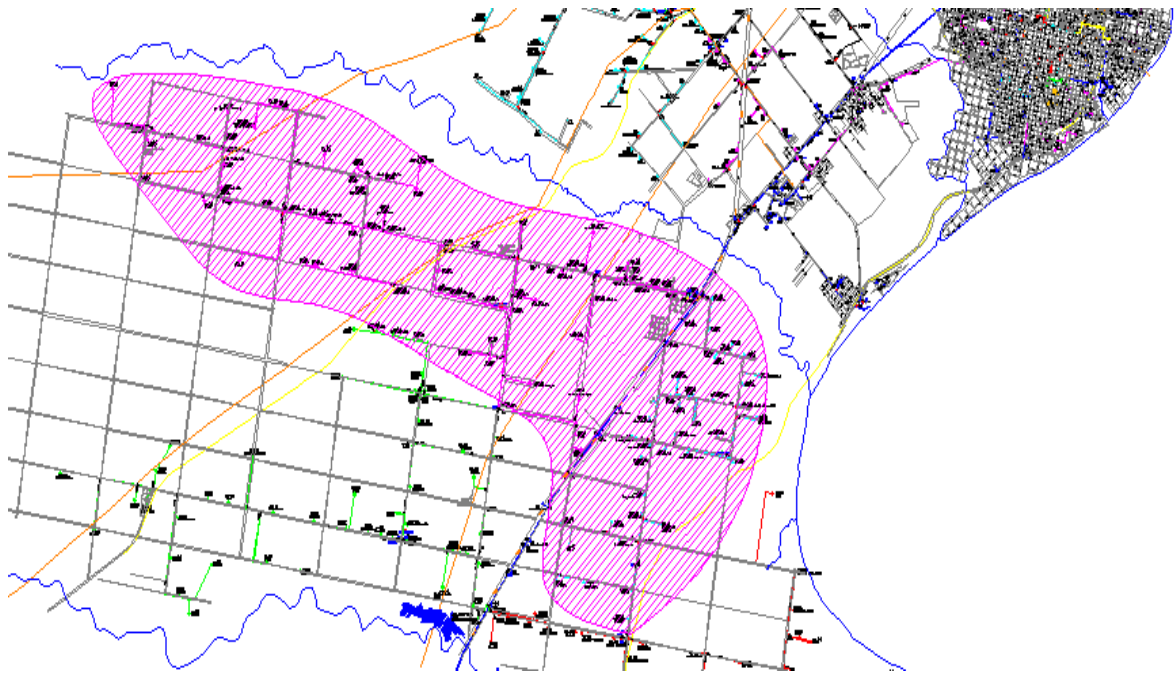
Rebaje ARACAMA actualmente

Áreas de influencia

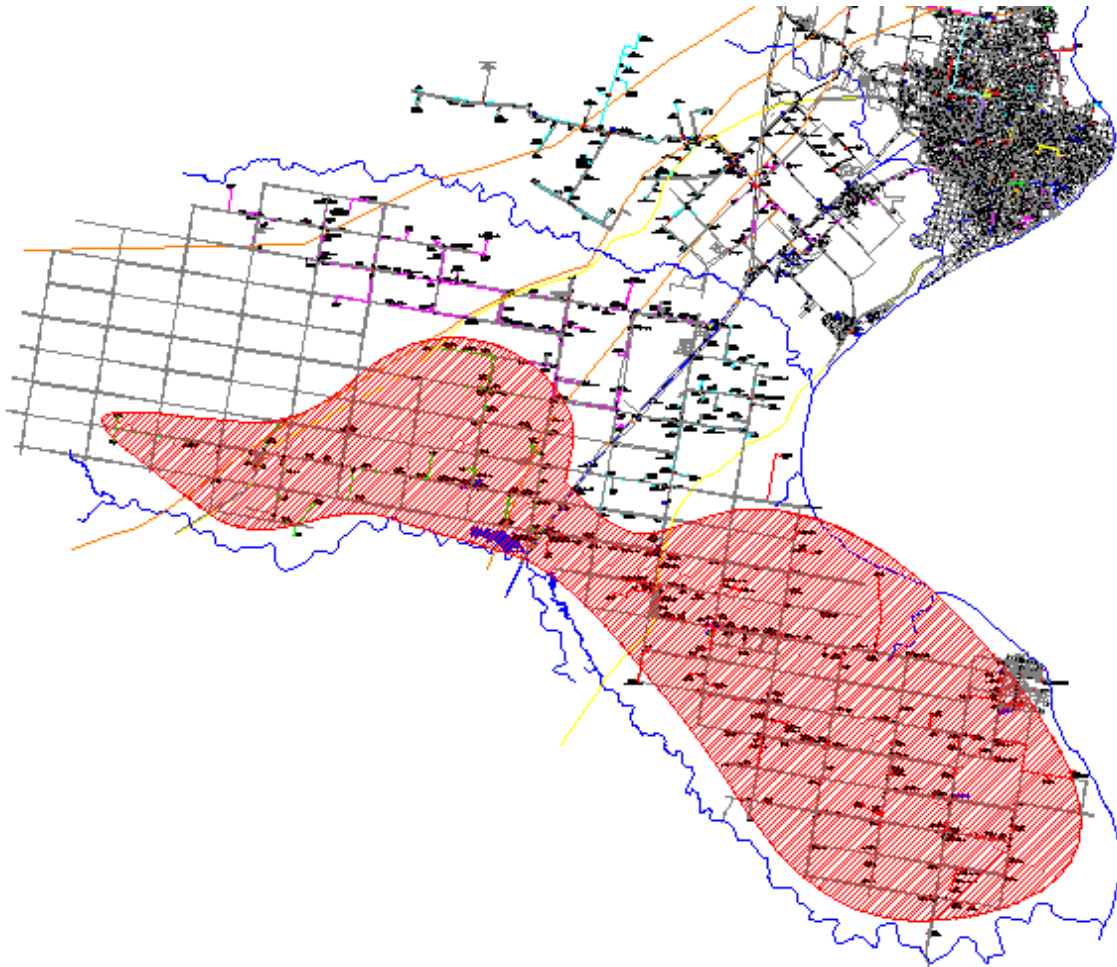
SET rebaje ARACAMA



SET rebaje YERUÁ NORTE



SET rebaje YERUÁ SUR



Las actividades que se desarrollan en la zona son:

- Producción de citrus (quintas, empaques).
- Producción de arándanos.
- Forestación.

Definición del problema

El estudio se centra en la línea aérea del rebaje ARACAMA que es la más antigua, sus estructuras de suspensión son postes de madera, los cuáles se deterioran en un corto período de tiempo, por lo que deben ser reemplazados para prevenir caídas de los mismos por su mal estado o por eventuales tormentas.

Los conductores son de una sección menor respecto de las demás redes en cuestión por lo que se estudia el reemplazo del mismo por un conductor nuevo de aleación de aluminio de 50 mm² de sección.

Otra de las cuestiones a considerar es que esta red funciona actualmente energizada solo desde la estación de rebaje sin la posibilidad de poder alimentar desde otro punto lo que implica que una falla en el transformador de la subestación, o por la caída de una estructura próxima a la misma producirá un corte total del suministro de todos los usuarios conectados a esta red.

Por lo que se analiza una traza nueva que nos posibilite alimentar a esta red desde la estación de rebaje YERUÁ NORTE. La trayectoria elegida se puede observar en la siguiente imagen satelital



Traza nueva (roja), Red YERUÁ NORTE (verde), Red ARACAMA (amarillo).

Teniendo en cuenta el creciente desarrollo industrial y agrícola de la zona de estudio surge la necesidad de mejorar la distribución en media tensión.

Estudio de la demanda de energía y potencia

Para analizar la evolución de la demanda de energía eléctrica se tomó como referencia el trabajo “Estudio de la demanda de energía eléctrica y O. S. de Cdia. Ltda.”, realizada por el departamento proyectos de la empresa; datos de facturación de los usuarios afectados, y mediciones realizadas por el ente provincial regulador de la energía (EPRE) para el control del producto y servicio técnico.

En el estudio que realizó la empresa distribuidora de Concordia desarrollaron tres modelos estimativos a través de los cuáles proyectaron la demanda correspondiente a cada alimentador.

El modelo econométrico consiste en proyectar el consumo de energía en función de factores de crecimiento demográfico, económico y de composición de la demanda.

El modelo lineal consiste en proyectar el consumo en función de las mediciones históricas registradas para cada subestación de rebaje lo que representa el comportamiento a futuro de la demanda en función de sus datos de explotación.

El modelo mixto relaciona los resultados de los modelos anteriores, los que nos proporciona como resultado un término medio de crecimiento de la demanda.

Los consumos correspondientes a cada usuario los utilizamos para verificar los valores de potencia y energía actualmente demandados. Dichos datos lo solicitamos al departamento de facturación de la empresa y a los encargados de control de calidad del servicio y del producto.

A continuación se indican las potencias nominales instaladas de las subestaciones y luego las proyecciones de potencia y energía de la zona de estudio.

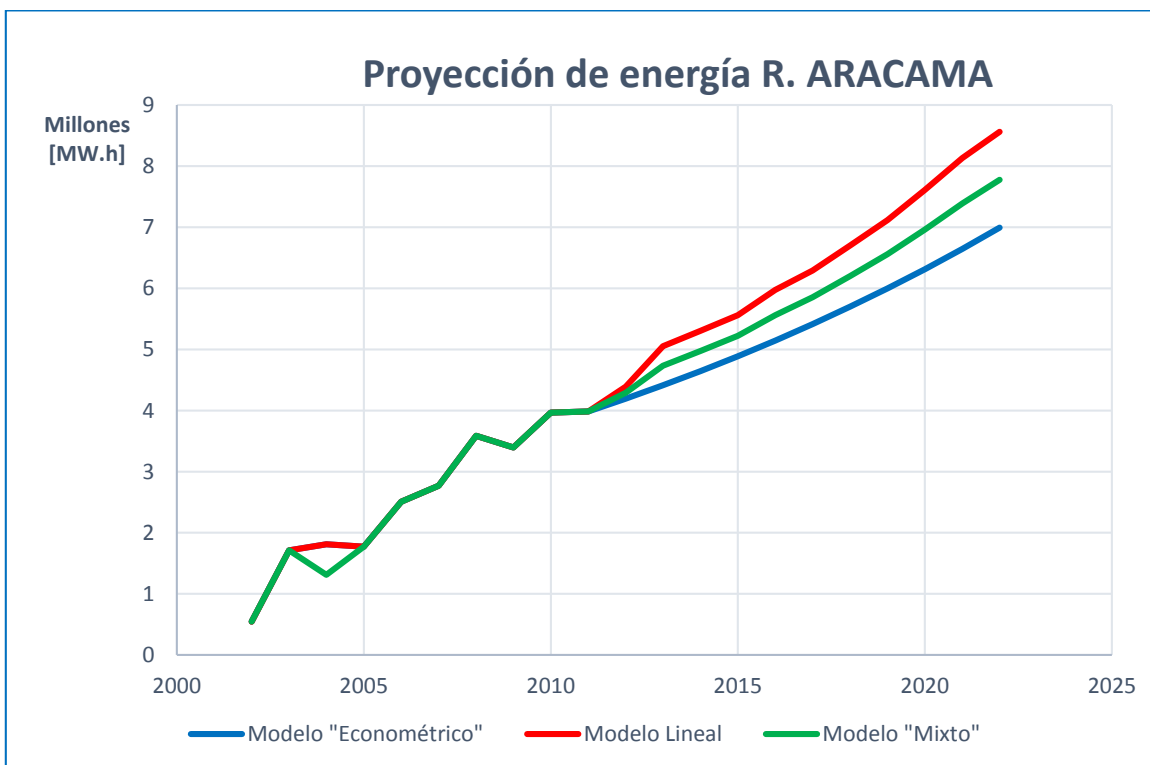
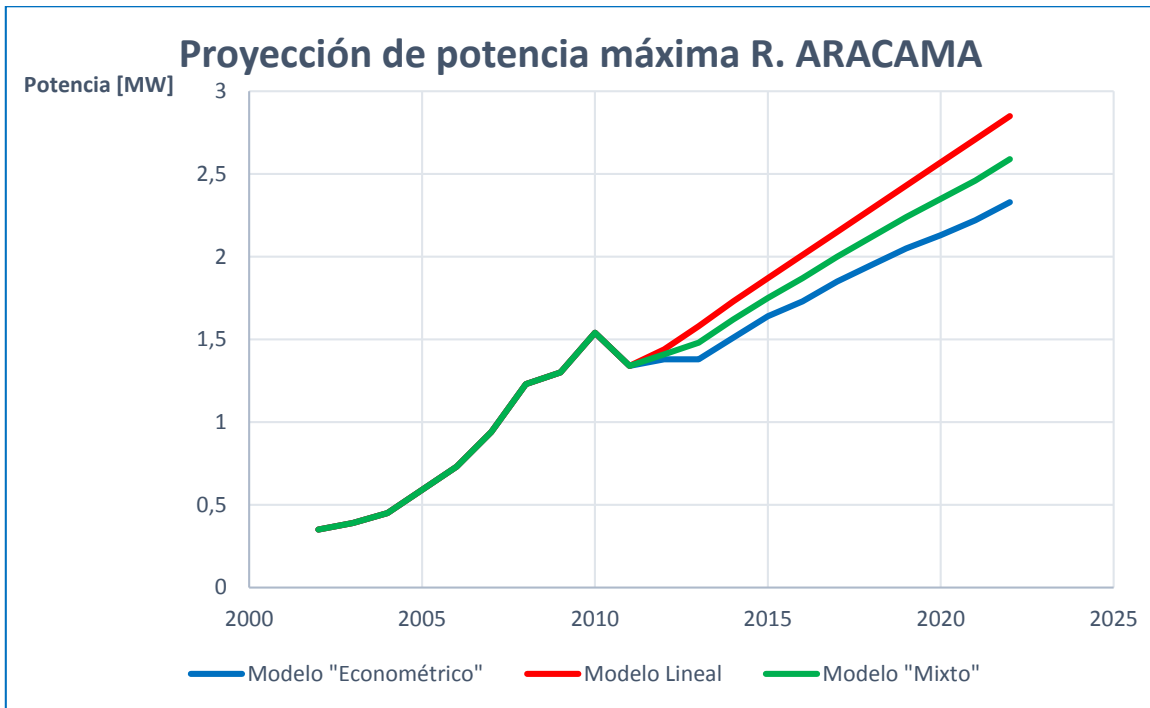
N°SET	kVA	DIRECCIÓN	CLIENTES
139	63	Las Cavas S.A. (Estación Yuquerí)	1
141	5	Graisaro-Ramirez (La Arenosa) Est. Yuquerí	1
144	63	Yuquerí (INTA)	1
145	200	Yuquerí (INTA)	1
157	200	Yuquerí (Quinta Las Palmeras) (Sambiasi)	2
161	160	Ruta M (Raimondo)	1
162	25	Ruta M (Von Wernich –Los Yuqueríes)	1
164	63	Ruta M (Albors –Forestal Los Yuqueríes)	8
194	100	Zona Yuquerí (Citrál)	3
210	10	Ruta M (Aracama)	2
250	10	Ruta M y Vías del FFCC	2
254	40	Besol (Est. Yuquerí)	1
268	63	Perillo (Estación Yuquerí)	2
273	10	Qta Kuruqué (Ruta M)	1
275	100	Ruta M (Ex Quinta Las Margaritas)	1
280	100	SEGPS.A. (E. Yuqueri)	1
281	25	Ruta M (Cuneo)	2
310	63	Ruta M (Lagadari)	2
342	10	Vuarant Omar (Ruta M) “El Ranchito”	1
343	63	Ruta M (Ayala)	2
348	25	Barrio Escuela Cohello	5
349	10	Barla (E. Yuquerí)	1
350	16	Barrio Cohello (Estación Yuquerí)	3
355	5	Moledo (Estación Yuquerí)	1
377	160	Ruta M (San Benito, Tavella – Berrycon Export)	2
378	5	Mengeon (Est. Yuqueri)	1
402	25	Est. Don Luis (Estación Yuquerí)	1
410	16	Tamagno Edgardo (Ruta M)	1
411	200	Ruta M (Ex Tatedetuti – Baggio Quinta San Antonio)	1
424	160	Detona / Terenzano	1
434	25	Estación Yuquerí (Los Altos)	2
435	315	Ruta M (Argencitrus)	1
440	160	Delta Berries S.A. (Est. Yuquerí)	1
441	63	Los Altos Buktenica	1
447	10	Quinta La Elisa	3
474	16	Estación Yuquerí Palacios	2
475	5	Yuquerí (Mirasol)	1
476	10	Yuquerí (Limito)	2
485	160	Schiaritti (Estación Yuquerí)	1
487	40	Scordia Juan (Estación Yuquerí)	1

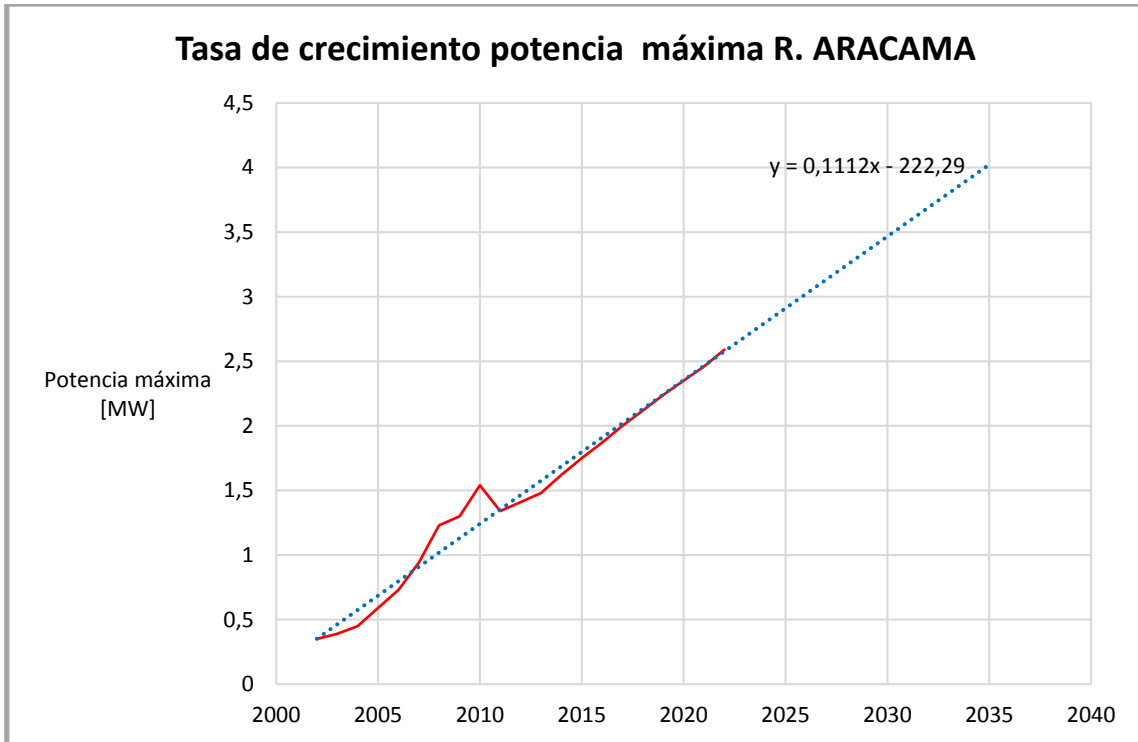
490	40	Blue Line Investiment S.A.	1
492	40	Quinta San Agustín, Burgos Rodolfo (Est. Yuquerí)	2
494	40	IGFO S.A. (Est. Yuquerí)	1
954	25	Rubi Atilio – Arandalis S.R.L.	3
1055	63	Maiz, Hector (Est. Yuquerí, sobre Ruta M)	1
1062	200	Figueroa Alcorta Arandanos S.A.	1
1067	63	Apici S.A. (Ruca Berry)-E. Yuquerí	1
1071	200	Berries Patagonia – Arg. S.A. (Est. Yuqueri- Quinta “Dos”)	1
1074	100	Arandanos del Hemisferio Sur (Al oeste de S.E.R. Aracama)	1
1087	63	Saul Alberto (Est. Yuqueri)	1
1093	160	Dias Norberto (Est. Yuqueri al Sur de SER Aracama)	1
1100	63	ODOI SRL (E Yuquerí)	1
1103	100	Blue Line Investiment II S.A. (E. Yuquerí)	1
1105	100	ARANDALIA SRL (E. Yuqueri)	1
1124	40	Vinelli Gloria (Q. El Moro-Est. Yuquerí)	1
1159	16	B° Cohello II	10

Proyecciones de potencia y energía

Modelo "Econométrico"					Modelo lineal					Modelo "mixto"				
	Pot. Max	Pot. Media	Fc	Energía anual [MWh]		Pot. Max	Pot. Media	Fc	Energía anual [MWh]		Pot. Max	Pot. Media	Fc	Energía anual [MWh]
2002	0,35	0,06	0,18	546430	2002	0,35	0,05	0,18	545430	2002	0,35	0,06	0,18	546430
2003	0,39	0,2	0,5	1712170	2003	0,39	0,2	0,5	1712170	2003	0,39	0,2	0,5	1712170
2004	0,45	0,21	0,46	1810399	2004	0,45	0,21	0,46	1810899	2004	0,45	0,21	0,46	1310899
2005	0,59	0,2	0,34	1771207	2005	0,59	0,29	0,34	1771206,5	2005	0,59	0,2	0,34	1771206,5
2006	0,73	0,29	0,39	2508842	2006	0,73	0,29	0,39	2508841,5	2006	0,73	0,29	0,39	2508841,5
2007	0,94	0,32	0,34	2770323	2007	0,94	0,32	0,34	2770322,75	2007	0,94	0,32	0,34	2770322,75
2008	1,23	0,41	0,33	3587527	2008	1,23	0,41	0,33	3587627	2008	1,23	0,41	0,33	3587522
2009	1,3	0,39	0,3	3395479	2009	1,3	0,39	0,3	3395479	2009	1,3	0,39	0,3	3395479
2010	1,54	0,45	0,29	3965453	2010	1,54	0,45	0,29	3965453	2010	1,54	0,45	0,29	3965453
2011	1,34	0,45	0,34	3983992	2011	1,34	0,45	0,34	3983991,83	2011	1,34	0,45	0,34	3983591,53
2012	1,38	0,48	0,35	4193071,73	2012	1,44	0,5	0,35	4390101,41	2012	1,41	0,49	0,35	4291586,57
2013	1,38	0,5	0,36	4413124,13	2013	1,58	0,58	0,36	5052971,8	2013	1,48	0,54	0,36	4733047,96
2014	1,51	0,53	0,35	4644724,88	2014	1,73	0,61	0,35	5303421,56	2014	1,62	0,57	0,35	4974073,22
2015	1,64	0,56	0,34	4888480,05	2015	1,87	0,63	0,34	5559691,03	2015	1,75	0,6	0,34	5224085,54
2016	1,73	0,59	0,34	5145027,48	2016	2,01	0,68	0,34	5975265,52	2016	1,87	0,63	0,34	5560146,5
2017	1,85	0,62	0,33	5415038,52	2017	2,15	0,72	0,33	6292272,4	2017	2	0,67	0,33	5853655,46
2018	1,95	0,65	0,33	5699219,74	2018	2,29	0,76	0,33	6699080,95	2018	2,12	0,71	0,33	6199150,34
2019	2,05	0,68	0,33	5998314,79	2019	2,43	0,81	0,33	7116433,44	2019	2,24	0,75	0,33	6557374,12
2020	2,13	0,72	0,34	6313106,35	2020	2,57	0,87	0,34	7609742,55	2020	2,35	0,79	0,34	6961424,45
2021	2,22	0,76	0,34	6644418,18	2021	2,71	0,93	0,34	8131455,9	2021	2,46	0,84	0,34	7387937,04
2022	2,33	0,8	0,34	6993117,24	2022	2,85	0,98	0,34	8560774,64	2022	2,59	0,89	0,34	7776945,94
Proyección de energía y potencia [MW] Rebaje ARACAMA														

En las gráficas siguientes se puede apreciar la evolución de potencia y energía





En base a los datos del modelo mixto podemos hacer una proyección estadística para los años siguientes y vemos que la tasa de crecimiento es de 0,1112 MW/año.

	P[MW]	S[MVA]		P[MW]	S[MVA]
2015	1,778	1,9756	2026	3,001	3,3347
2016	1,889	2,0991	2027	3,112	3,4582
2017	2	2,2227	2028	3,224	3,5818
2018	2,112	2,3462	2029	3,335	3,7053
2019	2,223	2,4698	2030	3,446	3,8289
2020	2,334	2,5933	2031	3,557	3,9524
2021	2,445	2,7169	2032	3,668	4,076
2022	2,556	2,8404	2033	3,78	4,1996
2023	2,668	2,964	2034	3,891	4,3231
2024	2,779	3,0876	2035	4,002	4,4467
2025	2,89	3,2111			

Con estos datos vemos que en 2016 el transformador actualmente instalado se ve superado en su capacidad de potencia (2 MVA) por lo que se estudia su reemplazo.

Solución propuesta

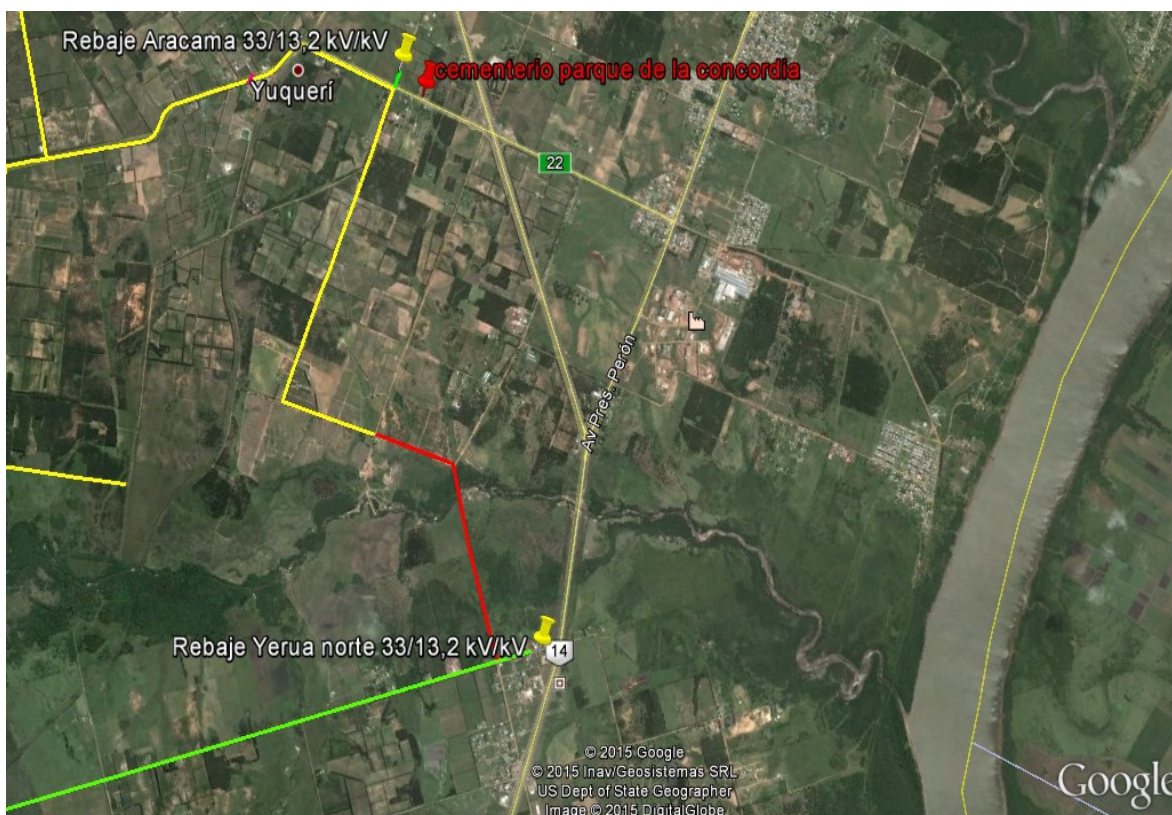
Para la solución de la problemática mencionada se propone el reemplazo de las estructuras de madera por hormigón armado, reemplazo del conductor actual por uno de aleación de aluminio de 50 mm², reemplazo del transformador de 2 MVA por uno de 3,5 MVA con una regulación de 33-19,05 ±2 x 2,5%/13,86 kV, una traza nueva para así energizar desde la estación YERUÁ NORTE.

Alcances y limitaciones

Se pretende atender la demanda por un lapso de 20 años con las tasas de crecimiento adoptadas, en caso de que la potencia y energía máximas superen los estimados, nuestro proyecto se verá limitado técnicamente.

Traza nueva de interconexión

Este tramo va a posibilitar la energización desde YERUÁ NORTE.



Traza nueva (roja), red YERUÁ NORTE (verde), red ARACAMA (amarillo)

Descripción general de las instalaciones

Conductores

La línea aérea es de una configuración triangular con uno de los conductores en la cima y los dos restantes a igual nivel 0,7 m más abajo aproximadamente, con un conductor marca PRYSMIAN prysalac de 50 mm² de aleación de aluminio de 19 hilos redondos.

Será fijado a la cabeza del aislador por medio de atadura preformada de alambre de aluminio de alta resistencia, los empalmes deberán ser de tipo compresión.

El tramo subterráneo que comprende una longitud de 80 m se hará con un conductor apantallado de cobre marca PRYSMIAN voltalene con aislamiento XLPE 8,7/15 kV de 3 x 70mm².

Las dimensiones y detalles del tendido se pueden ver en el final del informe.

Aisladores

Se usarán dos tipos de aisladores, para las suspensiones se usarán de tipo line post 4315C marca GAMMA de 15 kV.

En cuanto a las retenciones se usarán de tipo poliméricos PS015 marca GAMMA de 15 kV, cumpliendo ambos con la normativa correspondiente.

Herrajes

Los dos aisladores de suspensión más bajos estarán vinculados mediante bulones a los herrajes y estos con sus abrazaderas al poste, los aisladores de retención van sujetos a través de grilletes a las ménsulas de hormigón.

Fundaciones

Serán de hormigón y serán de tipo Pöhl o Sulzberger, según lo requiera el tipo de terreno.

Estructuras

Las columnas son de hormigón armado, pretensado y centrifugado cumpliendo con la normativa IRAM tanto en su construcción como en ensayos.



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

Capítulo 02: Cálculo de la aislación

Año 2015

Contenido

Aisladores de suspensión

Aisladores de retención

Descargadores de sobretensión 13,2 kV

Descargadores de sobretensión 33 kV

Cálculo de Aislación

Selección de aisladores.

En este proyecto se utilizarán aisladores tipo line-post para la suspensión de conductores y aisladores poliméricos del tipo retención para las retenciones.

Para la elección de los aisladores se utilizó la norma IRAM 2077, para esto se tuvo en cuenta las sollicitaciones mecánicas y eléctricas a las que estarán sometidos.

Aisladores de suspensión.

Tensión Nominal (línea): $V := 13.2 \text{ kV}$

Tensión Máxima (línea): $V_{max} := 1.1 \cdot 13.2 \text{ kV}$

$$V_{max} = 14.52 \text{ kV}$$

Sobretensión temporaria: $V_s := 1.4 \cdot V_{max}$ $S := 51.07 \text{ mm}^2$

$$V_s = 20.328 \text{ kV} \quad \sigma_{max} = 8.906 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Carga mecánica máxima: $T_{max} = \sigma_{max} \cdot S$

$$T_{max} = 450.43 \text{ daN}$$

Se utilizarán aisladores 8403-cuello "F" de la marca Gamma.

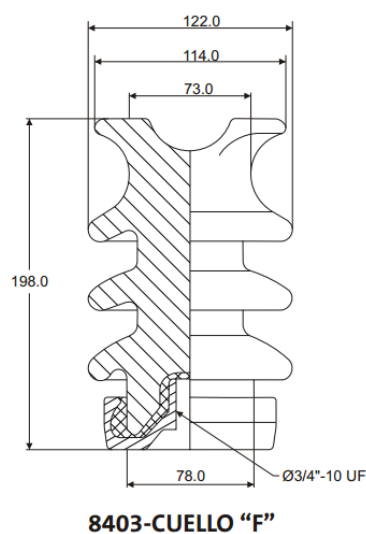


Tabla de características:

NÚMERO DE CATÁLOGO	4315C - 4315F
DISTANCIAS CRÍTICAS, mm	
Distancia de arco	5
Distancia de fuga	7 1/2
VALORES MECÁNICOS, lbf	
Resistencia al cantilever	2000
VALORES ELÉCTRICOS, kV	
Voltaje típico de aplicación	15
Flameo de baja frecuencia en seco	65
Flameo de baja frecuencia en húmedo	40
Flameo crítico al impulso positivo	100

Aisladores de retención.

Tensión Nominal (línea): $V := 13.2 \text{ kV}$

Tensión Máxima (línea): $V_{max} := 1.1 \cdot 13.2 \text{ kV}$

$$V_{max} = 14.52 \text{ kV}$$

Sobretensión temporaria: $V_s := 1.4 \cdot V_{max}$

$$V_s = 20.328 \text{ kV}$$

$$\sigma_{max} = 9.92 \frac{daN}{mm^2}$$

Carga mecánica máxima: $T_{max} = \sigma_{max} \cdot S$

$$T_{max} = 462.18 \text{ daN}$$

Se utilizarán aisladores PS015 de la marca Gamma.

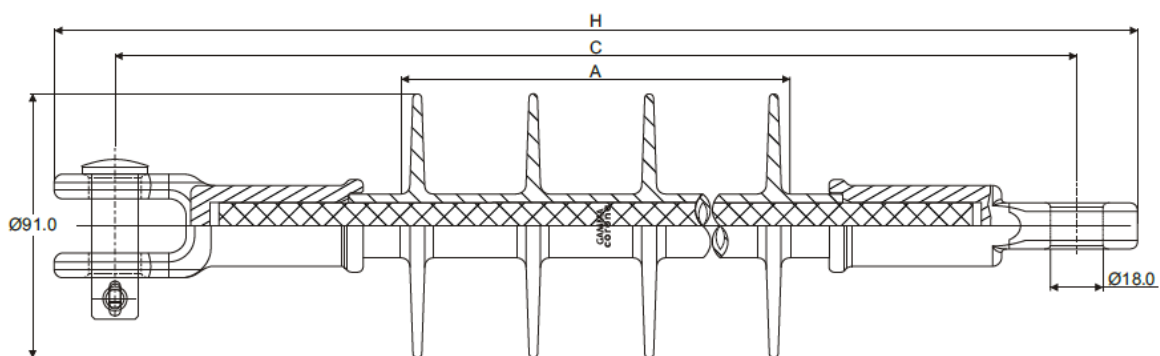


Tabla de características:

NÚMERO DE CATÁLOGO	PS015
CLASE ANSI (C29.13 - 2000)	DS-15
IEC	61109
DISTANCIAS CRÍTICAS, mm	
Distancia de arco	190
Distancia de fuga	410
VALORES MECÁNICOS	
Carga mecánica nominal (SML) lb (kN)	15736 (70)
Carga mecánica de rutina (RTL) lb (kN)	7868 (35)
Carga mecánica a la torsión, lb.ft (N.m)	35 (47)
VALORES ELÉCTRICOS, kV	
Voltaje típico de aplicación	15
Flameo de baja frecuencia en seco	95
Flameo de baja frecuencia en húmedo	85
Flameo crítico al impulso positivo	145
Nivel básico de aislamiento, NBA	140

Cálculo de descargadores de sobretensión

Se dimensionan y se elijen los descargadores de sobretensión que se colocarán en los extremos de los conductores subterráneos tanto las acometidas que salen desde la estación de rebaje y el tramo en el que la línea cambia de aérea a subterránea para proteger de sobretensiones de origen atmosférico como de maniobra.

Datos:

$V_n := 13.2 \text{ kV}$	Tensión nominal del sistema (línea)
$V_{max} := 14.5 \text{ kV}$	Tensión nominal máxima línea (IRAM2211)
$BIL := 75 \text{ kV}$	Nivel básico de aislación para sobretensiones de impulso
$Z_c := 472.7 \text{ } \Omega$	Impedancia característica de la línea de transmisión
$N_P := 20\%$	Nivel mínimo de protección requerido por norma
$k_e := 1.4$	Coefficiente de falla a tierra

Cálculo de las características del descargador

$$V_{nD} := k_e \cdot \frac{V_{max}}{\sqrt{3}} \quad \text{Tensión nominal del descargador}$$

$$V_{nD} = 11.72 \text{ kV}$$

Tensión de operación continua

$$V_C > \frac{V_{max}}{\sqrt{3}}$$

Si no cumplimos con esta condición, estaría circulando corriente a tierra por el descargador

Capacidad de sobretensión temporaria

Es el valor de tensión máxima que se espera en el sistema, depende de si es con neutro aislado o rígido a tierra. Se define un valor para un tiempo de operación de 10 s. Si el valor de tensión es mayor el descargador resistirá por un tiempo menor de acuerdo a la gráfica:

$$TOV_{10s} := 1.08 \cdot V_{nD} = 12.658 \text{ kV}$$

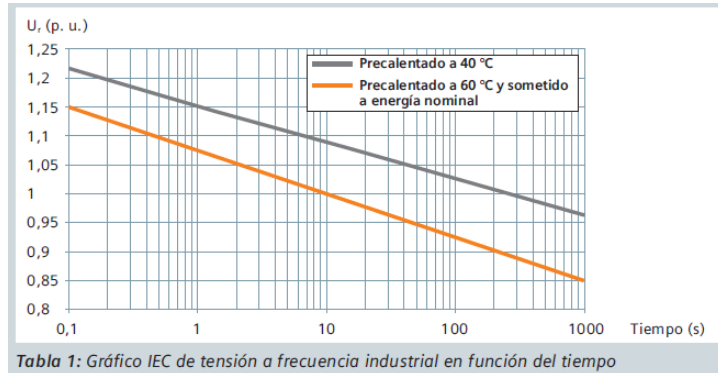


Tabla 1: Gráfico IEC de tensión a frecuencia industrial en función del tiempo

Corriente de descarga

Se estima dicha corriente sin considerar la tensión residual del descargador dándonos el máximo valor de la misma.

$$I_d := 2 \cdot \frac{BIL}{Z_c} = 0.317 \text{ kA}$$

Tensión residual

Es el valor de la tensión en bornes del descargador luego de sufrir una descarga. Del catálogo de descargadores SIEMENS para una descarga de 5 kA para una forma de onda 8/20 μ s es $V_{res} = 32 \text{ kV}$

Línea de fuga

Se considera contaminación de la zona leve, se elige una línea de fuga nominal específica mínima entre fase y tierra de 20 mm/kV.

$$L_f := 20 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \cdot \frac{V_{max}}{\sqrt{3}} = 167.432 \text{ mm}$$

Verificación del descargador

Marca: SIEMENS.

Modelo: 3EK7 120-4CC4.

Tensión máxima del sistema (línea): $V_{max} := 14.5 \text{ kV}$

Tensión nominal fase (asignada): $V_{nd} := 12 \text{ kV}$

Tensión permanente (fase) : $V_{p_{max}} := 9.6 \text{ kV}$

Tensión residual a 5 kA: $V_{res} := 32 \text{ kV}$

Distancia eléctrica de protección del descargador

Para un margen de protección del 20%

$V_{max_descarga} := (100\% - 20\%) \cdot BIL$ Tensión máxima permitida en la instalación durante la descarga

$V_{max_descarga} = 60 \text{ kV}$

$$L := \frac{300 \cdot (V_{max_descarga} - V_{res})}{2 \cdot 1000} \cdot . = 4.2 \text{ m}$$

Distancia eléctrica máxima que cubre el descargador al equipo a proteger

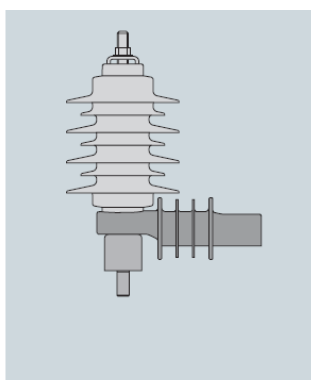


Figura 20.: Descargador de sobretensión 3EK7

Tensión asignada U_n [kV]	Tensión de operación permanente U_c [kV]	Referencia del descargador de sobretensión	Tensión residual máxima			Línea de fuga [mm]
			5 kA 8/20 μ s [kV cr]	10 kA 8/20 μ s [kV cr]	15 kA 8/20 μ s [kV cr]	
3	2,4	3EK7 030 -2CB4	8,1	8,8	9,6	372
6	4,8	3EK7 060 -2CB4	16,1	17,5	19,0	372
9*	7,2	3EK7 090 -2CB4	24,0	26,2	28,3	372
10,5*	8,4	3EK7 105 -2CB4	28,1	30,6	33,2	372
12*	9,6	3EK7 120 -2CC4	32,0	34,9	37,8	485

Plazos cortos de suministro

- La flexibilidad en la producción y nuestra red global de instalaciones de servicio y ventas hacen que los plazos de suministro sean rápidos y puntuales: seis días para los descargador de sobretensión marcados con asterisco (*) en stock a partir de la recepción del pedido (consulte la tabla en la página siguiente).

Descargadores de sobretensión lado AT

Se dimensionan los descargadores del lado de AT del transformador que se encuentra en la estación del rebaje aracama (33/13,2 kV).

Datos:

$V_n := 33 \text{ kV}$	Tensión nominal del sistema (línea)
$V_{max} := 36.3 \text{ kV}$	Tensión nominal máxima línea (IRAM2211)
$BIL := 160 \text{ kV}$	Nivel básico de aislación para sobretensiones de impulso
$Z_c := 472.7 \ \Omega$	Impedancia característica de la línea de transmisión
$N_P := 20\%$	Nivel mínimo de protección requerido por norma
$k_e := 1.4$	Coefficiente de falla a tierra

Cálculo de las características del descargador

$$V_{nD} := k_e \cdot \frac{V_{max}}{\sqrt{3}} \quad \text{Tensión nominal del descargador}$$

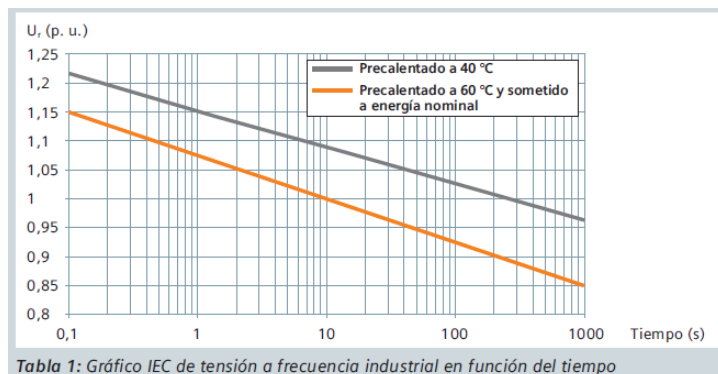
$$V_{nD} = 29.341 \text{ kV}$$

Tensión de operación continua

$$V_C > \frac{V_{max}}{\sqrt{3}}$$

Si no cumplimos con esta condición, estaría circulando corriente a tierra por el descargador

$$TOV_{10s} := 1.08 \cdot V_{nD} = 31.688 \text{ kV}$$



Corriente de descarga

Se estima dicha corriente sin considerar la tensión residual del descargador dándonos el máximo valor de la misma.

$$I_d := 2 \cdot \frac{BIL}{Z_c} = 0.677 \text{ kA}$$

Tensión residual

Es el valor de la tensión en bornes del descargador luego de sufrir una descarga. Del catálogo de descargadores SIEMENS para una descarga de 10 kA para una forma de onda 8/20 μ s es $V_{res} = 79.7 \text{ kV}$

Línea de fuga

Se considera contaminación de la zona leve, se elige una línea de fuga nominal específica mínima entre fase y tierra de 20 mm/kV.

$$L_f := 20 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \cdot \frac{V_{max}}{\sqrt{3}} = 419.156 \text{ mm}$$

Verificación del descargador

Marca: SIEMENS.

Modelo: 3EK7 120-4CC4.

Tensión máxima del sistema (línea): $V_{max} := 36.3 \text{ kV}$

Tensión nominal (asignada): $V_{nd} := 30 \text{ kV}$

Tensión permanente: $V_{p_{max}} := 24 \text{ kV}$

Tensión residual a 10 kA: $V_{res} := 79.7 \text{ kV}$

Distancia eléctrica de protección del descargador

Para un margen de protección del 20%

$$V_{max_descarga} := (100\% - 20\%) \cdot BIL$$

Tensión máxima permitida en la instalación durante la descarga

$$V_{max_descarga} = 128 \text{ kV}$$

$$L := \frac{300 \cdot (V_{max_descarga} - V_{res})}{2 \cdot 1000} \cdot . = 7.245 \text{ m}$$

Distancia eléctrica máxima que cubre el descargador al equipo a proteger



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

*Capítulo 03: Cálculo de distancias
eléctricas*

Año 2015

Contenido

Distancia entre conductores en suspensiones

Distancia entre conductores en retenciones

Distancia entre conductores y partes a tierra

Franja de servidumbre

Cálculo distancias eléctricas

Se calculan las distancias necesarias en aire para asegurarnos de que no existan descargas entre los elementos que se encuentran con tensión y los que están a tierra.

Las distancias son: entre conductores, entre conductores y tierra (ménsulas, postes), entre conductores y elementos (calles, vías de ferrocarril, cauces de arroyo, ríos, etc.), cruce con otras líneas eléctricas.

Estas distancias son de interés para dimensionar estructuras, ménsulas, etc.

También se calcula la franja de servidumbre, que es el espacio que se utilizará del terreno para la línea.

Distancia entre conductores

Según la reglamentación de la AEA 95301 la distancia entre conductores de la misma terna en el centro del vano y en situación de reposo no debe ser menor a:

$$D = k \times \sqrt{f_{\text{máx}} + L_k} + \frac{V_N}{150}$$

D: distancia entre conductores [m].

k: coeficiente que depende del ángulo de declinación máxima del conductor por efecto del viento máximo de diseño perpendicular a la línea.

f_{máx}: flecha vertical máxima del conductor [m].

L_k: longitud oscilante de la cadena de suspensión [m].

V_N: tensión nominal de la línea [kV].

Para hallar k debemos calcular el ángulo de inclinación del conductor debido al viento

$$g_V := 0.0071 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \text{carga aerodinámica}$$

$$g_I := 0.00269 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \text{Peso del conductor}$$

$$\beta := \text{atan} \left(\frac{g_V}{g_I} \right) = 69.25^\circ$$

De la siguiente tabla (AEA 95301) sacamos el coeficiente k.

Tabla 7.2-a – Valores del coeficiente “k”

Disposición de los Conductores	< 45°	De 45° a 55°	De 55° a 65°	> 65°
Vertical: Superpuestos en un plano vertical	0.70	0.75	0.85	0.95
Triangular: Dispuestos en triángulo equilátero, dos a igual nivel	0.62	0.65	0.70	0.75
Horizontal: Ubicados en un mismo plano horizontal	0.60	0.62	0.65	0.70

$k := 0.75$ Para suspensiones y suspensiones angulares

Distancia entre conductores en suspensiones y suspensiones angulares.

Para este cálculo se utilizará el valor máximo de todas las flechas calculadas, y el valor D será adoptado para todas las estructuras.

$$f_{max} := 1.547 \text{ m}$$

$$L_k := 0 \text{ m} \quad (\text{aisladores rígidos})$$

$$V_N := 13.2 \text{ kV}$$

$$D' := k \cdot \sqrt{(f_{max} + L_k) \cdot \cdot} + \frac{V_N}{150 \cdot \cdot} = 1.021 \text{ m}$$

Considerando que la reglamentación permite una reducción del 30% de distancia entre fases para líneas de clase "B" con conductores desnudos, Luego D vale:

$$D := 0.7 \cdot D' = 0.715 \text{ m}$$

Para retenciones, retenciones angulares, terminales

$k := 0.7$ Para retenciones y retenciones angulares

Distancia entre conductores en retenciones y retenciones angulares.

Para este cálculo se utilizará el valor máximo de todas las flechas calculadas, y el valor D será adoptado para todas las estructuras.

$$f_{max} := 1.2581 \text{ m}$$

$$L_k := 0 \text{ m} \quad (\text{aisladores rígidos})$$

$$V_N := 13.2 \text{ kV}$$

$$D' := k \cdot \sqrt{(f_{max} + L_k) \cdot \cdot} + \frac{V_N}{150 \cdot \cdot} = 0.873 \text{ m}$$

Considerando que la reglamentación permite una reducción del 30% de distancia entre fases para líneas de clase "B" con conductores desnudos, Luego D vale:

$$D := 0.7 \cdot D' = 0.611 \text{ m}$$

Distancia entre conductores y partes a estructuras puestas a tierra.

La reglamentación exige para una línea de este tipo una distancia mínima entre conductores y partes estructurales puestas a tierra dada por:

$$s := 0.075 + 0.005 \cdot (V_N \cdot ; - 8.7) = 0.098 \quad [m]$$

Distancia verticales a tierra.

Según la AEA 95301 para líneas de clase "B" y para la zona en la que está ubicada, la altura libre no debe ser menor a 5,9m. para este estudio se adoptó una altura libre de 9m para la traza de la línea que se extiende a lo largo de la ruta provincial 22 y una altura libre de 7 m para la traza de la línea que está sobre caminos vecinales.

Franja de servidumbre.

Definición:

Se extiende a ambos lados de la línea y posee restricciones de su empleo. Es de aplicación a los desarrollos de líneas aéreas en el contexto de la ley de servidumbre de electroductos y decretos reglamentarios vigentes.

Cálculo de la franja de servidumbre.

Se calcula el ancho de la franja bajo condición de viento máximo más las franjas de seguridad a ambos lados.

$$\mu := 1.1$$

1,2 factor por enrarecimiento del aire (humedad, polución, etc.)

μ Coeficiente de sobretensión máxima (1,1)

0,82 factor de cresta de la tensión

Cálculo de la componente variable de la distancia de seguridad.

$$V_S := \mu \cdot 1.2 \cdot 0.82 \cdot V_N = 14.288 \text{ kV}$$

$$d_m := \frac{V_S}{150 \cdot .} = 0.095 \text{ m}$$

$$d := 1.5 d_m + 2 \text{ m} \quad \text{Distancia mínima de seguridad}$$

dm se compone de dos partes, una variable en función de la sobretensión posible de maniobra, afectada por un coeficiente de seguridad y la otra fija estipulada en 2m, como distancia de avance circunstancial (ni provisorio ni definitivo), a la franja de servidumbre establecida.

$f_i := 1.2581 \text{ m}$ flecha inclinada máxima del conductor.

$\alpha := 69.25^\circ$ Ángulo de inclinación máxima del conductor con viento máximo.

$L_k := 0 \text{ m}$ Aisladores rígidos.

$C := 0.866 \text{ m}$ Distancia entre conductores extremos.

$A := C + 2 \cdot (L_k + f_i) \cdot \sin(\alpha) + 2 \cdot d = 7.505 \text{ m}$ Ancho de la franja de servidumbre.



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

*Capítulo 04: Cálculo mecánico del
conductor*

Año 2015

Contenido

Estados atmosféricos

Determinación de la fuerza del viento

Determinación de las cargas específicas

Vano crítico

Ecuación de cambio de estado

Cálculo de la flecha para postes a igual nivel

Cálculo de la flecha para postes a distinto nivel

Vano de regulación y tabla de tendido

Resultados

Cálculo mecánico del conductor

Para la verificación mecánica de los conductores se seguira la reglamentación de líneas aéreas exteriores de media tensión y alta tensión AEA 95301.

Características del conductor a utilizar (IRAM 2212)

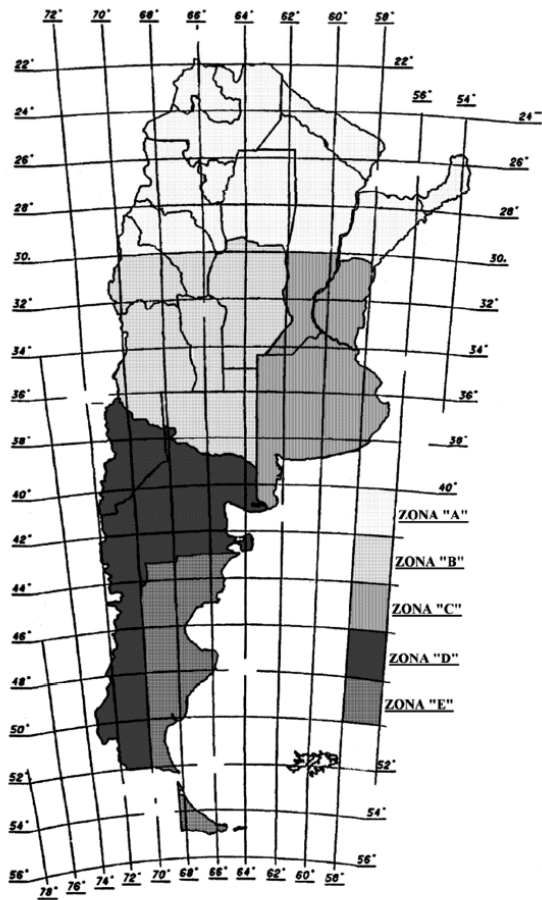
Fabricante.....	PRYSMIAN
Modelo.....	PRYSAL (Aleación de aluminio)
Sección nominal.....	50 mm ²
Formación de aluminio.....	19 x 1,85 N°xmm
Diámetro exterior.....	9,3 mm
Masa.....	140 kg/km
Carga de rotura.....	28,49 daN/mm ²
Resistencia eléctrica a 20°C.....	0,654 Ω/Km
Intensidad de corriente admisible.....	195 A
Módulo de elasticidad.....	5700 daN/mm ²
Coefficiente de dilatación.....	23*10 ⁻⁶ 1/°C

Estados atmosféricos

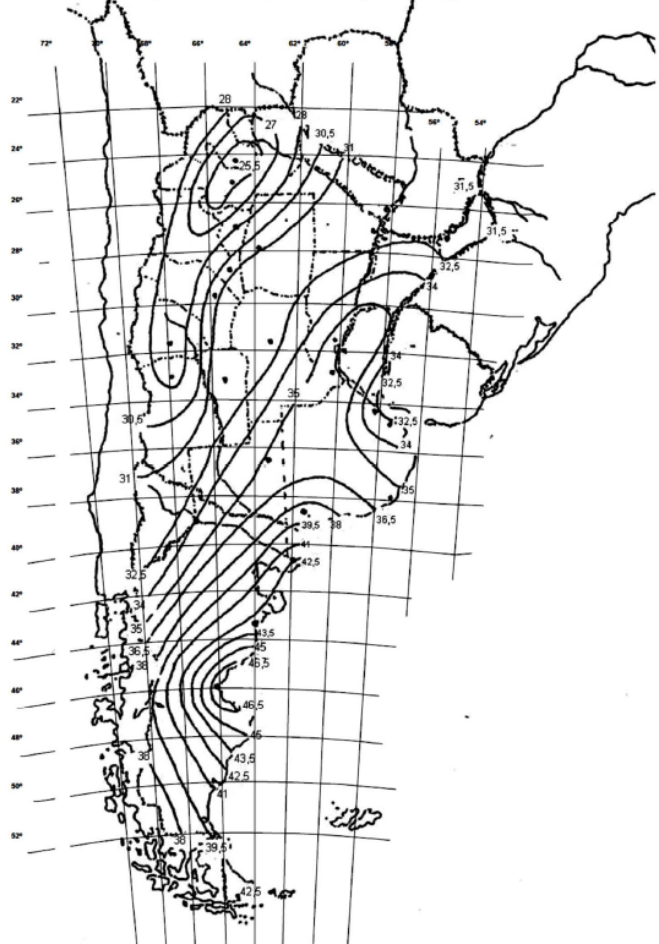
Para el cálculo de la línea eléctrica, es necesario conocer los estados de carga a que estarán sometidos los conductores, debidos a la presencia de viento (en las regiones que corresponda también hielo), como así también las diversas temperaturas, que influirán sobre la tensión al producir contracción o dilatación en los cables. Para el cálculo de la tensión, se tienen en cuenta estados atmosféricos típicos desde el punto de vista de generar condiciones extremas o más representativas. En general, se especifican los siguientes estados:

En nuestro caso son los correspondientes a la zona C

Mapa de zonas climáticas de la República Argentina



Mapa de isocetas de la República Argentina



El estado I produce el máximo descenso del conductor en el centro del vano, por lo que es condicionante de la altura de las estructuras. En el estado II, III y IV se producirá la máxima tensión dependiendo del valor del vano. en el estado V la situación también puede ser crítica por tensiones de fatiga.

Tensiones admisibles

Se establecen distintas tensiones admisibles según los tipos de sollicitación, asociados a los distintos estados atmosféricos. El estado I no genera esfuerzos significativos en los conductores. No se especifica una tensión máxima para este estado ya que siempre el conductor va a trabajar con menor tensión que en cualquier otro.

Tensión admisible para los estados de máxima sollicitación:

Para los estados que generan máximo esfuerzo (II, III y IV), la reglamentación de la AEA en el inciso 6.5.3 Tensiones mecánicas máximas, establece el límite del 70% de la tensión de rotura.

Tensión admisible con relación a procesos de fatiga

Se producen sollicitaciones alternativas de flexión, en las proximidades de los puntos de suspensión del conductor producto de la vibración originada por vientos suaves y persistentes, estos esfuerzos son repetitivos y originana fenómenos de fatiga, por lo tanto la tensión de trabajo en estas circunstancias debe ser reducida, se establece por esta causa un valor límite para el estado V.

Como resultados de estudios realizados con el objeto de conocer mejor el comportamiento de los conductores en los distintos estados, se han seleccionado tensiones admisibles reltivamente elevadas para los estados que representan condicones extremas, entendiend que en pocas ocasiones durante la vida útil de la línea los conductores se verán sometidos a tales tensiones.

Simultáneamente se seleccionan reducidos valores para la tensión media anual, ya que el conductor se ve sometido una buena parte de su vida útil a tensiones de ese orden, en condiciones propicias para entrar en vibración.

Se limitará la tensión admisible correspondiente a los estados de máxima sollicitación al 70% de la tensión de rotura y la tensión admisible correspondiente al estado de la temperatura media al 20% de la tensión de rotura.

Determinación de la carga del viento sobre el conductor

Se aplican las ecuaciones y los principios de cálculo indicadas en el inciso 10.2.2 de AEA 95301.

La fuerza del viento sobre los conductores de fase se cálcula con los siguientes parámetros:

Velocidad del viento

V es la velocidad básica del viento para una ráfaga de 10 min. en m/s, asociados con uno de los siguientes períodos de retorno:

-V_{pr} asociado con el período de retorno anual, correspondiente a las condiciones de servicio de la línea.

-V₅₀ asociado con el período de retorno de 50 años, es el viento que se obtiene del mapa de isocletas del anexo C de la AEA 95301.

Para la zona en estudio que es el departamento Concordia la velocidad es:

$$V := 35 \frac{m}{s}$$

Viento medio

De no contar con datos directos para la determinación de los vientos medios se toma el 40% de la velocidad del viento máximo de diseño

$$V_m := 0.4 \cdot V = 14 \frac{m}{s}$$

Factor que depende de la densidad del aire

$$Q := 0.0613 \frac{kg}{m^3}$$

Factor del terreno

El factor del terreno se determina mediante la tabla 10.2-f factores de terreno considerando la categoría de exposición "B" y altura sobre el nivel del terreno igual a 10m.

$$Z_p := 0.72$$

Factor de carga

El factor de carga se determina mediante la tabla 10.2-b factores de carga, considerando que la línea es de clase "B" y el período de recurrencia es de 50 años.

$$F_C := 1$$

Factor de ráfaga

El factor de ráfaga se aplica a líneas aéreas de clase "C", "D" y "E". En las de clase "B" se aplica solo en los casos de vanos de longitud similar a los típicos de las de clase "C" o mayores, o cuando por servicios se las considere como de transmisión o subtransmisión.

$$G_w := 1$$

Coefficiente de presión dinámica o de forma

Para conductores y cables de guardia se recomienda el siguiente coeficiente de forma:

$$C_F := 1$$

Área proyectada

Es el área longitudinal del conductor donde incide el viento perpendicularmente.

Esta área es igual al producto del diámetro del conductor por la longitud del vano.

$$a := 110 \text{ m} \quad \text{Longitud del vano}$$

$$d_c := 9.3 \text{ mm} \quad \text{Diámetro del conductor}$$

El ángulo de incidencia del viento sobre el conductor es:

$$\psi := 0^\circ \quad daN := 10 \text{ N}$$

Cargas específicas

El peso propio y las sobrecargas constituyen las componentes de las cargas específicas que se emplean en el cálculo del conductor.

Determinación de las cargas específicas para el conductor elegido

peso propio del conductor

Datos:

- g peso específico del conductor
- γ la masa por unidad de longitud
- S sección real del conductor

$$\gamma := 140 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 0.98 \frac{\text{daN}}{\text{kg}} = 137.2 \frac{\text{daN}}{\text{km}} \quad . := 10$$

$$S := 51 \text{ mm}^2$$

$$g := \frac{\gamma}{S} = 0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$$

Cargas aerodinámica máxima

Primero se calcula la fuerza del viento sobre el conductor por unidad de longitud para el estado de máximo viento.

$$f_{condIII} := \frac{Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot a \cdot d_c \cdot \cos(\psi)^2 \cdot .}{a}$$

$$f_{condIII} = 0.362 \frac{daN}{m}$$

La carga aerodinámica específica es la fuerza del viento sobre el conductor por unidad de longitud por unidad de sección.

$$g_v := \frac{f_{condIII}}{S}$$

$$g_v = 0.0071 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

Cargas aerodinámica media

La misma se calcula con la fuerza del viento sobre el conductor dada por el viento medio, el cuál es igual al 40% del viento máximo.

$$f_{condIV} := \frac{Q \cdot (Z_p \cdot V_m)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot a \cdot d_c \cdot \cos(\psi)^2 \cdot \cdot}{a}$$

$$f_{condIV} = 0.058 \frac{daN}{m}$$

La carga aerodinámica específica es la fuerza del viento sobre el conductor por unidad de longitud por unidad de sección.

$$g_{v'} := \frac{f_{condIV}}{S}$$

$$g_{v'} = 0.001 \frac{daN}{mm^2 \cdot m}$$

Cargas específicas para cada estado

Estado I

$$g_I := g$$

$$g_I = 0.00269 \frac{daN}{mm^2 \cdot m}$$

Estado II

$$g_{II} := g$$

$$g_{II} = 0.00269 \frac{daN}{mm^2 \cdot m}$$

Estado III

$$g_{III} := \sqrt{g^2 + g_v^2}$$

$$g_{III} = 0.00759 \frac{daN}{mm^2 \cdot m}$$

Estado IV

$$g_{IV} := \sqrt{g^2 + g_v'^2}$$

$$g_{IV} = 0.00292 \frac{daN}{mm^2 \cdot m}$$

Estado V

$$g_V := g$$

$$g_V = 0.00269 \frac{daN}{mm^2 \cdot m}$$

Vano crítico

Al realizarse el cálculo, habrá un estado atmosférico (temperaturas y cargas) que para el conductor sea más desfavorable en el sentido de someterlo a la tensión más elevada. Tomando este estado como punto de partida puede, mediante la ecuación de cambio de estados, calcularse las tensiones en cualquier otro estado, con la seguridad de obtener menores valores al máximo establecido.

No puede afirmarse sin análisis previo, si es más desfavorable una hipótesis de carga de máximo viento o una de mínima temperatura sin sobrecarga aerodinámica. El análisis que indica cuál es la condición más desfavorable se efectúa mediante la determinación del vano crítico.

Comparando solo dos estados atmosféricos, uno caracterizado por una baja temperatura y el otro por un fuerte viento, puede decirse que si el vano es muy reducido, indudablemente el conductor tomará su máxima tensión mecánica cuando la temperatura sea mínima, mientras que si el vano es elevado, la máxima tensión se dará cuando el viento sea máximo. Para vanos intermedios la situación no se ve a priori tan clara y podemos decir que habrá un vano determinado, ni muy elevado, ni muy chico en que tanto a la baja temperatura como a la de máximo viento, en ambos casos el conductor alcanzará la máxima tensión. Dicho vano es el vano crítico.

Si para el estado I la tensión máxima es σ^{maxI} y σ^{maxII} lo es para el estado II, podemos averiguar en qué valor de vano se verificará que el conductor alcanza tales tensiones límites, cuando se ve sometido respectivamente a las condiciones de los estados I (t_1 ; g_1) y II (t_2 ; g_2) podemos reemplazar en la ecuación de cambio de estado los valores de tensión máxima admisible para los dos estados genéricos y calcular el vano crítico a_{crI-II} resolviendo se obtiene la expresión para el vano crítico.

Cálculo del vano crítico

Se realizan los cálculos de los vanos críticos tomando de a dos estados, y despreciando el estado I (máxima temperatura) ya que es en el que menos tensión mecánica presenta el conductor.

Datos:

- Tensión de rotura del conductor: $\sigma_{rot} = 28,49 \text{ daN/mm}^2$.
- Tensiones admisibles para los estados II, III, y IV: $\sigma_{admII} = \sigma_{admIII} = \sigma_{admIV} = 19,94 \text{ daN/mm}^2$.
- Tensión admisible para el estado V: $\sigma_{admV} = 5,7 \text{ daN/mm}^2$.
- Módulo de elasticidad: $E := 5700 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$
- Coeficiente de dilatación térmica: $\alpha := 23 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$

Vano crítico II-III

La temperatura del estado II es: $\sigma_{admIII} := 19,94 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$ $\sigma_{admII} := 19,94 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$

$t_{II} := -10 \text{ }^\circ\text{C}$

La temperatura del estado III es:

$t_{III} := 15 \text{ }^\circ\text{C}$

$$a_{crII_III} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIII} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{III} - t_{II})}{\frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 330,0 \text{ m}$$
$$\frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}} > \frac{g_{II}}{\sigma_{admII}}$$

Vano crítico II-V

La temperatura del estado II es:

$t_{II} := -10 \text{ }^\circ\text{C}$

La temperatura del estado V es:

$t_V := 16 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\sigma_{admV} := 5,7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{admIV} := 19,94 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$a_{crII_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{II})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 472,185 \text{ m}$$

$$\frac{g_V}{\sigma_{admV}} > \frac{g_{II}}{\sigma_{admII}}$$

Vano crítico III-V

La temperatura del estado III es:

$$t_{III} := 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura del estado

V es:

$$t_V := 16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a_{crIII_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{III})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 873.754 \text{ i } m$$

$$\frac{g_V}{\sigma_{admV}} > \frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}}$$

Vano crítico II-IV

La temperatura del estado II es:

$$t_{II} := -10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura del estado

IV es:

$$t_{IV} := -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a_{crII_IV} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{II})}{\frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 922.328 \text{ m}$$

$$\frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}} > \frac{g_{II}}{\sigma_{admII}}$$

Vano crítico III-IV

La temperatura del estado III es:

$$t_{III} := 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura del estado

IV es:

$$t_{IV} := -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a_{crIII_IV} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admIII} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{III})}{E}}{\frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 298.997 \text{ m}$$

$$\frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}} > \frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}}$$

Vano crítico IV-V

La temperatura del estado IV es:

$$t_{II} := -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura del estado

V es:

$$t_{IV} := 16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a_{crIV_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIV} + \alpha \cdot (t_V - t_{IV})}{E}}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2}}} = 545.754 \text{ m}$$

$$\frac{g_V}{\sigma_{admV}} > \frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}}$$

Análisis de los vanos críticos

Se supuso que la tensión máxima que puede soportar el conductor en ambos estados atmosféricos es la misma. Esto normalmente no es así. Hemos visto que en el estado de temperatura media anual el conductor debe limitarse a tensiones admisibles muy inferiores a los que corresponden a los de carga "estática" (mínima temperatura, máximo viento). Aún para estos estados, los conductores de aluminio-acero tampoco

tienen la misma tensión admisible. Así pues, la situación más común es tener que analizar cuál es la situación más desfavorable entre dos estados que admiten tensiones límites distintas. La tabla siguiente es un resumen de todos los casos posibles al analizar los vanos críticos calculados.

Vano crítico	Vano considerado	Condición para ser estado básico
Número real	$a < a_{cr}$	el estado de menor g/σ
	$a > a_{cr}$	el estado de mayor g/σ
Número imaginario	cualquier valor de vano	el estado de mayor g/σ
infinito condición $g_1/\sigma_1 = g_2/\sigma_2$	cualquier valor de vano	el estado básico es el de menor temperatura si $\sigma_1 = \sigma_2$ y $t_1 = t_2$
		el estado básico es el I si $E(t_1 - t_2) + (\sigma_1 - \sigma_2) < 0$
		el estado básico es el II si $E(t_1 - t_2) + (\sigma_1 - \sigma_2) > 0$
		ambos estados pueden tomarse como básicos si $E(t_1 - t_2) + (\sigma_1 - \sigma_2) = 0$

Siguiendo esta tabla analizamos los resultados obtenidos

Vano crítico II-III

$$a_{crII_III} = 329.982 \text{ m} \quad \frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}} > \frac{g_{II}}{\sigma_{admII}}$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII_V} = 472.185i \text{ m} \quad \frac{g_V}{\sigma_{admV}} > \frac{g_{II}}{\sigma_{admII}}$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII_V} = 873.754i \text{ m} \quad \frac{g_V}{\sigma_{admV}} > \frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}}$$

Vano crítico II-IV

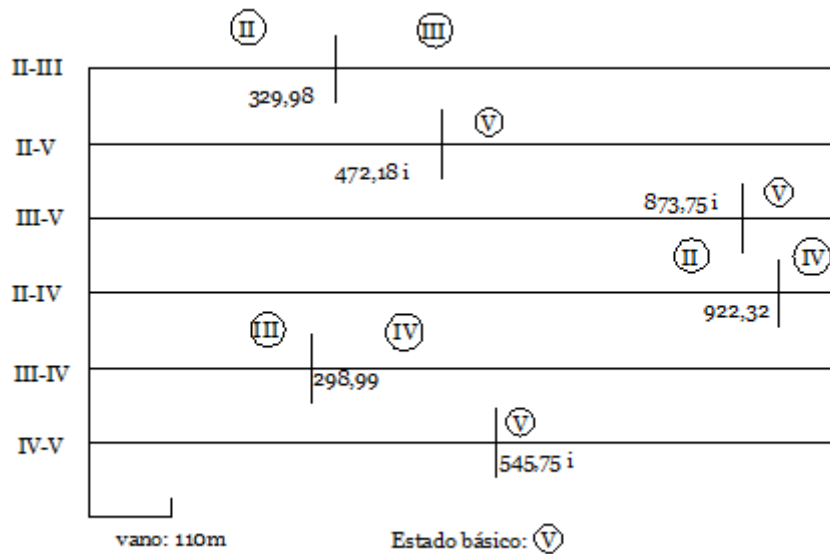
$$a_{crII_IV} = 922.328 \text{ m} \quad \frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}} > \frac{g_{II}}{\sigma_{admII}}$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII_IV} = 298.997 \text{ m} \quad \frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}} > \frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}}$$

Vano crítico IV-V

$$a_{crIV_V} = 545.754i \text{ m} \quad \frac{g_V}{\sigma_{admV}} > \frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}}$$



Consideramos al V como estado básico.

Ecuación de cambio de estados

Si bien en el cálculo mecánico del conductor es importante conocer la tensión máxima a la cuál estará sometido, la cuál corresponderá a uno de los cinco estados mencionados, también nos interesa conocer las demás tensiones, ya que son de utilidad para determinar otros factores que intervienen en el dimensionamiento de la línea, además de la carga máxima del conductor.

Para determinar las tensiones en los estados restantes, luego de obtener el estado básico, se utiliza la denominada "ecuación de cambio de estado", la cuál vincula los parámetros de dos estados.

Mediante la tensión del estado básico y la temperatura y cargas específicas de ambos estados se logra la tensión del estado incógnita

$$\sigma_I - \frac{(a^2 \cdot E \cdot g_I^2)}{24 \cdot \sigma_I^2} = \sigma_{II} - \frac{(a^2 \cdot E \cdot g_{II}^2)}{24 \cdot \sigma_{II}^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_{II} - t_I) \quad \text{Ecuación de cambio de estados}$$

$$\sigma_I^3 - \sigma_I^2 \cdot \left(\sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} = 0$$

$$\sigma_I^3 + A \cdot \sigma_I^2 + B = 0$$

Tensión admisible para el estado base

$$\sigma_{rot} := 28.49 \frac{daN}{mm^2} \quad \sigma_V := 0.2 \cdot \sigma_{rot} = 5.698 \frac{daN}{mm^2}$$

Resolvemos la ecuación para el estado I

$$g_V := 0.00269 \quad \sigma_V := 5.698 \quad t_V := 16 \quad t_I := 45 \quad g_I := 0.00269 \quad a := 110 \quad E := 5700$$

$$A := -\left(\sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) = -1.256$$

$$B := -\frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} = -20.795$$

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.991 - 2.332i \\ -0.991 + 2.332i \\ 3.238 \end{bmatrix} \quad \sigma_I = 3.238 \frac{daN}{mm^2}$$

Resolvemos la ecuación para el estado II

$$g_V := 0.00269 \quad \sigma_V := 5.698 \quad t_V := 16 \quad t_{II} := -10 \quad g_{II} := 0.00269 \quad a := 110 \quad E := 5700$$

$$A := -\left(\sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{II}) \right) = -8.466$$

$$B := -\frac{a^2 \cdot E \cdot g_{II}^2}{24} = -20.795$$

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.136 - 1.537i \\ -0.136 + 1.537i \\ 8.738 \end{bmatrix} \quad \sigma_{II} = 8.738 \frac{daN}{mm^2}$$

Resolvemos la ecuación para el estado

III

$$g_V := 0.00269 \quad \sigma_V := 5.698 \quad t_V := 16 \quad t_{III} := 15 \quad g_{III} := 0.00859 \quad a := 110 \quad E := 5700$$

$$A := -\left(\sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{III}) \right) = -5.189$$

$$B := -\frac{a^2 \cdot E \cdot g_{III}^2}{24} = -212.049$$

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -1.546 - 4.818i \\ -1.546 + 4.818i \\ 8.281 \end{bmatrix} \quad \sigma_{III} = 8.281 \frac{daN}{mm^2}$$

Resolvemos la ecuación para el estado IV

$$g_V := 0.00269 \quad \sigma_V := 5.698 \quad t_V := 16 \quad t_{IV} := -5 \quad g_{IV} := 0.00292 \quad a := 110 \quad E := 5700$$

$$A := -\left(\sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{IV}) \right) = -7.811$$

$$B := -\frac{a^2 \cdot E \cdot g_{IV}^2}{24} = -24.503$$

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.183 + 1.721i \\ -0.183 - 1.721i \\ 8.177 \end{bmatrix} \quad \sigma_{IV} = 8.177 \frac{daN}{mm^2}$$

Cálculo de la flecha para postes a igual nivel

Cuando ambas estructuras de un vano se encuentran a igual nivel, la flecha del conductor en el mismo se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$a := 110 \text{ m} \quad g_I := 0.00269 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \sigma_I := 3.238 \frac{daN}{mm^2}$$

$$f_{max} := \frac{a^2 \cdot g_I}{8 \cdot \sigma_I} = 1.257 \text{ m}$$

Cálculo de la flecha para postes a distinto nivel

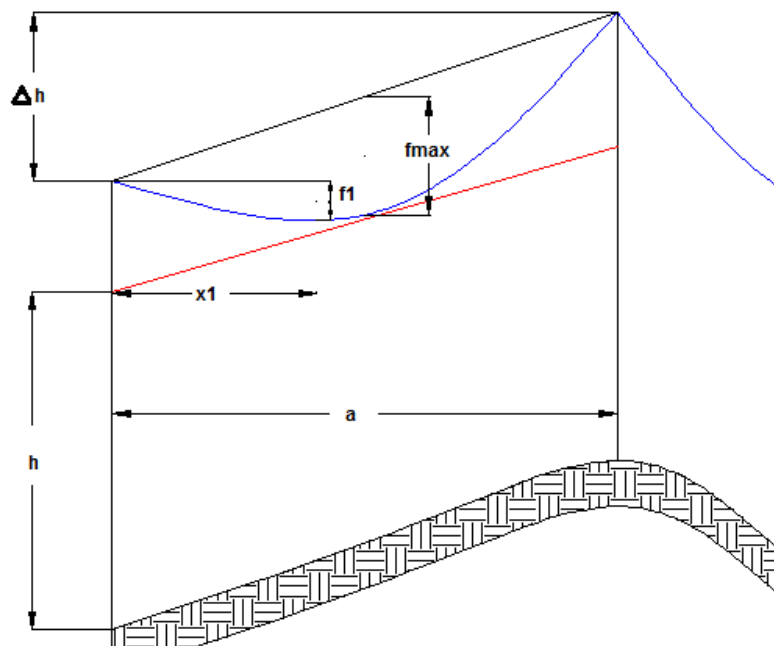
En los apoyos a igual nivel el punto más bajo del conductor corresponde al centro del vano donde se halla la flecha máxima. En apoyos a distinta altura la flecha máxima se calcula mediante la misma expresión, pero el punto más bajo ya no corresponde al de ésta y no se encuentra en el centro del vano.

Para calcular las coordenadas de dicho punto utilizamos:

$$x_1 = \frac{a}{2} \left(1 - \frac{\Delta h}{4 \cdot f_1} \right) \quad f_1 = \frac{x_1^2 \cdot g_I}{2 \cdot \sigma_I}$$

Donde:

- x_1 y f_1 son las coordenadas horizontal y vertical del punto más bajo, respectivamente. Las coordenadas del punto más bajo se miden respecto al punto de sujeción correspondiente a la altura más baja.
- Δh es la diferencia de altura entre los puntos de sujeción del conductor.
- h es la altura libre.
- f_1 es la flecha para el estado de máxima temperatura, es decir f_{max} .



Resultados del cálculo mecánico de conductores

Con las ecuaciones presentadas anteriormente y con el software MATHCAD se efectuaron los cálculos mecánicos del conductor, los resultados se presentan en tablas al final del capítulo.

Con estos resultados se verificó que las tensiones admisibles por el conductor en cada estado no fueron superadas, como así también que la parábola en ningún punto sea inferior a la altura libre adoptada para este proyecto.

$$h_1 := 56.34 \text{ m}$$

$$h_2 := 58.64 \text{ m}$$

$$\Delta h := h_2 - h_1 = 2.3 \text{ m}$$

$$x_1 := \frac{a}{2} \cdot \left(1 - \frac{\Delta h}{4 \cdot f_{max}} \right) = 29.83 \text{ m}$$

$$f_1 := \frac{x_1^2 \cdot g_I}{2 \cdot \sigma_I} = 0.3697 \text{ m}$$

Vano de regulación y tabla de tendido

La medición de la flecha se debe realizar en condiciones climáticas estables, es decir con poca variación de temperatura, sin viento y sin cargas adicionales por hielo (en caso de que existan en la zona de proyecto de la línea). Por tal motivo vale la siguiente expresión:

$$f = \frac{a^2 \cdot g}{8 \cdot \sigma}$$

La tabla de tendido se confecciona aplicando la ecuación de estado con solamente los cambios de temperatura (puede ser con saltos de 2 ó 5 °C). Ésta se realiza para cada tramo de línea entre retenciones de línea (entre los cuáles existe un número determinado de suspensiones o no como es el caso de un cruce que se realiza entre dos retenciones directamente).

Si en un tramo entre retenciones tenemos vanos desiguales por cualquier circunstancia, no se puede calcular la tabla de tendido para todos los vanos, pues la tensión mecánica en todo el tramo debe ser la misma, por que de no ser así se inclinarían las cadenas para lograr el equilibrio de fuerzas. Por este motivo como resulta necesario realizar el cálculo para un vano característico del tramo, aparece el concepto de "vano de regulación" y responde a la siguiente expresión:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

Donde n es la cantidad de vanos en el tramo.

Así la tabla de tendido se realiza para ese valor de "ar" y por ello para cada valor de temperatura tenemos una flecha:

$$f_r = \frac{a_r^2 \cdot g}{8 \cdot \sigma}$$

Por tanto si las tensiones son iguales en todos los vanos de cada tramo

$$\frac{f_n}{f_r} = \frac{a_n^2}{a_r^2}$$

Luego realizando el cálculo mecánico y la tabla de tendido para el vano de regulación, se pueden

obtener las flechas en los distintos vanos componentes del tramo, según la siguiente

$$f_n = f_r \cdot \frac{a_n^2}{a_r^2}$$

También se puede obtener en cualquiera de los vanos en función de otra conocida. Con este criterio bastaría entonces para verificar el tendido de un tramo, efectuar la tabla de tendido para un solo vano y medir allí la flecha y la temperatura, para luego verificar las condiciones de proyecto.

Para la confección de la tabla de tendido, hay que considerar que debería existir en el cálculo mecánico como mínimo una de las hipótesis que contemple uno de los estados sin viento y sin hielo (por ejemplo el de máxima temperatura sin viento o el de temperatura media anual sin viento), tomando ese como básico, aplicando a partir de allí los correspondientes saltos de temperatura, en estas condiciones la ecuación de estado a aplicar es:

$$\sigma_x - \frac{a_r^2 \times E \times g_V^2}{24 \times \sigma_x^2} = \sigma_V - \frac{a_r^2 \times E \times g_V^2}{24 \times \sigma_V^2} + \alpha \times E \times (t_V - t_x)$$

Con los distintos t_x se sacan los σ_x y con ella se obtienen la flecha del vano de regulación y luego con este valor podemos obtener el valor de un vano cualquiera.

Vano de regulación N°1

Se calcula entre el piquete N°1 y N°10

$$a_r := 106.27 \quad g_V := 0.00269 \quad E := 5700 \quad \sigma_V := 5.69 \quad t_x := 45$$

$$\sigma_x^3 + A \cdot \sigma_x^2 + B = 0$$

$$A := - \left(\sigma_V - \frac{a_r^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_x) \right) = -1.289$$

$$B := - \frac{a_r^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24} = -19.408$$

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.952 + 2.274i \\ -0.952 - 2.274i \\ 3.193 \end{bmatrix} \quad \sigma_x := 3.193 \frac{daN}{mm^2} \quad g_V := 0.00269 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad a_r := 106.27 \text{ m}$$

$$T_x := \sigma_x \cdot S = 162.84 \text{ daN}$$

$$f_x := \frac{a_r^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_x} = 1.1893 \text{ m}$$

$$f := f_x \cdot \frac{1}{\text{cm}} = 118.928$$

$$t_x := \sqrt{\frac{f}{0.3}} = 19.91$$

Al final del capítulo se presentan las tablas de tendido para todos los vanos de regulación, y los datos de cálculo de la flecha para cada vano.

Resultados del cálculo mecánico del conductor

Con las ecuaciones que se detallaron anteriormente y con el software MATHCAD se realizaron los cálculos del conductor de la línea proyectada los resultados se presentan en las tablas que se detallan a continuación, verificándose también que las tensiones admisibles del conductor para cada estado no fueran superadas, como así también que la catenaria en ningún punto sea inferior a la altura libre adoptada.

Se puede observar en los planos de planimetría y altimetría (planos del N°1 al N°14).

Traza sobre ruta provincial N°22

El tramo comprendido entre el nacimiento de la línea desde rebaje aracama en cercanías del cementerio privado parque de la Concordia y ruta provincial N°22, se extiende por unos 11240m siguiendo la traza de la ruta, posee un tramo subterráneo de 80m debido a que la altura libre entre una línea de 500 kV existente y la línea proyectada no verifica con las distancias admisibles por la AEA 95301.

El tramo aéreo cuenta con postes de madera el cual se estudia su reemplazo por postes de hormigón y también el reemplazo de los aisladores (line post) y del conductor (aleación de aluminio 50 mm²).

Traza a SET 476 (Limite)

Este tramo se extiende por unos 3907m desde el rebaje aracama hasta la SET N°476 por un camino vecinal de tierra, luego desde aquí se estudia la traza nueva que interconectará la red del rebaje aracama con la red del rebaje Yerúa norte, que también sigue su traza por camino de tierra que se interrumpe en su paso con el arroyo Yuquerí chico. Su extensión es de unos 2580m de tramo aéreo.

Traza sobre ruta provincial N°22

vanos	a[m]	Tensiones [daN/mm ²]									
		Estado I		Estado II		Estado III		Estado IV		Estado V	
		σ_I	σ_{admI}	σ_{II}	σ_{admII}	σ_{III}	σ_{admIII}	σ_{IV}	σ_{admIV}	σ_V	σ_{admV}
4,14	110	3,238	19,94	8,738	19,94	8,281	19,94	8,177	19,94	5,7	5,7
1 al 3	125	3,397		8,639		8,656		8,221		5,7	
5,6	75	2,817		8,93		7,351		8,318		5,7	
7 al 9	90	3,007		8,855		7,759		8,263		5,7	
12 al 13	100	3,126		8,799		8,023		8,221		5,7	
10	60	2,612		8,993		6,946		8,365		5,7	
11	50	2,469		9,027		6,679		8,391		5,7	
15 al 45	110	3,238		8,738		8,281		8,177		5,7	
46	130	3,447		8,604		8,778		8,081		5,7	
48	120	3,345		8,673		8,533		8,13		5,7	
49 al 66	110	3,238		8,738		8,281		8,177		5,7	
67 y 69	125	3,397		8,639		8,656		8,106		5,7	
68	80	2,882		8,906		7,49		8,3		5,7	
70 al 103	110	3,238		8,738		8,281		8,177		5,7	

La siguiente tabla muestra la flecha máxima y las coordenadas del punto más bajo del conductor según la altura de los piquetes.

Las altimetrías para la línea proyectada se obtuvieron mediante Google Earth determinando con ésta la altura de los piquetes para lograr con la altura libre adoptada que es de 9m.

piquetes 1-15								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
1	125	0	125	45,82	47,32	47,35	0,8877	1,547
2	125	125	250	47,32	46,38	53,01	1,1124	
3	125	250	375	46,38	41,29	11,09	0,0487	
4	110	375	485	41,29	42,83	38,15	0,6047	1,2581
5	75	485	560	42,83	46,75	-17,27	0,1424	0,671
6	75	560	635	46,75	50,06	-8,75	0,0365	
7	90	635	725	50,06	51,34	29,11	0,3789	0,906
8	90	725	815	51,34	51,25	43,88	0,8613	
9	90	815	905	51,25	53,81	13,21	0,0781	
10	60	905	965	53,81	56,02	-5,80	0,0173	0,463
11	50	965	1015	56,02	56,52	15,81	0,1361	0,34
12	100	1015	1115	56,52	56,99	44,54	0,8536	1,076
13	100	1115	1215	56,99	56,41	43,26	0,8053	
14	110	1215	1325	56,41	56,34	54,11	1,2596	1,2581

piquetes 15-27								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
15	110	1325	1435	56,34	58,64	29,84	0,3699	1,2581
16	110	1435	1545	58,64	60,88	30,50	0,3863	
17	110	1545	1655	60,88	59,35	38,26	0,6082	
18	110	1655	1765	59,35	59,92	48,76	0,9878	
19	110	1765	1875	59,92	61,55	37,17	0,5739	
20	110	1875	1985	61,55	60,84	47,23	0,9267	
21	110	1985	2095	60,84	58,68	31,37	0,4088	
22	110	2095	2205	58,68	59,48	46,25	0,8885	
23	110	2205	2315	59,48	58,13	40,23	0,6724	
24	110	2315	2425	58,13	57,08	43,51	0,7865	
25	110	2425	2535	57,08	57,47	50,73	1,0692	
26	110	2535	2645	57,47	59,03	37,94	0,5978	

piquetes 27-39								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
27	110	2645	2755	59,53	59,91	50,84	1,0738	1,2581
28	110	2755	2865	59,91	59,96	54,45	1,2317	
29	110	2865	2975	59,96	62,5	27,22	0,3077	
30	110	2975	3085	62,5	65,42	23,06	0,2209	
31	110	3085	3195	65,42	62,1	18,68	0,1450	
32	110	3195	3305	62,1	63,34	41,44	0,7132	
33	110	3305	3415	63,34	60,99	29,29	0,3565	
34	110	3415	3525	60,99	61	54,89	1,2515	
35	110	3525	3635	61	61,66	47,78	0,9483	
36	110	3635	3745	61,66	62,4	46,91	0,9139	
37	110	3745	3855	62,4	64,85	28,20	0,3303	
38	110	3855	3965	64,85	66,05	41,87	0,7283	

piquetes 39-51								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
39	110	3965	4075	66,05	65,44	48,33	0,9701	1,2581
40	110	4075	4185	65,44	65,06	50,84	1,0738	
41	110	4185	4295	65,06	64,26	46,25	0,8885	
42	110	4295	4405	64,26	65,04	46,47	0,8969	
43	110	4405	4515	65,04	65,24	52,81	1,1586	
44	110	4515	4625	65,24	66,41	42,20	0,7398	
45	110	4625	4755	66,41	63,95	28,09	0,3278	
46	130	4755	4885	63,95	57,78	-14,7633	0,090534	
subterráneo	80	4885	4965	57,78	57,00			
48	120	4965	5045	57	59,42	31,12	0,38	1,2581
49	110	5045	5155	59,42	62,44	26,32	0,2786	
50	110	5155	5265	62,44	61,03	39,58	0,6506	

piquetes 51-63								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
51	110	5265	5375	61,03	63,54	27,54	0,3151	1,2581
52	110	5375	5485	63,54	61,40	31,59	0,4145	
53	110	5485	5595	61,4	57,29	10,04	0,0419	
54	110	5595	5705	57,29	54,75	27,22	0,3077	
55	110	5705	5815	54,75	57,25	27,65	0,3176	
56	110	5815	5925	57,25	57,72	49,86	1,0326	
57	110	5925	6035	57,72	60,45	25,14	0,2625	
58	110	6035	6145	60,45	60,42	54,67	1,2416	
59	110	6145	6255	60,42	62,17	35,86	0,5341	
60	110	6255	6365	62,17	57,23	0,96	0,0004	
61	110	6365	6475	57,23	55,65	37,72	0,5909	
62	110	6475	6585	55,65	56,49	45,81	0,8718	

piquetes 63-75								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
63	110	6585	6695	56,49	61,41	1,18	0,0006	1,2581
64	110	6695	6805	61,41	58,97	28,31	0,3377	
65	110	6805	6915	58,97	62,46	16,82	0,1193	
66	110	6915	7025	62,46	68,86	-15,01	0,0949	
67	125	7025	7150	68,86	67,57	49,47	1,0313	1,547
68	80	7150	7230	67,57	61,74	-18,95	0,1513	0,747
69	125	7230	7355	61,74	58,21	26,85	0,3037	1,547
70	110	7355	7465	58,21	60,06	34,76	0,5092	1,2581
71	110	7465	7575	60,06	64,61	5,23	0,0115	
72	110	7575	7685	64,61	61,18	17,48	0,1288	
73	110	7685	7795	61,18	61,44	52,16	1,1462	
74	110	7795	7905	61,44	64,41	22,51	0,2135	

piquetes 75-87								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
75	110	7905	8015	64,41	66,11	36,40	0,5505	1,2581
76	110	8015	8125	66,11	63,21	23,28	0,2251	
77	110	8125	8235	63,21	62,76	50,08	1,0417	
78	110	8235	8345	62,76	61,78	44,28	0,8144	
79	110	8345	8455	61,78	61,08	47,34	0,9310	
80	110	8455	8565	61,08	62,06	44,28	0,8144	
81	110	8565	8675	62,06	61,29	46,58	0,9011	
82	110	8675	8785	61,29	60,80	49,64	1,0236	
83	110	8785	8895	60,8	60,61	52,92	1,1634	
84	110	8895	9005	60,61	59,73	45,37	0,8552	
85	110	9005	9115	59,73	60,29	48,87	0,9922	
86	110	9115	9225	60,29	56,01	8,18	0,0278	

piquetes 87-99								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
87	110	9225	9335	56,01	50,9	-0,90	0,0003	1,2581
88	110	9335	9445	50,9	46,53	7,20	0,0215	
89	110	9445	9555	46,53	50,90	7,20	0,0215	
90	110	9555	9665	50,9	54,60	14,53	0,0877	
91	110	9665	9775	54,6	54,22	50,84	1,0738	
92	110	9775	9885	54,22	55,40	42,09	0,7360	
93	110	9885	9995	55,4	54,44	44,50	0,8225	
94	110	9995	10105	54,44	58,10	14,96	0,0930	
95	110	10105	10215	58,1	59,56	39,03	0,6327	
96	110	10215	10325	59,56	60,69	42,64	0,7552	
97	110	10325	10435	60,69	60,00	47,45	0,9353	
98	110	10435	10545	60	62,45	28,20	0,3303	

piquetes 99-105								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
99	110	10545	10655	62,45	64,28	34,98	0,5083	1,2581
100	110	10655	10765	64,28	63,23	43,51	0,7865	
101	110	10765	10875	63,23	62,47	46,69	0,9054	
102	110	10875	10985	62,47	64,14	36,73	0,5605	
103	110	10985	11095	64,14	61,97	31,26	0,4060	
104	124,38	11095	11219,38	61,97	55,50	-17,84	0,1321	

Traza rebaje aracama a SET N°476 (Límite)

vanos	a[m]	Tensiones [daN/mm ²]									
		Estado I		Estado II		Estado III		Estado IV		Estado V	
		σ_I	σ_{admI}	σ_{II}	σ_{admII}	σ_{III}	σ_{admIII}	σ_{IV}	σ_{admIV}	σ_V	σ_{admV}
1 al 34	110	3,238	19,94	8,738	19,94	8,281	19,94	8,177	19,94	5,7	5,7
35	100	3,126		8,799		8,023		8,221		5,7	
36	97,13	3,092		8,816		7,947		8,234		5,7	

piquetes 1-14 a SET (limito)								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
1	110	0	110	55,5	45,11	-58,65	1,4290	1,2581
2	110	110	220	45,11	46,41	40,78	0,6908	
3	110	220	330	46,41	50,35	11,90	0,0588	
4	110	330	440	50,35	50,67	51,50	1,1017	
5	110	440	550	50,67	50,67	55,00	1,2565	
6	110	550	660	50,67	51,19	49,31	1,0101	
7	110	660	770	51,19	53,63	28,31	0,3329	
8	110	770	880	53,63	51,30	29,51	0,3618	
9	110	880	990	51,3	51,73	50,30	1,0508	
10	110	990	1100	51,73	53,01	41,00	0,6982	
11	110	1100	1210	53,01	54,76	35,86	0,5341	
12	110	1210	1320	54,76	55,00	52,37	1,1394	

piquetes 14-26 a SET (limito)								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
13	110	1320	1430	55	56,11	42,86	0,7630	1,2581
14	110	1430	1540	56,11	56,47	51,06	1,0830	
15	110	1540	1650	56,47	56,45	54,78	1,2465	
16	110	1650	1760	56,45	55,73	47,12	0,9224	
17	110	1760	1870	55,73	56,18	50,08	1,0417	
18	110	1870	1980	56,18	58,94	24,81	0,2557	
19	110	1980	2090	58,94	58,19	46,80	0,9096	
20	110	2090	2200	58,19	53,50	3,70	0,0057	
21	110	2200	2310	53,50	51,00	27,65	0,3176	
22	110	2310	2420	51,00	49,62	39,90	0,6614	
23	110	2420	2530	49,62	44,97	4,13	0,0071	
24	110	2530	2640	44,97	47,00	32,79	0,4467	

piquetes 26-38 a SET (limito)									
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]	
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1		
25	110	2645	2755	47	47,12	53,69	1,1973	1,2581	
26	110	2755	2865	47,12	47,17	54,45	1,2317		
27	110	2865	2975	47,17	46,88	51,83	1,1158		
28	110	2975	3085	46,88	46,04	45,81	0,8718		
29	110	3085	3195	46,04	44,46	37,72	0,5909		
30	110	3195	3305	44,46	43,06	39,69	0,6542		
31	110	3305	3415	43,06	39,22	13,00	0,0701		
32	110	3415	3525	39,22	36,49	25,14	0,2625		
33	110	3525	3635	36,49	34,31	31,15	0,4031		
34	110	3635	3745	34,31	33,03	41,00	0,6982		
35	100	3745	3855	33,03	32,60	45,00	0,8715		1,076
36	97,13	3855	3952,13	32,60	32,52	47,62	0,9863		1,026

Traza SET N° 476 interconexión Yerúa norte

vanos	a[m]	Tensiones [daN/mm2]									
		Estado I		Estado II		Estado III		Estado IV		Estado V	
		σ_I	σ_{admI}	σ_{II}	σ_{admII}	σ_{III}	σ_{admIII}	σ_{IV}	σ_{admIV}	σ_V	σ_{admV}
1 al 21	110	3,238	19,94	8,738	19,94	8,281	19,94	8,177	19,94	5,7	5,7
22 al 23	90	3,007		8,855		7,759		8,263		5,7	
24	89	2,995		9,93		7,351		8,318		5,7	

SET (limito)- Yerúa norte traza nueva 38-51								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
1	110	3952,13	4062,13	32,52	30,45	32,36	0,4349	1,2581
2	110	4062,13	4172,13	30,45	30,51	54,34	1,2267	
3	110	4172,13	4282,13	30,51	29,39	42,75	0,7591	
4	110	4282,13	4392,13	29,39	26,05	18,46	0,1416	
5	110	4392,13	4502,13	26,05	24,56	38,70	0,6222	
6	110	4502,13	4612,13	24,56	23,76	46,25	0,8885	
7	110	4612,13	4722,13	23,76	20,83	22,95	0,2188	
8	110	4722,13	4832,13	20,83	18,96	34,54	0,4957	
9	110	4832,13	4942,13	18,96	17,68	41,00	0,6982	
10	110	4942,13	5052,13	17,68	17,62	54,34	1,2267	
11	110	5052,13	5162,13	17,62	18,74	42,75	0,7591	
12	110	5162,13	5272,13	18,74	20,48	35,97	0,5373	

SET (limito)- Yeruá norte traza nueva 51-63								
Vano	Longitud	progresivas		Piquete		Punto más bajo		fmax[m]
	a [m]	Pi	Pf	Pi	Pf	X1	f1	
13	110	5272,13	5382,13	20,48	20,48	55,00	1,2565	1,2581
14	110	5382,13	5492,13	20,48	19,82	47,78	0,9483	
15	110	5492,13	5602,13	19,82	19,53	51,83	1,1158	
16	110	5602,13	5712,13	19,53	20,24	47,23	0,9267	
17	110	5712,13	5822,13	20,24	23,88	15,18	0,0958	
18	110	5822,13	5932,13	23,88	27,79	12,23	0,0621	
19	110	5932,13	6042,13	27,79	30,83	21,75	0,1964	
20	110	6042,13	6152,13	30,83	31,95	42,75	0,7591	
21	110	6152,13	6262,13	31,95	32,00	54,45	1,2317	
22	90	6262,13	6352,13	32,00	32,19	42,64	0,8133	
23	90	6352,13	6442,13	32,19	32,68	38,92	0,6774	
24	89	6442,13	6531,13	32,68	33,30	36,89	0,6086	0,889

Vano de regulación N°1 entre el piquete N°1 y N°10

Estado I:

$$a_r := 106.27 \quad g_V := 0.00269 \quad E := 5700 \quad \sigma_V := 5.69 \quad t_x := 45$$

$$\sigma_x^3 + A \cdot \sigma_x^2 + B = 0$$

$$A := - \left(\sigma_V - \frac{a_r^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_x) \right) = -1.289$$

$$B := - \frac{a_r^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24} = -19.408$$

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.952 + 2.274i \\ -0.952 - 2.274i \\ 3.193 \end{bmatrix}$$

$$\sigma_x := 3.193 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$T_x := \sigma_x \cdot S = 162.84 \text{ daN}$$

$$f_x := \frac{a_r^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_x} = 1.1893 \text{ m}$$

$x = 1$ para el estado I.

Estado II

$$a_r := 106.27 \quad t_x := -10$$

$$\sigma_x := 8.752 \frac{daN}{mm^2}$$

$$T_x := \sigma_x \cdot S = 446.35 \text{ daN}$$

$$f_x := \frac{a_r^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_x} = 0.4339 \text{ m}$$

$x = 2$ para el estado II.

Estado III

$$a_r := 106.27 \quad t_x := 15$$

$$\sigma_x := 5.799 \frac{daN}{mm^2}$$

$$T_x := \sigma_x \cdot S = 295.75 \text{ daN}$$

$$f_x := \frac{a_r^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_x} = 0.6548 \text{ m}$$

$x = 3$ para el estado III.

Estado IV

$$a_r := 106.27 \quad t_x := -5$$

$$\sigma_x := 8.137 \frac{daN}{mm^2}$$

$$T_x := \sigma_x \cdot S = 414.99 \text{ daN}$$

$$f_x := \frac{a_r^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_x} = 0.4667 \text{ m}$$

$x = 4$ para el estado IV.

Estado V

$$a_r := 106.27 \quad t_x := 16$$

$$\sigma_x := 5.69 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$T_x := \sigma_x \cdot S = 290.19 \text{ daN}$$

$$f_x := \frac{a_r^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_x} = 0.6674 \text{ m}$$

$x = 5$ para el estado V.

Tabla de tendido piquete 1-10				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm ²]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,53	384,03	0,5043	12,965
5	6,936	353,74	0,5475	13,509
10	6,357	324,21	0,5974	14,11
16	5,69	290,19	0,6674	14,915
20	5,266	268,57	0,7211	15,504
25	4,765	243,02	0,7969	16,299
30	4,303	219,45	0,8825	17,151
35	3,885	198,14	0,9774	18,05
40	3,515	179,27	1,0803	18,97
45	3,193	162,84	1,1893	19,91

Para los demás vanos de regulación se presentan los valores obtenidos presentados en tablas.

Vano de regulación N°2 entre el piquete N°10 y N°11

$a_r = 60m.$

Estado	tensión [daN/mm ²]	tiro [daN]	flecha [m]
1	2,607	132,957	0,46
2	8,984	458,184	0,13
3	5,813	296,463	0,21
4	8,341	425,391	0,15
5	5,69	290,19	0,21

Tabla de tendido piquete 10-11				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm ²]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,701	392,75	0,1572	7,238
5	7,065	360,32	0,1713	7,557
10	6,435	328,19	0,1881	7,919
16	5,69	290,19	0,2127	8,421
20	5,203	265,35	0,2327	8,806
25	4,61	235,11	0,2626	9,356
30	4,042	206,14	0,2995	9,991
35	3,51	179,01	0,3449	10,722
40	3,028	154,43	0,3998	11,544
45	2,607	132,96	0,4643	12,441

Vano de regulación N°3 entre el piquete N°11 y N°12

$a_r = 50m.$

Estado	tensión [daN/mm ²]	tiro [daN]	flecha [m]
1	2,463	125,613	0,34
2	9,019	459,969	0,09
3	5,815	296,565	0,14
4	8,372	426,972	0,10
5	5,69	290,19	0,15

Tabla de tendido piquete 11-12				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,727	394,08	0,1088	6,022
5	7,085	361,34	0,1186	6,289
10	6,447	328,8	0,1304	6,593
16	5,69	290,19	0,1477	7,018
20	5,192	264,79	0,1619	7,346
25	4,582	233,68	0,1835	7,820
30	3,992	203,59	0,2106	8,378
35	3,431	174,98	0,2450	9,037
40	2,916	148,72	0,2883	9,803
45	2,463	125,61	0,3413	10,666

Vano de regulación N°4 entre el piquete N°12 y N°15

$a_r = 103,65m$.

Estado	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]
1	3,163	161,313	1,14
2	8,768	447,168	0,41
3	5,8	295,8	0,62
4	8,151	415,701	0,44
5	5,69	290,19	0,63

Tabla de tendido piquete 12-15				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,542	384,64	0,4790	12,636
5	6,945	354,20	0,5202	13,168
10	6,362	324,46	0,5678	13,758
16	5,69	290,19	0,6349	14,547
20	5,262	268,36	0,6865	15,127
25	4,756	242,56	0,7596	15,912
30	4,288	218,69	0,8425	16,758
35	3,865	197,12	0,9347	17,651
40	3,49	177,99	1,0351	18,575
45	3,163	161,31	1,1421	19,511

Vano de regulación N°5 entre el piquete N°15-28,N°51-54,N°54-67,1-29 (SET Límite)

$a_r = 110m.$

Estado	tensión [daN/mm ²]	tiro [daN]	flecha [m]
1	3,234	164,934	1,26
2	8,729	445,179	0,47
3	5,798	295,698	0,70
4	8,116	413,916	0,50
5	5,69	290,19	0,72

Tabla de tendido piquete 15-28,51-54,54-67,1-29(SET límite)				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm ²]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,514	383,21	0,5415	13,435
5	6,924	353,12	0,5876	13,995
10	6,35	323,85	0,6407	14,614
16	5,69	290,19	0,7150	15,439
20	6,447	328,80	0,6311	14,504
25	4,779	243,73	0,8514	16,846
30	4,324	220,52	0,9409	17,710
35	3,914	199,61	1,0395	18,615
40	3,551	181,10	1,1458	19,543
45	3,234	164,93	1,2581	20,478

Vano de regulación N°6 entre el piquete N°28 y N°48

$a_r = 114,67m.$

Estado	tensión [daN/mm ²]	tiro [daN]	flecha [m]
1	3,285	167,535	1,35
2	8,699	443,649	0,51
3	5,796	295,596	0,76
4	8,09	412,59	0,55
5	5,69	290,19	0,78

Tabla de tendido piquete 28-48				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,492	382,092	0,5902	14,026
5	6,908	352,308	0,6400	14,606
10	6,341	323,391	0,6973	15,245
16	5,69	290,19	0,7771	16,094
20	5,279	269,229	0,8375	16,709
25	4,795	244,545	0,9221	17,532
30	4,351	221,901	1,0162	18,405
35	3,95	201,45	1,1193	19,316
40	3,595	183,345	1,2299	20,247
45	3,285	167,535	1,3459	21,181

Vano de regulación N°7 entre el piquete N°49 y N°51

$a_r = 115,32m$.

Estado	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]
1	3,292	167,892	1,36
2	8,695	443,445	0,51
3	5,796	295,596	0,77
4	8,087	412,437	0,55
5	5,69	290,19	0,79

Tabla de tendido piquete 49-51				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,492	382,09	0,5971	14,026
5	6,908	352,31	0,6476	14,606
10	6,341	323,39	0,7054	15,245
16	5,69	290,19	0,7859	16,094
20	5,279	269,23	0,8469	16,709
25	4,795	244,55	0,9322	17,532
30	4,351	221,90	1,0270	18,405
35	3,95	201,45	1,1306	19,316
40	3,595	183,35	1,2418	20,247
45	3,285	167,54	1,3584	21,181

Vano de regulación N°8 entre el piquete N°67 y N°104

$a_r = 110,91m.$

Estado	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]
1	3,244	165,444	1,28
2	8,723	444,873	0,47
3	5,797	295,647	0,71
4	8,111	413,661	0,51
5	5,69	290,19	0,73

Tabla de tendido piquete 67-104				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,51	383,01	0,5508	13,549
5	6,921	352,971	0,5976	14,114
10	6,348	323,748	0,6516	14,737
16	5,69	290,19	0,7269	15,566
20	5,273	268,923	0,7844	16,170
25	4,782	243,882	0,8650	16,980
30	4,329	220,779	0,9555	17,846
35	3,921	199,971	1,0549	18,752
40	3,559	181,509	1,1622	19,682
45	3,244	165,444	1,2750	20,616

Vano de regulación N°9 entre el piquete N°29 y N°38 (SET Limite)

$a_r = 108,78m.$

Estado	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]
1	3,221	164,271	1,24
2	8,737	445,587	0,46
3	5,798	295,698	0,69
4	8,123	414,273	0,49
5	5,69	290,19	0,70

Tabla de tendido piquete 29- 38SET (limito)				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,522	383,62	0,5499	13,539
5	6,928	353,33	0,5970	14,107
10	6,352	323,95	0,6512	14,733
16	5,69	290,19	0,7269	15,566
20	5,27	268,77	0,7849	16,175
25	4,774	243,47	0,8664	16,994
30	4,317	220,17	0,9581	17,871
35	3,905	199,16	1,0592	18,790
40	3,539	180,49	1,1688	19,738
45	3,221	164,27	1,2841	20,689

Vano de regulación N°10 entre el piquete N°38 y N°63(SET Limito-Yeruá norte)

$a_r = 108,78m$.

Estado	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]
1	3,213	163,863	1,22
2	8,741	445,791	0,45
3	5,798	295,698	0,68
4	8,127	414,477	0,48
5	5,69	290,19	0,69

Tabla de tendido piquete 38-63(Limito-Yeruá norte)				
temperatura [°C]	tensión [daN/mm2]	tiro [daN]	flecha [m]	tiempo [s]
0	7,522	383,622	0,5219	13,190
5	6,93	353,43	0,5665	13,741
10	6,354	324,054	0,6178	14,351
16	5,69	290,19	0,6899	15,165
20	5,269	268,719	0,7450	15,759
25	4,772	243,372	0,8226	16,559
30	4,313	219,963	0,9102	17,418
35	3,899	198,849	1,0068	18,320
40	3,532	180,132	1,1115	19,248
45	3,213	163,863	1,2218	20,181



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

Capítulo 5: Cálculo de estructuras

Año 2015

Contenido

Estructuras de suspensión

Estructuras de suspensión angula 9°

Estructura de retención simple con desvío a 90°

Estructura de retención angular 90°

Estructura de retención angular 60°

Estructura de retención angular 58°

Estructura de retención angular 55°

Estructura de retención angular 28°

Estructura de retención simple

Estructura de retención terminal

Cálculo suspensión "S+1,5"

Según hipótesis de la AEA 95301

Cálculo mecánico de estructuras.

En este capítulo se desarrollan los cálculos de elección y verificación de los postes de hormigón armado utilizados en el proyecto, siempre siguiendo los lineamientos de la AEA 95301- Reglamentación De Líneas Aéreas Exteriores De Media Y Alta Tensión.

Se mostrarán los cálculos de estructuras características, como estructuras de suspensión de diferentes alturas y correspondientes a distintos vanos, todas las retenciones y retenciones angulares, estructuras terminales y estructuras de suspensión angulares.

Cálculo de postes de HºAº.

Los postes verificarán a dos condiciones:

- Solicitación Última: corresponde a la capacidad del poste a resistir el tiro máximo resultante reducido a la cima

Designación del poste.

Las Normas IRAM indican cómo se designan los postes de hormigón armado o centrifugado (IRAM 1603 ó 1605), que corresponden a la generalidad de las líneas de subtransmisión o transmisión, se identifican según el siguiente ejemplo:

16/4500

Donde el primer número indica la longitud, en metros, y el segundo la carga de rotura, en daN.

Carga de rotura es una carga aplicada en la cima del poste, perpendicular a su eje, equivalente a las diversas cargas aplicadas a lo largo del poste. Esta carga produce el colapso del poste, no necesariamente su rotura, pudiendo ser, por ejemplo, una deformación permanente excesiva, con fisuras inadmisibles según norma.

Crucetas y ménsulas.

Estos elementos complementan los postes y su función en la estructura es la de dar los puntos de fijación para los conductores.

Las crucetas y ménsulas (o medias crucetas) se definen por sus dimensiones principales y los esfuerzos que deben soportar en los puntos de sujeción de los conductores. Su cálculo corre por cuenta del fabricante. La normalización disponible es para BT y MT, pero tiene aspectos también aplicables para AT.

Cálculo de la resistencia de los postes de hormigón.

De acuerdo a lo explicado anteriormente, la fórmula básica de cálculo de la Reglamentación de la AEA (método de factorización de cargas y resistencias), basada en los respectivos coeficientes de mayoración, para las cargas, y de minoración, para las resistencias:

$$K_E \cdot K_c \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_c$$

Una vez calculados los esfuerzos (solicitación última), para el caso específico de una línea construida con postes de hormigón, corresponde determinar los factores de carga, la resistencia característica nominal y el factor global de resistencia.

Factor de carga

Para postes de hormigón, se toma $K_E = 1$ (La resistencia nominal se comprueba mediante ensayos) Los valores de K_c se adoptan los que corresponda según la función de la estructura (suspensión, retención u otra).

Resistencia característica nominal

De acuerdo al “Método de factorización de cargas y resistencias” de la Reglamentación de la AEA, la “resistencia característica nominal” de la estructura es en este caso, la carga de rotura del poste.

Factor global de resistencia

La “resistencia característica nominal” de la estructura se debe “minorar” multiplicándola por el “Factor global de resistencia” que tiene los siguientes valores:

Elemento	Solicitación	φ	observaciones
Postes	Flexión Flexo-tracción	0,7 a 0,9	Postes simples-patas traccionadas de pórticos (nota 1,2 y3)
	Flexocompresión compresión	0,7 a 0,75	Postes múltiples-patas comprimidas de pórticos (nota2)
	Corte Torsión Corte + torsión	0,85	En general
Ménsulas crucetas	Flexión	0,9	nota 1
	Corte Torsión Corte + torsión	0,85	
Riendas y herrajes	Tracción corte	0,5	limitar la flexibilidad del conjunto de sujeción

Tabla 12.6C valores de factores globales de resistencia (φ) AEA 95301

Cálculo del tiro de postes simples.

Se realiza la adición de la totalidad de las cargas calculadas según la hipótesis de carga considerada, reducida a la cima, adoptándose el tiro normalizado más próximo por exceso.

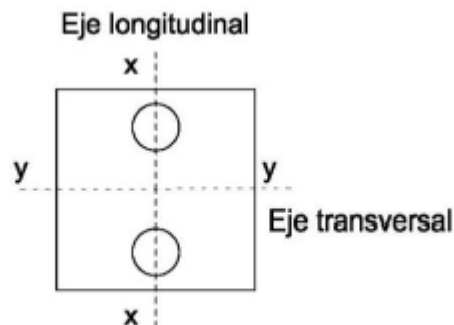
Cálculo del tiro de postes dobles.

Las estructuras dobles tienen su resistencia dependiente de la dirección que se considere. Sobre el eje longitudinal x-x la estructura doble tiene una resistencia muy superior a la del poste simple, dependiendo del módulo resistente que forma el conjunto de los dos postes separados una cierta distancia y rigidizados mediante los vínculos, crucetas y ménsulas. En la práctica, la resistencia es del orden de 8 veces la de cada uno de los postes que componen el conjunto doble. Sobre el eje transversal y-y la resistencia es doble de la de cada poste. El dimensionamiento se calcula el tiro equivalente de cada poste simple. Según la dirección de las fuerzas que actúan, dicho tiro será:

$$F_{eq} = \frac{F_x}{8} \text{ Resultante sobre eje longitudinal x-x}$$

$$F_{eq} = \frac{F_y}{2} \text{ Resultante sobre eje transversal y-y}$$

Para determinar la fuerza actuante sobre cada poste de la estructura doble, cuando la resultante tiene una dirección oblicua con respecto a los ejes considerados, deben calcularse las componentes F_x y F_y de dicha fuerza.



Esquema de la disposición de una estructura angular

Efectos del momento torsor en la carga reducida a la cima.

Al realizar el cálculo del tiro del poste teniendo en cuenta las hipótesis de cálculo para cargas normales, se consideran las cargas actuantes como si estuviesen centradas respecto al eje de la estructura. Producen, por lo tanto, en general momentos flectores que se traducen en un tiro equivalente a la cima.

En las hipótesis de cálculo de cargas de construcción y mantenimiento, o de cargas de contención de fallas, se toman las cargas en su exacta ubicación, por lo que producen en

general momentos flector y torsor simultáneos. Para los postes de hormigón armado puede ser aplicable en este caso la hipótesis de Rankine, por la cierta similitud respecto a los ejes de material elástico para los cuales fue desarrollada la mencionada teoría.

Supongamos que un conductor ejerce una fuerza F horizontal y perpendicular a la ménsula de longitud L_m .

El conductor está ubicado en el extremo de la ménsula, que a su vez se encuentra a una altura h_c . El momento flector producido será:

$$M_f = F \cdot h_c$$

y el momento torsor:

$$M_t = F \cdot L_m$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamaremos momento combinado:

$$M_c = 0,5 \cdot \left[M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right]$$

El tiro equivalente se obtiene dividiendo el momento combinado por la altura libre del poste:

$$F_{eq} = \frac{M_c}{h}$$

El momento torsor incrementa en un porcentaje bajo el esfuerzo equivalente sobre el poste, por lo que en general no se considera.

Hemos visto aquí el momento torsor sólo desde el punto de vista de su influencia en cuanto a la carga reducida a la cima, o sea en cuanto a un equivalente desde el punto de vista de la flexión.

De todos modos, la torsión siempre debe ser tenida en cuenta para el dimensionamiento de la armadura de torsión que lleva el poste.

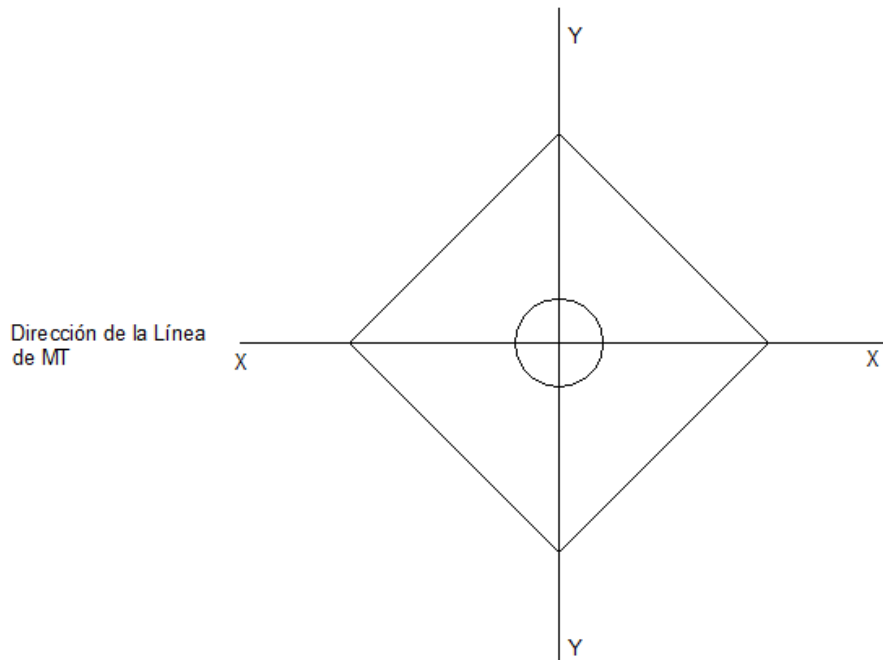
Cálculos.

En este inciso se detallan algunos de los cálculos establecidos en la teoría de los puntos previos.

Como se mencionó al principio del capítulo solo se realizan algunos cálculos para no volver tedioso el mismo. Al final de cada se detallarán en una tabla todos los postes calculados y sus características principales.

Suspensiones.

Según hipótesis de la AEA 95301



Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$ Sección total del conductor

$d_C := 9.3 \text{ mm}$ Diámetro del conductor

$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$ Peso del conductor

$f_C := 1.2581 \text{ m}$ Flecha máxima del conductor

$a := 110 \text{ m}$ Vano del conductor

$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$ Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos del aislador line post.

$L_A := 193 \text{ mm}$ Longitud del aislador

$d_{Ai} := 67.4 \text{ mm}$ Diámetro del núcleo

$d_{Ae} := 124 \text{ mm}$ Diámetro exterior del aislador

$\gamma_A := 12^\circ$ Ángulo sobre la horizontal

$G_A := 1.225 \text{ daN}$ Peso del aislador

Datos del poste.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde alas solicitaciones máximas.

$H_P := 13.5 \text{ m}$ Altura total del poste

$H_L := 0.9 \cdot H_P = 12.15 \text{ m}$ Altura libre del poste

$d_{CP} := 0.17 \text{ m}$ Diámetro en la cima del poste

$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$ Conicidad

$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 0.373 \text{ m}$ Diámetro en la base del poste

$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 0.352 \text{ m}$ Diámetro en el empotramiento del poste

$G_P := 1238 \text{ daN}$ Peso del poste

$R_C := 350 \text{ daN}$ Carga de rotura

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Viento máximo.

$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Factor que depende de la densidad del aire.

$Z_p := 0.72$ Factor del terreno.

$F_C := 1$ Factor de carga.

$G_W := 1$ Factor de ráfaga.

$C_F := 1$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.

Fuerza del viento sobre el conductor a 0°.

$\psi_C := 0^\circ$ Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.

$A_C := a \cdot d_C = 1.023 \text{ m}^2$ Área proyectada del conductor.

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot . = 39.823 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el aislador.

$A_A := L_A \cdot d_{Ai} = 0.013 \text{ m}^2$ Área proyectada del aislador.

$$f_A := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_A \cdot . = 0.506 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$C_{FC} := 0.9$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$A_P := \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{BP}) \cdot H_L}{6} = 1.443 \text{ m}^2$ Área proyectada del poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot . = 50.549 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos debido a excentricidades en dirección XX reducidos a la cima (cargas verticales permanentes).

$$T_{xx_1a} := 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Carga de viento).

$$T_{yy_1a} := \frac{(f_C + f_A) \cdot 2 \cdot (H_L - 0.48 \text{ m}) + (f_C + f_A) \cdot (H_L + 0.193 \text{ m}) + f_P \cdot \left(\frac{H_L}{2}\right)}{H_L}$$

$$T_{yy_1a} = 143.718 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_1a} := \sqrt{T_{xx_1a}^2 + T_{yy_1a}^2}$$

$$T_{max_1a} = 143.72 \text{ daN}$$

b. Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores y accesorios en dirección de la línea.

Fuerza del viento sobre el conductor a 90°.

$$\psi_C := 90^\circ \quad \text{Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.}$$

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C) = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el aislador.

$$f_A := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_A = 0.506 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 50.549 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos debido a excentricidades en dirección XX reducidos a la cima (cargas verticales permanentes).

$$T_{xx_1b} := 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento).

$$T_{yy_1b} := \frac{(f_C + f_A) \cdot 2 \cdot (H_L - 0.48 \text{ m}) + (f_C + f_A) \cdot (H_L + 0.193 \text{ m}) + f_P \cdot \left(\frac{H_L}{2}\right)}{H_L}$$

$$T_{yy_{1b}} = 26.762 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1b}} := \sqrt{T_{xx_{1b}}^2 + T_{yy_{1b}}^2}$$

$$T_{max_{1b}} = 26.76 \text{ daN}$$

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

Fuerza del viento sobre el conductor a 30° .

$$\psi_C := 30^\circ \quad \text{Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.}$$

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot . = 29.867 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el aislador.

$$f_A := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_A \cdot . = 0.506 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot . = 50.549 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos debido a excentricidades en dirección XX reducidos a la cima (cargas verticales permanentes).

$$T_{xx_{1b}} := \frac{(f_C + f_A) \cdot 2 \cdot (H_L - 0.48 \text{ m}) + (f_C + f_A) \cdot (H_L + 0.193 \text{ m}) + f_P \cdot \left(\frac{H_L}{2}\right)}{H_L} \cos(\psi_C) = 99.141 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento).

$$T_{yy_{1b}} := \frac{(f_C + f_A) \cdot 2 \cdot (H_L - 0.48 \text{ m}) + (f_C + f_A) \cdot (H_L + 0.193 \text{ m}) + f_P \cdot \left(\frac{H_L}{2}\right)}{H_L} \sin(\psi_C) = 57.239 \text{ daN}$$

$$T_{yy_1b} = 57.239 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_1b} := \sqrt{T_{xx_1b}^2 + T_{yy_1b}^2}$$

$$T_{max_1b} = 114.48 \text{ daN}$$

d. No se considera hielo.

e.

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$T_{condII} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{yy_1e} := 0.2 \cdot T_{condII} \cdot \frac{(2 \cdot (H_L - 0.48 \text{ m}) + (H_L + 0.193 \text{ m}))}{H_L}$$

$$T_{yy_1e} = 261.756 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos debido a excentricidades en dirección YY reducidos a la cima (cargas verticales permanentes y carga adicional).

$$T_{Gy_2a} := \frac{2.5 \left(3 \cdot G_C \cdot L_A + 3 \cdot G_A \cdot \frac{L_A}{2} \right) + G_{AM} \cdot \frac{L_A}{2}}{H_L} = 2.7 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2a} := T_{Gy_2a}$$

$$T_{max_2a} = 2.7 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión equivalente al 50 % del tiro máximo de una fase. No se considera la carga de viento.

La reducción del tiro resulta de considerar la rotura de un conductor y disminuye el tiro unilateral del conductor. La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

Los momentos a considerar son:

El momento flector o vuelco debido al 50% del tiro máximo es:

La tensión máxima del estado II para un vano de 85 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{condII} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

Sumatoria de momentos en dirección ZZ (momento torsor)

$$M_{zz} := 0.5 \cdot T_{condII} \cdot 0.34 \text{ m} = 75.758 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Sumatoria de momentos en dirección YY (momento flector)

$$M_{yy} := 0.5 \cdot T_{condII} \cdot H_L = 2707.251 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima

$$M_C := 0.5 \left(M_{yy} + \sqrt{M_{yy}^2 + M_{zz}^2} \right)$$

$$M_C = 2707.781 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$T_{max_3a} := \frac{M_C}{H_L} = 222.863 \text{ daN}$$

Conductor superior

Sumatoria de momentos en dirección ZZ (momento torsor)

$$M_{zz} := 0 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Sumatoria de momentos en dirección YY (momento flector)

$$M_{yy} := 0.5 \cdot T_{condII} \cdot (H_L + 0.193 \text{ m}) = 2750.255 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima

$$M_C := 0.5 \left(M_{yy} + \sqrt{M_{yy}^2 + M_{zz}^2} \right)$$

$$M_C = 2750.255 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$T_{max_3a} := \frac{M_C}{H_L} = 226.358 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1$$

$$S_u := T_{yy_1e} = 261.76 \text{ daN}$$

Solicitud máxima actuante

$$\varphi := 0.85$$

Estructura dimensionada a flexotorsión

$$R_C := 350 \text{ daN}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 261.76 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 297.5 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Un poste 13,5 R 350 daN Verifica a las solicitaciones, se usarán de 600 daN de carga de rotura.

Las estructuras para las suspensiones "S+1", "S+0,5" y "S" serán de la misma carga de rotura.

Cálculo suspensión angular "S+1" 9° de desvío

Según hipótesis de la AEA 95301

Datos del conductor (50mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.2581 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a_p := 110 \text{ m}$	Vano del conductor posterior
$a_a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor anterior
$G_C := \left(\frac{a_a}{2} + \frac{a_p}{2} \right) \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos del aislador line post.

$L_A := 193 \text{ mm}$	Longitud del aislador
$d_{Ai} := 44.4 \text{ mm}$	Diámetro del núcleo
$d_{Ae} := 80 \text{ mm}$	Diámetro exterior del aislador
$\gamma_A := 12^\circ$	Ángulo sobre la horizontal
$G_A := 1.225 \text{ daN}$	Peso del aislador

Datos del poste.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde a las solicitaciones máximas.

$H_P := 11 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 9.9 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 170 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 335 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 318.5 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste

$$f_A := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_A \cdot . = 0.334 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$C_{FC} := 0.9$$

Coefficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$$A_P := H_L \cdot \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{emp})}{6} = 1.087 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot . = 38.067 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

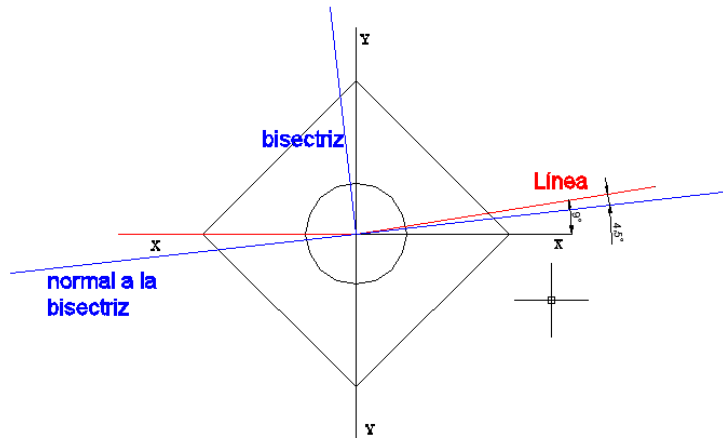
El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

Componentes de las fuerzas de tiro en dirección de la bisectriz:

$$R_{TC_{yb}} := T_{III_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) + T_{III_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) = 66.271 \text{ daN}$$

$$R_{TC_{xb}} := T_{III_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) - T_{III_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$



Sumatoria de esfuerzos en dirección de la bisectriz (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(R_{TC_{yb}}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m}) + (f_C + f_A) \cdot (3 H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m}) + f_P \cdot \left(\frac{H_L}{2}\right)}{H_L}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 329.356 \text{ daN}$$

$$T_{max_{1a}} := T_{VFy_{1a}} = 329.356 \text{ daN} \quad \text{Tiro máximo en la cima.}$$

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

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea.

$$\psi_C := 85.5^\circ \quad \text{Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.}$$

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot \dots = 0.2 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el aislador.

$$f_A := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_A \cdot \dots = 0.334 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot \dots = 38.067 \text{ daN}$$

Componentes de las fuerzas de tiro en dirección a la normal de la bisectriz:

$$R_{TC_ymb} := T_{III_110} \cdot \sin(4.5^\circ) + T_{III_110} \cdot \sin(4.5^\circ) = 66.271 \text{ daN}$$

$$R_{TC_xnb} := T_{III_110} \cdot \cos(4.5^\circ) - T_{III_110} \cdot \cos(4.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección normal de la bisectriz (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío).

$$T_{VFy_1a} := \frac{(R_{TC_ymb}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m}) + (f_C + f_A) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m}) + f_P \cdot \left(\frac{H_L}{2}\right)}{H_L}$$

$$T_{VFy_1a} = 214.405 \text{ daN}$$

$$T_{max_1a} := T_{VFy_1a} = 214.405 \text{ daN} \quad \text{Tiro máximo en la cima.}$$

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

Fuerza del viento sobre el conductor a 30°.

$$\psi_C := 30^\circ \quad \text{Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.}$$

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot . = 29.867 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el aislador.

$$f_A := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_A \cdot . = 0.334 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot . = 38.067 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

$$R_{TC_y} := T_{III_110} \cdot \sin(4.5^\circ) + T_{III_110} \cdot \sin(4.5^\circ) = 66.271 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_110} \cdot \cos(4.5^\circ) - T_{III_110} \cdot \cos(4.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(R_{TC_{ymb}}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m}) + (f_C + f_A) \cdot (3 H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m}) + f_D \cdot \left(\frac{H_L}{2} \right)}{H_L}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 300.977 \text{ daN}$$

$$T_{max_{1a}} := T_{VFy_{1a}} = 300.977 \text{ daN} \quad \text{Tiro máximo en la cima.}$$

d. No se considera hielo.

e. Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para aisladores rígidos. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío y a la reducción unilateral del tiro.

$$R_{TC_y} := T_{III_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) + (1 - 0.2) \cdot T_{III_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) = 59.644 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) - (1 - 0.2) \cdot T_{III_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) = 84.206 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío y reducción unilateral del tiro).

$$T_{Fy_{1e}} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m})}{H_L}$$

$$T_{Fy_{1e}} = 174.312 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos debido a excentricidades en dirección YY debido a la carga adicional

$$T_{Gy_{1e}} := \frac{G_{AM} \cdot \frac{L_A}{2}}{H_L} = 0.975 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío y reducción unilateral del tiro).

$$T_{Fx_{1e}} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m})}{H_L}$$

$$T_{Fx_{1e}} = 246.094 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1e}} := \sqrt{(T_{Gy_{1e}} + T_{Fy_{1e}})^2 + T_{Fx_{1e}}^2}$$

$$T_{max_{1e}} = 302.14 \text{ daN}$$

f. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) + T_{II_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) = 69.929 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{II_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) - T_{II_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos debido a excentricidades en dirección YY reducidos a la cima debido a cargas permanentes y adicionales.

$$T_{Gy_{1f}} := \frac{3 \cdot G_A \cdot \frac{L_A}{2}}{H_L} = 0.036 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío).

$$T_{Fy_{1f}} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m})}{H_L}$$

$$T_{Fy_{1f}} = 204.368 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío).

$$T_{Fx_{1f}} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m})}{H_L}$$

$$T_{Fx_{1f}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1f}} := \sqrt{(T_{Gy_{1f}} + T_{Fy_{1f}})^2 + T_{Fx_{1f}}^2}$$

$$T_{max_{1f}} = 204.4 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) + T_{II_{110}} \cdot \sin(4.5^\circ) = 69.929 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{II_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) - T_{II_{110}} \cdot \cos(4.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos debido a excentricidades en dirección YY reducidos a la cima (cargas verticales permanentes y carga adicional).

$$T_{Gy_2a} := \frac{2.5 G_{AM} \cdot \frac{L_A}{2}}{H_L} = 2.44 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío).

$$T_{Fy_2a} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L - 2 \cdot 0.48 \text{ m} + 0.193 \text{ m})}{H_L}$$

$$T_{Fy_2a} = 204.368 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío).

$$T_{Fx_2a} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L - 3 \cdot 0.6 \text{ m})}{H_L}$$

$$T_{Fx_2a} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2a} := \sqrt{(T_{Gy_2a} + T_{Fy_2a})^2 + T_{Fx_2a}^2}$$

$$T_{max_2a} = 206.81 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2a} := \sqrt{(T_{Gy_2a} + T_{Fy_2a})^2 + T_{Fx_2a}^2}$$

$$T_{max_2a} = 206.81 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión equivalente al 50 % del tiro máximo de una fase. No se considera la carga de viento.

La reducción del tiro resulta de considerar la rotura de un conductor y disminuye el tiro unilateral del conductor. La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

Las acciones a considerar son:

cargas verticales permanentes.
50% de Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.
La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{110_y} := 0.5 \cdot T_{II} \cdot \sin(4.5^\circ) = 17.5 \text{ daN}$$

$$T_{110_x} := 0.5 \cdot T_{II} \cdot \cos(4.5^\circ) = 222.1 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{110_y} := T_{II} \cdot \sin(4.5^\circ) = 35 \text{ daN}$$

$$T_{110_x} := T_{II} \cdot \cos(4.5^\circ) = 444.3 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{H_110} \cdot \sin(4.5^\circ) + T_{H_110} \cdot \sin(4.5^\circ) = 69.9 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{H_110} \cdot \cos(4.5^\circ) - T_{H_110} \cdot \cos(4.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido a tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_{F1} := T_{110_x} \cdot H_L + 2 \cdot R_{TC_x} \cdot (H_L - 0.48 \text{ m}) + R_{TC_x} \cdot (H_L + 0.193 \text{ m}) = 4398.2 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento flector o vuelco debido al desequilibrio vertical, al tiro máximo y a la tracción de los restantes conductores es:

$$M_{F2} := T_{110_y} \cdot H_L + R_{TC_y} \cdot (H_L - 0.48 \text{ m}) + R_{TC_y} \cdot (H_L + 0.193 \text{ m})$$

$$M_{F2} = 1710.67 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento flector total es:

$$M_F := \sqrt{M_{F1}^2 + M_{F2}^2} = 4719.2 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := \left(\frac{T_{110_x} + 2 \cdot R_{TC_x}}{2} \right) \cdot (L_A) = 42.9 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_T^2} \right)$$

$$M_C = 4719.3 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_3a} := \frac{M_C}{H_L} = 476.69 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1$$

$$S_u := T_{max_3a} = 476.69 \text{ daN}$$

$$\varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$R_C := 600 \text{ daN}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 476.69 \text{ daN}$$

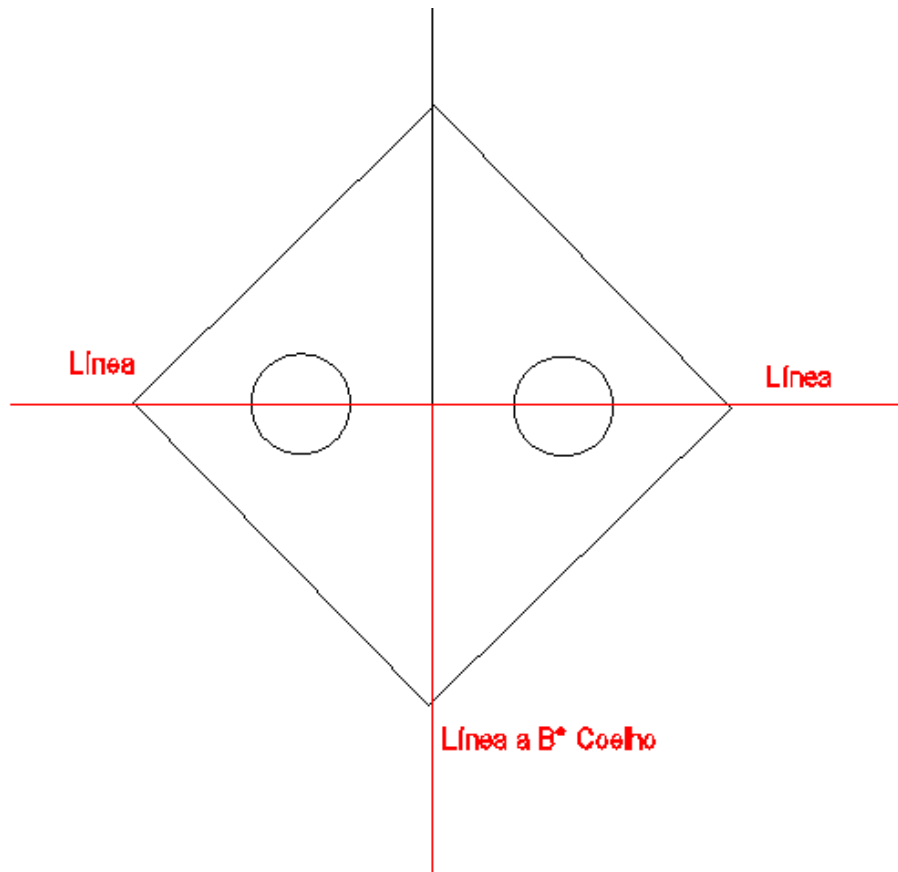
$$\varphi \cdot R_C = 510 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

La designación del poste es: 11 R 600

Cálculo de retención con desvío (poste doble)

En esta estructura la línea se bifurca perpendicularmente hacia el barrio Coelho, es de poste doble con una ménsula superior MN 159 y 0,5 m más abajo una ménsula MN 161 R0



Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.076 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde alas solicitaciones máximas.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 305 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 492.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 473.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1928 \text{ daN}$	Peso del poste
$R_C := 650 \text{ daN}$	Carga de rotura

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Viento máximo.
$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p := 0.72$	Factor del terreno.
$F_C := 1$	Factor de carga.

$G_W := 1$ Factor de ráfaga.

$C_F := 1$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección a la bisectriz del ángulo de desvío.

$\psi_C := 0^\circ$ Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.

$A_C := a \cdot d_C = 1.023 \text{ m}^2$ Área proyectada del conductor.

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C) = 39.823 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.481 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada de la ménsula.}$$

$$f_M := 2 \cdot Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M = 37.449 \text{ daN} \quad (\text{Ménsula Doble})$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$C_{FC} := 0.9$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$$A_P := \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{BP}) \cdot H_L}{4} = 3.101 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 108.636 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{III_{110}} = 422.331 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{110}} \cdot \cos(0^\circ) - T_{III_{110}} \cdot \cos(0^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(3 \cdot R_{TC_y} + 3 \cdot f_C + f_P + f_M) \cdot H_L}{H_L} = 1532.55 \text{ daN}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 1532.55 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFx_{1a}} := -\sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) + \sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) = 0 \text{ daN}$$

$$T_{VFx_{1a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1a}} := \sqrt{T_{VFy_{1a}}^2 + T_{VFx_{1a}}^2} \quad T_{max_{1a}} = 1532.55 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{II_{110}} \cdot \cos(0^\circ) - T_{II_{110}} \cdot \cos(0^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fy_2a} := \frac{\langle R_{TC_y} \rangle \cdot \langle 3 \cdot H_L \rangle}{H_L}$$

$$T_{Fy_2a} = 1336.914 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_2a} := \frac{\langle R_{TC_x} \rangle \cdot \langle 3 \cdot H_L \rangle}{H_L}$$

$$T_{Fx_2a} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2a} := \sqrt{T_{Fy_2a}^2 + T_{Fx_2a}^2}$$

$$T_{max_2a} = 1336.91 \text{ daN}$$

b. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5. Carga unilateral de todos los conductores, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

Carga unilateral.

La tensión del estado V para un vano de 110 m es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_V := \sigma_V \cdot S_C = 290.7 \text{ daN}$$

$$T_{xx_2b} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \cos(0^\circ) = 1308.15 \text{ daN}$$

$$T_{yy_2b} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \sin(0^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2b} := \sqrt{T_{xx_2b}^2 + T_{yy_2b}^2} = 1308.2 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores. No se considera la carga de viento.

Las acciones a considerar son:

Cargas verticales permanentes.

Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := T_{II_110} = 445.6 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_x} := T_{II_110} \cdot \cos(0^\circ) = 445.6 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{xx_3a} := T_{MAX_x} + 2 \cdot T_{II_110}$$

$$T_{xx_3a} = 1336.914 \text{ daN}$$

$$T_{yy_3a} := T_{MAX_y} + 2 \cdot T_{II_110}$$

$$T_{yy_{3a}} = 1336.914 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido al desequilibrio vertical, al tiro máximo y a la tracción de los restantes conductores es:

$$M_f := \sqrt{T_{xx_{3a}}^2 + T_{yy_{3a}}^2} \cdot H_L$$

$$M_f = 21270.171 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := (T_{II_{110}} + T_{MAX_y}) \cdot \frac{L_M}{2}$$

$$M_T = 1158.659 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot (M_f + \sqrt{M_f^2 + M_T^2})$$

$$M_C = 21285.9 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{3a}} := \frac{M_C}{H_L} = 1892.08 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

c. Peso propio y cargas verticales.

Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior. No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase "C"

$$T_{MAX_x} := \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \cos(0^\circ) - \frac{2}{3} \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \cos(0^\circ)$$

$$T_{MAX_x} = 148.546 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_x}$$

$$T_{xx_{3c}} = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := \sigma_{II} \cdot S_C + \frac{2}{3} \sigma_{II} \cdot S_C$$

$$T_{MAX_y} = 742.73 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_x}$$

$$T_{yy_{3c}} = 445.638 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima

$$T_{max_{3c}} := \sqrt{T_{xx_{3c}}^2 + T_{yy_{3c}}^2}$$

$$T_{max_{3c}} = 630.227 \text{ daN}$$

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1.2$$

$$S_u := T_{max_{3a}} = 1892.08 \text{ daN}$$

$$R_C := 8 \cdot 650 \text{ daN} \quad \varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 2270.5 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 4420 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condición de Servicialidad

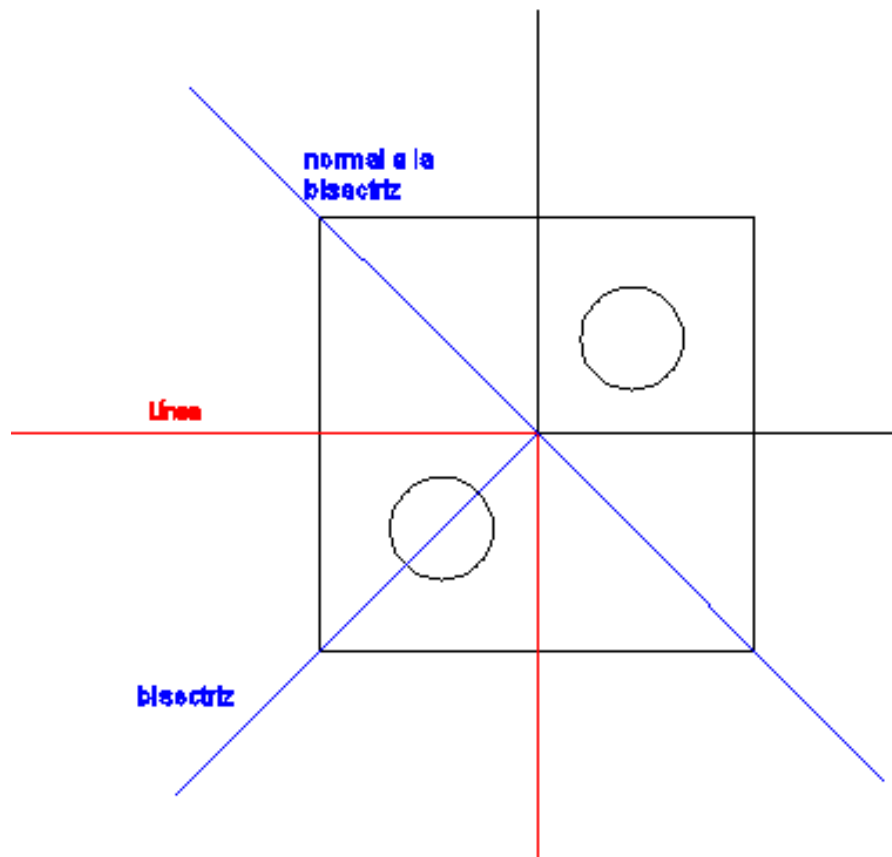
$$T_{perm} := 3 \cdot 2 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 1744.2 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 2080 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación de cada poste es: 12,5 R 650

Cálculo de retención angular 90° "RA" (poste doble)



Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$ Sección total del conductor

$d_C := 9.3 \text{ mm}$ Diámetro del conductor

$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$ Peso del conductor

$f_C := 1.076 \text{ m}$ Flecha máxima del conductor

$a := 110 \text{ m}$ Vano del conductor

$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$ Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde a las solicitaciones máximas.

$H_P := 10 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 9 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 260 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 410 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 395 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1928 \text{ daN}$	Peso del poste
$R_C := 650 \text{ daN}$	Carga de rotura

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Viento máximo.
$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p := 0.72$	Factor del terreno.
$F_C := 1$	Factor de carga.

$G_W := 1$ Factor de ráfaga.

$C_F := 1$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección a la bisectriz del ángulo de desvío.

$\psi_C := 45^\circ$ Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.

$A_C := a \cdot d_C = 1.023 \text{ m}^2$ Área proyectada del conductor.

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C) = 19.912 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.481 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada de la ménsula.}$$

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M = 18.724 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$C_{FC} := 0.9$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$$A_P := \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{BP}) \cdot H_L}{4} = 2.093 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 73.311 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{III_{110}} \cdot \sin(45^\circ) + T_{III_{110}} \cdot \sin(45^\circ) = 597.266 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{110}} \cdot \cos(45^\circ) - T_{III_{110}} \cdot \cos(45^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(3 \cdot R_{TC_y} + 3 \cdot f_C + f_P + f_M) \cdot H_L}{H_L} = 1943.57 \text{ daN}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 1943.57 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFx_{1a}} := -\sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) + \sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) = 0 \text{ daN}$$

$$T_{VFx_{1a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1a}} := \sqrt{T_{VFy_{1a}}^2 + T_{VFx_{1a}}^2} \quad T_{max_{1a}} = 1943.57 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} \cdot \sin(45^\circ) + T_{II_{110}} \cdot \sin(45^\circ) = 630.227 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{H_{110}} \cdot \cos(45^\circ) - T_{H_{110}} \cdot \cos(45^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fy_{2a}} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fy_{2a}} = 1890.682 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_{2a}} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fx_{2a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{2a}} := \sqrt{T_{Fy_{2a}}^2 + T_{Fx_{2a}}^2}$$

$$T_{max_{2a}} = 1890.68 \text{ daN}$$

b. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5. Carga unilateral de todos los conductores, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

Los esfuerzos en el eje YY se dividen por 8 y los esfuerzos en el eje XX se dividen por 2 porque la estructura es doble.

Carga unilateral.

La tensión del estado V para un vano de 110 m es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_V := \sigma_V \cdot S_C = 290.7 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \cos(45^\circ) = 925.002 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \sin(45^\circ) = 925.002 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2b} := \sqrt{T_{xx_2b}^2 + T_{yy_2b}^2} = 1308.2 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores. No se considera la carga de viento.

Las acciones a considerar son:

Cargas verticales permanentes.

Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := T_{II_110} \cdot \sin(45^\circ) = 315.1 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_x} := T_{II_110} \cdot \cos(45^\circ) = 315.1 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{xx_3a} := T_{MAX_x} + 2 \cdot T_{II_110}$$

$$T_{xx_3a} = 1206.39 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{3a}} := T_{MAX_y} + 2 \cdot T_{II_{110}}$$

$$T_{yy_{3a}} = 1206.39 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido al desequilibrio vertical, al tiro máximo y a la tracción de los restantes conductores es:

$$M_f := \sqrt{T_{xx_{3a}}^2 + T_{yy_{3a}}^2} \cdot H_L$$

$$M_f = 15354.833 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := (T_{II_{110}} - T_{MAX_y}) \cdot \frac{L_M}{2}$$

$$M_T = 169.682 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot (M_f + \sqrt{M_f^2 + M_T^2})$$

$$M_C = 15355.3 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{3a}} := \frac{M_C}{H_L} = 1706.14 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

c. Peso propio y cargas verticales.

Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior. No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase "C"

$$T_{MAX_x} := \sigma_H \cdot S_C \cdot \cos(0^\circ) + \frac{2}{3} \sigma_H \cdot S_C \cdot \cos(90^\circ)$$

$$T_{MAX_x} = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_x}$$

$$T_{xx_{3c}} = 1336.914 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \sin(0^\circ) - \frac{2}{3} \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \sin(90^\circ)$$

$$T_{MAX_y} = -297.092 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_y}$$

$$T_{yy_{3c}} = -891.276 \text{ daN}$$

Tiro maximo en la cima

$$T_{max_{3c}} := \sqrt{T_{xx_{3c}}^2 + T_{yy_{3c}}^2}$$

$$T_{max_{3c}} = 1606.771 \text{ daN}$$

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1.2$$

$$S_u := T_{max_{3a}} = 1706.14 \text{ daN}$$

$$R_C := 8 \cdot 650 \text{ daN} \quad \varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 2047.37 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 4420 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condicion de Servicialidad

$$T_{perm} := 3 \cdot 2 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 1744.2 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 2080 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación de cada poste es: 10 R 650

Cálculo de retención angular 60° "RA+0,5"(poste doble)

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.076 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a_a := 50 \text{ m}$	Vano del conductor anterior
$a_p := 100 \text{ m}$	Vano del conductor posterior
$G_C := \left(\frac{a_a}{2} + \frac{a_p}{2} \right) \cdot P_C = 10.5 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 262 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde alas solicitudes máximas.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 170 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 357.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 338.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1906 \text{ daN}$	Peso del poste

$$R_C := 650 \text{ daN}$$

Carga de rotura

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Viento máximo.

$$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Factor que depende de la densidad del aire.

$$Z_p := 0.72$$

Factor del terreno.

$$F_C := 1$$

Factor de carga.

$$G_W := 1$$

Factor de ráfaga.

$$C_F := 1$$

Coefficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección a la bisectriz del ángulo de desvío.

$$\psi_C := 30^\circ$$

Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.

$$A_C := \left(\frac{a_a}{2} + \frac{a_p}{2} \right) \cdot d_C = 0.698 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del conductor.}$$

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot \cdot = 20.364 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.481 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada de la ménsula.}$$

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M \cdot \cdot = 18.724 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los dos postes.

$C_{FC} := 0.9$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$$A_P := H_L \cdot \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{emp})}{4} = 1.909 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 66.882 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado III para un vano de 50 m es:

$$\sigma_{III} := 6.679 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{50}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 340.629 \text{ daN}$$

La tensión del estado III para un vano de 100 m es:

$$\sigma_{III} := 8.023 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{100}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 409.173 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{III_{50}} \cdot \sin(30^\circ) + T_{III_{100}} \cdot \sin(30^\circ) = 374.901 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{100}} \cdot \cos(30^\circ) - T_{III_{50}} \cdot \cos(30^\circ) = 59.361 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L) + (3 \cdot f_C + f_M) \cdot (H_L) + f_P \cdot (H_L)}{H_L}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 1271.401 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_1a} := (R_{TC_x}) \cdot 3$$

$$T_{Fx_1a} = 178.083 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_1a} := \sqrt{(T_{VFy_1a})^2 + (T_{Fx_1a})^2} \quad T_{max_1a} = 1283.81 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 50 m es:

$$\sigma_{II} := 9.027 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_50} := \sigma_{II} \cdot S_C = 460.377 \text{ daN}$$

La tensión del estado II para un vano de 100 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_100} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_100} \cdot \sin(30^\circ) + T_{II_50} \cdot \sin(30^\circ) = 453.008 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{II_100} \cdot \cos(30^\circ) - T_{II_50} \cdot \cos(30^\circ) = -12.764 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fy_2a} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fy_2a} = 1359.023 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_2a} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fx_2a} = -38.293 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2a} := \sqrt{(T_{Fy_2a})^2 + (T_{Fx_2a})^2}$$

$$T_{max_2a} = 1359.56 \text{ daN}$$

b. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5. Carga unilateral de todos los conductores, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

Carga unilateral.

La tensión del estado V para un vano de 100 m es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_V := \sigma_V \cdot S_C = 290.7 \text{ daN}$$

$$T_{xx_2b} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \cos(30^\circ) = 1132.891 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \sin(30^\circ) = 654.075 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{2b}} := \sqrt{T_{xx_{2b}}^2 + T_{yy_{2b}}^2} = 1308.2 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores. No se considera la carga de viento.

Las acciones a considerar son:

Cargas verticales permanentes.

Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

La tensión del estado II para un vano de 50 m es:

$$\sigma_{II} := 9.027 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{50}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 460.377 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := T_{II_{50}} \cdot \sin(30^\circ) = 230.2 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_x} := T_{II_{50}} \cdot \cos(30^\circ) = 398.7 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores.

La tensión del estado II para un vano de 50 m es:

$$\sigma_{II50} := 9.027 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{50}} := \sigma_{II50} \cdot S_C = 460.377 \text{ daN}$$

La tensión del estado II para un vano de 100 m es:

$$\sigma_{II} := 8.799 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{100}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 448.749 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{100}} \cdot \sin(30^\circ) + T_{II_{50}} \cdot \sin(30^\circ) = 454.6 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{II_{100}} \cdot \cos(30^\circ) - T_{II_{50}} \cdot \cos(30^\circ) = -10.1 \text{ daN}$$

$$T_{xx} := T_{MAX_x} + 2 \cdot T_{II_{50}} = 1319.452 \text{ daN}$$

$$T_{yy} := T_{MAX_y} + 2 \cdot T_{II_{50}} = 1150.943 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido al desequilibrio vertical, al tiro máximo y a la tracción de los restantes conductores es:

$$M_F := \sqrt{T_{xx}^2 + T_{yy}^2} \cdot H_L = 19697.535 \text{ daN} \cdot m$$

$$M_t := (T_{yy} - T_{MAX_y}) \cdot \frac{L_M}{2} = 1196.98 \text{ daN} \cdot m$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{3a}} := \frac{0.5 \cdot (M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2})}{H_L} = 1752.507 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

c. Peso propio y cargas verticales.

Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior. No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase "C"

$$T_{MAX_x} := T_{II_{100}} \cdot \cos(30^\circ) - \frac{2}{3} \cdot T_{II_{50}} \cdot \cos(30^\circ)$$

$$T_{MAX_x} = 122.829 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_x}$$

$$T_{xx_{3c}} = 368.488 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := T_{II_{100}} \cdot \sin(30^\circ) + \frac{2}{3} T_{II_{50}} \cdot \sin(30^\circ)$$

$$T_{MAX_y} = 377.834 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_y}$$

$$T_{yy_{3c}} = 1133.501 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima

$$T_{max_{3c}} := \sqrt{T_{xx_{3c}}^2 + T_{yy_{3c}}^2}$$

$$T_{max_{3c}} = 1191.892 \text{ daN}$$

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1.2$$

$$S_u := T_{max_{3a}} = 1752.51 \text{ daN}$$

$$R_C := 8 \cdot 650 \text{ daN} \quad \varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 2103.01 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 4420 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condición de Servicialidad

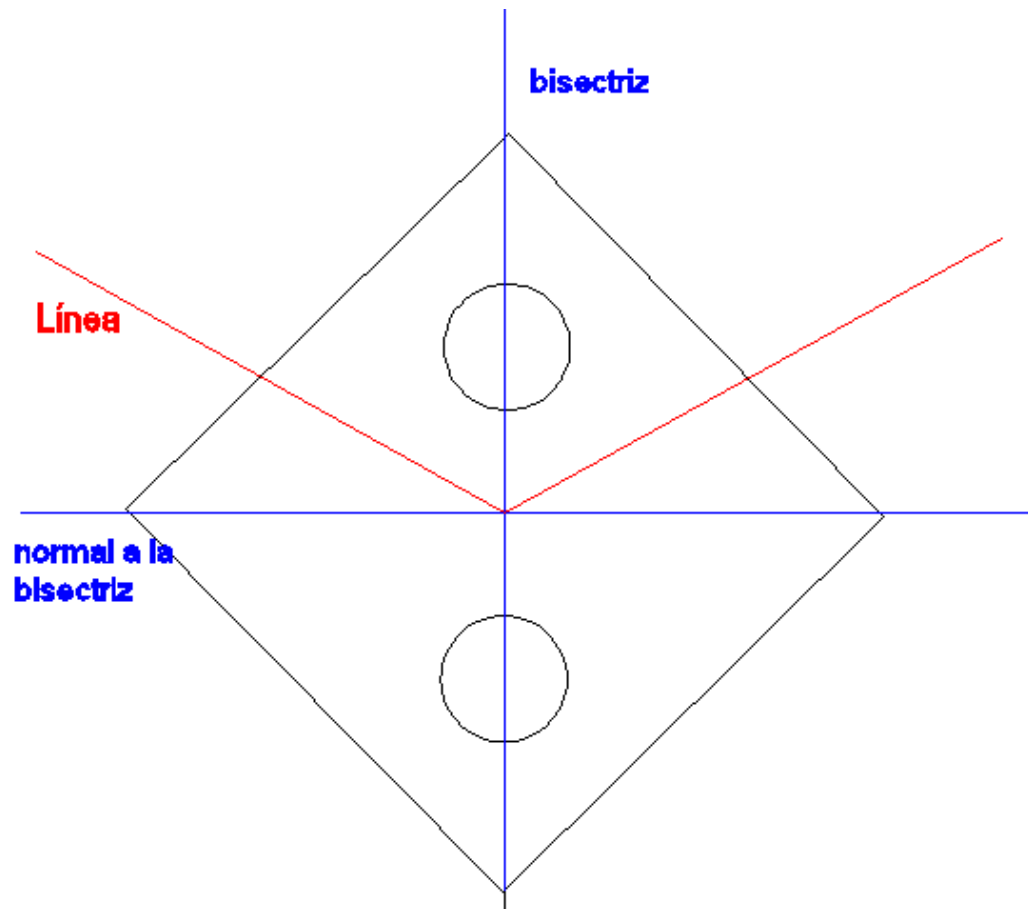
$$T_{perm} := 3 \cdot 2 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 1744.2 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 2080 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación de cada poste es: 12,5 R 650

Cálculo de retención angular 58° "RA" (poste doble)



Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.076 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde a las solicitaciones máximas.

$H_P := 10 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 9 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 170 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 320 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 305 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 874 \text{ daN}$	Peso del poste
$R_C := 650 \text{ daN}$	Carga de rotura

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Viento máximo.
$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p := 0.72$	Factor del terreno.
$F_C := 1$	Factor de carga.

$G_W := 1$ Factor de ráfaga.

$C_F := 1$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección a la bisectriz del ángulo de desvío.

$\psi_C := 29^\circ$ Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.

$A_C := a \cdot d_C = 1.023 \text{ m}^2$ Área proyectada del conductor.

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot \cdot = 30.463 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.481 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada de la ménsula.}$$

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M \cdot \cdot = 18.724 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$C_{FC} := 0.9$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$$A_P := \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{BP}) \cdot H_L}{4} = 1.485 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot \cdot = 52.027 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{III_{110}} \cdot \sin(29^\circ) + T_{III_{110}} \cdot \sin(29^\circ) = 409.5 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{110}} \cdot \cos(29^\circ) - T_{III_{110}} \cdot \cos(29^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(3 \cdot R_{TC_y} + 3 \cdot f_C + f_P + f_M) \cdot H_L}{H_L} = 1390.64 \text{ daN}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 1390.64 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFx_{1a}} := -\sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) + \sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) = 0 \text{ daN}$$

$$T_{VFx_{1a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1a}} := \sqrt{T_{VFy_{1a}}^2 + T_{VFx_{1a}}^2} \quad T_{max_{1a}} = 1390.64 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} \cdot \sin(29^\circ) + T_{II_{110}} \cdot \sin(29^\circ) = 432.099 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{H_{110}} \cdot \cos(29^\circ) - T_{H_{110}} \cdot \cos(29^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fy_{2a}} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fy_{2a}} = 1296.298 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_{2a}} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fx_{2a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{2a}} := \sqrt{T_{Fy_{2a}}^2 + T_{Fx_{2a}}^2}$$

$$T_{max_{2a}} = 1296.3 \text{ daN}$$

b. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5. Carga unilateral de todos los conductores, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

Los esfuerzos en el eje YY se dividen por 8 y los esfuerzos en el eje XX se dividen por 2 porque la estructura es doble.

Carga unilateral.

La tensión del estado V para un vano de 110 m es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_V := \sigma_V \cdot S_C = 290.7 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \cos(29^\circ) = 1144.134 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \sin(29^\circ) = 634.204 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2b} := \sqrt{T_{xx_2b}^2 + T_{yy_2b}^2} = 1308.2 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores. No se considera la carga de viento.

Las acciones a considerar son:

Cargas verticales permanentes.

Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := T_{II_110} \cdot \sin(29^\circ) = 216 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_x} := T_{II_110} \cdot \cos(29^\circ) = 389.8 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{xx_3a} := T_{MAX_x} + 2 \cdot T_{II_110}$$

$$T_{xx_3a} = 1281.04 \text{ daN}$$

- - - - -

$$T_{yy_{3a}} := T_{MAX_y} + 2 \cdot T_{II_{110}}$$

$$T_{yy_{3a}} = 1107.326 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido al desequilibrio vertical, al tiro máximo y a la tracción de los restantes conductores es:

$$M_f := \sqrt{T_{xx_{3a}}^2 + T_{yy_{3a}}^2} \cdot H_L$$

$$M_f = 15239.615 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := (T_{II_{110}} + T_{MAX_y}) \cdot \frac{L_M}{2}$$

$$M_T = 860.194 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot (M_f + \sqrt{M_f^2 + M_T^2})$$

$$M_C = 15251.7 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{3a}} := \frac{M_C}{H_L} = 1694.64 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

c. Peso propio y cargas verticales.

Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior. No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase "C"

$$T_{MAX_x} := \sigma_H \cdot S_C \cdot \cos(29^\circ) - \frac{2}{3} \sigma_H \cdot S_C \cdot \cos(29^\circ)$$

$$T_{MAX_x} = 129.921 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_x}$$

$$T_{xx_{3c}} = 389.764 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \sin(29^\circ) + \frac{2}{3} \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \sin(29^\circ)$$

$$T_{MAX_y} = 360.083 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_y}$$

$$T_{yy_{3c}} = 1080.248 \text{ daN}$$

Tiro maximo en la cima

$$T_{max_{3c}} := \sqrt{T_{xx_{3c}}^2 + T_{yy_{3c}}^2}$$

$$T_{max_{3c}} = 1148.413 \text{ daN}$$

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1.2$$

$$S_u := T_{max_{3a}} = 1694.64 \text{ daN}$$

$$R_C := 8 \cdot 650 \text{ daN} \quad \varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 2033.57 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 4420 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condicion de Servicialidad

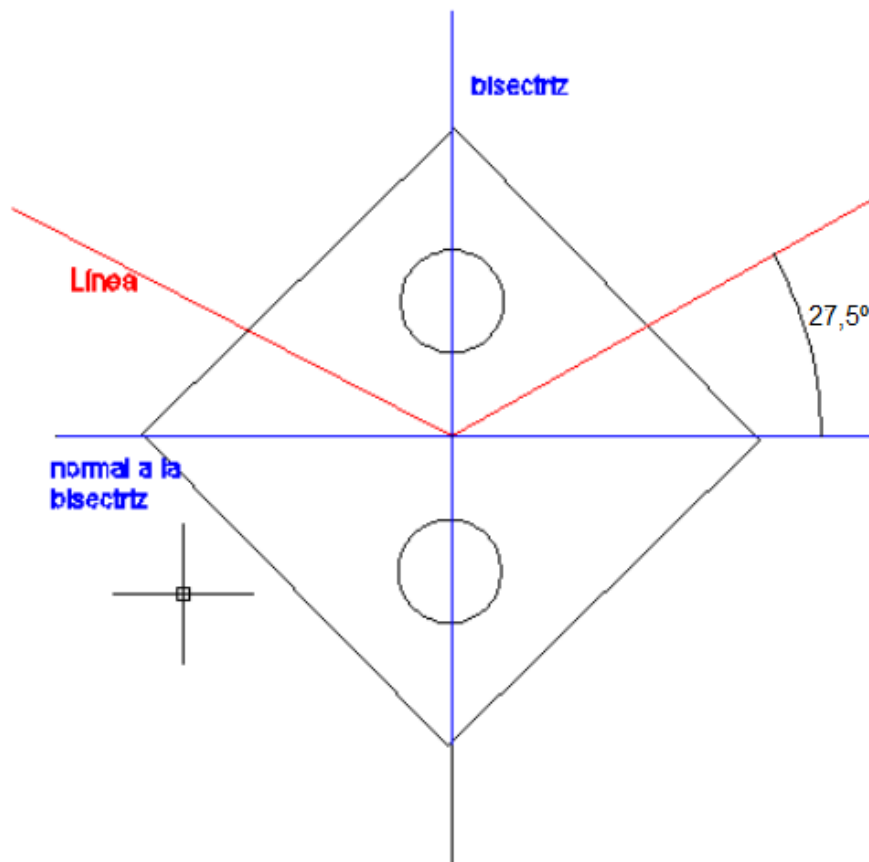
$$T_{perm} := 3 \cdot 2 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 1744.2 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 2080 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación de cada poste es: 12,5 R 650

Cálculo de retención angular 55° "RA+0,5"(poste doble)



Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$ Sección total del conductor

$d_C := 9.3 \text{ mm}$ Diámetro del conductor

$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$ Peso del conductor

$f_C := 1.076 \text{ m}$ Flecha máxima del conductor

$a := 110 \text{ m}$ Vano del conductor

$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$ Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde a las solicitaciones máximas.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 170 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 357.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 338.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1906 \text{ daN}$	Peso del poste
$R_C := 650 \text{ daN}$	Carga de rotura

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Viento máximo.
$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p := 0.72$	Factor del terreno.
$F_C := 1$	Factor de carga.

$G_W := 1$ Factor de ráfaga.

$C_F := 1$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección a la bisectriz del ángulo de desvío.

$\psi_C := 27.5^\circ$ Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.

$A_C := a \cdot d_C = 1.023 \text{ m}^2$ Área proyectada del conductor.

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C) = 31.332 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.481 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada de la ménsula.}$$

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M = 18.724 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$C_{FC} := 0.9$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$$A_P := \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{BP}) \cdot H_L}{4} = 1.962 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 68.729 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{III_{110}} \cdot \sin(27.5^\circ) + T_{III_{110}} \cdot \sin(27.5^\circ) = 390.022 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{110}} \cdot \cos(27.5^\circ) - T_{III_{110}} \cdot \cos(27.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(3 \cdot R_{TC_y} + 3 \cdot f_C + f_P + f_M) \cdot H_L}{H_L} = 1351.52 \text{ daN}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 1351.52 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFx_{1a}} := -\sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) + \sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) = 0 \text{ daN}$$

$$T_{VFx_{1a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1a}} := \sqrt{T_{VFy_{1a}}^2 + T_{VFx_{1a}}^2} \quad T_{max_{1a}} = 1351.52 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} \cdot \sin(27.5^\circ) + T_{II_{110}} \cdot \sin(27.5^\circ) = 411.545 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{H_{110}} \cdot \cos(27.5^\circ) - T_{H_{110}} \cdot \cos(27.5^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fy_{2a}} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fy_{2a}} = 1234.636 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_{2a}} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fx_{2a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{2a}} := \sqrt{T_{Fy_{2a}}^2 + T_{Fx_{2a}}^2}$$

$$T_{max_{2a}} = 1234.64 \text{ daN}$$

b. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5. Carga unilateral de todos los conductores, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

Carga unilateral.

La tensión del estado V para un vano de 110 m es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_V := \sigma_V \cdot S_C = 290.7 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \cos(27.5^\circ) = 1160.343 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \sin(27.5^\circ) = 604.036 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2b} := \sqrt{T_{xx_2b}^2 + T_{yy_2b}^2} = 1308.2 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores. No se considera la carga de viento.

Las acciones a considerar son:

Cargas verticales permanentes.

Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := T_{II_110} \cdot \sin(27.5^\circ) = 205.8 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_x} := T_{II_110} \cdot \cos(27.5^\circ) = 395.3 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{xx_3a} := T_{MAX_x} + 2 \cdot T_{II_110}$$

$$T_{xx_3a} = 1286.562 \text{ daN}$$

- - - - -

$$T_{yy_{3a}} := T_{MAX_y} + 2 \cdot T_{II_{110}}$$

$$T_{yy_{3a}} = 1097.049 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido al desequilibrio vertical, al tiro máximo y a la tracción de los restantes conductores es:

$$M_f := \sqrt{T_{xx_{3a}}^2 + T_{yy_{3a}}^2} \cdot H_L$$

$$M_f = 19021.342 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := (T_{II_{110}} - T_{MAX_y}) \cdot \frac{L_M}{2}$$

$$M_T = 311.825 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot (M_f + \sqrt{M_f^2 + M_T^2})$$

$$M_C = 19022.6 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{3a}} := \frac{M_C}{H_L} = 1690.9 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

c. **Peso propio y cargas verticales.**

Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior. No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase "C"

$$T_{MAX_x} := \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \cos(27.5^\circ) - \frac{2}{3} \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \cos(27.5^\circ)$$

$$T_{MAX_x} = 131.762 \text{ daN}$$

$$T_{xx_3c} := 3 \cdot T_{MAX_x}$$

$$T_{xx_3c} = 395.286 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \sin(27.5^\circ) + \frac{2}{3} \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \sin(27.5^\circ)$$

$$T_{MAX_y} = 342.955 \text{ daN}$$

$$T_{yy_3c} := 3 \cdot T_{MAX_y}$$

$$T_{yy_3c} = 1028.864 \text{ daN}$$

Tiro maximo en la cima

$$T_{max_3c} := \sqrt{T_{xx_3c}^2 + T_{yy_3c}^2}$$

$$T_{max_3c} = 1102.185 \text{ daN}$$

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1.2$$

$$S_u := T_{max_3a} = 1690.9 \text{ daN}$$

$$R_C := 8 \cdot 650 \text{ daN} \quad \varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 2029.08 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 4420 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condicion de Servicialidad

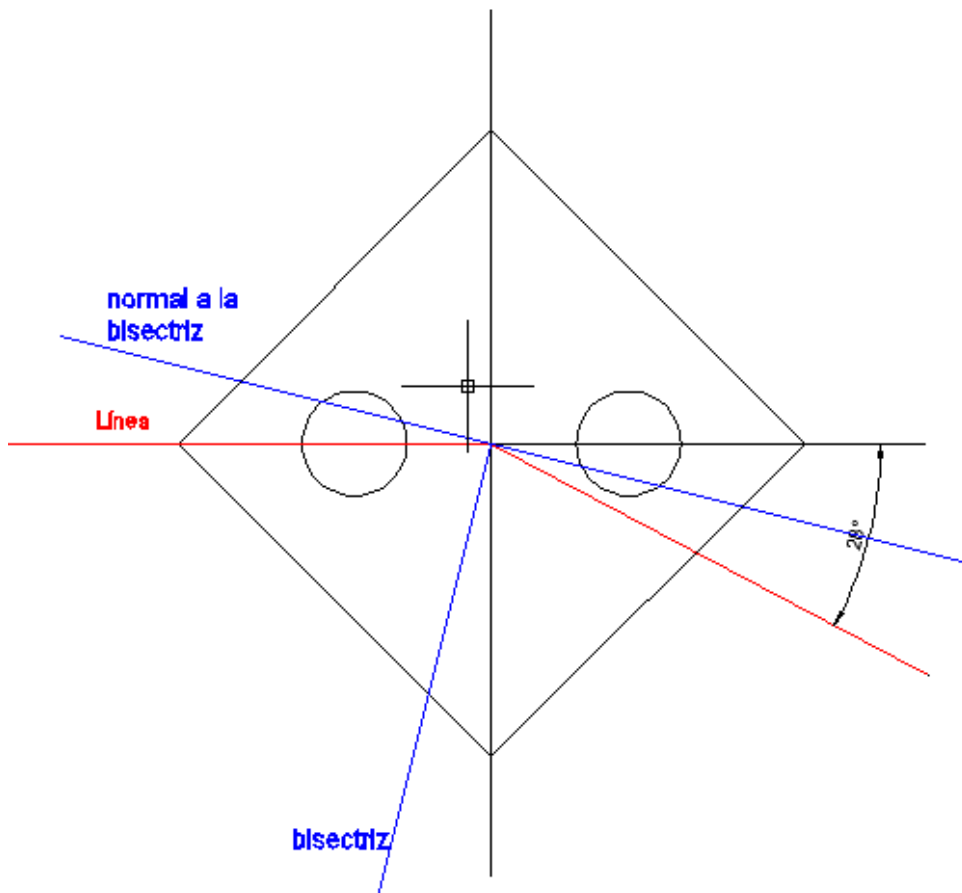
$$T_{perm} := 3 \cdot 2 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 1744.2 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 2080 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación de cada poste es: 12,5 R 650

Cálculo de retención angular 28° "RA" (poste doble)



Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.076 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde a las solicitaciones máximas.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 170 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 357.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 338.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1906 \text{ daN}$	Peso del poste
$R_C := 650 \text{ daN}$	Carga de rotura

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Viento máximo.
$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Factor que depende de la densidad del aire.
$Z_p := 0.72$	Factor del terreno.
$F_C := 1$	Factor de carga.

$G_W := 1$ Factor de ráfaga.

$C_F := 1$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección a la bisectriz del ángulo de desvío.

$\psi_C := 14^\circ$ Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.

$A_C := a \cdot d_C = 1.023 \text{ m}^2$ Área proyectada del conductor.

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 = 37.493 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.481 \text{ m}^2$ Área proyectada de la ménsula.

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M = 18.724 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$C_{FC} := 0.9$ Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.

$A_P := \frac{(2 \cdot d_{CP} + d_{BP}) \cdot H_L}{4} = 1.962 \text{ m}^2$ Área proyectada del poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 68.729 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{III_{110}} \cdot \sin(14^\circ) + T_{III_{110}} \cdot \sin(14^\circ) = 204.342 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{110}} \cdot \cos(14^\circ) - T_{III_{110}} \cdot \cos(14^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (carga del viento y Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFy_{1a}} := \frac{(3 \cdot R_{TC_y} + 3 \cdot f_C + f_P + f_M) \cdot H_L}{H_L} = 812.96 \text{ daN}$$

$$T_{VFy_{1a}} = 812.96 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{VFx_{1a}} := -\sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) + \sigma_{III} \cdot S_C \cdot \sin(\psi_C) = 0 \text{ daN}$$

$$T_{VFx_{1a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1a}} := \sqrt{T_{VFy_{1a}}^2 + T_{VFx_{1a}}^2} \quad T_{max_{1a}} = 812.96 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores debido al desvío.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} \cdot \sin(14^\circ) + T_{II_{110}} \cdot \sin(14^\circ) = 215.619 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{H_{110}} \cdot \cos(14^\circ) - T_{H_{110}} \cdot \cos(14^\circ) = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fy_{2a}} := \frac{(R_{TC_y}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fy_{2a}} = 646.858 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_{2a}} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fx_{2a}} = 0 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{2a}} := \sqrt{T_{Fy_{2a}}^2 + T_{Fx_{2a}}^2}$$

$$T_{max_{2a}} = 646.86 \text{ daN}$$

b. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5. Carga unilateral de todos los conductores, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

Los esfuerzos en el eje YY se dividen por 8 y los esfuerzos en el eje XX se dividen por 2 porque la estructura es doble.

Carga unilateral.

La tensión del estado V para un vano de 110 m es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_V := \sigma_V \cdot S_C = 290.7 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \cos(14^\circ) = 1269.292 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{2b}} := 3 \cdot 1.5 \cdot T_V \cdot \sin(14^\circ) = 316.47 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2b} := \sqrt{T_{xx_2b}^2 + T_{yy_2b}^2} = 1308.2 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores. No se considera la carga de viento.

Las acciones a considerar son:

Cargas verticales permanentes.

Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := T_{II_110} \cdot \sin(14^\circ) = 107.8 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_x} := T_{II_110} \cdot \cos(14^\circ) = 432.4 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

$$T_{xx_3a} := T_{MAX_x} + 2 \cdot T_{II_110}$$

$$T_{xx_3a} = 1323.677 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{3a}} := T_{MAX_y} + 2 \cdot T_{II_{110}}$$

$$T_{yy_{3a}} = 999.086 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido al desequilibrio vertical, al tiro máximo y a la tracción de los restantes conductores es:

$$M_f := \sqrt{T_{xx_{3a}}^2 + T_{yy_{3a}}^2} \cdot H_L$$

$$M_f = 18657.004 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := (T_{II_{110}} - T_{MAX_y}) \cdot \frac{L_M}{2}$$

$$M_T = 439.177 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot (M_f + \sqrt{M_f^2 + M_T^2})$$

$$M_C = 18659.6 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{3a}} := \frac{M_C}{H_L} = 1658.63 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

c. Peso propio y cargas verticales.

Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior. No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase "C"

$$T_{MAX_x} := \sigma_H \cdot S_C - \frac{2}{3} \sigma_H \cdot S_C \cdot \cos(28^\circ)$$

$$T_{MAX_x} = 183.321 \text{ daN}$$

$$T_{xx_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_x}$$

$$T_{xx_{3c}} = 549.964 \text{ daN}$$

$$T_{MAX_y} := \frac{2}{3} \sigma_{II} \cdot S_C \cdot \sin(28^\circ)$$

$$T_{MAX_y} = 139.476 \text{ daN}$$

$$T_{yy_{3c}} := 3 \cdot T_{MAX_y}$$

$$T_{yy_{3c}} = 418.429 \text{ daN}$$

Tiro maximo en la cima

$$T_{max_{3c}} := \sqrt{T_{xx_{3c}}^2 + T_{yy_{3c}}^2}$$

$$T_{max_{3c}} = 691.045 \text{ daN}$$

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1.2$$

$$S_u := T_{max_{3a}} = 1658.63 \text{ daN}$$

$$R_C := 8 \cdot 650 \text{ daN} \quad \varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 1990.36 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 4420 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condicion de Servicialidad

$$T_{perm} := 3 \cdot 2 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 1744.2 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 2080 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación de cada poste es: 12,5 R 650

Retención simple "R+0,5"

Datos del conductor (50mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.547 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a_a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor anterior
$a_p := 125 \text{ m}$	Vano del conductor posterior
$G_C := \left(\frac{a_a}{2} + \frac{a_p}{2} \right) \cdot P_C = 16.45 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos del aislador polimérico.

$L_A := 374 \text{ mm}$	Longitud del aislador
$d_{Ai} := 30 \text{ mm}$	Diámetro del núcleo
$d_{Ae} := 91 \text{ mm}$	Diámetro exterior del aislador
$\gamma_A := 0^\circ$	Ángulo sobre la horizontal
$G_A := 0.98 \text{ daN}$	Peso del aislador

Datos del poste.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde a las sollicitaciones máximas.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 260 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 447.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 428.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste

$G_P := 1928 \text{ daN}$ **Peso del poste**

$R_C := 2200 \text{ daN}$ **Carga de rotura**

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.44 \text{ m}$ **Longitud de la ménsula**

$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$ **Alto inferior de la ménsula**

$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$ **Alto superior de la ménsula**

$G_M := 190 \text{ daN}$ **Peso de la ménsula**

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ **Viento máximo.**

$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ **Factor que depende de la densidad del aire.**

$Z_p := 0.72$ **Factor del terreno.**

$F_C := 1$ **Factor de carga.**

$G_W := 1$ **Factor de ráfaga.**

$C_F := 1$ **Coefficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.**

Fuerza del viento sobre el conductor.

$\psi_C := 0^\circ$ **Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.**

$A_C := \left(\frac{a_a}{2} + \frac{a_p}{2} \right) \cdot d_C = 1.093 \text{ m}^2$ **Área proyectada del conductor.**

$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot \dots = 42.5 \text{ daN}$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.451 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada de la ménsula.}$$

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M = 17.572 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$C_{FC} := 0.9 \quad \text{Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.}$$

$$A_P := H_L \cdot \frac{2 \cdot d_{CP} + d_{BP}}{6} = 1.814 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 63.556 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

La tensión del estado III para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{III} := 8.281 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{110}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 422.331 \text{ daN}$$

La tensión del estado III para un vano de 125 m es:

$$\sigma_{III} := 8.656 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{III_{125}} := \sigma_{III} \cdot S_C = 441.456 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{III_{110}} \cdot \sin(0^\circ) + T_{III_{125}} \cdot \sin(0^\circ) = 0 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{III_{110}} \cdot \cos(0^\circ) - T_{III_{125}} \cdot \cos(0^\circ) = -19.125 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX reducidos a la cima.

$$T_{xx_1a} := \frac{(3 \cdot f_C + f_M + f_P)}{H_L} \cdot H_L = 208.744 \text{ daN}$$

$$T_{max_1a} := 358.398 \text{ daN}$$

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

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea.

$$\psi_C := 90^\circ \quad \text{Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.}$$

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot . = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M \cdot . = 17.572 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot . = 63.556 \text{ daN}$$

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

$$R_{TC_y} = 0 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} = -19.125 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY reducidos a la cima.

$$T_{yy_1b} := \frac{(3 \cdot f_C + f_M + f_P)}{H_L} \cdot H_L = 81.128 \text{ daN}$$

$$T_{max_1b} := 230.782 \text{ daN}$$

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

Fuerza del viento sobre el conductor a 30°.

$\psi_C := 30^\circ$ **Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.**

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C) = 31.904 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el aislador.

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M = 17.572 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P = 63.556 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M = 17.572 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX reducidos a la cima.

$$T_{xx_{1c}} := (3 \cdot f_C + f_P + f_M) \cdot \cos(30^\circ) = 153.148 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección YY reducidos a la cima.

$$T_{yy_{1c}} := (3 \cdot f_C + f_P + f_M) \cdot \sin(30^\circ) = 88.42 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1c}} := \sqrt{T_{xx_{1c}}^2 + T_{yy_{1c}}^2} = 176.84 \text{ daN}$$

d. No se considera hielo.

e. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{110}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

La tensión del estado II para un vano de 125 m es:

$$\sigma_{II} := 8.656 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_{125}} := \sigma_{II} \cdot S_C = 441.456 \text{ daN}$$

$$R_{TC_y} := T_{II_{110}} \cdot \sin(0^\circ) + T_{II_{125}} \cdot \sin(0^\circ) = 0 \text{ daN}$$

$$R_{TC_x} := T_{II_{110}} \cdot \cos(0^\circ) - T_{II_{125}} \cdot \cos(0^\circ) = 4.182 \text{ daN}$$

Sumatoria de esfuerzos en dirección XX (Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores).

$$T_{Fx_{1e}} := \frac{(R_{TC_x}) \cdot (3 \cdot H_L)}{H_L}$$

$$T_{Fx_{1e}} = 12.546 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1e}} := 12.546 \text{ daN}$$

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

Como las cargas que se presentan en esta hipótesis no supera a las que se presentan en las otras, esta no se considera.

b. Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5. Carga unilateral de todos los conductores, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

Carga unilateral.

La tensión del estado V para cualquier vano es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{yy_2b} := 3 \cdot 1.5 \cdot \sigma_V \cdot S_C = 1308.15 \text{ daN}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_2b} := 1308.15 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores. No se considera la carga de viento.

Los esfuerzos en el eje YY se dividen por 2 y los esfuerzos en el eje XX se dividen por 8 porque la estructura es doble.

Las acciones a considerar son:

Cargas verticales permanentes.

Tiro máximo unilateral.

La rotura más desfavorable es la rotura del conductor más alto.

La tensión del estado II para un vano de 125 m es:

$$\sigma_{II} := 8.656 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_125} := \sigma_{II} \cdot S_C = 441.456 \text{ daN}$$

La tensión del estado II para un vano de 110 m es:

$$\sigma_{II} := 8.738 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II_110} := \sigma_{II} \cdot S_C = 445.638 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido a tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_{F1} := T_{II_{125}} \cdot H_L + T_{II_{110}} \cdot H_L = 9979.8 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido tiro máximo y a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := (T_{II_{125}} + T_{II_{110}}) \cdot (L_M) = 2164.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot (M_{F1} + \sqrt{M_{F1}^2 + M_T^2})$$

$$M_C = 10095.8 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{3a}} := \frac{M_C}{H_L} = 897.41 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

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

$$T_{yy_{3c}} := 3 \cdot \sigma_{II} \cdot \frac{2}{3} \cdot S_C = 891.276 \text{ daN}$$

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1.2$$

$$S_u := T_{max_{2b}} = 1308.15 \text{ daN}$$

$$\varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a flexotorsión}$$

$$R_C := 2200 \text{ daN}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 1569.78 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 1870 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condición de Servicialidad

$$T_{perm} := 3 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 872.1 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 880 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación del poste es: 12,5 R 2200 daN

Retención terminal simple "RT+0,5"

Datos del conductor (50mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.547 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a := 125 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 17.5 \text{ daN}$	Peso del conductor.

Datos del aislador polimérico.

$L_A := 374 \text{ mm}$	Longitud del aislador
$d_{Ai} := 30 \text{ mm}$	Diámetro del núcleo
$d_{Ae} := 91 \text{ mm}$	Diámetro exterior del aislador
$\gamma_A := 0^\circ$	Ángulo sobre la horizontal
$G_A := 0.98 \text{ daN}$	Peso del aislador

Datos del poste.

Se selecciona un poste en base a la altura requerida luego de los "cálculos de la distancias eléctricas" y se verifica que responde alas solicitaciones máximas.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 260 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 447.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 428.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1928 \text{ daN}$	Peso del poste

$$R_C := 2200 \text{ daN}$$

Carga de rotura

Datos de la ménsula.

$$L_M := 2.44 \text{ m} \quad \text{Longitud de la ménsula}$$

$$d_{Mi} := 120 \text{ mm} \quad \text{Alto inferior de la ménsula}$$

$$d_{Ms} := 250 \text{ mm} \quad \text{Alto superior de la ménsula}$$

$$G_M := 190 \text{ daN} \quad \text{Peso de la ménsula}$$

1. Cargas de servicio.

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

Fuerza del viento.

$$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Viento máximo.}$$

$$Q := 0.0613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Factor que depende de la densidad del aire.}$$

$$Z_p := 0.72 \quad \text{Factor del terreno.}$$

$$F_C := 1 \quad \text{Factor de carga.}$$

$$G_W := 1 \quad \text{Factor de ráfaga.}$$

$$C_F := 1 \quad \text{Coeficiente de presión dinámica o de forma para el conductor.}$$

Fuerza del viento sobre el conductor en dirección a la bisectriz del ángulo de desvío.

$$\psi_C := 0^\circ \quad \text{Ángulo de incidencia de viento sobre el conductor.}$$

$$A_C := a \cdot d_C = 1.163 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del conductor.}$$

$$f_C := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_C \cdot \cos(\psi_C)^2 \cdot \cdot = 45.254 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el aislador.

$$A_A := L_A \cdot d_{Ai} = 0.011 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del aislador.}$$

$$f_A := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_A \cdot \cdot = 0.437 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula.

$$A_M := L_M \cdot \frac{d_{Mi} + d_{Ms}}{2} = 0.451 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada de la ménsula.}$$

$$f_M := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_F \cdot A_M \cdot \cdot = 17.572 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste.

$$C_{FC} := 0.9 \quad \text{Coeficiente de presión dinámica o de forma para el poste.}$$

$$A_P := H_L \cdot \frac{2 \cdot d_{CP} + d_{BP}}{6} = 1.814 \text{ m}^2 \quad \text{Área proyectada del poste.}$$

$$f_P := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{FC} \cdot A_P \cdot \cdot = 63.556 \text{ daN}$$

Sumatoria de momentos en dirección XX

$$M_{xx_1a} := (f_C \cdot 3 + f_P + f_M + f_A) \cdot H_L = 2444.918 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Sumatoria de momentos en dirección YY

La tensión del estado III para un vano de 125 m es:

$$\sigma_{III} := 8.656 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{yy_1a} := (3 \cdot \sigma_{III} \cdot S_C) \cdot H_L = 14899.14 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_1a} := \frac{\left(\sqrt{(M_{yy_1a})^2 + (M_{xx_1a})^2} \right)}{H_L}$$

$$T_{max_1a} = 1342.081 \text{ daN}$$

b. Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones unilaterales de todos los conductores en el estado de mínima temperatura.

Sumatoria de momentos en dirección YY

La tensión del estado II para un vano de 125 m es:

$$\sigma_{II} := 8.639 \frac{daN}{mm^2}$$

$$M_{yy_{1b}} := (3 \cdot \sigma_{II} \cdot S_C) \cdot H_L = 14869.879 \text{ daN} \cdot m$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_{1b}} := \frac{(M_{yy_{1a}})}{H_L}$$

$$T_{max_{1b}} = 1324.368 \text{ daN}$$

c. No se considera hielo.

2. Cargas de construcción y mantenimiento.

a. Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. Tiro de todos los conductores correspondiente a la tracción de tensado considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento.

La sobrecarga adicional de montaje es:

$$G_{AM} := 100 \text{ daN}$$

Tiro de todos los conductores correspondiente a la tracción de tensado considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5.

La tensión del estado V para un vano de 125 m es:

$$\sigma_V := 5.7 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_V := 3 \cdot \sigma_V \cdot S_C = 872.1 \text{ daN}$$

La tracción de tensado con un factor de carga de 1,5 es:

$$T_{V_{1.5}} := 1.5 \cdot T_V = 1308.15 \text{ daN}$$

$$T_{max_2b} := 1308.15 \text{ daN}$$

3. Cargas de contención de fallas.

a. Peso propio y cargas verticales permanentes. Eliminación de una cualquiera o varias tracciones en el estado de mayor sollicitación. No se considera la carga de viento.

Las acciones a considerar son:

cargas verticales permanentes.

Tiro máximo de los conductores.

La tensión del estado II para un vano de 125 m es:

$$\sigma_{II} := 8.639 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

El tiro para este estado es:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S_C = 440.589 \text{ daN}$$

El momento flector o vuelco debido a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_F := 2 \cdot T_{II} \cdot H_L = 9913.3 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento torsor debido a la tracción de los conductores restantes es:

$$M_T := T_{II} \cdot 1.22 \text{ m} = 537.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento total es:

$$M_C := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_T^2} \right)$$

$$M_C = 9920.534 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro máximo en la cima.

$$T_{max_3a} := \frac{M_C}{H_L} = 881.83 \text{ daN}$$

b. No se considera sismo.

Verificación del poste seleccionado.

$$K_E := 1$$

$$K_C := 1$$

$$S_u := T_{max_1a} = 1342.08 \text{ daN}$$

$$\varphi := 0.85 \quad \text{Estructura dimensionada a Flexocompresión}$$

$$R_C := 2200 \text{ daN}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot S_u = 1342.08 \text{ daN}$$

$$\varphi \cdot R_C = 1870 \text{ daN}$$

Se verifica la siguiente condición: $K_E \cdot K_C \cdot S_u \leq \varphi \cdot R_C$

Condición de Servicialidad

$$T_{perm} := 3 \cdot 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \cdot S_C = 872.1 \text{ daN}$$

$$0.4 \cdot R_C = 880 \text{ daN}$$

$$T_{perm} \leq 0.4 \cdot R_C$$

La designación del poste es: 12,5 R 2200

Tramo sobre ruta provincial N°22				
N° piquete	tipo estructura	carga de rotura [daN]	tipo base	dimensiones de base(t;a)[m]
1	T+0,5	2200	Romboidal	(1,9;1,5)
2	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,9)
3	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,91)
4	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,9)
5	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,9)
6	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,91)
7	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
8	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
9	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
10	RS	2200	Romboidal	(1,7;1,47)
11	RS	2200	Romboidal	(1,7;1,47)
12	RA+0,5 60°	650	Romboidal	(1,755;1,92)
13	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,89)
14	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
15	RA 28°	650	Romboidal	(1,6;1,77)
16	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
17	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
18	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
19	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
20	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
21	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
22	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
23	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
24	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
25	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
26	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
27	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
28	RS+0,5	650	Romboidal	(1,7;1,47)
29	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
30	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
31	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
32	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
33	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
34	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
35	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
36	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
37	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
38	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
39	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
40	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
41	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
42	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
43	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)

44	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
45	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
46	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
47	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)

48	RT	2200	Romboidal	(1,9;1,5)
49	RT	2200	Romboidal	(1,9;1,5)
50	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
51	RA 55°	650	Romboidal	(1,6;1,77)
52	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
53	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
54	RA 55°	650	Romboidal	(1,6;1,77)
55	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
56	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
57	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
58	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
59	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
60	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
61	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
62	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
63	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
64	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
65	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
66	S+2	600	Romboidal	(1,5;0,89)
67	RS+1,5	2200	Romboidal	(1,6;1,77)
68	S+2	600	Romboidal	(1,5;0,89)
69	S+2	600	Romboidal	(1,5;0,89)
70	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
71	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
72	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
73	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
74	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
75	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
76	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
77	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
78	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
79	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
80	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
81	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
82	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
83	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
84	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
85	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
86	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
87	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
88	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
89	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
90	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
91	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
92	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
93	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
94	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)

Tramo sobre ruta provincial N°22				
N° piquete	tipo estructura	carga de rotura [daN]	tipo base	dimensiones de base(t;a)[m]
95	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
96	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
97	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
98	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
99	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
100	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
101	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
102	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
103	S+1,5	600	Romboidal	(1,5;0,89)
104	RT+2	2200	Romboidal	(1,9;1,5)
Tramo a Yerúa norte				
N° piquete	tipo estructura	carga de rotura [daN]	tipo base	dimensiones de base(t;a)[m]
1	T+0,5	2200	Romboidal	(1,9;1,5)
2	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
3	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
4	SA+1 9°	600	Romboidal	(1,5;1)
5	SA+1 9°	600	Romboidal	(1,5;1)
6	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
7	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
8	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
9	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
10	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
11	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
12	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
13	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
14	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
15	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
16	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
17	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
18	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
19	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
20	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
21	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)

22	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
23	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
24	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
25	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
26	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
27	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
28	RA 90°	650	Romboidal	(1,6;1,77)
29	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
30	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
31	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
32	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
33	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
34	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
35	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
36	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
37	RT	2200	Romboidal	(1,9;1,5)
38	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
39	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
40	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
41	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
42	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
43	S+1	600	Romboidal	(1,45;0,89)
44	RA 58°	650	Romboidal	(1,6;1,77)
45	S	600	Pöhl	Ver plano
46	S	600	Pöhl	Ver plano
47	S	600	Pöhl	Ver plano
48	S	600	Pöhl	Ver plano
49	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
50	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
51	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
52	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
53	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
54	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
55	S+0,5	600	Romboidal	(1,4;0,88)
56	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
57	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
58	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
59	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
60	S	600	Romboidal	(1,35;0,88)
61	RT	2200	Romboidal	(1,9;1,5)



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

Capítulo 06: Cálculo de fundaciones

Año 2015

Contenido

Fundación de suspensiones

Fundación de suspensión angula 9°

Fundación de retención angular 60°

Fundación de retención angular 58°

Fundación de retención angular 90°

Fundación de retención simple

Fundación retención terminal

Fundación de retención desvío 90°

Fundación monobloque Pöhl

Calculo de fundaciones y empotramientos.

Los soportes de hormigón armado o metálico se fijan al terreno mediante bloques separados, uno para cada pata, en el caso de torres. Cuando se emplean para sustentar postes son un macizo.

Para el caso de nuestro proyecto se adopto realizar fundaciones en los postes de hormigón. En los postes de suspensión como se vera esas fundaciones son de dimensiones mínimas, habiendo casos especiales en las retenciones o estructuras terminales.

A continuación se da una breve descripción de los dos tipos de bases utilizadas y sus principios de cálculo:

- Sulzberger
- Pöhl

Luego se realizan los cálculos de algunas de las estructuras con el fin de expresar la forma de cálculo y no volver tedioso la lectura del presente capítulo.

Fundaciones monobloque - Método Sulzberger.

Este método define las dimensiones geométricas del macizo donde se implanta el poste, tipo monobloque construido en hormigón simple (arena + piedra + cemento + agua). Las dimensiones geométricas del macizo (que puede ser cuadrada, romboidal o rectangular), surge de las características del terreno de implantación, tipo de estructuras (suspensión, retención, retención angular, terminal).

Postulados básicos.

Se emplea para implantación en terrenos normales, tanto para el caso de fundaciones de hormigón como para empotramiento directo, cuando las fundaciones tienen como dimensiones preponderantes la profundidad.

En caso contrario es mas apropiado el *Metodo de Pöhl*, que tiene en cuenta exclusivamente la reacción del fondo de la fundación como elemento estabilizante y por lo tanto se aplica a bloques de importantes dimensiones laterales con respecto a su altura.

Los postulados básicos, originados en resultados experimentales, se resumen a continuación:

a) Para inclinaciones limitadas del macizo de la fundación, el terreno reacciona en forma elástica.

b) Para los momentos volcadores más reducidos, la estructura y su fundación giran con respecto a un eje ubicado en el fondo de la fundación. La totalidad de la superficie del fondo está en contacto con el terreno, contribuyendo a la estabilización.

c) Con un aumento de los esfuerzos volcadores, el conjunto gira sobre un eje que ya no está en el fondo, sino mas arriba, a $1/3$ de la profundidad de empotramiento. En este caso el fondo de la fundación está parcialmente despegado del terreno y por lo tanto disminuye la contribución a la estabilidad. También es menor el momento estabilizante de encastramiento o reaccion de las paredes de la fundación, reduciendose a $1/3$ del valor que tendría, si el eje no se hubiese desplazado del fondo de la fundación.

Se considera un ángulo de inclinación máximo bajo la acción de los momentos volcadores, tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Este valor proviene de antiguas especificaciones europeas, como la Suiza y se establece a fin de que no se alteren las condiciones de la línea (flecha y tiros del conductor). Tiene relación también con el mantenimiento de un comportamiento elástico del terreno.

Coefficiente de compresibilidad.

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad [C] definido como: La fuerza en [daN] que, aplicada sobre una superficie de 1 [cm²] provoca el hundimiento de 1 [cm].

C se mide, por lo tanto en [daN/cm²]. Ya que conocemos que el terreno se comporta elásticamente, podemos relacionar a C con la idea del módulo de elasticidad de los materiales.

El comportamiento de los suelos hace que deba distinguirse:

- Ct: Coeficiente de compresibilidad para las paredes de la fundación (relacionado a las cargas horizontales aplicada a las paredes).
- Cb: Coeficiente de compresibilidad para el fondo de la fundación (para las cargas verticales en el fondo).

Ct y Cb, pueden tener el mismo o distinto valor. Generalmente se acepta que:

$$C_t = 1 \text{ a } 1,2 \times C_b$$

Aunque en algunos casos particulares pueden diferir como en el caso de los suelos arenosos. En la teoría que desarrolla las fórmulas de cálculo, se acepta que el coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad partiendo de 0 [m] en la superficie. Generalmente las tablas dan valores típicos a 2 [m] de profundidad, por lo que se calcula por proporciones el valor a la profundidad real del fondo de la base, cifra que interviene en los cálculos. La determinación de C no es fácil. La planilla N°1 siguiente da valores orientativos.

PLANILLA N° 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Categoría	Naturaleza del terreno	Peso específico	Presión admisible	Índice (1) de compresibilidad	Ángulo (°) de la tierra gravante		Ángulo de la fricción interna	Coeficiente de la fricción entre terreno y hormigón	
		γ kg/m ³	σ kg/cm ²	C kg/cm ³	β°		δ°	μ	
					vege- table	mo- vido		liso	esca- broso
A	Laguna, aguazal, terreno pantanoso	650	hasta 0,5	0,5 ... 1,0	5°	3°	—	0,05	0,1
B	Terrenos muy blandos	1700	hasta 0,8	1 ... 2 2 ... 4	5°	3°	20°	0,2	0,2
	Arena fina húmeda						30°	0,3	0,5
	Arcilla blanda						25°	0,3	0,4
C	Arcilla medio dura seca	1700	hasta 1,8	5 ... 8	8°	6°	25°	0,4	0,5
	Arcilla fina seca			6 ... 9			30°	0,6	0,7
D	Arcilla rígida	1700	hasta 3,0	10	12°	10°	25°	0,4	0,5
	Arena gruesa y pedregullo			11 ... 13			35°	0,4	0,5
E	Arcilla gruesa dura	1700	hasta 4,0	13 ... 16	15°	12°	37°	0,4	0,5
F	Rígido pedregullo y cantorodado		hasta 5,0		20°	20°	40°	0,4	0,5

3 El índice de compresibilidad corresponde a las paredes de la fundación, a una profundidad de 2 metros.

4 Para los tipos B y F y terrenos con buena cohesión se puede aumentar el ángulo de tierra gravante en 5°.

Una determinación por ensayos (ejemplo, el plato de carga) no es aconsejable. Los valores que pueden obtenerse son sensibles a las dimensiones de la superficie de carga, así como a la repartición de la presión, lo que complica una definición numérica de C. Tampoco C puede considerarse una propiedad física permanente (influencia de la humedad, por ejemplo). En consecuencia, el valor de C se estima a partir de la observación del tipo de terreno, durante la realización de los estudios de suelo de la etapa de proyecto de la línea, o cuando se realizan las excavaciones correspondientes a cada fundación, siendo de gran importancia la experiencia de quien hace la determinación.

En nuestro caso el valor de C fue elegido aproximadamente por la tabla anterior y el tipo de suelo que se cree hay en la zona, ya que cualquier estudio de suelo que pueda realizarse escapa a los fines de este trabajo. Para la realización real del proyecto sería más certero contar con un estudio de suelo de la zona.

Momento volcador.

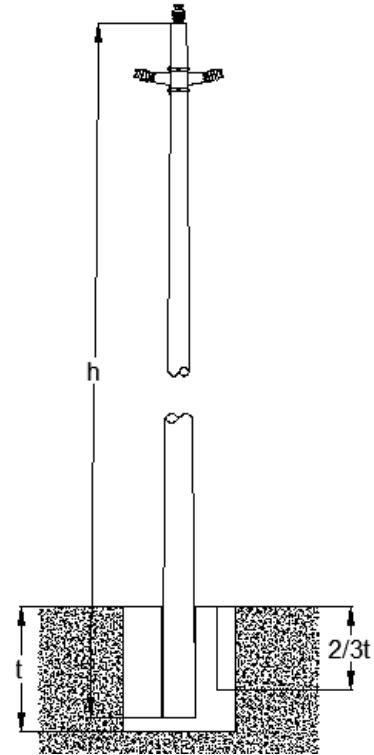
Los esfuerzos volcadores son las cargas horizontales:

- Viento
- Tiro de los conductores

Que actúan sobre la estructura. En los apoyos de hormigón armado, lo normal es contar con la carga total reducida a la cima del poste, valor que puede formarse como dato para realizar el cálculo del momento volcador.

Según sea la posición del eje de giro, resultara la distancia de aplicación de la fuerza que provoca el momento volcador. Para el caso mas común en que la fundación trabaja parcialmente despegada del suelo, el momento volcador tiene por expresión:

$$M_v = T \left(h + \frac{2}{3}t \right)$$



M_v : Momento volcador. [daN . m]

T: Tiro total reducido a la cima. [daN]

h: Altura libre del poste. [m]

t: Profundidad del macizo de fundación. [m]

Momento estabilizante.

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes:

- a) El originado por la reacción en las paredes, que incluye la fricción entre el hormigón y la tierra a lo largo de las paredes, llamado *Momento de Encastramiento* [Ms],
- b) *Momento de reacción de fondo* [Mb] provocado por las cargas verticales.

Para la determinación de los valores de los momentos estabilizantes se elaboran las fórmulas a partir de la distribución de la presión producida por la reacción del terreno ante el movimiento de la fundación, en torno al eje de giro del conjunto, de acuerdo a las condiciones expresadas en los postulados básicos 2.

Las fórmulas de cálculo están expresadas en la siguiente tabla. Para su uso debe tenerse en cuenta, reiterando lo dicho mas arriba, que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Es necesario determinar si para este valor de ángulo la fundación trabaja haciendo contacto en su totalidad o está parcialmente despegada del terreno.

Para el caso en que la fundación haga contacto en su totalidad con el terreno el momento de encastramiento [Ms] es:

$$M_s = \frac{bt^3}{12} C_t \tan(\alpha)$$

Cuando la fundación está parcialmente despegada del terreno, el momento de encastramiento [Ms] es:

$$M_s = \frac{bt^3}{36} C_t \tan(\alpha)$$

Para averiguar cuál es la fórmula a utilizar, se calcula previamente el ángulo a partir del cual comienza la fundación a separarse del terreno, para ello se aplica la fórmula:

$$\tan(\alpha) = \frac{6 \times \mu \times G}{b \times t^2 \times C_t}$$

Si resulta que:

1) $\tan(\alpha) > 0.01$, entonces, para la inclinación impuesta como admisible, $\tan(\alpha) = 0.01$, las paredes ya se encuentran parcialmente separadas del terreno y se aplica la fórmula:

$$M_s = \frac{bt^3}{36} C_t \tan(\alpha)$$

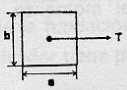
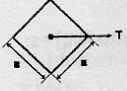
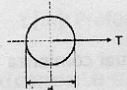
2) $\tan(\alpha) < 0.01$, entonces, para la inclinación impuesta como admisible, $\tan(\alpha) = 0.01$, la totalidad de las paredes de la fundación aun estan en contacto con el terreno y se aplica la fórmula:

$$M_s = \frac{bt^3}{12} C_t \tan(\alpha)$$

Para el cálculo del momento de reacción de fondo [Mb], también para el mismo tipo de fundación se presenta una situación similar a la descrita, aunque es necesario resaltar que el ángulo a partir del cual la base comienza a desprejarse del fondo de la fundación está determinado por:

$$\tan(\alpha) = \frac{2 \times G}{b \times a^2 \times C_b}$$

En base al valor del citado ángulo podrá saberse que ecuación aplicar para el cálculo del momento de reacción de fondo [Mb], suponiendo que la fundación tenga el ángulo de giro admisible de $\tan(\alpha) = 0.01$.

Forma de la base (Vista en planta)	Momento de encastramiento		Momento de fondo	
	$\tan\alpha$	M_s	$\tan\alpha$	M_b
	$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} < 0.01$	$\frac{b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot \tan\alpha$	$\frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot C_b} < 0.01$	$G \cdot \left(\frac{a}{2} - 0.47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b \cdot C_b \cdot \tan\alpha}} \right)$
	$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} > 0.01$	$\frac{b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot \tan\alpha$	$\frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot C_b} > 0.01$	$\frac{b \cdot a^3}{12} \cdot C_b \cdot \tan\alpha$
	$\frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} < 0.01$	$\frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot \tan\alpha$	$\frac{1.414G}{t^3 \cdot C_b} < 0.01$	$G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot \tan\alpha}} \right)$
	$\frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} > 0.01$	$\frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot \tan\alpha$	$\frac{1.414G}{t^3 \cdot C_b} > 0.01$	$\frac{a^4}{12} \cdot C_b \cdot \tan\alpha$
	$\frac{8.8 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} > 0.01$	$\frac{d \cdot t^3}{52.8} \cdot C_t \cdot \tan\alpha$	Esta forma de base se emplea cuando se empotra directamente el poste, sin fundación de hormigón. Por ser el diámetro reducido con respecto a la profundidad de empotramiento se desprecia el valor del momento de fondo.	
	$\frac{8.8 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} < 0.01$	$\frac{d \cdot t^3}{17.6} \cdot C_t \cdot \tan\alpha$		

a) 2 Para inclinaciones limitadas del macizo de la fundación, el terreno reacciona en forma elástica.

b) Para los momentos volcadores más reducidos, la estructura y su fundación giran con respecto a un eje ubicado en el fondo de la fundación. La totalidad de la superficie del fondo está en contacto con el terreno, contribuyendo a la estabilización.

Con un aumento de los esfuerzos volcadores, el conjunto gira sobre un eje que ya no está en el fondo, sino más arriba, a la 1/3 de la profundidad de empotramiento. En este caso el fondo de la fundación está parcialmente despegado del terreno y por lo tanto disminuye la contribución a la estabilidad. También es menor el momento estabilizante de encastramiento o reacción de las paredes de la fundación, reduciéndose a 1/3 del valor que tendría, si el eje no se hubiese desplazado del fondo de la fundación.

c) Se considero un ángulo de inclinación máximo bajo la acción de los momentos volcadores, tal que: $\tan(\alpha) < 0.01$

Coefficiente de seguridad.

El Método Sulzberger ofrece una aceptable precisión cuando la fundación reacciona predominantemente con sus paredes, o sea cuando:

$$M_s > M_b$$

Esto se tiene generalmente cuando la fundación tiene su mayor dimensión en el sentido de la profundidad y también cuando se trabaja sobre terrenos de capacidad portante (tensión admisible) no muy reducida. En estas condiciones se logra la estabilidad simplemente para:

$$M_v = M_s + M_b$$

O mayores valores de momento estabilizante.

En caso de fundaciones de dimensiones transversales relativamente grandes con respecto a la profundidad (lo que se hace necesario generalmente cuando la capacidad portante del terreno es baja), resulta:

$$M_s < M_b$$

Y para garantizar la estabilidad en la fundación, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad "s" de modo que:

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

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

El valor de "s" está comprendido entre 1 (para $M_s < M_b$) y 1,5 ($M = 0$), de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA N° 3. COEFICIENTE DE SEGURIDAD PARA EL MÉTODO DE SULZBERGER

M_s/M_b	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
S	1.500	1.383	1.317	1.260	1.208	1.150	1.115	1.075	1.040	1.017	1.000

Formas usuales de fundaciones.

Las fundaciones calculadas por método Sulzberger son monobloques, generalmente de forma prismática, con:

- Su base rectangular, cuando la estructura es un poste doble
- Cuadrada para postes simples.

Para este último caso, orientando una de las diagonales en el sentido del esfuerzo volcador

se logra una mayor resistencia, según se deduce de las fórmulas de la tabla N°3. Las estructuras formadas por postes triples también pueden llevar esta forma de fundación. Del análisis de la tabla N°3 se desprende que la profundidad de la fundación es la dimensión que más influye en el momento estabilizante y por lo tanto conviene profundizar la fundación antes de ensancharla. Esta profundización tiene su límite, para las bases construidas con hormigón simple.

El bloque puede ser en macizo, con sus paredes verticales, o con zapatas. En este último caso, se hace necesario adecuar las fórmulas de cálculo.

Una fundación con zapata significa menor volumen de hormigón, pero también en general la necesidad de que este lleve armadura y en general un mayor costo de excavación.

Si la zapata se ubica en el fondo de la excavación, lo ideal sería realizarla excavando exactamente su forma, sin necesidad de retirar tierra que luego deba ser repuesta en su lugar. Se evita la construcción de encofrado y no se pierde la compactación original del suelo. De no ser así, se vería disminuido (menor C_t que el del terreno natural) el momento de encastramiento. Para ello debe darse una forma gradual, no muy brusco, al ensanchamiento de la zapata.

Muchas veces se apela a una zapata pues el terreno solo posee buenas características mecánicas a partir de una cierta profundidad. En este caso y de requerirse zapatas anchas, la fundación inevitablemente debería construirse a cielo abierto y con encofrado. El hormigón debe ser adecuadamente armado. En el cálculo de fundaciones con zapata interviene el peso de la tierra *gravante*, que se encuentra por encima de la zapata.

Dimensiones mínimas.

Para la construcción de una fundación para una línea con postes de hormigón armado, debe tenerse en cuenta que la base debe llevar un agujero para colocar posteriormente el poste. Dicho agujero debe ser algo mayor, unos 10 cm por ejemplo, que el diámetro de la base del poste, para permitir que este entre con facilidad. Se ejecuta con un molde que, para poder ser extraído, además de ser partido, tiene una cierta conicidad hacia arriba lo que aumenta aun mas el diámetro del agujero a tener en cuenta.

Cuando se funda en terrenos de buena capacidad portante, la base puede reducirse a las dimensiones mínimas posibles, para lo que es necesario tener en cuenta que el mínimo espesor entre el citado agujero y el borde lateral es de 0.15 m y en el fondo 0.20 m. Este espesor no conviene que sea mayor a $1/3$ de la altura total de la fundación, para la construcción con hormigón simple.

Caso contrario, debe realizarse una armadura que complemente la acción de rigidez que realiza el poste.

Suspensiones (S+1,5).



Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.2581 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos del aislador line post.

$L_A := 193 \text{ mm}$	Longitud del aislador
$d_{Ai} := 67.4 \text{ mm}$	Diámetro del núcleo
$d_{Ae} := 124 \text{ mm}$	Diámetro exterior del aislador
$\gamma_A := 12^\circ$	Ángulo sobre la horizontal
$G_A := 1.225 \text{ daN}$	Peso del aislador

Datos del poste.

$H_P := 13.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 12.15 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 0.17 \text{ m}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 0.373 \text{ m}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 0.352 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1238 \text{ daN}$	Peso del poste
$R_C := 350 \text{ daN}$	Carga de rotura

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + 3 \cdot G_A + G_P = 1287.9 \text{ daN}$$

Tiro máximo en las estructuras de suspensión.

$$T := 261.75 \text{ daN}$$

Solicitud máxima actuante

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.15 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{emp} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.25 \text{ m} = 0.882 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 0.89 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 4.5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 4.5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 3442.013 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.0003$$

$$0.0003 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.41 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.0006$$

$$0.0006 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 5309.1 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 526.4 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 5835.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 3442 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación: $M_s + M_b \geq M_V$

Verifica la base cuadrada de 1,5 m de profundidad y 0,89 m de lado

Volumen de hormigón a utilizar.

$$Vh := a^2 \cdot t - \pi \cdot t \cdot \frac{(d_{emp} + 0.03 \text{ m})^2}{4} = 1.016 \text{ m}^3$$

Suspensiones (S+1).

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$$a := 125 \text{ m}$$

Vano del conductor

$$G_C := a \cdot P_C = 17.5 \text{ daN}$$

Peso del conductor de ambos semivanos.

Peso del aislador line post.

$$G_A := 1.225 \text{ daN}$$

Datos del poste.

$$H_P := 13 \text{ m}$$

Altura total del poste

$$d_{CP} := 0.17 \text{ m}$$

Diámetro en la cima del poste

$$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

Conicidad

$$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 0.365 \text{ m}$$

Diámetro en la base del poste

$$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 0.352 \text{ m}$$

Diámetro en el empotramiento del poste

$$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.7 \text{ m}$$

Altura libre del poste

$$R_C := 350 \text{ daN}$$

Carga de rotura

$$G_P := 1160 \text{ daN}$$

Peso del poste

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + 3 \cdot G_A + G_P = 1216.2 \text{ daN}$$

Tiro máximo en las estructuras de suspensión.

$$T := 261.75 \text{ daN}$$

Solicitud máxima actuante

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.15 \text{ m} = 1.45 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{emp} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.25 \text{ m} = 0.882 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 0.89 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 4.35 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 4.35 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 3315.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.0003$$

$$0.0003 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.41 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.0006$$

$$0.0006 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 4635.9 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 499.2 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 5135 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 3315.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación:

$$M_s + M_b \geq M_V$$

Verifica la base cuadrada de 1,45 m de profundidad y 0,89 m de lado

Volumen de hormigón a utilizar.

$$V_h := a^2 \cdot t - \pi \cdot t \cdot \frac{(d_{emp} + 0.03 \text{ m})^2}{4} = 0.982 \text{ m}^3$$

Suspensiones (S+0,5).

Datos del poste.

$$H_P := 12.5 \text{ m}$$

Altura total del poste

$$d_{CP} := 0.17 \text{ m}$$

Diámetro en la cima del poste

$$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

Conicidad

$$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 0.358 \text{ m}$$

Diámetro en la base del poste

$$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 0.346 \text{ m}$$

Diámetro en el empotramiento del poste

$$l_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$$

Altura libre del poste

$$R_C := 350 \text{ daN}$$

Carga de rotura

$$G_P := 1086 \text{ daN}$$

Peso del poste

$$a := 110 \text{ m}$$

Vano del conductor

$$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$$

Peso del conductor en el vano.

$$G_A := 1.225 \text{ daN}$$

Peso del aislador line post.

$$G := 3 \cdot G_C + 3 \cdot G_A + G_P = 1135.9 \text{ daN}$$

Peso total de la estructura.

Tiro máximo en las estructuras de suspensión.

$$T := 261.75 \text{ daN}$$

Solicitud máxima actuante

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.15 \text{ m} = 1.4 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{emp} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.25 \text{ m} = 0.876 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 0.88 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 4.2 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 4.2 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coeficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 3188.988 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.0003$$

$$0.0003 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.41 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.0006$$

$$0.0006 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 3983.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 460.9 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 4444.4 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 3189 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación:

$$M_s + M_b \geq M_V$$

Verifica la base cuadrada de 1,4 m de profundidad y 0,88 m de lado

Volumen de hormigón a utilizar.

$$V_h := a^2 \cdot t - \pi \cdot t \cdot \frac{(d_{emp} + 0.03 \text{ m})^2}{4} = 0.929 \text{ m}^3$$

Suspensiones (S).

Datos del poste.

$H_P := 12 \text{ m}$	Altura total del poste
$d_{CP} := 0.17 \text{ m}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 0.35 \text{ m}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 0.339 \text{ m}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 10.8 \text{ m}$	Altura libre del poste
$R_C := 350 \text{ daN}$	Carga de rotura
$G_P := 1014 \text{ daN}$	Peso del poste
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor en el vano.
$G_A := 1.225 \text{ daN}$	Peso del aislador line post.
$G := 3 \cdot G_C + 3 \cdot G_A + G_P = 1063.9 \text{ daN}$	Peso total de la estructura.

Tiro máximo en las estructuras de suspensión.

$T := 261.75 \text{ daN}$	Solicitud máxima actuante
---------------------------	---------------------------

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.15 \text{ m} = 1.35 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{emp} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.25 \text{ m} = 0.869 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 0.87 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{daN}{cm^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 m} = 4.05 \frac{daN}{cm^3}$$

$$C_t := C_b = 4.05 \frac{daN}{cm^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 3062.475 \text{ daN} \cdot m$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.0003$$

$$0.0003 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.41 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.0006$$

$$0.0006 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 3405 \text{ daN} \cdot m$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 426.4 \text{ daN} \cdot m$$

$$M_s + M_b = 3831.5 \text{ daN} \cdot m$$

$$M_V = 3062.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Verificación: } M_s + M_b \geq M_V$$

Verifica la base cuadrada de 1,35 m de profundidad y 0,87 m de lado

Volumen de hormigón a utilizar.

$$V_h := a^2 \cdot t - \pi \cdot t \cdot \frac{(d_{emp} + 0.03 \text{ m})^2}{4} = 0.878 \text{ m}^3$$

Suspensión angular 9° (S+1).

Datos del poste.

$$H_P := 13 \text{ m}$$

Altura total del poste

$$d_{CP} := 0.17 \text{ m}$$

Diámetro en la cima del poste

$$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

Conicidad

$$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 0.365 \text{ m}$$

Diámetro en la base del poste

$$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 0.332 \text{ m}$$

Diámetro en el empotramiento del poste

$$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.7 \text{ m}$$

Altura libre del poste

$$R_C := 600 \text{ daN}$$

Carga de rotura

$$G_P := 1161 \text{ daN}$$

Peso del poste

$$a := 110 \text{ m}$$

Vano del conductor

$$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$$

Peso del conductor en el vano.

$$G_A := 1.225 \text{ daN}$$

Peso del aislador line post.

$$G := 3 \cdot G_C + 3 \cdot G_A + G_P = 1210.9 \text{ daN}$$
 Peso total de la estructura.

Tiro máximo en las estructuras de suspensión.

$$T := 476.81 \text{ daN}$$

Solicitud máxima actuante

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.20 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{emp} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.30 \text{ m} = 0.962 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 0.97 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{daN}{cm^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 4.5 \frac{daN}{cm^3}$$

$$C_t := C_b = 4.5 \frac{daN}{cm^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 6055.487 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.0002$$

$$0.0002 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.41 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.0004$$

$$0.0004 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 5786.4 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 568.9 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 6355.2 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 6055.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación: $M_s + M_b \geq M_V$

Verifica la base cuadrada de 1,5 m de profundidad y 0,97 m de lado

Volumen de hormigón a utilizar.

$$Vh := a^2 \cdot t - \pi \cdot t \cdot \frac{(d_{emp} + 0.03 \text{ m})^2}{4} = 1.257 \text{ m}^3$$

Cálculo de suspensión angular 9°

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor posterior
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor en el vano.

Datos del poste.

$H_P := 11 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 9.9 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 170 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 335 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 318.5 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1145 \text{ daN}$	Peso del poste
$R_C := 600 \text{ daN}$	Carga de rotura
$G_A := 1.225 \text{ daN}$	Peso del aislador

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + G_P + 3 \cdot G_A = 1194.9 \text{ daN}$$

Tiro máximo en las estructuras de suspensiones angulares.

$$T := 476.81 \text{ daN}$$

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.2 \text{ m} = 1.3 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{BP} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.25 \text{ m} = 0.865 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 0.9 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 3.9 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 3.9 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 5133.7 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.000363$$

$$0.000212 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.000594$$

$$0.000375 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 3028.9 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 490.8 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 3519.7 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 5133.7 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación:

$$M_s + M_b \geq M_V$$

Verifica la base cuadrada de 1,5 m de profundidad y 1 m de lado

Cálculo de fundación Retención angular 60°

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$f_C := 1.076 \text{ m}$	Flecha máxima del conductor
$a_a := 50 \text{ m}$	Vano del conductor anterior
$a_p := 100 \text{ m}$	Vano del conductor posterior
$G_C := \left(\frac{a_a}{2} + \frac{a_p}{2} \right) \cdot P_C = 10.5 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 1.5 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 262 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 260 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 447.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 428.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1928 \text{ daN}$	Peso del poste

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + 4 \cdot G_M + 2 \cdot G_P = 4935.5 \text{ daN}$$

Tiro máximo en las estructuras de retenciones angulares.

$$T := 1755 \text{ daN}$$

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.5 \text{ m} = 1.75 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

Distancia entre postes en la base:

$$d_P := 0.2 \text{ m} + H_L \cdot 0.035 = 0.594 \text{ m}$$

$$a := 2 d_{BP} + d_P + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.2 \text{ m} = 1.919 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 1.92 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 5.25 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 5.25 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 21791.3 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.000288$$

$$0.000288 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.000188$$

$$0.000188 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 21218.8 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 5082.3 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 26301.2 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 21791.3 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación: $M_s + M_b \geq M_V$

Verifica la base cuadrada de 1,75 m de profundidad y 1,92 m de lado

Cálculo de fundación Retención angular 58°

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$$S_C := 51 \text{ mm}^2 \quad \text{Sección total del conductor}$$

$$d_C := 9.3 \text{ mm} \quad \text{Diámetro del conductor}$$

$$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}} \quad \text{Peso del conductor}$$

$$a := 110 \text{ m} \quad \text{Vano del conductor}$$

$$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN} \quad \text{Peso del conductor en el vano}$$

Datos de la ménsula.

$$L_M := 2.6 \text{ m} \quad \text{Longitud de la ménsula}$$

$$d_{Mi} := 120 \text{ mm} \quad \text{Alto inferior de la ménsula}$$

$$d_{Ms} := 250 \text{ mm} \quad \text{Alto superior de la ménsula}$$

$$G_M := 370 \text{ daN} \quad \text{Peso de la ménsula}$$

Datos de los postes.

$$H_P := 10 \text{ m} \quad \text{Altura total del poste}$$

$$H_L := 0.9 \cdot H_P = 9 \text{ m} \quad \text{Altura libre del poste}$$

$$d_{CP} := 260 \text{ mm} \quad \text{Diámetro en la cima del poste}$$

$$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}} \quad \text{Conicidad}$$

$$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 410 \text{ mm} \quad \text{Diámetro en la base del poste}$$

$$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 395 \text{ mm} \quad \text{Diámetro en el empotramiento del poste}$$

$$G_P := 1928 \text{ daN} \quad \text{Peso del poste}$$

$$R_C := 1850 \text{ daN}$$

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + 4 \cdot G_M + 2 \cdot G_P = 5382.2 \text{ daN} \quad (4GM=3v\u00ednculos+m\u00e9nsula)$$

Tiro máximo en las estructuras de retenciones angulares.

$$T := 1695 \text{ daN}$$

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.6 \text{ m} = 1.6 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

Distancia entre postes en la base:

$$d_P := 0.2 \text{ m} + H_L \cdot 0.035 = 0.515 \text{ m}$$

$$a := 2 d_{BP} + d_P + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.2 \text{ m} = 1.765 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 1.77 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 4.8 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 4.8 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 17063 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.000445$$

$$0.000541 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.000286$$

$$0.000305 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 13668.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 4864.7 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 18533.2 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 17063 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación: $M_s + M_b \geq M_V$

Verifica la base cuadrada de 1,6 m de profundidad y 1,77 m de lado

Cálculo de fundación Retención angular 90°

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor en el vano

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

$H_P := 10 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 9 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 260 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 410 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 395 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1928 \text{ daN}$	Peso del poste

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + 4 \cdot G_M + 2 \cdot G_P = 5382.2 \text{ daN} \quad (4GM=3v\u00ednculos+m\u00e9nsula)$$

Tiro máximo en las estructuras de retenciones angulares.

$$T := 1706.2 \text{ daN}$$

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.5 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

Distancia entre postes en la base:

$$d_P := 0.3 \text{ m} + H_L \cdot 0.035 = 0.615 \text{ m}$$

$$a := 2 d_{BP} + d_P + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.25 \text{ m} = 1.965 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 1.97 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 4.5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 4.5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 17062 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.000486$$

$$0.000486 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.000221$$

$$0.000221 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 11751.7 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 5585.1 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 17336.8 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 17062 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación: $M_s + M_b \geq M_V$

Verifica la base cuadrada de 1,5 m de profundidad y 1,97 m de lado

Cálculo de fundación Retención simple

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$a_p := 90 \text{ m}$	Vano del conductor posterior
$a_a := 60 \text{ m}$	Vano del conductor anterior
$G_C := \left(\frac{a_a}{2} + \frac{a_p}{2} \right) \cdot P_C = 10.5 \text{ daN}$	Peso del conductor de ambos semivanos.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

$H_P := 12 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 10.8 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 260 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 440 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 422 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1928 \text{ daN}$	Peso del poste

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + G_P + G_M = 2329.5 \text{ daN}$$

Tiro máximo en las estructuras de retenciones angulares.

$$T := 1308.15 \text{ daN}$$

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.5 \text{ m} = 1.7 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{BP} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.5 \text{ m} = 1.47 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 1.47 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 5.1 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 5.1 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 15610.6 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.000194$$

$$0.000194 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.000203$$

$$0.000203 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 14467.1 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 1820.9 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 16288 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 15610.6 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Verificación: } M_s + M_b \geq M_V$$

Verifica la base cuadrada de 1,7 m de profundidad y 1,47 m de lado

Cálculo de retención terminal

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$a_p := 124.38 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := \left(\frac{a_p}{2}\right) \cdot P_C = 8.707 \text{ daN}$	Peso del conductor en el vano.

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

$H_P := 14 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 12.6 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 260 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 470 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 449 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 1928 \text{ daN}$	Peso del poste

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + G_P + G_M = 2324.1 \text{ daN}$$

Tiro máximo en las estructuras de retenciones angulares.

$$T := 1374.27 \text{ daN}$$

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.5 \text{ m} = 1.9 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

$$a := d_{BP} + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.5 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 1.5 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 5.7 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 19056.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.000136$$

$$0.000136 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.000171$$

$$0.000171 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 23034.2 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 1888.3 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 24922.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_V = 19056.5 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación: $M_s + M_b \geq M_V$

Verifica la base cuadrada de 1,9 m de profundidad y 1,5 m de lado

Cálculo de fundación Retención con desvío a 90°

Datos del conductor (50 mm² aleación de aluminio).

$S_C := 51 \text{ mm}^2$	Sección total del conductor
$d_C := 9.3 \text{ mm}$	Diámetro del conductor
$P_C := 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	Peso del conductor
$a := 110 \text{ m}$	Vano del conductor
$G_C := a \cdot P_C = 15.4 \text{ daN}$	Peso del conductor en el vano

Datos de la ménsula.

$L_M := 2.6 \text{ m}$	Longitud de la ménsula
$d_{Mi} := 120 \text{ mm}$	Alto inferior de la ménsula
$d_{Ms} := 250 \text{ mm}$	Alto superior de la ménsula
$G_M := 370 \text{ daN}$	Peso de la ménsula

Datos de los postes.

$H_P := 12.5 \text{ m}$	Altura total del poste
$H_L := 0.9 \cdot H_P = 11.25 \text{ m}$	Altura libre del poste
$d_{CP} := 305 \text{ mm}$	Diámetro en la cima del poste
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	Conicidad
$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 492.5 \text{ mm}$	Diámetro en la base del poste
$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 473.75 \text{ mm}$	Diámetro en el empotramiento del poste
$G_P := 2386 \text{ daN}$	Peso del poste

Peso total de la estructura.

$$G := 3 \cdot G_C + 5 \cdot G_M + 2 \cdot G_P = 6668.2 \text{ daN} \quad (5GM=3v\u00ednculos+2m\u00e9nsulas)$$

Tiro máximo en las estructuras de retenciones angulares.

$$T := 1892.1 \text{ daN}$$

Dimensiones de la fundación.

Tipo: cuadrada, vértices en dirección del tiro (romboidal).

Profundidad de la fundación:

$$t := H_P - H_L + 0.5 \text{ m} = 1.75 \text{ m}$$

Lados de la fundación:

Distancia entre postes en la base:

$$d_P := 0.3 \text{ m} + H_L \cdot 0.035 = 0.694 \text{ m}$$

$$a := 2 d_{BP} + d_P + 2 \cdot 0.015 \text{ m} + 2 \cdot 0.2 \text{ m} = 2.109 \text{ m}$$

Adoptamos:

$$a := 2.11 \text{ m}$$

Tipo de terreno.

Tipo C "arcilla medio dura seca".

Coefficiente de compresibilidad:

$$C_b := 6 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_b := \frac{t \cdot C_b}{2 \text{ m}} = 5.25 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

$$C_t := C_b = 5.25 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

Coefficiente de la fricción terreno - fundación:

$$\mu := 0.4$$

Momento volcador.

$$M_V := T \cdot \left(H_L + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 23493.6 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación al ángulo de inclinación

Debe tenerse en cuenta que la fundación se comporta en forma distinta según sea el ángulo de inclinación.

Tomando como ejemplo una fundación de planta rectangular, no se debe sobrepasar una inclinación de la estructura tal que:

$$\tan(\alpha) \leq 0,01$$

Para el momento de encastramiento es:

$$\tan_s(\alpha) := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.000354$$

$$0.00021 < 0.01$$

Para el momento de fondo es:

$$\tan_b(\alpha) := \frac{1.414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} = 0.000191$$

$$0.000142 < 0.01$$

El momento de encastramiento es:

$$M_s := \frac{1.414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 = 23318.6 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El momento de fondo es:

$$M_b := G \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot 0.01}} \right) = 7531.8 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_s + M_b = 30850.4 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$M_v = 23493.6 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Verificación: $M_s + M_b \geq M_v$

Verifica la base cuadrada de 1,75 m de profundidad y 2,11 m de lado

Fundaciones monobloque método de Pöhl

El método de las tablas de Pöhl para calcular fundaciones se basa en considerar exclusivamente la acción estabilizante que produce el fondo de la fundación. Es por lo tanto aplicable a aquellos casos en que la fundación tiene sus lados de una magnitud considerable con respecto a su altura. Por lo tanto, el momento de encastramiento no es importante frente al valor de la reacción de fondo. Es necesario adoptar estas proporciones en las bases ubicadas en suelos poco resistentes (baja presión admisible, bajo coeficiente de compresibilidad), a fin de evitar valores de presión elevados sobre el terreno. Este método da garantías de que no se producirá un desplazamiento de la base por hundimiento del terreno, ya que la verificación se centra precisamente en la tensión admisible que soporta el suelo.

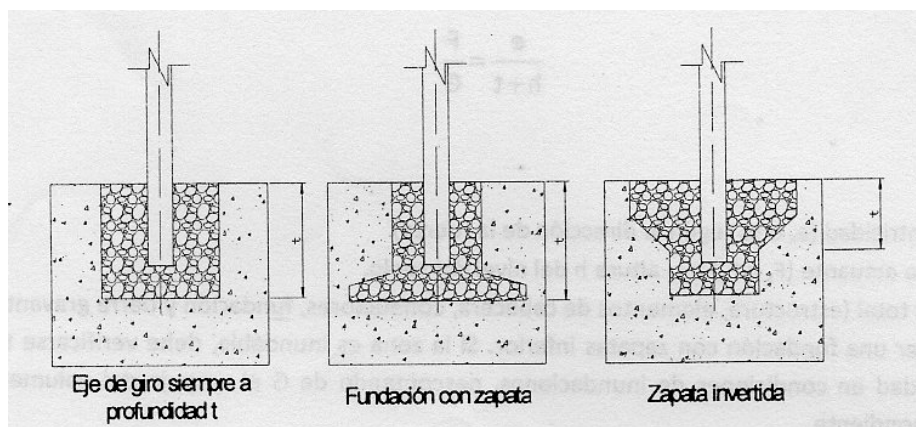
Principio de cálculo

El cálculo permite obtener el valor de la presión producida por acción del peso y los momentos volcadores, sobre el fondo de la fundación. Dicha presión debe ser menor que la admisible por el suelo.

La conjunta aplicación de las cargas:

- Horizontales: tiro de los conductores, viento.
- Verticales: peso.

Lleva a que el punto de intersección de la resultante con el fondo de la fundación no se encuentre en el eje de la estructura. Si esta excentricidad supera un cierto límite, parte de la fundación se despega y el momento estabilizante se realiza con solo el aporte de la parte de la fundación en contacto con el terreno



Llamando M_{v-x} al vector momento en dirección x-x o sea el producido por las fuerzas actuantes en dirección y-y:

$$M_{v-x} = F_y \cdot (h+t)$$

Análogamente para las fuerzas en dirección x-x:

$$M_{v-y} = F_x \cdot (h+t)$$

La excentricidad se calcula teniendo en cuenta:

$$\frac{e}{h+t} = \frac{F}{G}$$

Donde:

e: excentricidad (e_x ó e_y según la dirección de la fuerza)

F: fuerza actuante (F_x ó F_y) a la altura h del nivel del suelo.

G: peso total (estructura, elementos de cabecera, conductores, fundación y tierra gravante) en caso de fundación con zapata inferior. Si es zona inundable, debe verificarse también la estabilidad en condiciones de inundaciones, descontando de G el empuje del volumen de agua correspondiente.

Se tiene:

Para fuerzas según x-x:

$$e_x = \frac{M_{v-y}}{G}$$

Para fuerzas según y-y:

$$e_y = \frac{M_{v-x}}{G}$$

Para calcular el coeficiente de Pöhl deben calcularse previamente los valores:

$$\frac{e_x}{a} \quad \text{a: lado de la base según eje x-x}$$

$$\frac{e_y}{b} \quad \text{b: lado de la base según eje y-y}$$

En función de estos valores se extrae el coeficiente Pöhl (μ) de la tabla siguiente

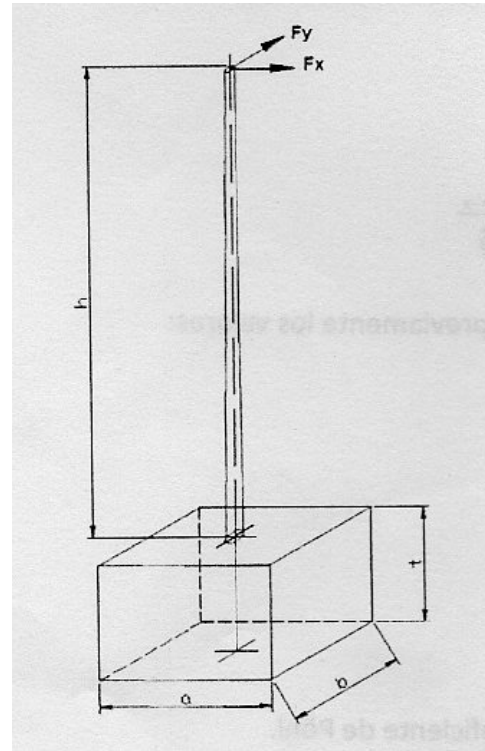


TABLA V-5. VALORES DE LOS COEFICIENTES DE PÖHL

ey/b	ex/a																				
	0.400	0.380	0.360	0.34	0.320	0.300	0.280	0.260	0.240	0.220	0.200	0.180	0.160	0.140	0.120	0.100	0.080	0.060	0.040	0.020	0.000
0.40	37.50	31.25	26.78	23.44	20.83	18.75	17.04	15.62	14.42	13.37	12.45	11.62	10.87	10.18	9.559	8.965	8.445	7.964	7.506	7.076	6.667
0.38	31.25	26.04	22.52	19.53	17.36	15.62	14.20	13.02	12.02	11.15	10.38	9.684	9.057	8.486	7.965	7.487	7.046	6.637	6.255	5.896	5.556
0.36	26.78	22.32	19.13	16.74	14.88	13.39	12.17	11.16	10.30	9.553	8.895	8.300	7.763	7.274	6.827	6.417	6.039	5.689	5.362	5.054	4.762
0.34	23.44	19.53	16.74	14.65	13.02	11.72	10.65	9.766	9.014	8.359	7.783	7.263	6.793	6.365	5.972	5.65	5.284	4.978	4.691	4.422	4.167
0.32	20.83	17.36	14.38	13.02	11.57	10.42	9.470	8.681	8.013	7.430	6.918	6.456	6.038	5.658	5.310	4.991	4.697	4.425	4.170	3.931	3.704
0.30	18.75	15.62	13.39	11.72	10.42	9.375	8.523	7.812	7.211	6.687	6.226	5.810	5.434	5.092	4.779	4.492	4.227	3.982	3.753	3.538	3.333
0.28	17.04	14.20	12.17	10.65	9.470	8.523	7.748	7.102	6.556	6.079	5.660	5.282	4.940	4.629	4.345	4.084	3.843	3.620	3.412	3.216	3.030
0.26	15.62	13.02	11.16	9.766	8.681	7.812	7.102	6.510	6.009	5.573	5.189	4.842	4.528	4.243	3.983	3.743	3.523	3.318	3.128	2.948	2.778
0.24	14.42	12.02	10.30	9.014	8.013	7.211	6.559	6.009	5.547	5.145	4.789	4.470	4.180	3.917	3.676	3.455	3.252	3.063	2.887	2.721	2.564
0.22	13.37	11.10	9.553	8.359	7.430	6.687	6.079	5.573	5.145	4.773	4.444	4.147	3.880	3.636	3.413	3.202	3.019	2.844	2.681	2.527	2.381
0.20	12.45	10.38	8.895	7.783	6.918	6.226	5.660	5.189	4.789	4.444	4.137	3.863	3.615	3.389	3.183	2.993	2.818	2.655	2.502	2.359	2.222
0.18	11.62	9.684	8.300	7.263	6.456	5.810	5.282	4.842	4.470	4.147	3.863	3.608	3.378	3.169	2.979	2.803	2.640	2.488	2.346	2.211	2.083
0.16	10.87	9.057	7.763	6.793	6.038	5.434	4.940	4.528	4.180	3.880	3.615	3.378	3.165	2.972	2.795	2.632	2.481	2.340	2.207	2.082	1.960
0.14	10.18	8.486	7.274	6.365	5.658	5.092	4.629	4.243	3.917	3.636	3.389	3.169	2.972	2.793	2.629	2.478	2.337	2.206	2.081	1.960	1.840
0.12	9.558	7.965	6.827	5.974	5.310	4.779	4.345	3.983	3.676	3.413	3.183	2.979	2.795	2.629	2.477	2.336	2.205	2.080	1.960	1.840	1.720
0.10	8.958	7.487	6.417	5.615	4.991	4.492	4.084	3.743	3.455	3.202	2.993	2.803	2.632	2.478	2.336	2.204	2.080	1.960	1.840	1.720	1.600
0.08	8.455	7.046	6.039	5.284	4.697	4.227	3.843	3.523	3.252	3.019	2.818	2.640	2.481	2.337	2.205	2.080	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480
0.06	7.964	6.637	5.689	4.978	4.425	3.982	3.620	3.318	3.063	2.844	2.655	2.488	2.340	2.205	2.080	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360
0.04	7.506	6.255	5.362	4.691	4.170	3.753	3.412	3.128	2.887	2.681	2.502	2.346	2.207	2.081	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360	1.240
0.02	7.076	5.896	5.054	4.422	3.931	3.538	3.216	2.948	2.721	2.527	2.359	2.211	2.082	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360	1.240	1.120
0.00	6.667	5.556	4.762	4.167	3.704	3.333	3.030	2.778	2.564	2.381	2.222	2.083	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360	1.240	1.120	1.000

Para valores de

$$\frac{e_x}{a} + \frac{e_y}{b} \geq \frac{1}{6}$$

Parte del fondo de la fundación se despega del terreno y permanece inactivo. Los valores de la tabla por debajo de la línea marcada inferior corresponden a estados de carga en la que la totalidad de la base de la fundación permanece en contacto con el suelo. Si se quiere que al menos un 50% del fondo de la fundación sea activo (contacto con terreno) debemos mantener los valores elegidos de la tabla por debajo de la línea marcada superior.

La presión máxima es ejercida al terreno por el borde de la fundación y se calcula con:

$$\sigma_{max} = \mu \cdot \frac{G}{S}$$

S: superficie de la base en el fondo

Para cualquier valor de

$$\frac{e_x}{a} + \frac{e_y}{b}$$

Condición de estabilidad:

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{adm} \text{ Para terrenos cohesivos}$$

$$\sigma_{max} \leq \frac{1}{3} \sigma_{adm} \text{ Para terrenos no cohesivos}$$

Cálculo de la fundación

Se calculará las bases para los piquetes N°45,46,47 y 48, son suspensiones simples que se encuentran emplazadas en el tramo nuevo que interconecta la red del rebaje Aracama con la del rebaje Yeruá norte. En dicho trayecto nos encontramos con el cauce del arroyo Yuquerí chico y consideramos que el terreno es apto para este tipo de fundaciones.

Datos:

$$P_C := 110 \text{ m} \cdot 0.14 \frac{\text{daN}}{\text{m}} = 15.4 \text{ daN} \quad \text{Peso del conductor en el vano}$$

$$P_A := 0.98 \text{ daN} \quad \text{Peso del aislador}$$

Datos del poste.

$$H_P := 10 \text{ m} \quad \text{Altura total del poste}$$

$$H_L := 0.9 \cdot H_P = 9 \text{ m} \quad \text{Altura libre del poste}$$

$$d_{CP} := 170 \text{ mm} \quad \text{Diámetro en la cima del poste}$$

$$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

Conicidad

$$d_{BP} := d_{CP} + c \cdot H_P = 320 \text{ mm}$$

Diámetro en la base del poste

$$d_{emp} := d_{CP} + c \cdot H_L = 305 \text{ mm}$$

Diámetro en el empotramiento del poste

$$G_P := 754 \text{ daN}$$

Peso del poste

$$G_S := 180 \text{ daN}$$

Sobrecarga (2 personas + equipos)

Total carga vertical:

$$G_V := 3 \cdot P_A + 3 \cdot P_C + G_P + G_S = 983.14 \text{ daN}$$

Dimensiones de la base adoptada:

$$a_1 := 2 \text{ m}$$

$$b_1 := d_{CP} + c \cdot H_P + 2 \cdot 0.025 \text{ m} + 2 \cdot 0.15 \text{ m}$$

$$b_1 = 0.67 \text{ m}$$

$$a_2 := 0.67 \text{ m}$$

$$b_2 := 2 \text{ m}$$

$$h_1 := 0.85 \text{ m}$$

$$h_2 := 0.25 \text{ m}$$

$$h_3 := 0.2 \text{ m}$$

Volumen de la base:

$$V_b := a_2^2 \cdot 0.3 \text{ m} + 4 \cdot (0.67 \text{ m} - 0.15 \text{ m}) \cdot 0.15 \text{ m} \cdot 0.55 \text{ m} + 4 \cdot h_2 \cdot 1.335 \text{ m} \cdot 0.665 \text{ m} + 4 \cdot h_3 \cdot 1.335 \text{ m} \cdot 0.665 \text{ m}$$

$$V_b = 1.904 \text{ m}^3$$

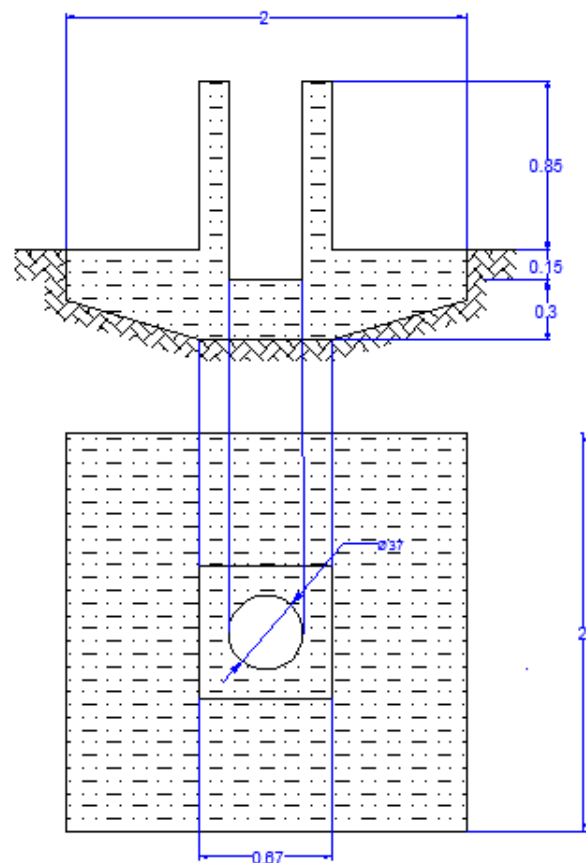
$$\gamma_{\text{hormigón}} := 2200 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3}$$

$$G_{\text{base}} := V_b \cdot \gamma_{\text{hormigón}} = 4189.383 \text{ daN}$$

$$G_T := G_{\text{base}} + G_V = 5172.523 \text{ daN}$$

Momento de vuelco:

en el eje x-x



Base Pohl

$$M_{vx} := 226.36 \text{ daN} (h_1 + h_2 + h_3 + H_L) = 2331.508 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

en el eje y-y

$$M_{vy} := 0 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

No se consideran cargas en esta dirección

Excentricidades:

$$e_x := \frac{M_{vy}}{G_T} = 0 \text{ m} \quad \frac{e_x}{a_1} = 0$$

$$e_y := \frac{M_{vx}}{G_T} = 0.451 \text{ m} \quad \frac{e_y}{b_2} = 0.225$$

Se verifica que:

$$\frac{e_x}{a_1} + \frac{e_y}{b_2} \geq \frac{1}{6} \quad 0 + 0.225 > \frac{1}{6}$$

Verificación de la presión máxima:

Se adopta como presión máxima admisible por el terreno de:

$$\sigma_{adm} := 0.5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de Pöhl

Según tabla tenemos:

$$e_y/b = 0.22 ; e_x/a = 0 \quad \mu = 2.3821$$

$$e_y/b = 0.24 ; e_x/a = 0 \quad \mu = 2.564$$

Interpolando

$$\mu := 0.225 \cdot \frac{(2.564 - 2.381)}{(0.24 - 0.22)} = 2.059$$

La presión máxima que ejercerá la estructura completa sobre el terreno (considerando el área de la base solo con sus lados más grandes) es:

$$\sigma_{max} := \mu \cdot \frac{G_T}{a_1 \cdot b_2} = 0.266 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

La base con las dimensiones adoptadas verifica



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

Capítulo 07: Estudios eléctricos

Año 2015

Contenido

Parámetros de línea

Tabla resumen

Flujo de potencia

Parámetros de línea

Capacidad

$$\text{Altura de la fase R} \quad h_R := 10.30 \text{ m}$$

$$\text{Altura de la fase S} \quad h_S := 10.99 \text{ m}$$

$$\text{Altura de la fase T} \quad h_T := 10.30 \text{ m}$$

$$\text{Distacia entre fase R y S} \quad d_{RS} := 0.81 \text{ m}$$

$$\text{Distacia entre fase S y T} \quad d_{ST} := 0.81 \text{ m}$$

$$\text{Distacia entre fase T y R} \quad d_{TR} := 0.85 \text{ m}$$

$$\text{Sección del conductor} \quad S := 51.07 \text{ mm}^2$$

$$\text{Radio del conductor} \quad r := \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0.004 \text{ m}$$

$$\text{Distancia entre fase R - imagen S} \quad d_{RS'} := 21.29 \text{ m}$$

$$\text{Distancia entre fase S - imagen T} \quad d_{ST'} := 21.29 \text{ m}$$

$$\text{Distancia entre fase T - imagen R} \quad d_{TR'} := 20.59 \text{ m}$$

$$\text{Altura media geométrica} \quad HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 10.525 \text{ m}$$

$$\text{Distancia media geométrica} \quad DMG := \sqrt[3]{d_{RS} \cdot d_{ST} \cdot d_{TR}} = 0.823 \text{ m}$$

$$\text{Distancia media geométrica a imagen} \quad DMG' := \sqrt[3]{d_{RS'} \cdot d_{ST'} \cdot d_{TR'}} = 21.054 \text{ m}$$

Cálculo Capacidad secuencia directa "C1" e inversa "C2"

$$C_1 := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{r \cdot DMG'}\right)} \quad \text{Siendo } C_1 = C_2$$

$$C_1 = 10.46 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

Cálculo de la secuencia homopolar C0

$$C_0 := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left(\frac{2 \cdot HMG \cdot (DMG')^2}{r \cdot DMG^2} \right)}$$

$$C_0 = 3.698 \frac{nF}{km}$$

Reactancia

Frecuencia $f := 50 \text{ Hz}$

Resistividad del terreno $\rho := 100 \frac{\Omega}{m}$

Radio medio geométrico $RMG := r \cdot e^{-1} = 0.003 \text{ m}$

Distancia equivalente (efecto Carson) $De := 94 \cdot \sqrt{\rho} \quad De := 940 \text{ m}$

Cálculo de la Reactancia de secuencia directa "X1" e inversa "X2"

$$X_1 := \mu_0 \cdot f \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{r \cdot DMG'} \right) \quad \text{Siendo } X_1 = X_2$$

$$X_1 = 0.334 \frac{\Omega}{km}$$

Cálculo de la Reactancia de secuencia homopolar "X0"

$$X_0 := \mu_0 \cdot f \cdot \ln \left(\frac{De^3}{RMG \cdot DMG^2} \right)$$

$$X_0 = 1.677 \frac{\Omega}{km}$$

Resistencia

Resistencia del conductor $R_c := 0.654 \frac{\Omega}{km}$

Cálculo de la Resistencia de secuencia directa "R1" e inversa "R2"

$$R_1 = R_2 = R_c = 0.654 \frac{\Omega}{km}$$

Cálculo de la Resistencia de homopolar.

$$R_o := R_c + 0.12 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_o = 0.774 \frac{\Omega}{km}$$

Tramo de línea subterráneo

Capacidad

Secuencia directa "C1" e inversa "C2"

$$\text{Por catálogo: } C1 = C2 = 231 \frac{nF}{km}$$

Reactancia

Por catálogo se adopta, una reactancia a 50 Hz igual a $X = 0.107 \frac{\Omega}{km}$

Cálculo Reactancia secuencia directa "X1" e inversa "X2"

$$X = X_1 = X_2 = 0.107 \frac{\Omega}{km}$$

Resistencia

Por catálogo se adopta, una resistencia a 50 Hz y a 90° C igual a $R = 0.576 \Omega$

$$R = R_1 = R_2 = 0.345 \Omega$$

$$Z := (0.654 + 0.334i) \Omega$$

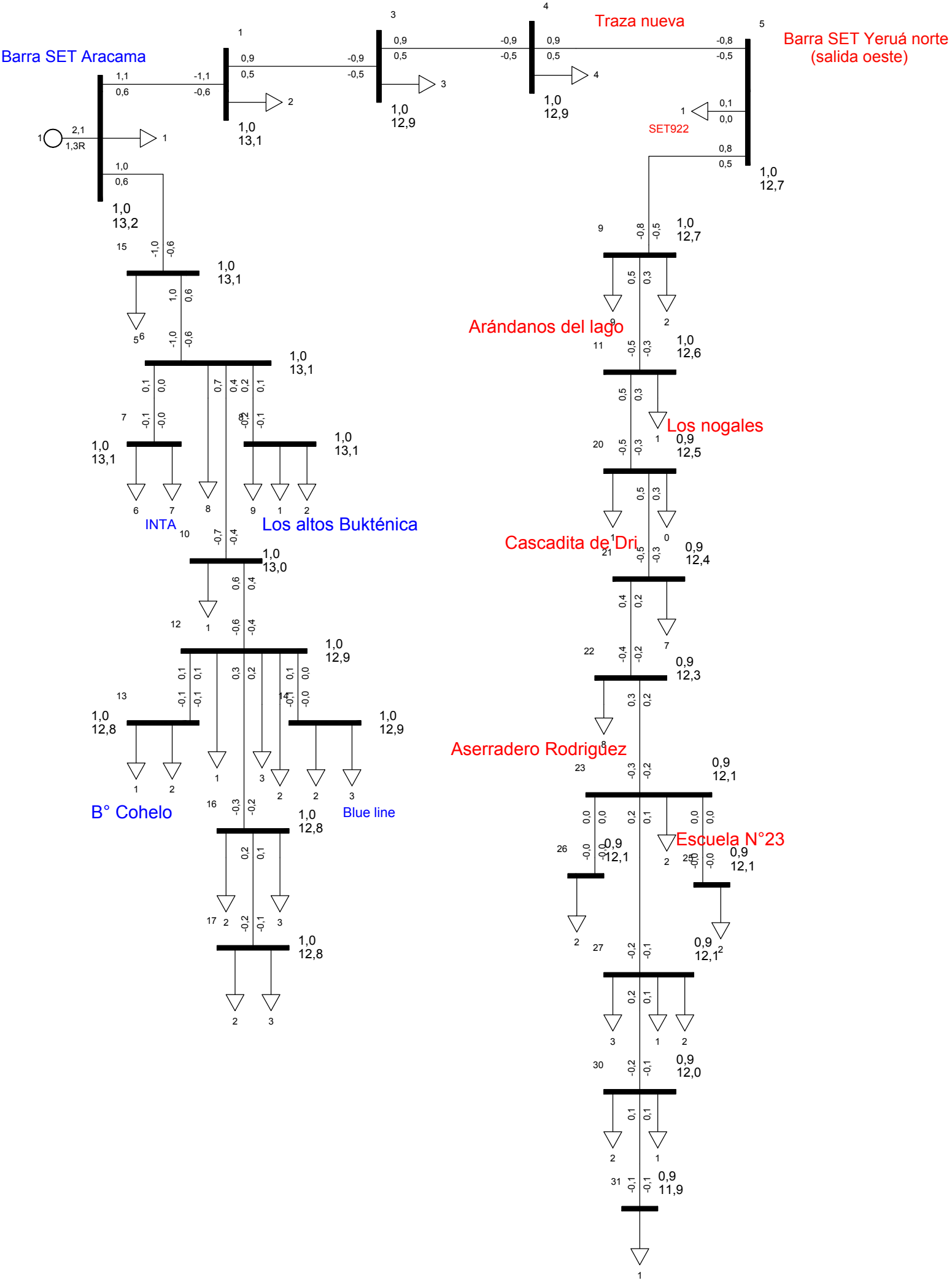
$$Y := 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 10.46i \text{ nF} = (3.286i \cdot 10^{-6}) \text{ S}$$

$$Z_c := \sqrt{\frac{Z}{Y}} = (472.728 \angle -31.473^\circ) \Omega \quad \text{Impedancia característica de la línea}$$

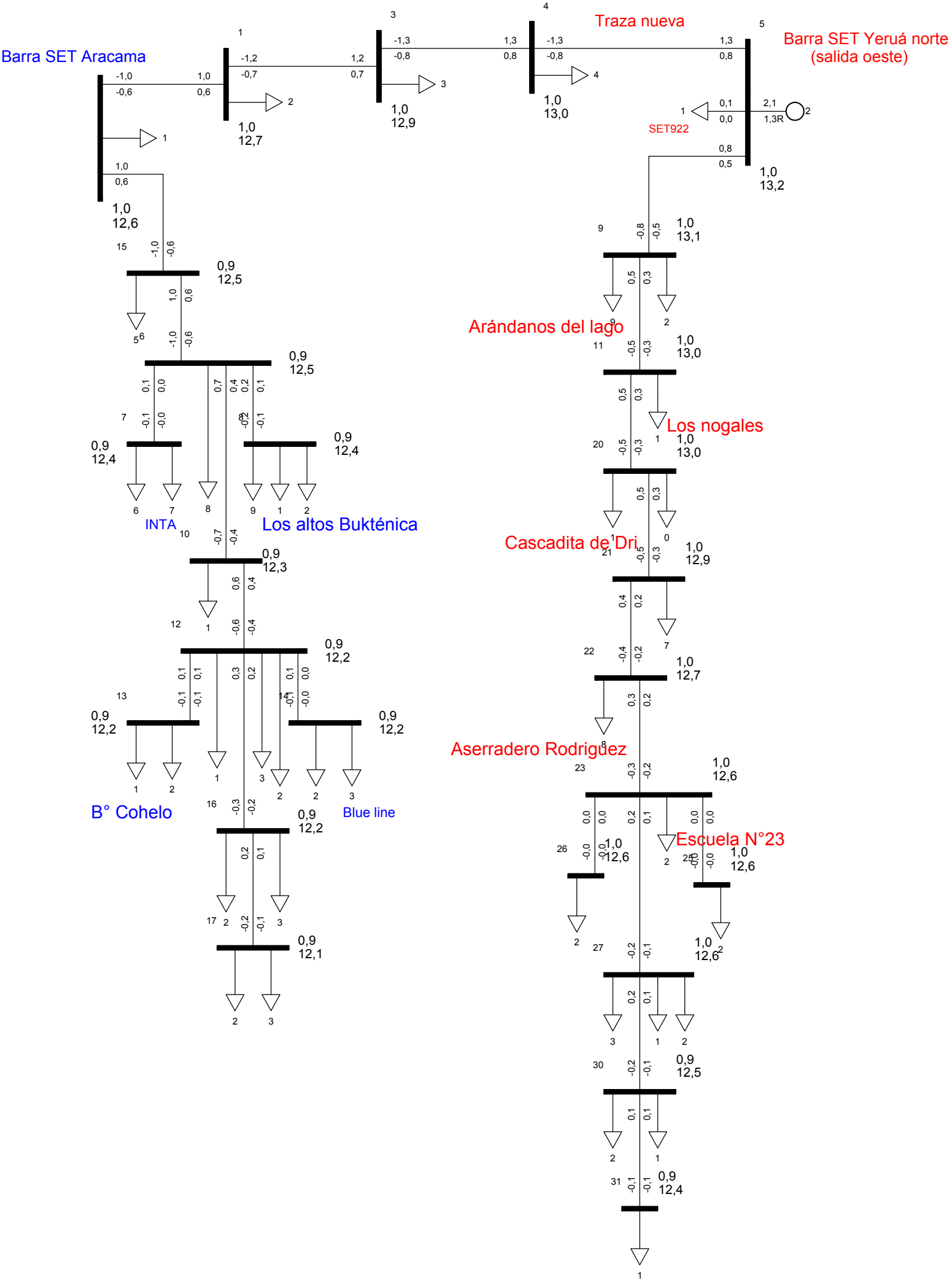
Parámetros de líneas									
Línea	Largo [km]	r [Ω /km]	x [Ω /km]	c [nF/km]	Vb [kV]	Sb [MVA]	R [pu]	X [pu]	B [pu]
R. Yerua N-0 - 922	0,367	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00138	0,000712	0,000207
922 - 999	0,25	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00094	0,000485	0,000141
999 - 1115	0,259	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00097	0,000502	0,000146
1115 - 834	0,286	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00107	0,000555	0,000162
834 - 838	0,584	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00219	0,001133	0,000330
838 - 718 - 843	0,14	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00053	0,000272	0,000079
718 - 873	0,15	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00056	0,000291	0,000085
834 - 852	0,665	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00250	0,001290	0,000376
852 - 875	1,2	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00450	0,002328	0,000678
875 - 994	1,11	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00417	0,002153	0,000627
852 - 1061	1,73	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00649	0,003356	0,000977
1061 - 849	1,03	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00387	0,001998	0,000582
849 - 851	0,306	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00115	0,000594	0,000173
851 - 896	0,328	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00123	0,000636	0,000185
896 - 709	0,447	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00168	0,000867	0,000253
709 - 904	1,08	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00405	0,002095	0,000610
709 - 925	1,54	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00578	0,002987	0,000870
709 - 757	1,072	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00402	0,002080	0,000606
757 - 1126	0,68	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00255	0,001319	0,000384
757 - 746	0,31	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00116	0,000601	0,000175
746 - 870	1,3	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00488	0,002522	0,000734
870 - 782	0,32	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00120	0,000621	0,000181
782 - 835	0,5	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00188	0,000970	0,000282
786 - 702	2,1	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00788	0,004074	0,001186
702 - 750	0,62	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00233	0,001203	0,000350
750 - 815	2,5	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00938	0,004850	0,001412
815 - 855	0,71	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00266	0,001377	0,000401
855 - 704	0,5	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00188	0,000970	0,000282
746 - 703	0,57	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00214	0,001106	0,000322
703 - 882	0,56	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00210	0,001086	0,000316
882 - 1147	0,309	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00116	0,000599	0,000175
1147 - 883	0,86	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00323	0,001668	0,000486
883 - 713	0,39	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00146	0,000757	0,000220
713 - 710	0,39	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00146	0,000757	0,000220
710 - 949	0,1	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00038	0,000194	0,000056
949 - 853	1,35	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00507	0,002619	0,000763
853 - 714	0,5	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00188	0,000970	0,000282
714 - 812	0,8	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00300	0,001552	0,000452

812 - 928	0,92	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00345	0,001785	0,000520
928 - 1181	1	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00375	0,001940	0,000565
928 - 927	1,3	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00488	0,002522	0,000734
812 - 1108	0,8	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00300	0,001552	0,000452
1108 -1084	0,65	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00244	0,001261	0,000367
1084 - 923	0,727	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00273	0,001410	0,000411
923 - 924	0,445	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00167	0,000863	0,000251
812 - 719	0,3	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00113	0,000582	0,000169
719 - 950	0,81	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00304	0,001571	0,000458
950 - 712	0,242	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00091	0,000469	0,000137
712 - 761	0,53	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00199	0,001028	0,000299
761 - 1180	2,16	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00811	0,004190	0,001220
761 - 841	2,35	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00882	0,004559	0,001328
841 - 846	2,7	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,01013	0,005238	0,001525
846 - 1155	0,9	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00338	0,001746	0,000508
761 - 869	1,6	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00601	0,003104	0,000904
869 - 952	0,7	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00263	0,001358	0,000395
952 - 1113	0,4	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00150	0,000776	0,000226
1113 - 789	0,25	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00094	0,000485	0,000141
789 - 877	0,77	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00289	0,001494	0,000435
869 - 809	0,46	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00173	0,000892	0,000260
809 - 810	1,6	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00601	0,003104	0,000904
810 - 716	0,863	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00324	0,001674	0,000488
716 - 993	0,277	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00104	0,000537	0,000156
993 - 837	0,47	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00176	0,000912	0,000266
993 - 826	1,6	0,654	0,338	10,32	13,2	1	0,00601	0,003104	0,000904

Redes Arcama-Yeruá norte (oeste) energizadas desde Arcama TAP (0%)



Redes Arcama-Yeruá norte (oeste) energizadas desde Y. norte TAP (0%)





Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

Capítulo 08: Estación transformadora

Año 2015

Contenido

Cortocircuito

Malla de puesta a tierra

SPCR

Transformadores de medida (SMEC)

Cortocircuito

En esta sección se hace una estimación del nivel de cortocircuito en la estación de rebaje Yeruá norte la cual es energizada por el alimentador N° 6 (33 kV) proveniente de la estación transformadora Concordia propiedad de la empresa ENERSA. Ya que el rebaje Aracama es alimentado desde la central N°2 (33 kV) propiedad de la Cooperativa eléctrica de Concordia energizada también desde la ET de ENERSA, se tomarán los mismos valores obtenidos en la estación de rebaje antes mencionado para comprobar que el equipamiento instalado en la ampliación de R. Aracama cumpla con las exigencias producidas por los nuevos niveles de cortocircuito.

Para el análisis partimos de datos conocidos de la configuración del esquema unifilar de la ET de ENERSA extraídos de la “guía de referencia de ENERSA”, este informe también nos brinda los niveles de cortocircuito tanto trifásicos como monofásicos en barras de 132 kV.

En las barras de 33 kV en verde se puede apreciar el alimentador “Yeruá”.

Los aportes correspondientes a ET. Concordia para el año 2015 son los siguientes:

NIVEL DE CORTOCIRCUITOS

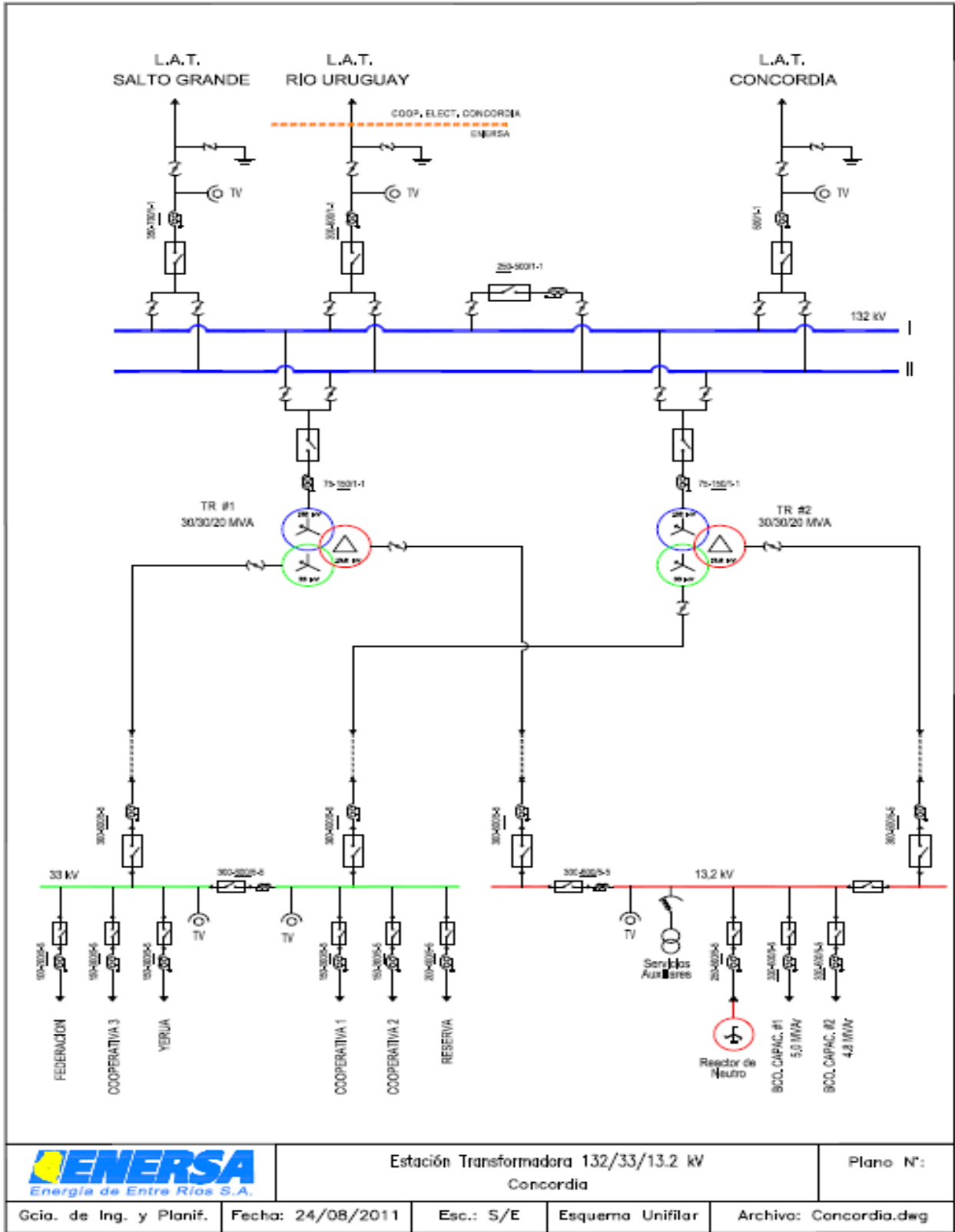


Código Ident.	Estación Transformadora	Tensión nominal KV	Potencia admisible MVA	2011		2012		2013		2014		2015	
				Monof.	Trif.	Monof.	Trif.	Monof.	Trif.	Monof.	Trif.	Monof.	Trif.
N° PSS				MVA	MVA	MVA	MVA	MVA	MVA	MVA	MVA	MVA	MVA
4204	BASAVILBASO	132	5000	422	658	419	644	419	646	435	687	433	686
4208	URUGUAY	132	5000	1200	1405	1210	1396	1214	1401	1216	1410	1233	1430
4210	COLON	132	5000	613	906	627	912	628	915	626	916	650	958
4220	CHAJARI	132	5000	325	526	325	526	325	526	324	525	322	550
4222	C. ELIA	132	5000	2494	2075	2520	2099	2529	2106	2558	2138	2574	2155
4224	CONCORDIA	132	5000	1175	1398	1457	1522	1457	1523	1455	1522	1528	1624

Monofásico: 1528 MVA

Trifásico: 1624MVA

También será verificado el cálculo a través del software NEPLAN siguiendo los lineamientos de la norma IEC 60909.



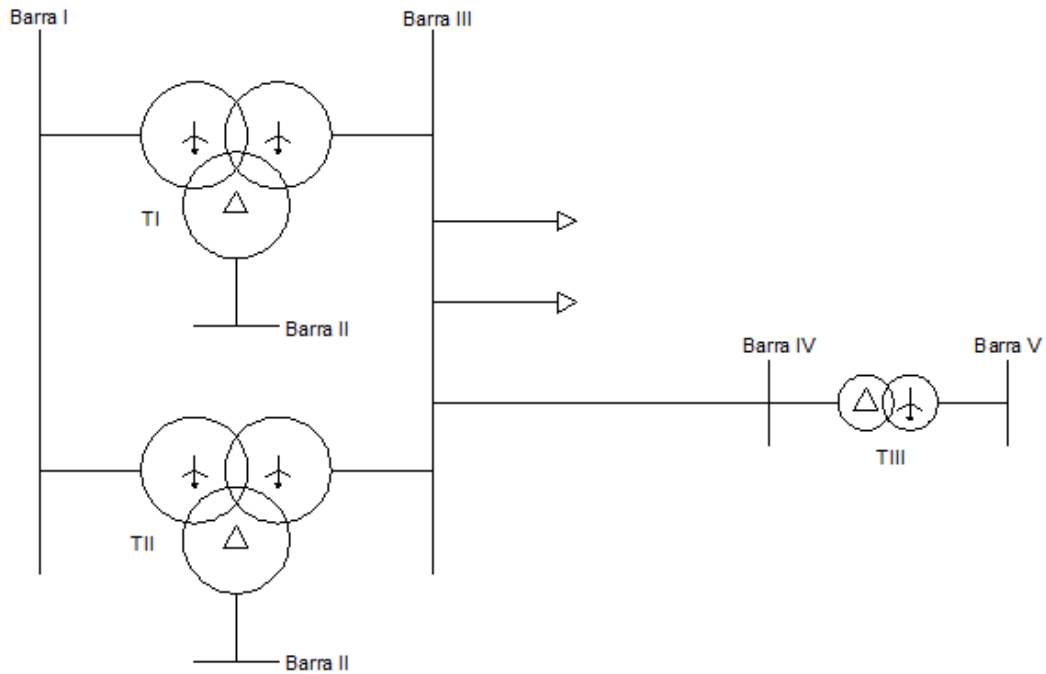
Barras de 33 kV (verde) barras 13,2 kV (rojo)

Se seguirá el método de cálculo en PU.

Datos:

- Diagramas unifilar del sistema.
- Aportes a la red
- Reactancias, resistencias y susceptancias de todos los elementos del sistema.
- Potencia y tensiones nominales de cada elemento del sistema.

Diagrama unifilar del sistema considerado



Se considerará a TIII con las características del transformador a instalar en Aracama.

Datos:

Transformador N°1	Transformador N°2	Transformador N°3
132 / 33 / 13,2 kV/kV	132 / 33 / 13,2 kV/kV	33 / 13,2 kV/kV
30 / 20 / 30 MVA	30 / 20 / 30 MVA	3,5 MVA

$$X_{13\%} = 10,31$$

$$X_{12\%} = 17,81$$

$$X_{32\%} = 6,6$$

$$X_{01\%} = 8,74$$

$$X_{03\%} = 0,55$$

$$X_{02\%} = 4,89$$

Barras

$$V_I = 132 \text{ kV}$$

$$V_{II} = V_V = 13,2 \text{ kV}$$

$$V_{III} = V_{IV} = 33 \text{ kV}$$

$$X_{13\%} = 10,31$$

$$X_{12\%} = 17,81$$

$$X_{32\%} = 6,6$$

$$X_{01\%} = 8,74$$

$$X_{02\%} = 0,55$$

$$X_{02\%} = 4,89$$

Aportes de la red

$$S_{ap3} = 1624 \text{ MVA}$$

$$S_{ap1} = 1528 \text{ MVA}$$

$$X_{cc\%} = 6$$

Línea III-IV

$$r = 0,413 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$B = 3,315 \frac{\mu S}{\text{km}}$$

$$L = 15 \text{ km}$$

Elección de los valores bases

$$S_b = 10 \text{ MVA}$$

$$V_{bl} = 132 \text{ kV}$$

$$Z_{bl} = \frac{V_{bl}^2}{S_b} = 1742,4 \Omega$$

$$V_{bII} = V_{bV} = V_{bl} \frac{13,2 \text{ kV}}{132 \text{ kV}} = 13,2 \text{ kV}$$

$$Z_{bII} = Z_{bV} = \frac{V_{bII}^2}{S_b} = 17,424 \Omega$$

$$V_{bIII} = V_{bIV} = V_{bl} \frac{33 \text{ kV}}{132 \text{ kV}} = 33 \text{ kV}$$

$$Z_{bIII} = Z_{bIV} = \frac{V_{bIII}^2}{S_b} = 108,9 \Omega$$

Valores de referencia del transformador N°1 y N°2

$$S_{T1} = 30 \text{ MVA}$$

$$V_{T1} = 132 \text{ kV}$$

$$Z_{T1} = \frac{V_{T1}^2}{S_{T1}} = 580,8 \Omega$$

Valores de referencia del transformador N°3

$$S_{T3} = 3,5 \text{ MVA}$$

$$V_{T3} = 33 \text{ kV}$$

$$Z_{T3} = \frac{V_{T3}^2}{S_{T3}} = 311,1 \Omega$$

Transformación de las impedancias del transformador.

$$X_{1\%} = \frac{X_{12\%} + X_{13\%} - X_{23\%}}{2} = 10,76$$

$$X_{2\%} = \frac{X_{12\%} + X_{23\%} - X_{13\%}}{2} = -0,45$$

$$X_{3\%} = \frac{X_{13\%} + X_{23\%} - X_{12\%}}{2} = 7,05$$

Determinación de los valores en por unidad (PU).

Aportes de la red.

$$x_{ap3} = 1,1 \frac{S_b}{S_{ap3}} = 0,0067 \text{ (pu)}$$

$$x_{ap1} = 3 \cdot 1,1 \frac{S_b}{S_{ap1}} - 2 \cdot 1,1 \frac{S_b}{S_{ap3}} = 0,007 \text{ (pu)}$$

Transformador N°1 y N°2

$$x_1 = \frac{X_{1\%}}{100} \cdot \frac{Z_{T1}}{Z_{bl}} = 0,036 \text{ (pu)}$$

$$x_2 = \frac{X_{2\%}}{100} \cdot \frac{Z_{T1}}{Z_{bl}} = -0,002 \text{ (pu)}$$

$$x_3 = \frac{X_{3\%}}{100} \cdot \frac{Z_{T1}}{Z_{bl}} = 0,024 \text{ (pu)}$$

$$x_{01} = \frac{X_{01\%}}{100} \cdot \frac{Z_{T1}}{Z_{bl}} = 0,028 \text{ (pu)}$$

$$x_{02} = \frac{X_{02\%}}{100} \cdot \frac{Z_{T1}}{Z_{bl}} = 0,002 \text{ (pu)}$$

$$x_{03} = \frac{X_{03\%}}{100} \cdot \frac{Z_{T1}}{Z_{bl}} = 0,016 \text{ (pu)}$$

Transformador N°3

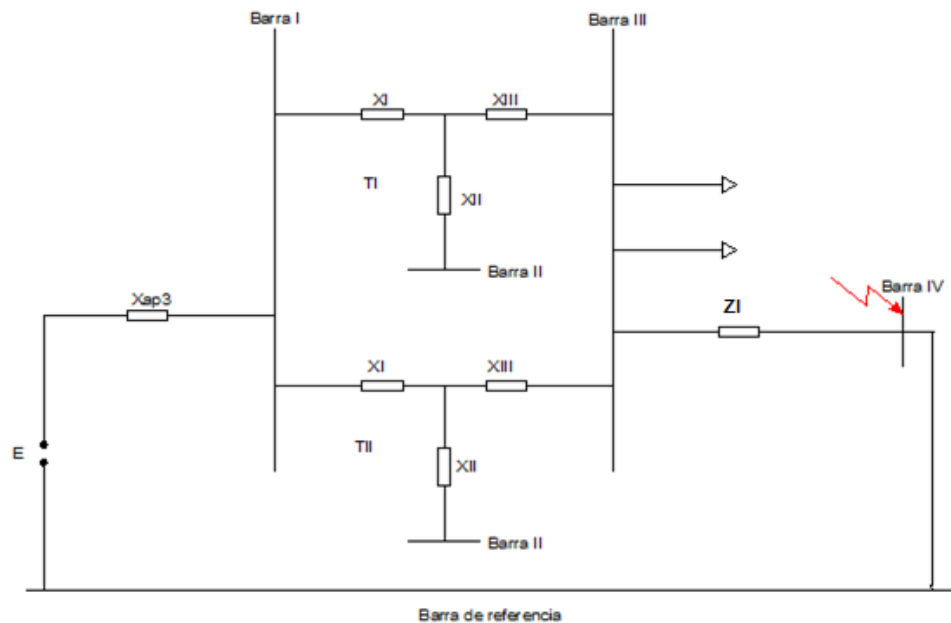
$$x_{TIII} = \frac{X_{cc\%}}{100} \cdot \frac{Z_{T3}}{Z_{blV}} = 0,17 \text{ (pu)}$$

Línea

$$R_L = L * r = 15 \text{ km} * 0,413 \frac{\Omega}{\text{km}} * \frac{S_b}{V_{IV}^2} = 0,056$$

$$B_{L/2} = L * B = 15 \text{ km} * 3,315 \frac{\mu S}{\text{km}} * \frac{V_{IV}^2}{2S_b} = 0,0027$$

Cortocircuito trifásico en barra IV



La impedancia de Thévenin del circuito de secuencia directa es:

$$z_d = j \cdot x_{ap3} + Z_l + \frac{[(j \cdot x_1 + j \cdot x_3) \cdot (j \cdot x_1 + j \cdot x_3)]}{[(j \cdot x_1 + j \cdot x_3) + (j \cdot x_1 + j \cdot x_3)]} = 0,056 + j0,0367(pu)$$

La impedancia de Thévenin del circuito de secuencia inversa es igual a la impedancia de Thévenin del circuito de secuencia directa:

$$z_d = z_i = 0,056 + j0,0367(pu)$$

Cortocircuito trifásico en barra IV.

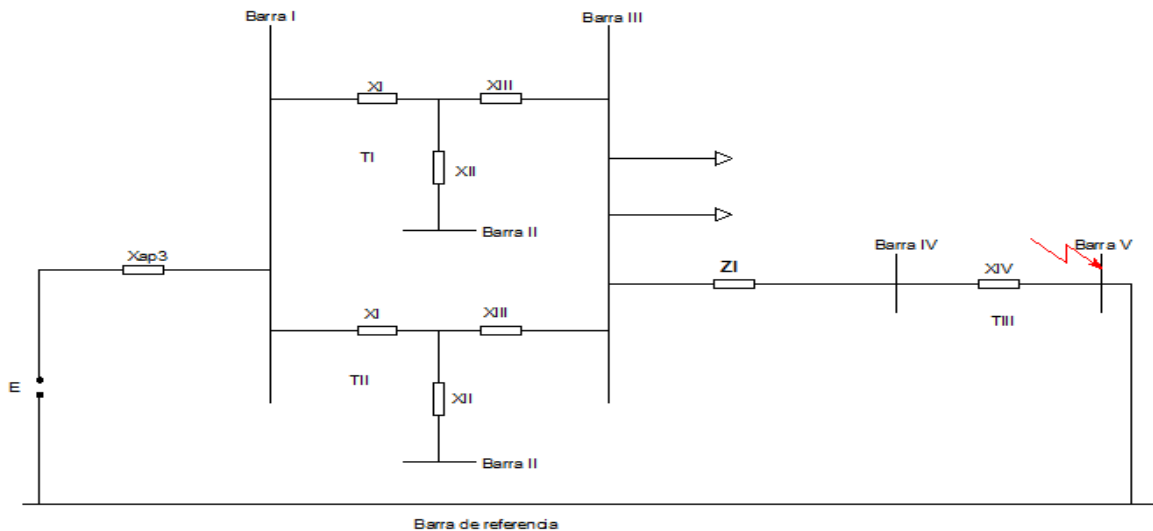
La potencia de cortocircuito trifásico es:

$$S''_{k3} = 1,1 \frac{S_b}{|z_d|} = 164,3 \text{ MVA}$$

La corriente de cortocircuito trifásico es:

$$I''_{k3} = \frac{S''_{k3}}{\sqrt{3} \cdot V_{bIV}} = 2,87 \text{ kA}$$

Cortocircuito trifásico en barra V.



La impedancia de Thévenin del circuito de secuencia directa es:

$$z_d = j \cdot x_{ap3} + Z_l + X_{TIII} \frac{[(j \cdot x_1 + j \cdot x_3) \cdot (j \cdot x_1 + j \cdot x_3)]}{[(j \cdot x_1 + j \cdot x_3) + (j \cdot x_1 + j \cdot x_3)]} = 0,056 + j0,2067(pu)$$

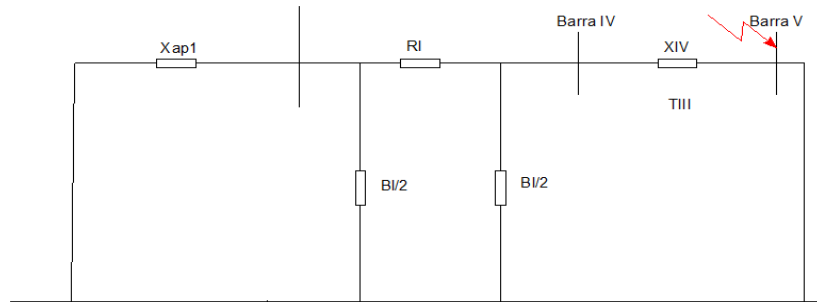
La impedancia de Thévenin del circuito de secuencia homopolar es:

$$z_0 = \frac{Z_A \cdot Z_B}{Z_A + Z_B} + j \cdot x_{ap1} = j \cdot 0,0821 \text{ (pu)}$$

La potencia de cortocircuito monofásico en la barra III es:

$$S''_{k1} = \frac{3 \cdot 1,1 \cdot S_d}{|z_d + z_i + z_0|} = 210 \text{ MVA} = S_{ap1}$$

$$S_{ap3} = 300 \text{ MVA}$$



$$x_{ap1} = 3 \cdot 1,1 \frac{S_b}{S_{ap1}} - 2 \cdot 1,1 \frac{S_b}{S_{ap3}} = j0,0836 \text{ (pu)}$$

La potencia de cortocircuito monofásico en la barra V es:

$$z_A = \frac{jX_{TIII} \cdot jBL/2}{jX_{TIII} + jBL/2} = j0,00265$$

$$Z'_A = z_A + Rl = 0,056 + j0,00265$$

$$z_B = \frac{Z'_A \cdot jBL/2}{Z'_A + jBL/2} = j0,0027$$

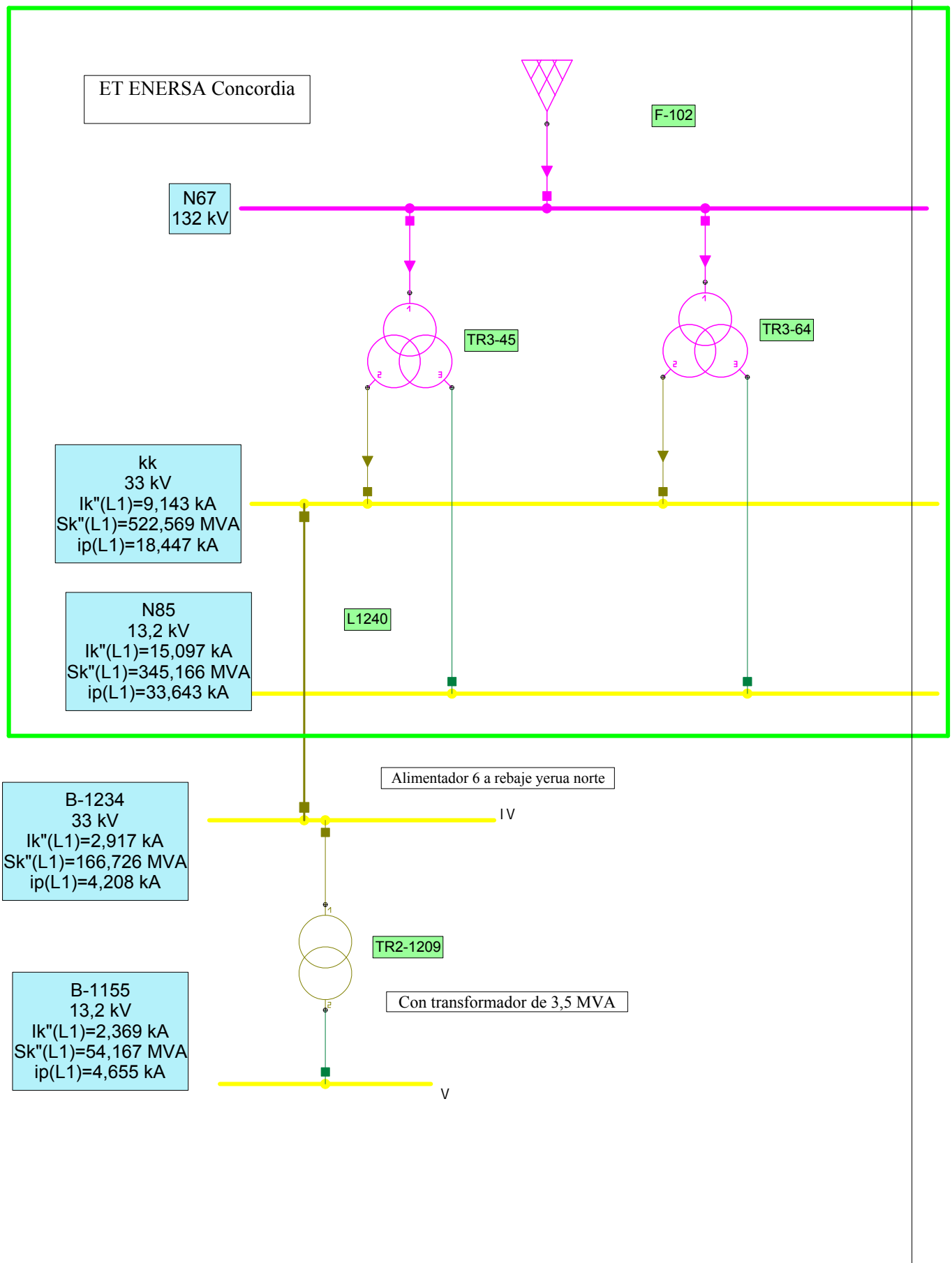
$$z_0 = j0,0836 + j0,0027 = j0,0863 \quad z_d = j0,0836 + 0,056 + j0,17 = 0,056 + j0,2536$$

$$S''_{k1} = \frac{3 \cdot 1,1 \cdot S_b}{|z_d + z_i + z_0|} = 63,6 \text{ MVA.}$$

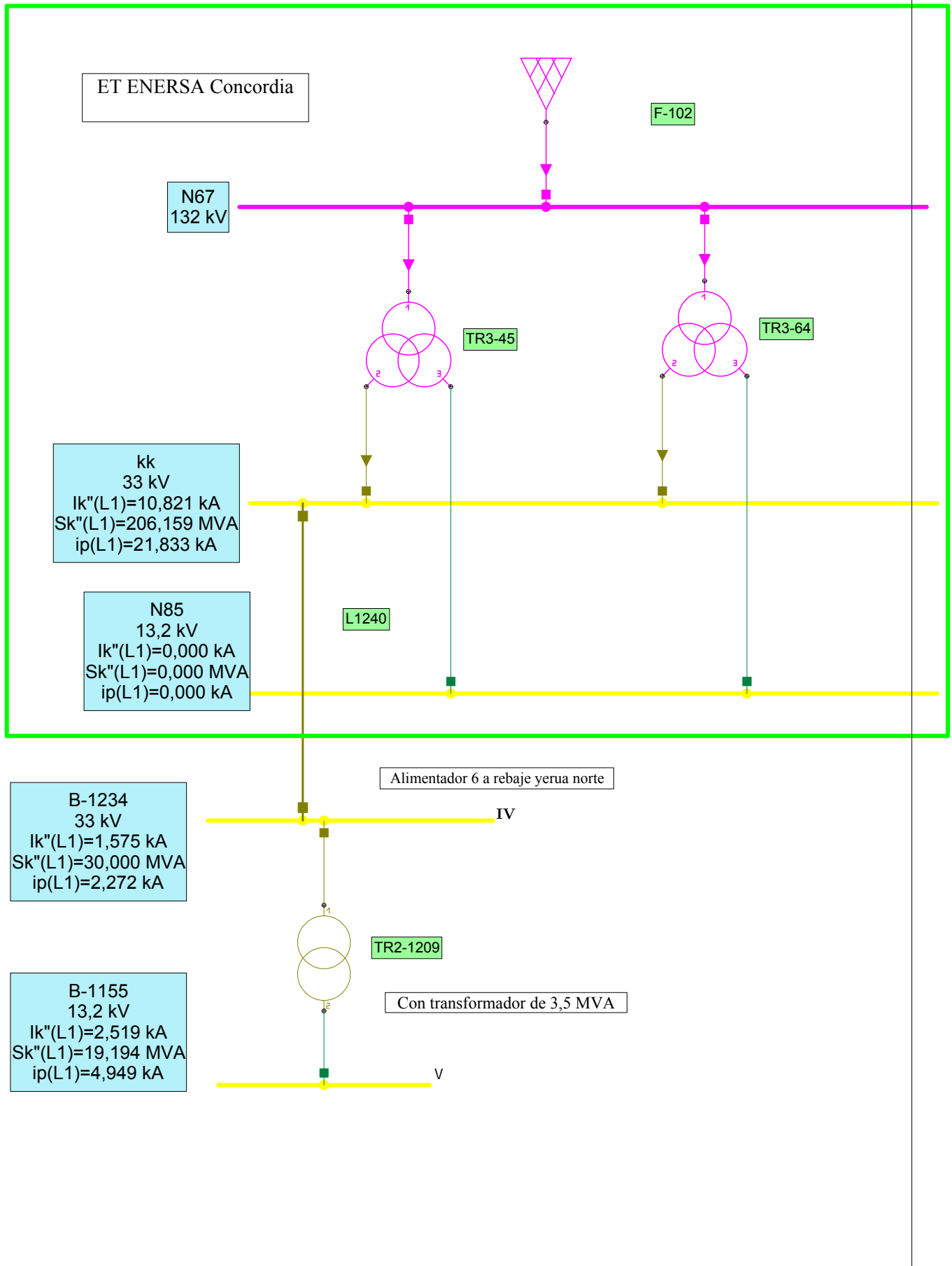
$$I''_{k1} = \frac{S''_{k1}}{\sqrt{3} \cdot V_{bV}} = 2,78 \text{ kA.}$$

A continuación se muestran los valores calculados con NEPLAN.

Cortocircuito trifásico



Cortocircuito monofásico



Corrientes de cortocircuito NEPLAN®

	ID	Ubicación de Falla		Hasta nodo	Nombre Element	Tipo	Ik" (RST)	ip (RST)
		Desde nod					kA	kA
1	76	kk	En falla				10,821	21,833
4	45	kk	N67	TR3-45	Transforma		5,410	10,917
7	64	kk	N67	TR3-64	Transforma		5,410	10,917
10	1240	kk	B-1234	L1240	Línea		0,000	0,000
13								
14	1155	B-1155	En falla				2,519	4,949
17	1209	B-1155	B-1234	TR2-120	Transforma		2,519	4,949
20								
21	85	N85	En falla				0,000	0,000
24	45	N85	N67	TR3-45	Transforma		0,000	0,000
27	64	N85	N67	TR3-64	Transforma		0,000	0,000
30								
31	1234	B-1234	En falla				1,575	2,272
34	1240	B-1234	kk	L1240	Línea		1,575	2,272
37	1209	B-1234	B-1155	TR2-120	Transforma		0,000	0,000

Corrientes de cortocircuito NEPLAN®

	Falla	Método	Máximo	Red	Zona	Área	Red
	tipo		corrien	tipo			Red
1	Falla Monofásica a Tierra	IEC6090	<input checked="" type="checkbox"/>	ALIM.SIM	Zona 1	Área 1	1
4			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1
7			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1
10			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1
13			<input type="checkbox"/>				
14	Falla Monofásica a Tierra	IEC6090	<input checked="" type="checkbox"/>	ALIM.SIM	Zona 1	Área 1	1
17			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1
20			<input type="checkbox"/>				
21	Falla Monofásica a Tierra	IEC6090	<input checked="" type="checkbox"/>	ALIM.SIM	Zona 1	Área 1	1
24			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1
27			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1
30			<input type="checkbox"/>				
31	Falla Monofásica a Tierra	IEC6090	<input checked="" type="checkbox"/>	ALIM.SIM	Zona 1	Área 1	1
34			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1
37			<input type="checkbox"/>		Zona 1	Área 1	1

Puesta a tierra

Generalidades

La puesta a tierra de la subestación será una sola, denominada puesta a tierra unificada, y vinculará la puesta a tierra de servicio (centro de estrella del transformador principal) con la puesta a tierra de protección (cuba del transformador principal, equipos de medición, soportes y pantallas de los conductores subterráneos de MT, armaduras de Fe de las estructuras de H^oA^o, reja de protección del transformador, base de aparatos, dispositivos de comandos de los seccionadores a cuernos, gabinetes, cerco perimetral, portones metálicos de acceso y partes metálicas en general).

La instalación de puesta a tierra estará compuesta por cuatro jabalinas Cooperweld de 5/8" x 3,00m, Cada una contará con una cámara de inspección y medición de la resistencia de PAT.

Los dispersores serán vinculados entre sí mediante conductor desnudo de Cu de 50mm², los cuáles cumplirán con la función de colectores de puesta a tierra, todas las conexiones a tierra de equipos, herrajes, armaduras de columnas y postecillos, se realizarán a través de estos conductores.

Los colectores de PAT irán tendidos a 0,9m de profundidad inmersos en una capa de tierra zarandeada de 0,2m compactada y de baja resistividad, luego se rellena la zanja con tierra normal.

Alrededor del cerco perimetral a 0,7m del exterior y a 0,5m de profundidad se deberá extender un cable de 50 mm² de Ac-Cu inmerso en una capa de tierra zarandeada.

Para posibilitar la instalación de los dispersores, previamente será necesario hacer las perforaciones correspondientes.

Se colocará una jabalina Cooperweld de 5/8" x 2,00m en la base de los postes del pórtico de 33 kV en donde se conectarán los descargadores de sobretensión para drenar rápidamente las corrientes impulsivas de las descargas atmosféricas a los estratos inferiores del terreno.

El valor de resistencia de la puesta a tierra do deberá superar los 1 Ohm, caso contrario se colocarán jabalinas adicionales distanciadas 4 m para lograr el valor deseado.

Puesta a Tierra

PAT de la Instalación

Para el cálculo nos basamos en la norma IRAM 2281 “Código de practica para puesta a tierra de sistemas eléctricos”. El valor de la resistencia de puesta a tierra de la instalación no debe superar los 1Ω .

La expresión matemática de la resistencia para jabalinas enterradas de forma vertical es la siguiente:

1.3. EFECTO DE LA FORMA DEL ELECTRODO

En todos los electrodos, la mayor parte de la caída de potencial ocurre en el suelo en la zona más cercana al electrodo, dado que es aquí donde la densidad de corriente es la mayor. Para obtener una baja resistencia total, la densidad de corriente deberá ser lo mas baja posible en el medio adyacente al electrodo, el cual deberá ser diseñado de tal manera que cause que la densidad de corriente disminuya rápidamente con la distancia al electrodo. Este requerimiento se logra haciendo que las dimensiones en una dirección sean grandes comparadas con aquellas en las otras dos. Por lo tanto, un caño, barra o cinta tiene una notable menor resistencia que una placa de igual superficie. La resistencia NO es por lo tanto inversamente proporcional a la superficie del electrodo. La resistencia de los diversos tipos de electrodos están expresadas por las siguientes fórmulas:

$$\text{PLACAS} \quad R = \frac{P}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A}}$$

R = resistencia (ohm)

P = resistencia (Ωcm)

A = área total de la placa (ambos lados)(cm^2)

$$\text{JABALINAS} \\ \text{(CAÑOS, BARRAS)} \quad R = \frac{P}{2\pi L} \ln \left(\frac{4L}{r} - 1 \right)$$

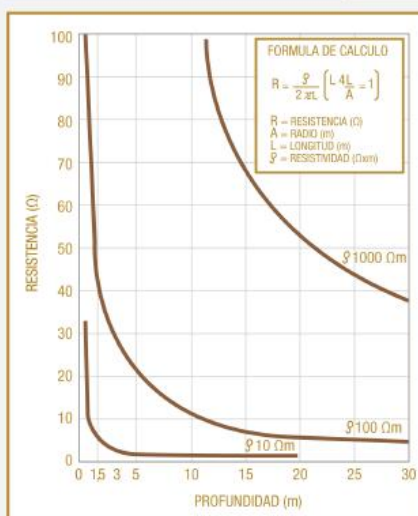
L = Longitud (cm)

r = radio (cm)



HOJAS TÉCNICAS

EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL ENTERRADO



REDUCCIÓN DE RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL ELECTRODO (SUELO UNIFORME)

Es conveniente hincar los electrodos a una profundidad tal que se puedan obtener las máximas ventajas técnicoeconómicas, basándose en los factores que se detallan a continuación.

1.4.1. Según puede observarse en este gráfico, para un terreno de resistividad (ρ) dentro de valores normales ($10/100\Omega\text{m}$) la resistencia del electrodo en la mayoría de los casos disminuye notoriamente con la profundidad de hincado hasta las profundidades habituales (3/6 mts.). A partir de dicho límite la reducción de resistencia se hace mínima mientras que el aumento de costo del electrodo asciende linealmente.

Seleccionamos jabalina de 16mm de diámetro y 3 m de longitud (L1830-250) marca FACBSA, enterrada de forma vertical. Resistividad del suelo $\rho = 10 \Omega \cdot m$.

Por lo tanto:

$\rho := 10 \Omega \cdot m$ (a profundidad de jabalina)

$L := 3 m$

$R_j := 0.008 m$

$$R := \frac{\rho}{2 \pi \cdot L} \cdot \ln \left(\left(4 \frac{L}{R_j} \right) - 1 \right) = 2.716 \Omega$$

Donde:

ρ = Resistividad del suelo

L = Longitud de la jabalina

R_j = Radio de la jabalina

COEFICIENTES DE REDUCCIÓN PARA JABALINAS DISPUESTAS EN PARALELO: TABLA N° 3									
N° de Jab. en paralelo (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K	0,57	0,42	0,33	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15

Para 4 Jabalinas, $K = 0,33$

$$R := 0.33 \cdot R = 0.9 \Omega$$

De esta manera se consigue un valor de resistencia de puesta a tierra menor a 1Ω , que es lo que se buscaba.

Se deben instalar 4 jabalinas en paralelo para obtener el valor de resistencia requerido.

Para unir eléctricamente las jabalinas se utilizara conductor de cobre desnudo de 50 mm^2 , el cual irá enterrado y las uniones se realizarán con soldadura cuproaluminotérmica (IRAM 2315) o por compresión con deformación en frío, se excluyen las uniones roscadas, abulonadas o roblonadas (remachadas).

Temperatura del conductor

Según IEEE 80 usando la ecuación 37 del apartado 11.3.1 podemos aproximar la sobreelevación de temperatura del conductor de Ac-Cu.

$$I = A_{mm^2} \sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a} \right)} \quad (37)$$

Table 1 – Material constants

Description	Material conductivity (%)	α_r factor at 20 °C (1/°C)	K_o at 0 °C (0 °C)	Fusing ^a temperature T_m (°C)	ρ_r 20 °C ($\mu\Omega \cdot cm$)	TCAP thermal capacity [J/(cm ³ ·°C)]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42

La corriente de cortocircuito monofásica en barras de 13,2 kV es de 2,519 kA, sin embargo justificando futuros aumentos en la potencia de cortocircuito se calculará para $I_f = 5$ kA.

El tiempo de circulación de la falla es: $t_c = 1$ s.

El coeficiente térmico a la temperatura de referencia de la constante del material conductor es:

$$a_r := 0.00381 \quad \left[\frac{1}{^\circ C} \right]$$

El coeficiente térmico de resistividad a 0°C es:

$$a_0 := 0.004132 \quad \left[\frac{1}{^\circ C} \right]$$

La resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia es:

$$\rho_r := 1.78 \cdot 10^{-6} \quad [\Omega \cdot cm]$$

El factor de capacidad térmica del material conductor es:

$$T_{cap} := 3.42 \quad \frac{J}{cm^3 \cdot ^\circ C}$$

La temperatura ambiente es:

$$T_a := 40 \quad \text{° C}$$

$$K_0 := 245 \quad \text{° C}$$

Corriente de cortocircuito monofásica:

$$I_f := 5000 \quad [\text{A}]$$

$$t_c := 1 \quad [\text{s}]$$

$$x := \left(\frac{T_{cap} \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot a_r \cdot \rho_r} \right) = 5.043 \cdot 10^4$$

$$A_c := 50$$

$$t := \frac{\left(\frac{I_f}{A_c} \right)^2}{x}$$

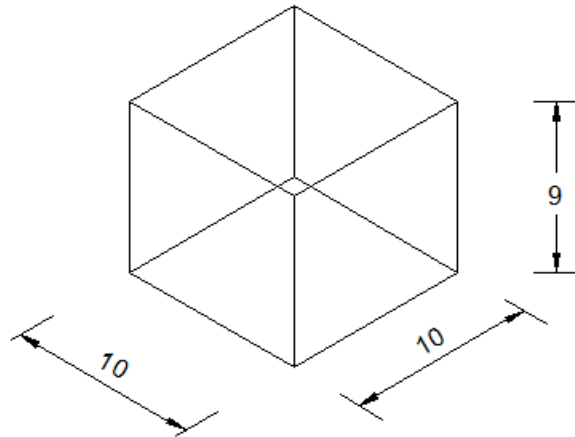
La temperatura de sobre elevación del conductor es:

$$T_m := e^t \cdot (K_0 + T_a) - K_0 = 102.508 \quad \text{° C}$$

Sistema de protección contra rayos

Cálculo del SPCR según norma IRAM 2184-1.

La estructura a proteger tiene las siguientes dimensiones:

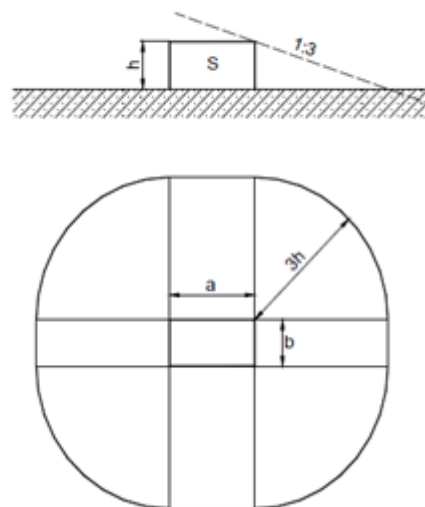


Determinación de A_e (área colectora equivalente de la estructura)

Se entiende por área colectora equivalente de la estructura a un área de superficie del suelo con la misma cantidad de rayos anuales directos que la estructura.

Dicho área es la encerrada por una línea límite obtenida a partir de la intersección entre la superficie del suelo y una línea recta con pendiente 1/3 que va de las partes superiores de la estructura (toca allí y gira alrededor de ella).

Ejemplo de Área Equivalente



$$a := 10 \text{ m} \quad b := 10 \text{ m} \quad h := 9 \text{ m}$$

$$A_{ceq} := a \cdot b + 6 \cdot h \cdot (a + b) + 9 \cdot \pi \cdot h^2 = 3470.221 \text{ m}^2$$

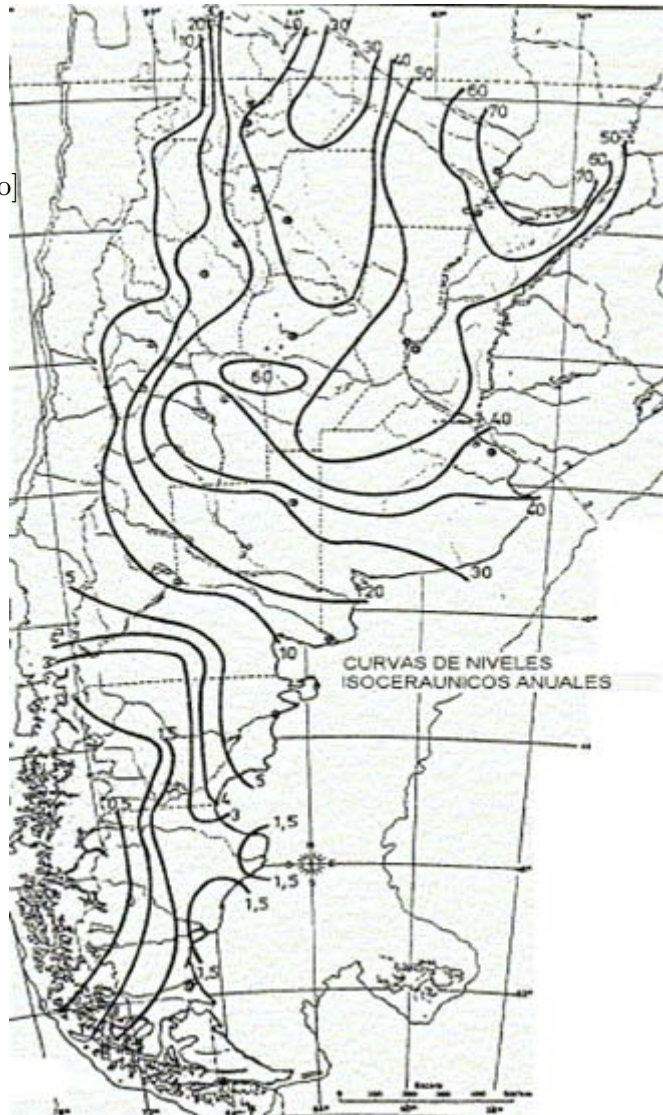
Determinación de N_g (densidad anual de rayos que caen a tierra en la región donde se encuentra la estructura)

$$N_g = 0.04 \cdot T_d^{5/4}$$

T_d : Cantidad de días de tormentas eléctricas por año obtenidas a partir del mapas isoceráunicos.

$$T_d := 50 \quad \text{Entre Ríos}$$

$$N_g := 0.04 \cdot T_d^{5/4} = 5.318 \text{ [rayos/km}^2 \cdot \text{año]}$$



Determinación de N_d (Cantidad promedio de rayos que caen anualmente directamente sobre la estructura)

$$\therefore := \frac{1}{m^2}$$

$$N_d := N_g \cdot A_{ceq} \cdot 10^{-6} = 0.018 \text{ [rayos directos/año]}$$

Determinación de N_d a través de:

$$N_d = C_1 \cdot N_\xi \cdot A_\xi \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{rayos} \cdot \text{directos}}{\text{año}} \right]$$

C_1 Coeficiente ambiental que rodea a la estructura.

Determinación de E_c (eficiencia del SPCR) y del nivel de protección

$$E_c \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

N_c Cantidad anual de rayos que se asumen caen a la estructura.

$$N_c = \frac{2,243 \cdot 10^{-3}}{C} \cdot \left[\frac{\text{rayos} \cdot \text{aceptados}}{\text{año}} \right]$$

Donde: $C = C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5$

C_2 Coeficiente de evaluación del tipo de construcción de la estructura. $C_2 := 1$

C_3 Coeficiente de evaluación del contenido de la estructura. $C_3 := 1$

C_4 Coeficiente de evaluación de ocupación de la estructura. $C_4 := 1$

C_5 Coeficiente de evaluación de consecuencias de un impacto de rayo sobre la estructura. $C_5 := 1$

$$C := C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 = 1$$

$$N_c := \frac{(2,243 \cdot 10^{-6})}{C} = 2,243 \cdot 10^{-6} \cdot \left[\frac{\text{rayos} \cdot \text{aceptados}}{\text{año}} \right]$$

Como $N_c < N_d$ Se debe colocar un SPCR de con el siguiente nivel de protección:

$$E_c := 1 - \frac{N_c}{N_d} = 1$$

Con el valor de E_c calculado ingresamos a la tabla y obtenemos el nivel de protección

Tabla 3 – Relación entre niveles de protección y eficiencia

Niveles de protección	Eficiencia E del spcr
I + Medidas complementarias (*)	$E > 0,98$
I	$0,95 < E \leq 0,98$
II	$0,90 < E \leq 0,95$
III	$0,80 < E \leq 0,90$
IV	$0 < E \leq 0,80$

Adoptamos en nivel de protección I ($0.95 < E \leq 0.98$)

Con el nivel de protección elegido de la tabla sacamos el radio de la esfera

Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección

Nivel de Protección	Radio de la Esfera (r_{sc}) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

El radio de la esfera es $r=35\text{m}$.

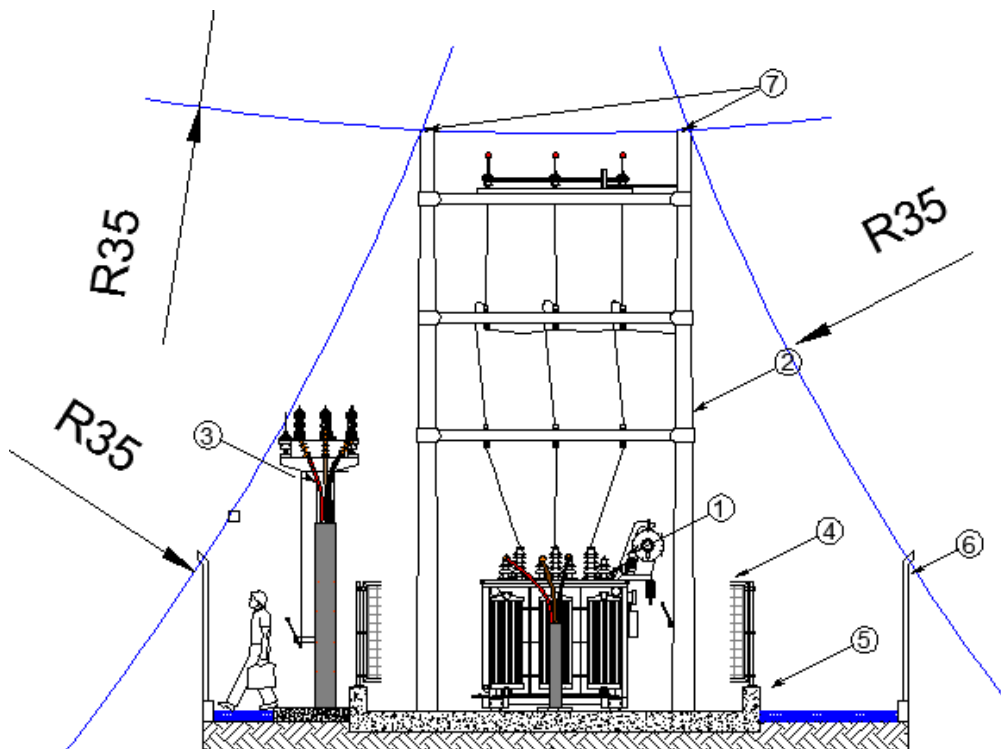
Determinación de la ubicación de los captosres por método de la esfera rodante

Los hilos de guardia son colocados en la sima de los postes del pórtico de entrada de la terna en 33 kV, dichos captosres ya están colocados, el cálculo solo fue hecho para asegurarnos de que el equipamiento esté correctamente protegido.

Por pitágoras:

$$(35 - h)^2 + 1,85^2 = 35^2$$
$$h = 0,049 \text{ m}$$

Los hilos de guardia deberán ser colocados como mínimo a 0,05m por encima de las barras de 33 kV, pero en las instalaciones actuales están muy por arriba de ese valor, con lo que concluimos diciendo que verifican al cálculo. (ver planos al final del informe).



Transformadores de medida (SMEC)

Transformadores de intensidad

los parámetros para la selección son:

Tensión nominal:

$$V_N := 13.2 \text{ kV}$$

Tensión máxima:

$$V_M := 1.1 \cdot V_N = 14.52 \text{ kV}$$

Frecuencia nominal:

$$f := 50 \text{ Hz}$$

Nivel básico de aislación:

$$BIL := 75 \text{ kV}$$

Nivel de aislación a la sobretensión de maniobra:

$$SIL := 38 \text{ kV}$$

Potencia nominal:

$$S := 3500 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

Corriente nominal:

$$I_n := \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_N} = 153.085 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_k := 2.369 \text{ kA}$$

Capacidad dinámica (definida por la corriente de choque):

$$I_S := 4.655 \text{ kA}$$

Corriente térmica:

$$m := 0.1 \quad (\text{influencia de la componente continua de corriente})$$

$$n := 1 \quad (\text{influencia de la componente alterna de corriente})$$

$t := 1$ (tiempo de referencia)

$$I_{th} := I_k \cdot \sqrt{m+n} \cdot \frac{1}{t} = 2.485 \text{ kA}$$

Corriente nominal y relación de transformación de los TI:

$$I_N := 300 \text{ A}$$

$$R_T := \frac{300}{5}$$

Pérdidas en los cables de los aparatos conectados:

$$s := 2.5 \text{ mm}^2$$

$$\rho := 0.0176 \frac{(\Omega \cdot \text{mm}^2)}{\text{m}}$$

$$l := 7 \text{ m}$$

$$R := 2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{s} = 0.099 \Omega$$

$$P_{cable} := (5 \cdot \text{A})^2 \cdot R = 2.464 \text{ W}$$

Aparatos conectados:

- Medición SMEC: 8VA
- Pérdidas en el cable: 2,47 W

Prestación del núcleo de medición: 12 VA

Clase: 0,5

Transformadores de tensión

los parámetros para la selección son:

Tensión nominal y relación de transformación de los TV:

$$V_{nTV} := \frac{13.2}{\sqrt{3}} \text{ kV} \quad V_{nsTV} := \frac{0.11}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

$$R_T := \frac{V_{nTV}}{V_{nsTV}} = 120$$

Corriente que circula por el secundario de los TV:

Medición SMEC: 8VA

$$I_{sectv} := \frac{8 \text{ V} \cdot \text{A}}{V_{nsTV}} = 0.126 \text{ A}$$

Pérdidas en los cables de los aparatos conectados:

$$P := (0.126 \text{ A})^2 \cdot R = 0.002 \text{ W}$$

Caída de tensión en los cables de los aparatos conectados:

$$V_{\text{cable}} := I_{\text{sectv}} \cdot R = 0.012 \text{ V}$$

El núcleo del TV de medición SMEC debe ser clase 0,5 de 10 VA de prestación.

Se utiliza un bloque de medición combinado HOWEST de uso exterior de las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Transformador trifásico combinado corriente-tensión en resina sintética
- Simple relación primaria de 5 a 400 Amp.
- Doble relación primaria de 5-10 Amp. hasta 300-600 Amp.
- Corriente secundaria 5 o 1 Amp.
- 1 núcleo y 1 secundario de medición
- Prestación hasta 30 VA
- Clase 0.5 o 0.5s
- Ith: 80xIn o hasta 24 kA
- Tensión primaria: 13.2/√3 kV
- Tensión secundaria: 0.11/√3 kV
- Prestación hasta 60 VA
- Clase 0.5
- Frecuencia: 50 Hz o 60 Hz. (a pedido)
- Peso: 135 kG
- Clase 0.2s o 0.2 u otras tensiones secundarias bajo consulta
- Normas: IRAM-IEC o ANSI (bajo consulta)





Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Concordia

Generación transmisión y distribución de la energía eléctrica

*“Mejoramiento y ampliación redes de 13,2 kV zona sur de
Concordia”*

Capítulo 09: Planos

Año 2015

Contenido

Plani-altimetrías

Estructuras

Ménsulas

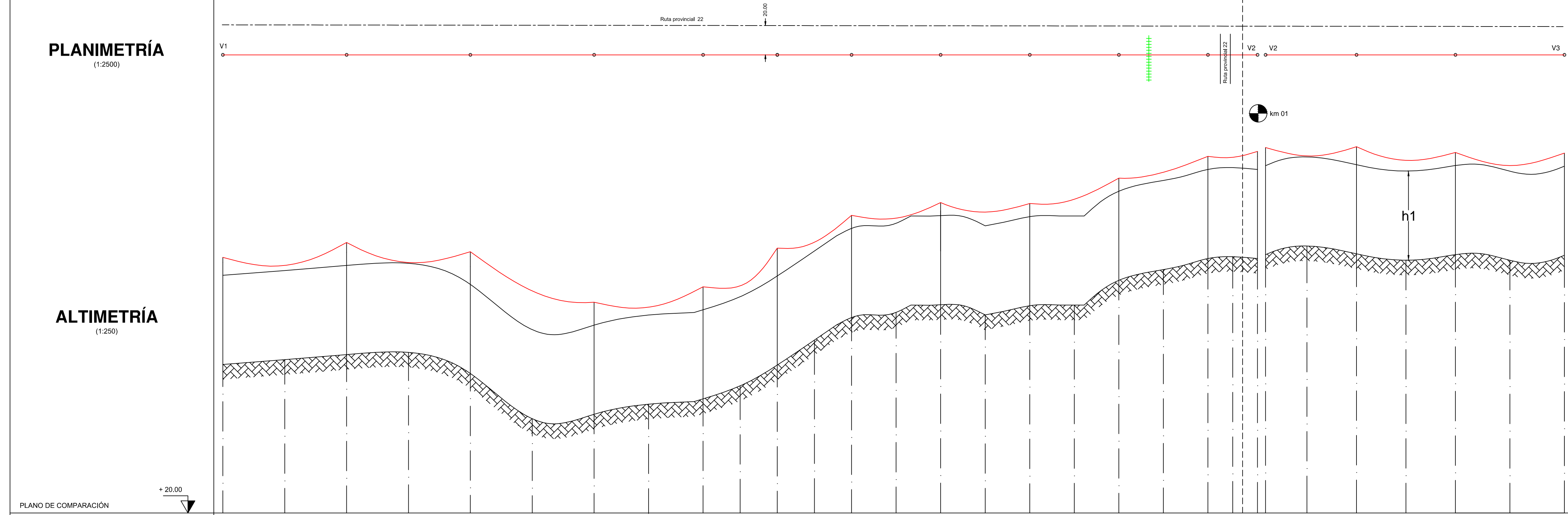
Base Pöhl

Detalle zanjeo

Estación transformadora

Unifilar

TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS	RS	RS	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	T+0,5	S+1	S+1,5	S+1	S+1	S+1,5	S	S	S	S	R	R	RA60°+0,5	S+0,5	S	RA28°
Nro. DE ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

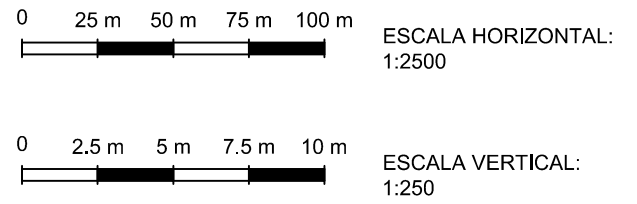


REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Ángulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

ESCALAS:



COTAS	35	35,48	36	36,25	34,89	29,5	29,97	30,9	31,51	32,84	34,93	37,46	39,74	40,25	41,02	40	40,93	41	43,49	44,58	45,7	45,88	45,7	46,96	46,15	45,5	46	45,49	46
PROGRESIVAS	0,00	62,5	125	181	250	312,5	375	437	485	522,5	560	597,5	635	680	725	770	815	860	905	935	965	990	1015	1065	1115	1165	1215	1270	1325
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0,00		125		250		375		485		560		635		725		815		905		965		1015		1115		1215		1325
VANOS		125		125		125		110		75		75		90		90		90		60		50		100		100		110	

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Dib.: Rojas Gustavo, Corradi Mauro, Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia
 Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22

Esc.: 1:2500/1:250

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando

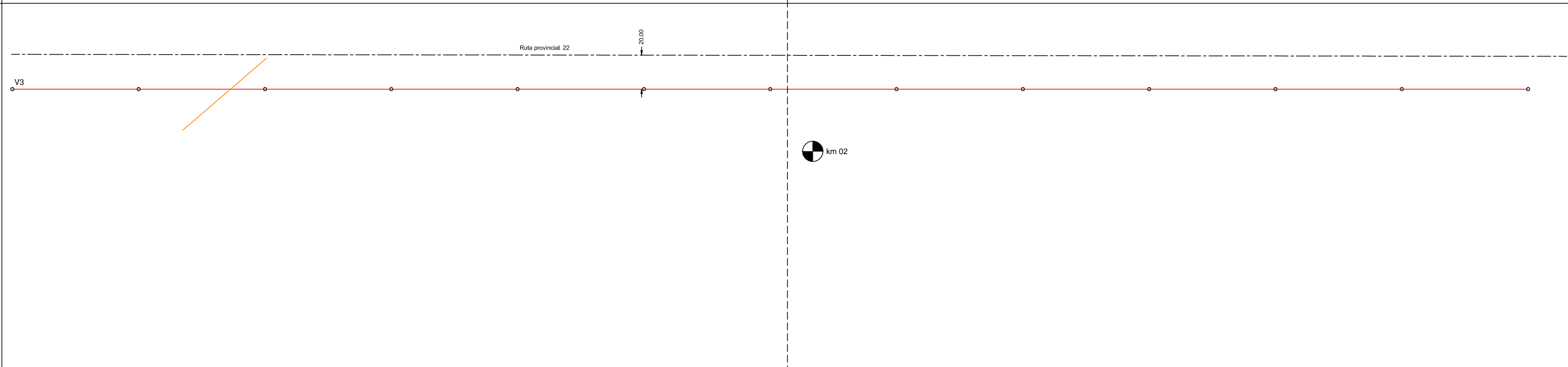
Plano N° 1
 1 de 29
 Fecha: abril/15

TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	RA28°	S+0,5	S	S+0,5	S+1,5	S+0,5	S+1	S	S+0,5	S	S	S+0,5	S
Nro. DE ESTRUCTURA	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

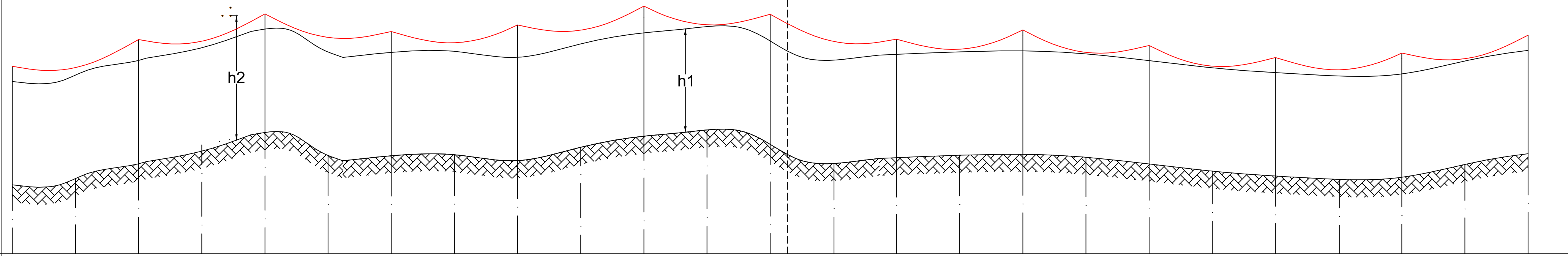
ÁNGULO DE VÉRTICE



PLANIMETRÍA (1:2500)



ALTIMETRÍA (1:250)



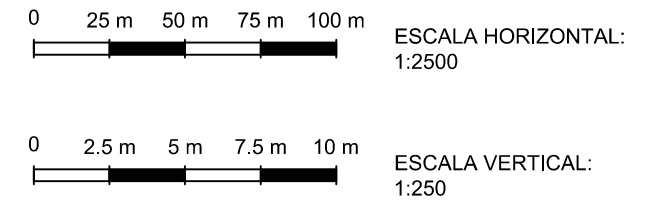
COTAS	46	46.54	47.82	49.5	50.56	48.56	48.53	48.62	48.1	49.27	50.23	50.78	49.52	47.85	48.36	48.57	48.66	48.39	47.81	47.19	46.76	46.47	46.65	47.77	48.71	
PROGRESIVAS	1325	1380	1435	1490	1545	1600	1655	1710	1765	1820	1875	1930	1985	2040	2095	2150	2205	2260	2315	2370	2425	2480	2535	2590	2645	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	1325		1435		1545		1655		1765		1875		1985		2095		2205		2315		2425		2535		2645	
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110

REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente 132 kV
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km
- km

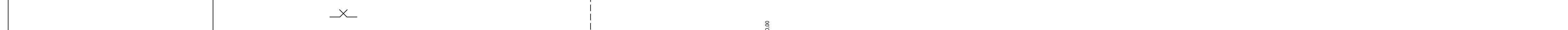
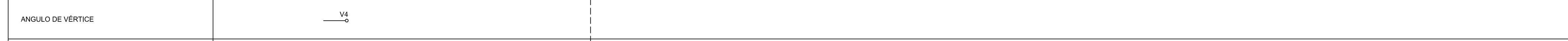
RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.
 h_2: Distancia mínima entre línea eléctrica existente de 132 kV y línea de MT.

ESCALAS:

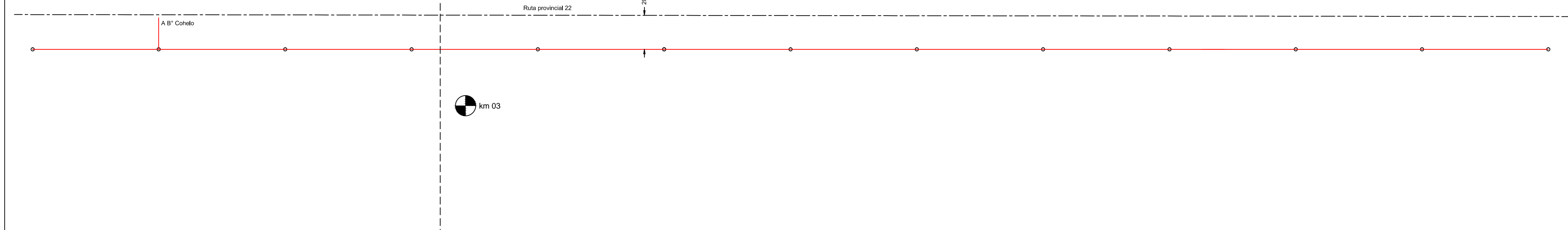


Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 2
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22	2 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando
		Fecha: abril/15

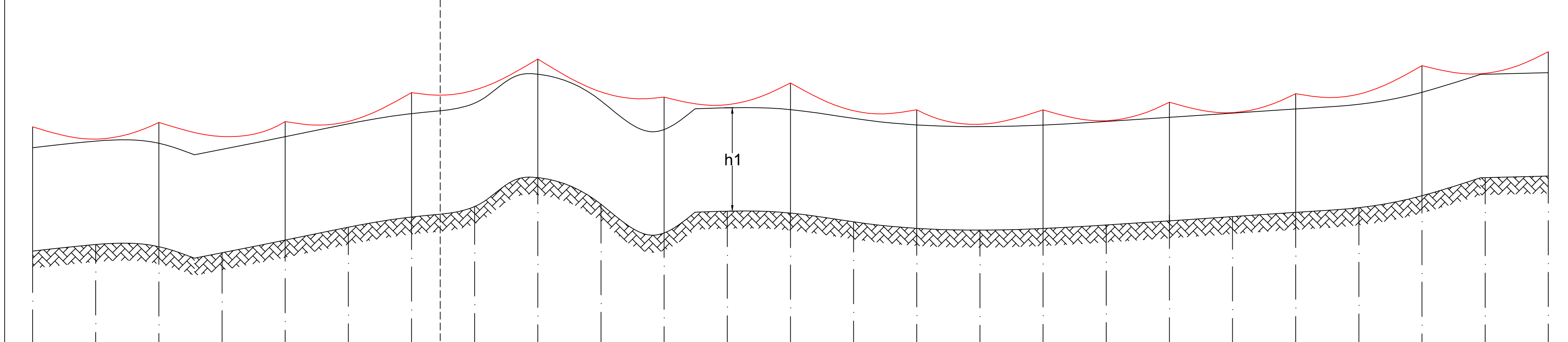
TIPO DE AISLACIÓN	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	S+0.5	T+0.5	S	S+0.5	S	S+1.5	S+1	S	S	S	S	S+1	S+0.5
Nro. DE ESTRUCTURA	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39



PLANIMETRÍA
(1:2500)



ALTIMETRÍA
(1:250)



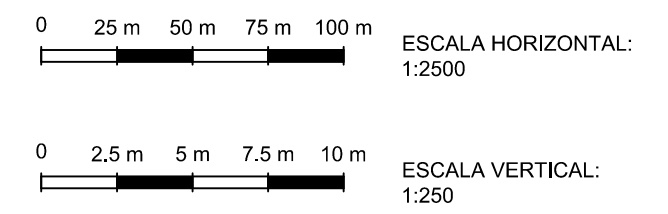
PLANO DE COMPARACIÓN																										
COTAS	48.71	49.28	49.09	48.56	49.66	50.79	51.68	52.58	55.1	52.79	50.28	52.18	52.02	51.25	50.68	50.53	50.67	50.98	51.34	51.71	52.08	52.48	53.53	55.1	55.23	
PROGRESIVAS	2645	2700	2755	2810	2865	2920	2975	3030	3085	3140	3195	3250	3305	3360	3415	3470	3525	3580	3635	3690	3745	3810	3865	3910	3965	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	2645	2755	2865	2975	3085	3195	3305	3415	3525	3635	3745	3865	3965													
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110

REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

ESCALAS:

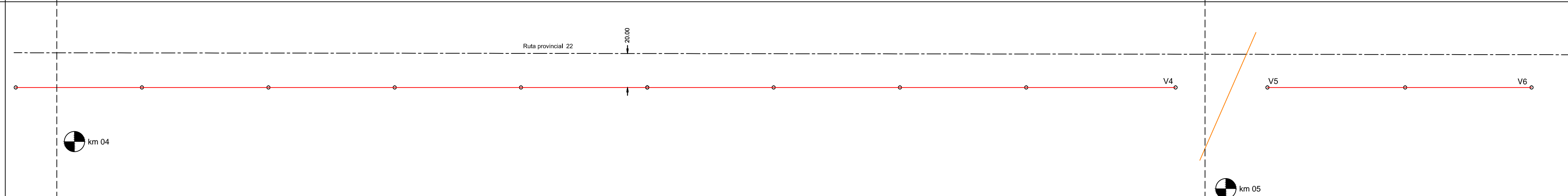


Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 3
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22	3 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando
		Fecha: abril/15

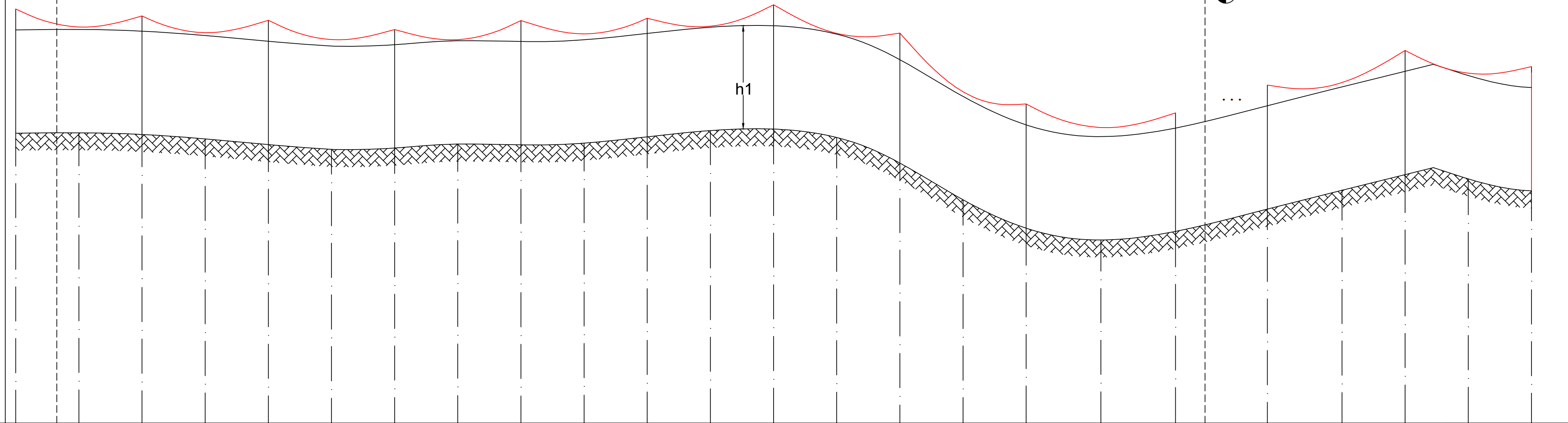
TIPO DE AISLACIÓN	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS	RS	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	S+0,5	S	S+0,5	S	S+0,5	S	S	S+1	S+0,5		RT	RT	S	RA55°
Nro. DE ESTRUCTURA	39	40	41	42	43	44	45	46	47		48	49	50	51
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA														



PLANIMETRÍA (1:2500)



ALTIMETRÍA (1:250)



PLANO DE COMPARACIÓN

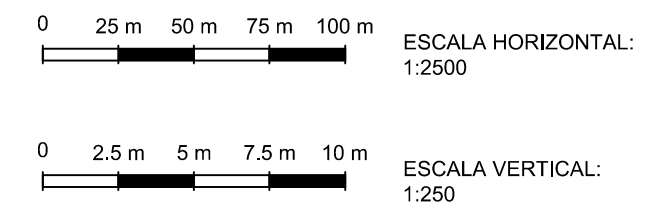
COTAS	55.23	55.27	55.12	54.74	54.24	53.82	53.94	54.28	54.22	54.37	54.92	55.46	55.59	54.86	52.63	49.43	46.49	45.94	46.68	48.62	50.3	51.62	51.25	50.21		
PROGRESIVAS	3965	4020	4075	4130	4185	4240	4295	4350	4405	4460	4515	4570	4625	4680	4735	4790	4845	4910	4975	5055	5120	5175	5230	5285		
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	3965		4075		4185		4295		4405		4515		4625		4735		4845		4975		5055		5175		5285	
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		130		80		120		110		5285

REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente 500kV
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

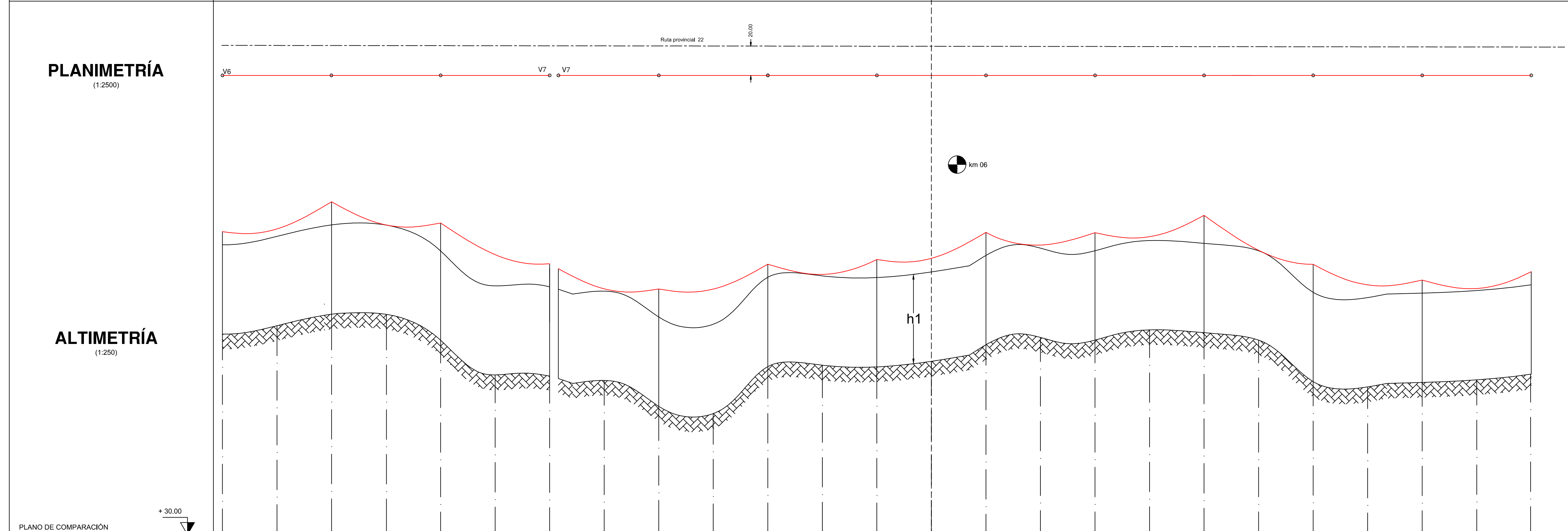
RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

ESCALAS:



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 4
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22	4 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando
		Fecha: abril/15

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	RA55°	S+0,5	S+1	RA55°+0,5	S+1,5	S	S+0,5	S	S+0,5	S+1,5	S+1,5	S	S
Nro. DE ESTRUCTURA	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

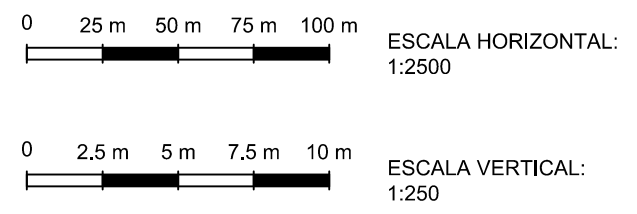


REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

ESCALAS:



COTAS	50.21	51.05	52.21	52.19	49.58	46.06	45.97	45.54	42.93	42.19	46.93	47.07	46.9	47.46	49.13	49.86	49.6	50.63	50.35	49.6	45.41	44.88	45.33	45.59	46.17
PROGRESIVAS	5285	5340	5395	5450	5505	5560	5615	5670	5725	5780	5835	5890	5945	6000	6055	6110	6165	6220	6275	6330	6385	6440	6495	6550	6605
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	5285		5395		5505		5615		5725		5835		5945		6055		6165		6275		6385		6495		6605
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110	

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Dib.: Rojas Gustavo, Corradi Mauro, Lescano Eduardo

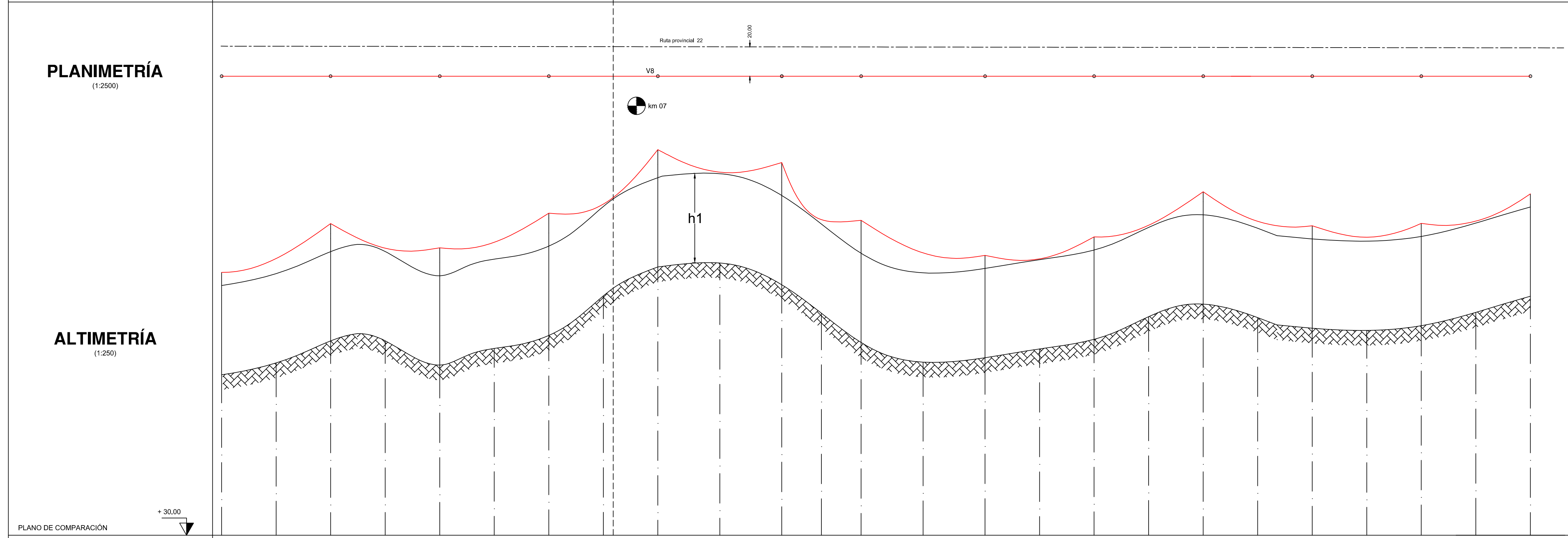
Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia
 Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama
 traza sobre ruta provincial 22

Esc.: 1:2500/1:250 Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando

Plano N° 5
 5 de 29
 Fecha: abril/15

TIPO DE AISLACIÓN	LP	LP	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	S	S+1,5	S+1,5	S+2	RS+1,5	S+2	S+2	S	S	S+1	S	S	S
Nro. DE ESTRUCTURA	63	64	65	66	67	68	69	70	70	71	72	73	74
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

ÁNGULO DE VÉRTICE



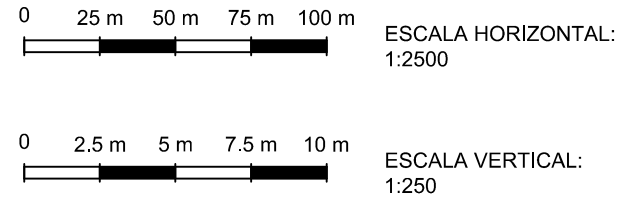
COTAS	46.17	47.37	49.59	49.6	47.15	48.83	50.14	54.13	57.04	57.44	56.08	52.37	49.42	47.44	47.89	48.78	49.74	52.03	53.29	51.94	50.86	50.64	51.12	52.46	54.09
PROGRESIVAS	6605	6660	6715	6770	6825	6880	6935	6990	7045	7107.5	7170	7210	7250	7312.5	7375	7430	7485	7540	7595	7650	7705	7760	7815	7870	7925
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	6605		6715		6825		6935		7045		7170		7250		7375		7485		7595		7705		7815		7925
VANOS		110		110		110		110		125		80		125		110		110		110		110		110	

REFERENCIAS

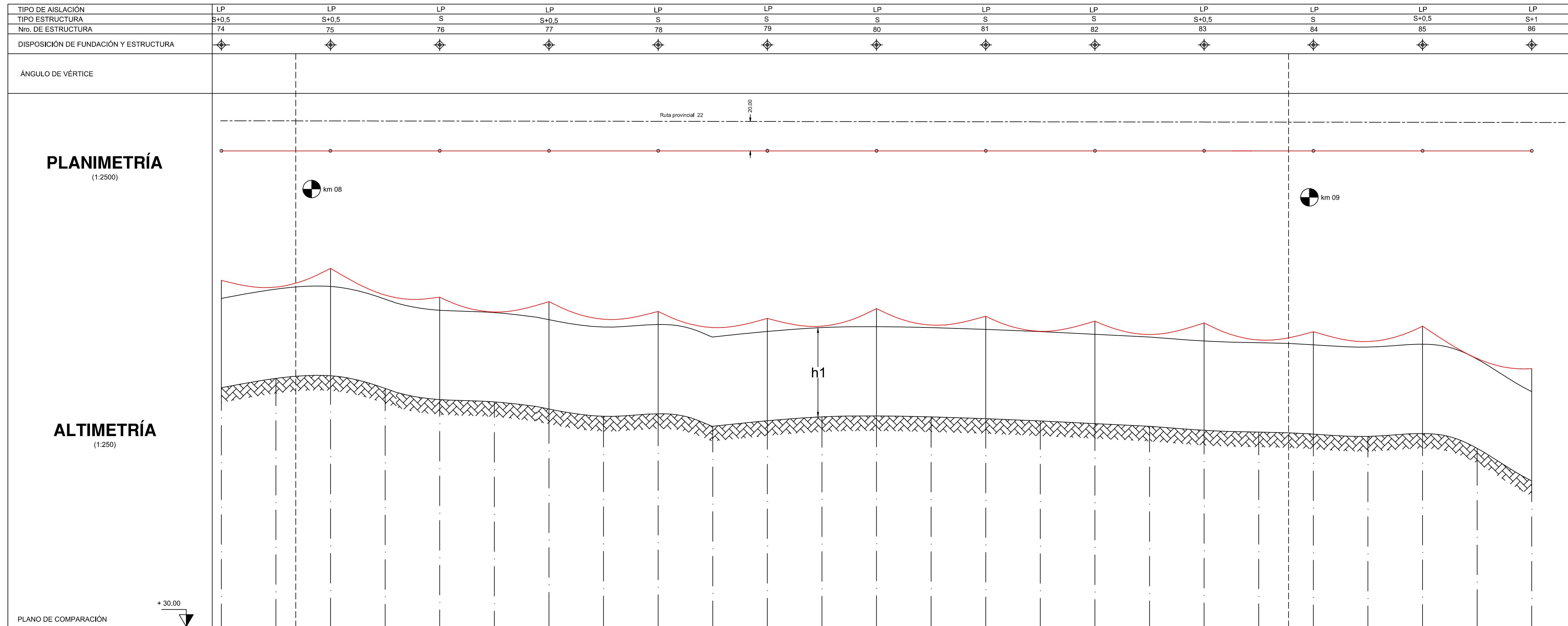
- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación línea-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

ESCALAS:



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 6
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22	6 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Fecha: abril/15
Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando		

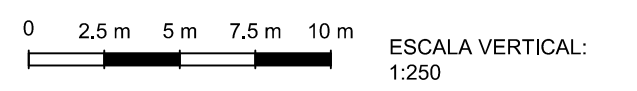
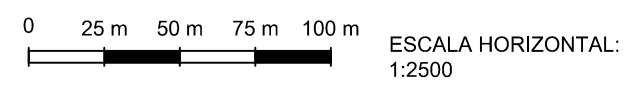


REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

ESCALAS:

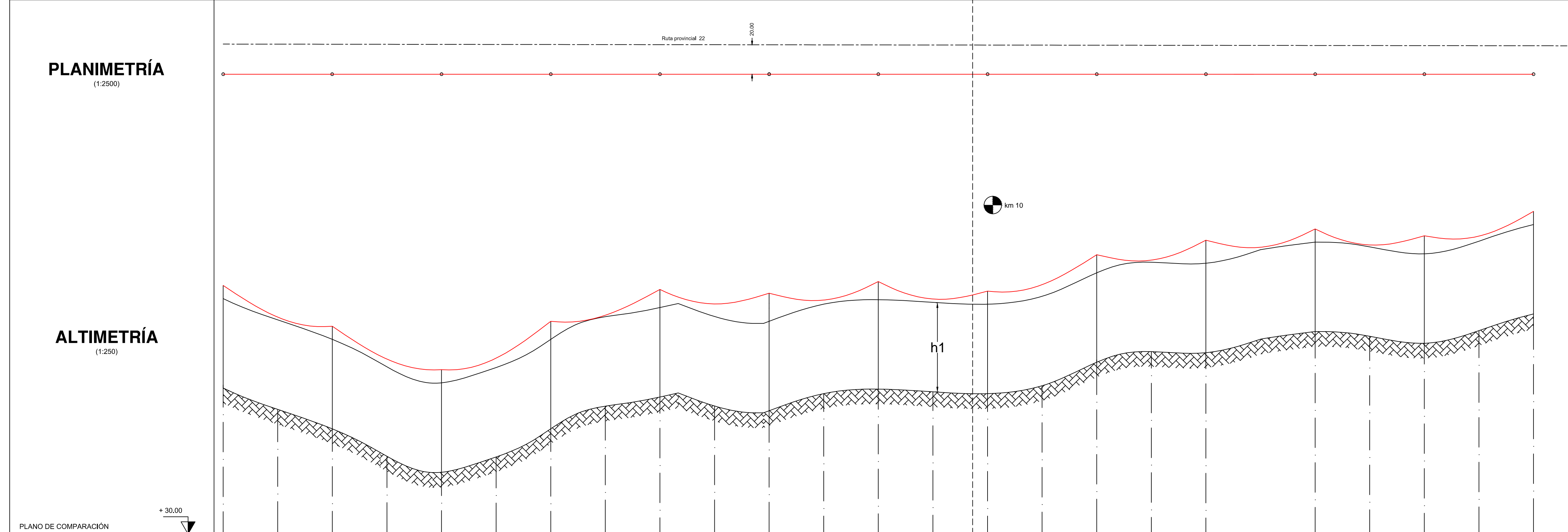


COTAS	54.09	55.02	55.29	54	52.89	52.66	51.94	51.2	51.46	50.2	50.76	51.15	51.25	51.14	50.97	50.74	50.48	50.19	49.79	49.61	49.41	49.18	49.47	47.97	44.69	
PROGRESIVAS	7925	7980	8035	8090	8145	8200	8255	8310	8365	8420	8475	8530	8585	8640	8695	8750	8805	8860	8915	8970	9025	9080	9135	9190	9245	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	7925		8035		8145		8255		8365		8475		8585		8695		8805		8915		9025		9135		9245	
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 7 7 de 29
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22	
Esc.: 1:2500/1:250 Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando		Fecha: abril/15

TIPO DE AISLACIÓN	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	S	S	S	S+0,5	S+0,5	S+1,5	S+0,5	S	S+0,5	S+1	S	S+0,5	S
Nro. DE ESTRUCTURA	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

ÁNGULO DE VÉRTICE



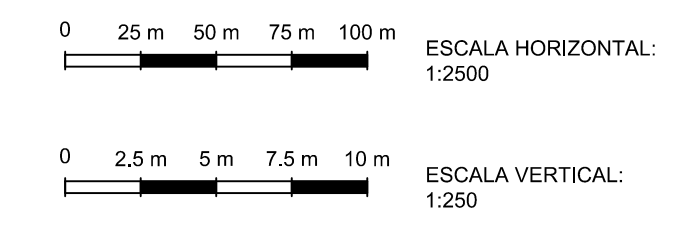
COTAS	44.69	42.54	40.56	37.82	36.21	37.75	40.58	42.86	43.78	42.87	42.4	44.12	44.58	44.3	44.12	44.91	47.28	48.35	48.24	49.6	50.37	49.89	49.18	50.46	52.13
PROGRESIVAS	9245	9300	9355	9410	9465	9520	9575	9630	9685	9740	9795	9850	9905	9960	10015	10070	10125	10180	10235	10290	10345	10400	10455	10510	10565
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	9245	9300	9355		9465		9575		9685		9795		9905		10015		10125		10235		10345		10455		10565
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110	

REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

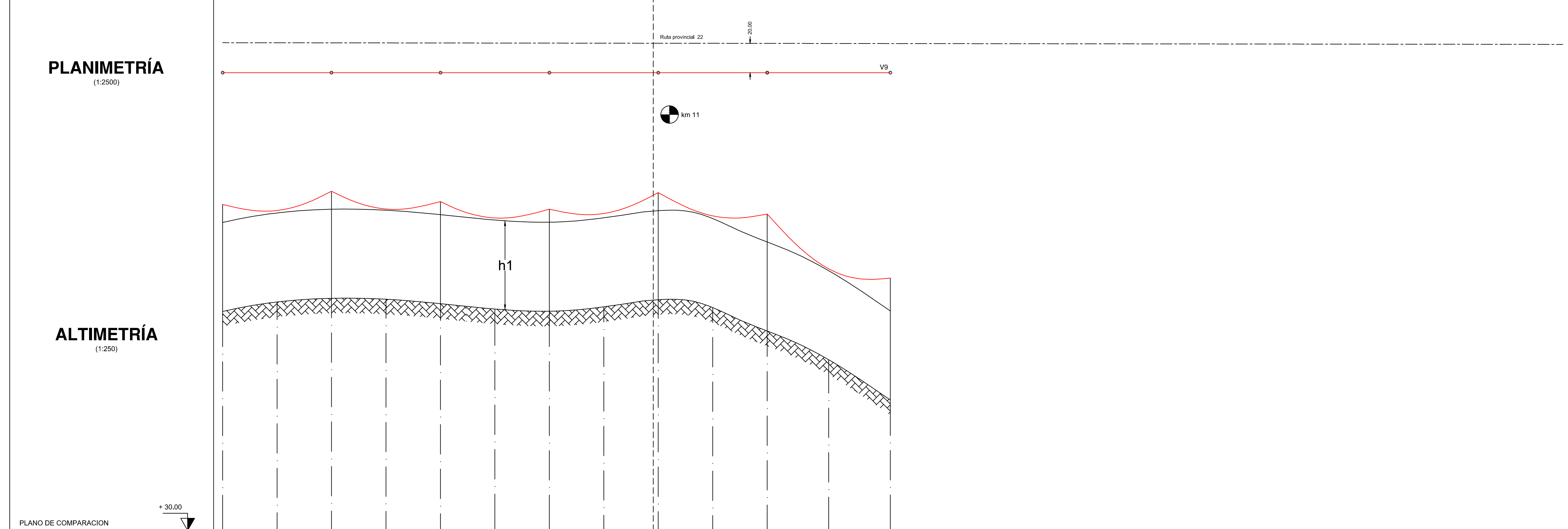
ESCALAS:



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 8
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22	8 de 29
Esc.: 1:2500/1:250	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	Fecha: abril/15

TIPO DE AISLACIÓN	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	S+0,5	S+0,5	S+0,5	S	S+0,5	S+1,5	RT+2
Nro. DE ESTRUCTURA	98	99	100	101	102	103	104
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA							

ÁNGULO DE VÉRTICE V9

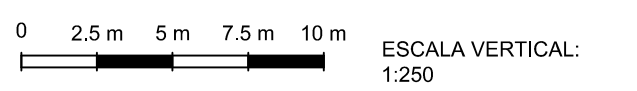
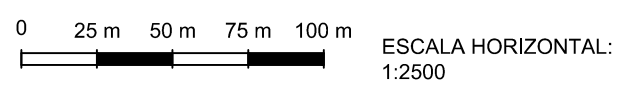


REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

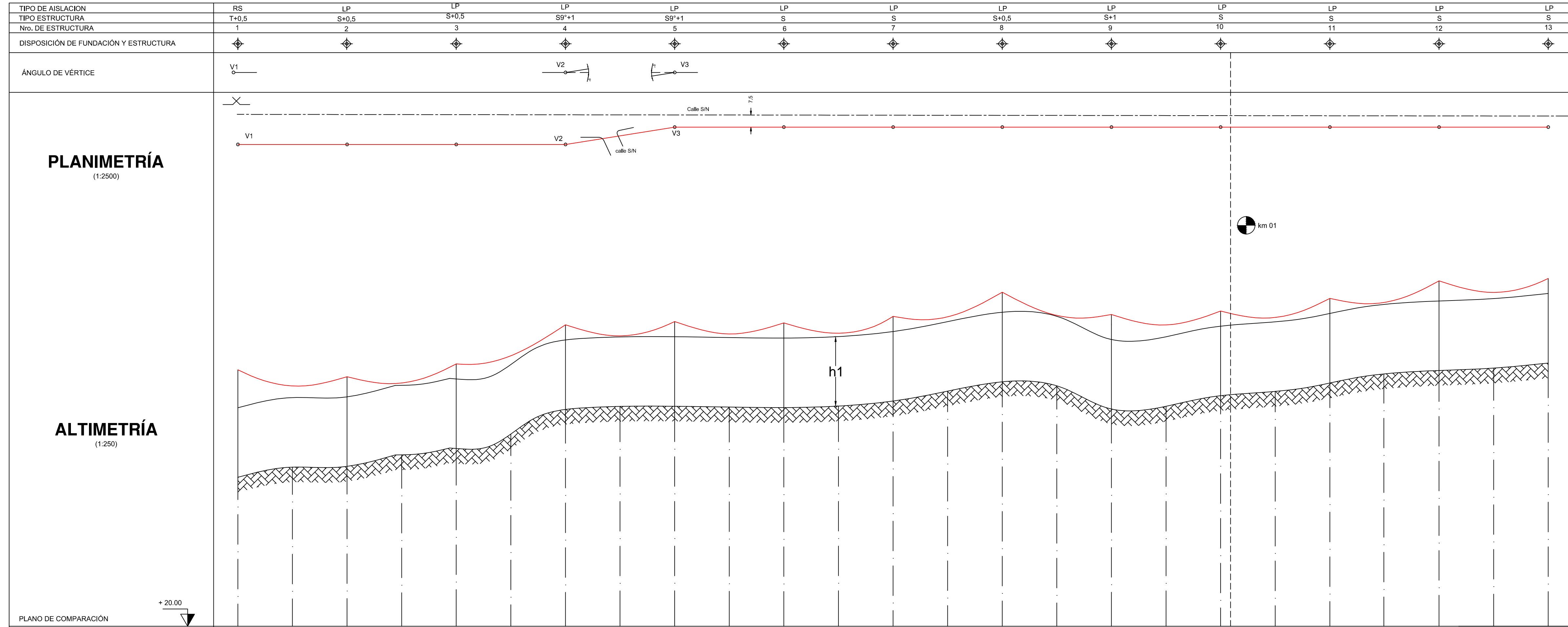
RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.

ESCALAS:



COTAS	52.13	53.09	53.46	53.36	52.91	52.37	52.15	52.59	53.32	52.52	50.15	47.25	43.18
PROGRESIVAS	10565	10620	10675	10730	10785	10840	10895	10950	11005	11060	11115	11177.19	11239.38
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	10565	10675	10785	10895	11005	11115	11239.38						
VANOS		110		110		110		110		110		124.38	

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 9
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza sobre ruta provincial 22	9 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Fecha: abril/15
Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando		



PLANIMETRÍA
(1:2500)

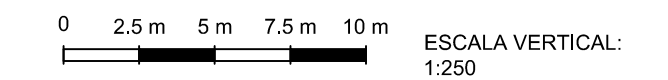
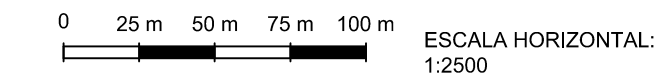
ALTIMETRÍA
(1:250)

REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación línea-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

ESCALAS:

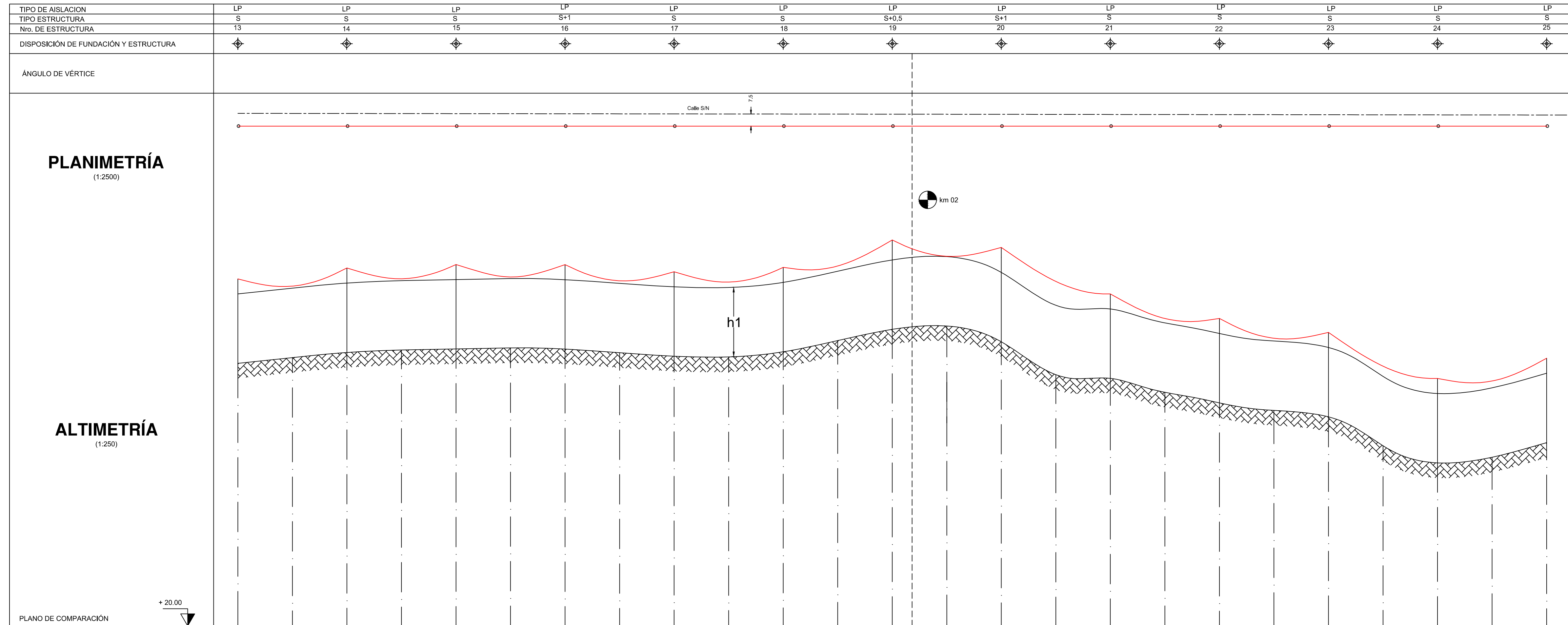


COTAS	35	36.02	36.09	37.25	37.89	39.34	41.83	44.13	44.15	44.06	44.01	44.16	44.67	43.17	44.61	44.2	41.87	42.14	43.21	43.64	44.49	45.4	45.74	45.98	46.5	
PROGRESIVAS	0.00	55	110	165	220	275	330	365	440	495	550	605	680	715	770	825	880	935	990	1045	1100	1155	1210	1265	1320	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0		110				330		440		550		660		770		880		990		1100		1210		1320	
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. **Plano N° 10**

Dib.: Rojas Gustavo, Corradi Mauro, Lescano Eduardo. **Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia**
 Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza ruta 22 a SET 476 (Limite)

Esc.: 1:2500/1:250. Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando. **10 de 29**
 Fecha: abril/15



REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

ESCALAS:

ESCALA HORIZONTAL:
1:2500

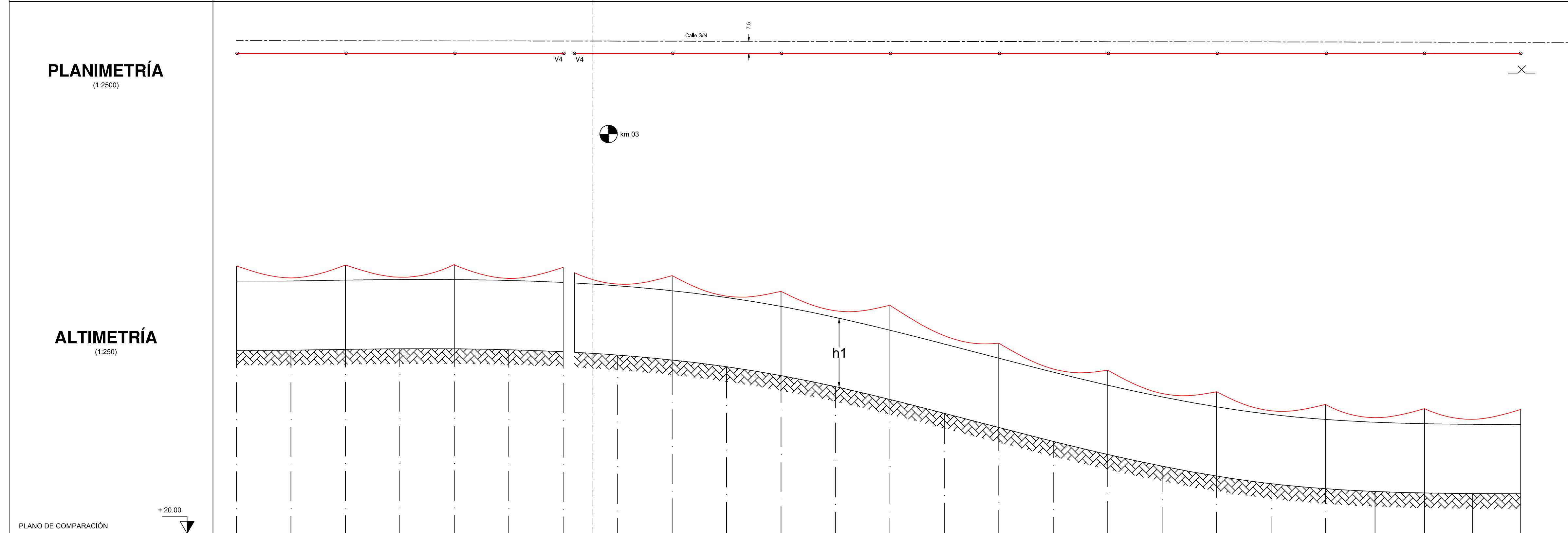
ESCALA VERTICAL:
1:250

COTAS	46.5	47.08	47.59	47.64	47.95	48.05	47.93	47.57	47.21	47.15	47.66	48.79	49.92	50.26	48.67	45.35	44.98	43.56	42.51	41.75	41.1	38.18	36.45	37	38.5	
PROGRESIVAS	1320	1375	1430	1485	1545	1595	1655	1705	1765	1815	1875	1925	1985	2035	2095	2145	2205	2255	2315	2365	2425	2475	2535	2585	2645	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	1320		1430		1540		1650		1760		1870		1980		2090		2200		2310		2420		2530		2640	
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 11
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza ruta 22 a SET 476 (Límite)	11 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Fecha: abril/15
Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando		

TIPO DE AISLACION	LP	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	S	S	S	RA90°	S	S	S+1	S	S	S	S	T	
Nro. DE ESTRUCTURA	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

ÁNGULO DE VÉRTICE



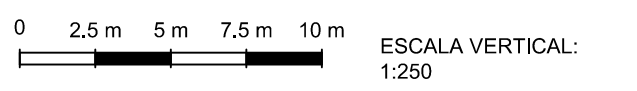
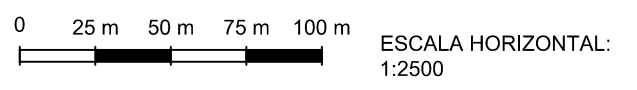
PLANO DE COMPARACIÓN																									
COTAS	38.5	38.51	38.6	38.65	38.65	38.56	38.36	38.02	37.52	36.84	35.94	34.83	33.53	32.14	30.7	29.2	27.97	26.79	25.79	25.02	24.51	24.23	24.08	24.02	24
PROGRESIVAS	2640	2695	2720	2805	2830	2915	2940	3025	3050	3135	3160	3245	3270	3355	3380	3465	3490	3575	3600	3685	3710	3760	3810	3858.5	3907.13
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	2640		2720		2830		2940		3050		3160		3270		3380		3490		3600		3710		3810		3907.13
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		110		100		97.13	

REFERENCIAS

- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación línea-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

ESCALAS:

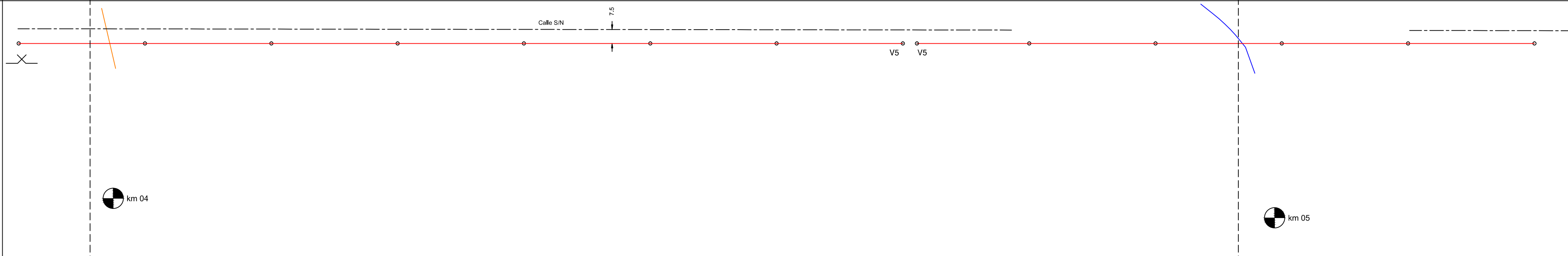


Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 12
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza ruta 22 a SET 476 (Límito)	12 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando
		Fecha: abril/15

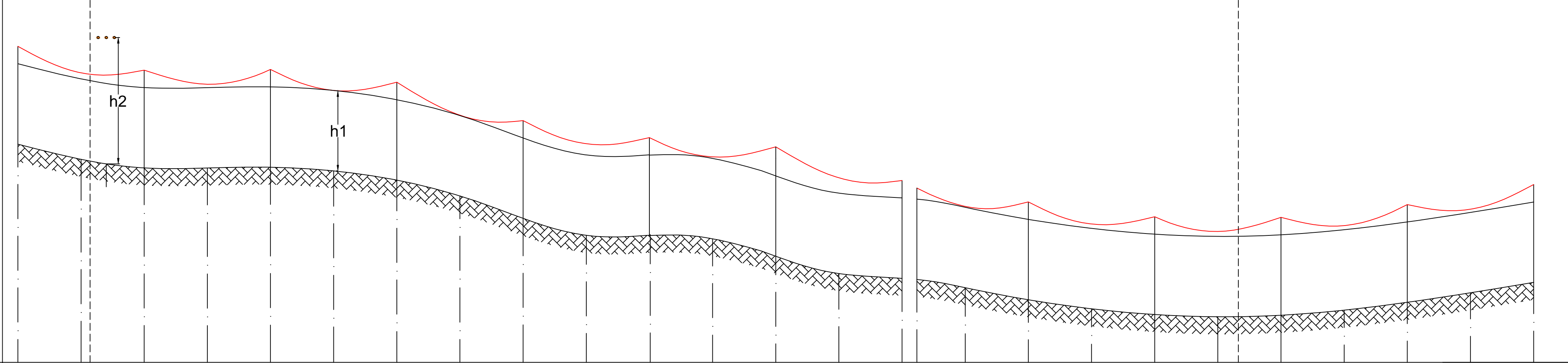
TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	T	S	S	T	S	S	S	S	RA58°	S	S	S	S
Nro. DE ESTRUCTURA	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													



PLANIMETRÍA (1:2500)



ALTIMETRÍA (1:250)



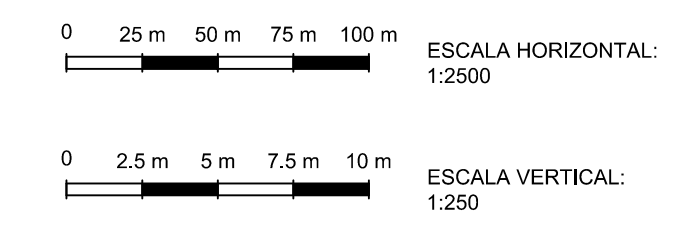
PLANO DE COMPARACIÓN																									
COTAS	24	22.88	21.92	21.91	21.91	21.67	20.87	19.49	17.53	16	16	15.7	14.24	12.73	12.31	11.5	10.44	9.66	9.16	8.96	9.1	9.54	10.22	11.05	11.96
PROGRESIVAS	3907.13	3962.13	4017.13	4072.13	4127.13	4182.13	4237.13	4292.13	4347.13	4402.13	4457.13	4512.13	4567.13	4622.13	4677.13	4732.13	4787.13	4842.13	4897.13	4952.13	5007.13	5062.13	5117.13	5172.13	5227.13
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	3907.13	4017.13	4127.13	4237.13	4347.13	4457.13	4567.13	4677.13	4787.13	4897.13	5007.13	5117.13	5227.13												
VANOS	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	

REFERENCIAS

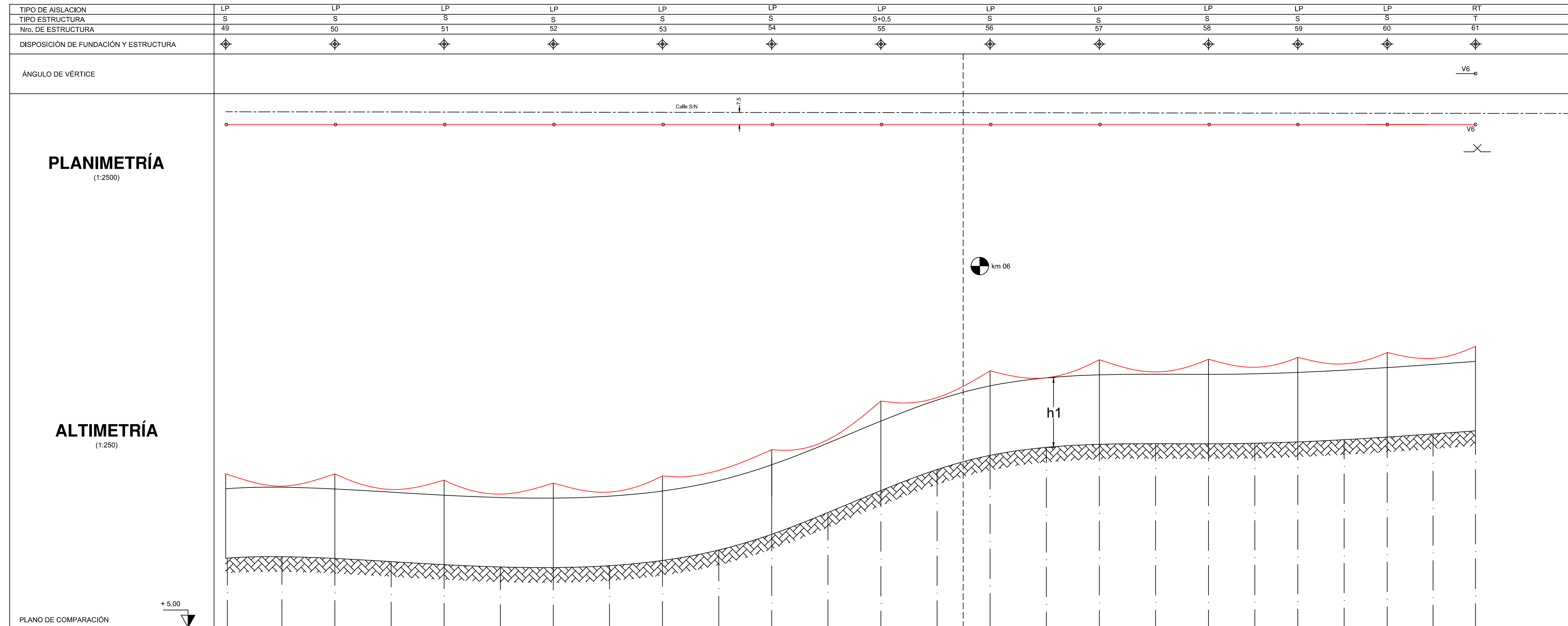
- Cauce de arroyo
- Angulo de vértice
- Alambrado - Poste
- Línea eléctrica existente 500kV
- Línea eléctrica proyectada : 3x50 mm² 13,2 kV
- Ferrocarril
- Eje de camino
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple
 LP: Tipo de aislación line-post
 h_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.
 h_2: Distancia mínima entre línea eléctrica existente de 500 kV y línea de MT.

ESCALAS:

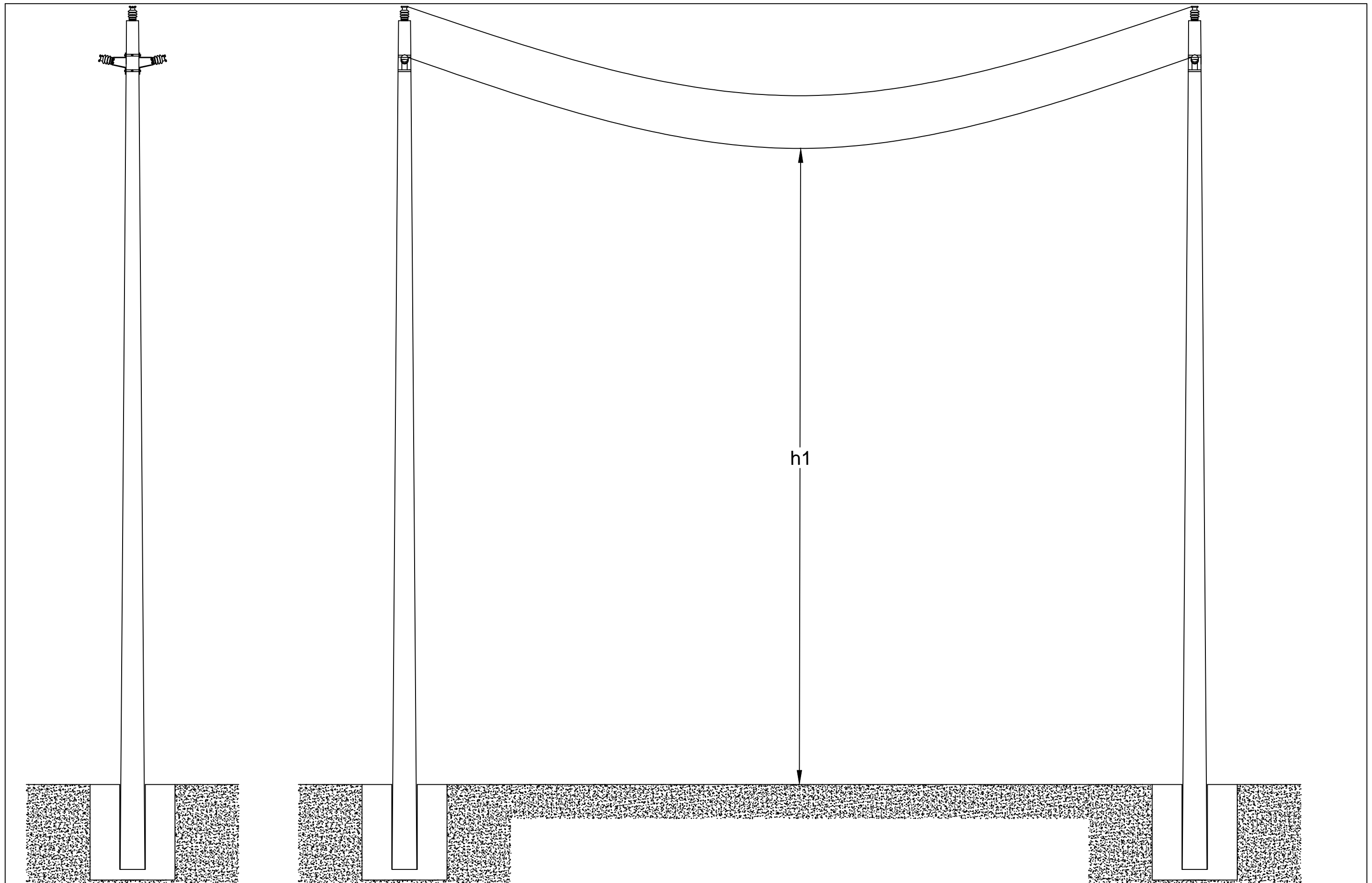


Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 13
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza nueva interconexión con Yeruá norte	13 de 29
Esc.: 1:2500/1:250		Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando
		Fecha: abril/15

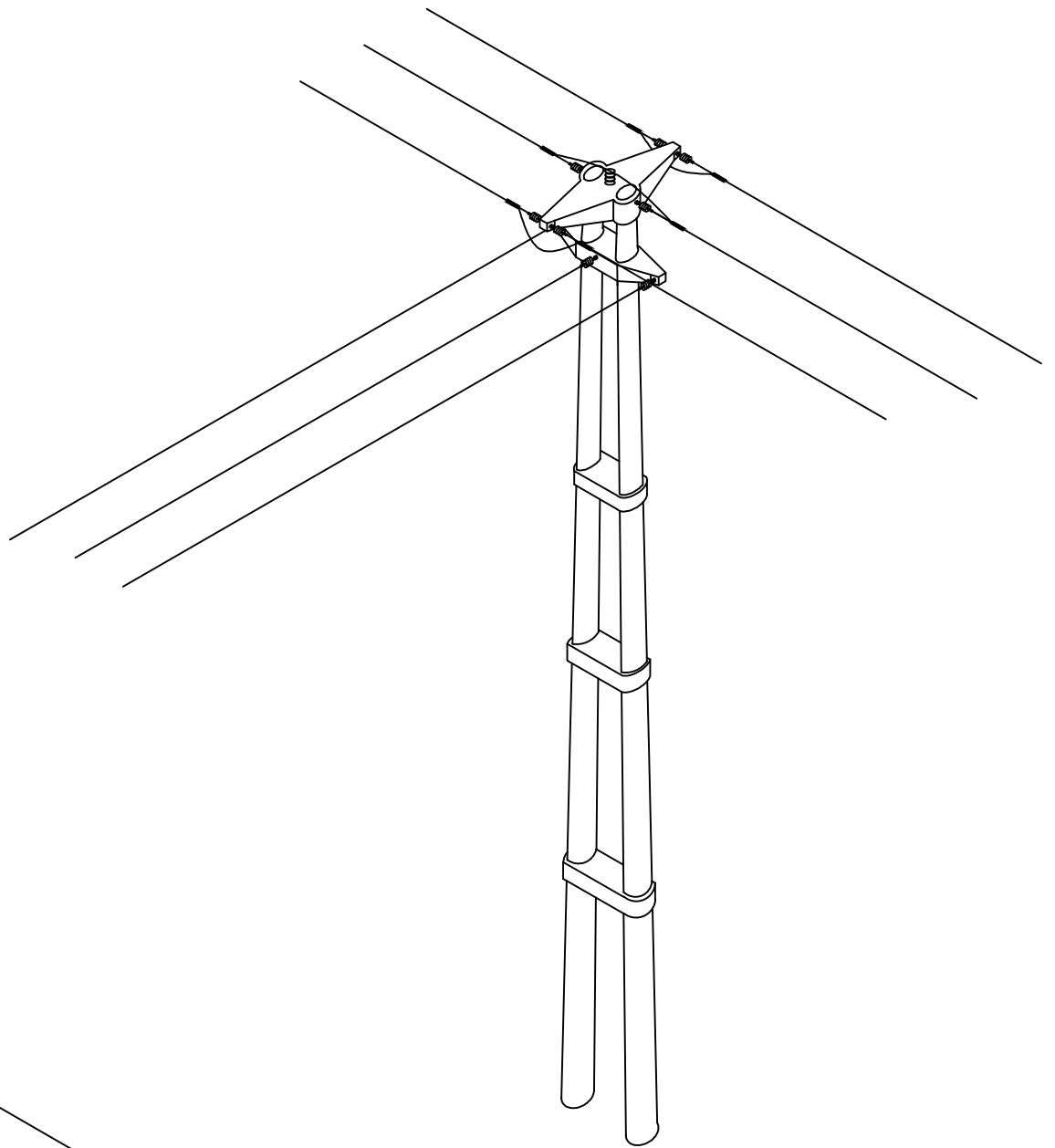


COTAS	11.96	12.1	11.93	11.61	11.3	11.7	11.01	11.2	11.72	12.7	14.36	16.55	18.77	20.89	22.31	23.12	23.43	23.49	23.48	23.53	23.67	23.89	24.16	24.47	24.76
PROGRESIVAS	5227.13	5282.13	5337.13	5392.13	5447.13	5502.13	5557.13	5612.13	5667.13	5722.13	5777.13	5832.13	5887.13	5942.13	5997.13	6052.13	6107.13	6162.13	6217.13	6272.13	6327.13	6382.13	6437.13	6492.13	6547.13
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	5227.13		5337.13		5447.13		5557.13		5667.13		5777.13		5887.13		5997.13		6107.13		6217.13		6327.13		6437.13		6547.13
VANOS		110		110		110		110		110		110		110		110		110		90		90		89	

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.		Plano N° 14
Dib.: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo		14 de 29
Mejoramiento y ampliación redes de MT zona sur de Concordia Línea aérea (13,2 kV) rebaje Aracama traza nueva interconexión con Yeruá norte		Fecha: abril/15
Esc.: 1:2500/1:250	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	

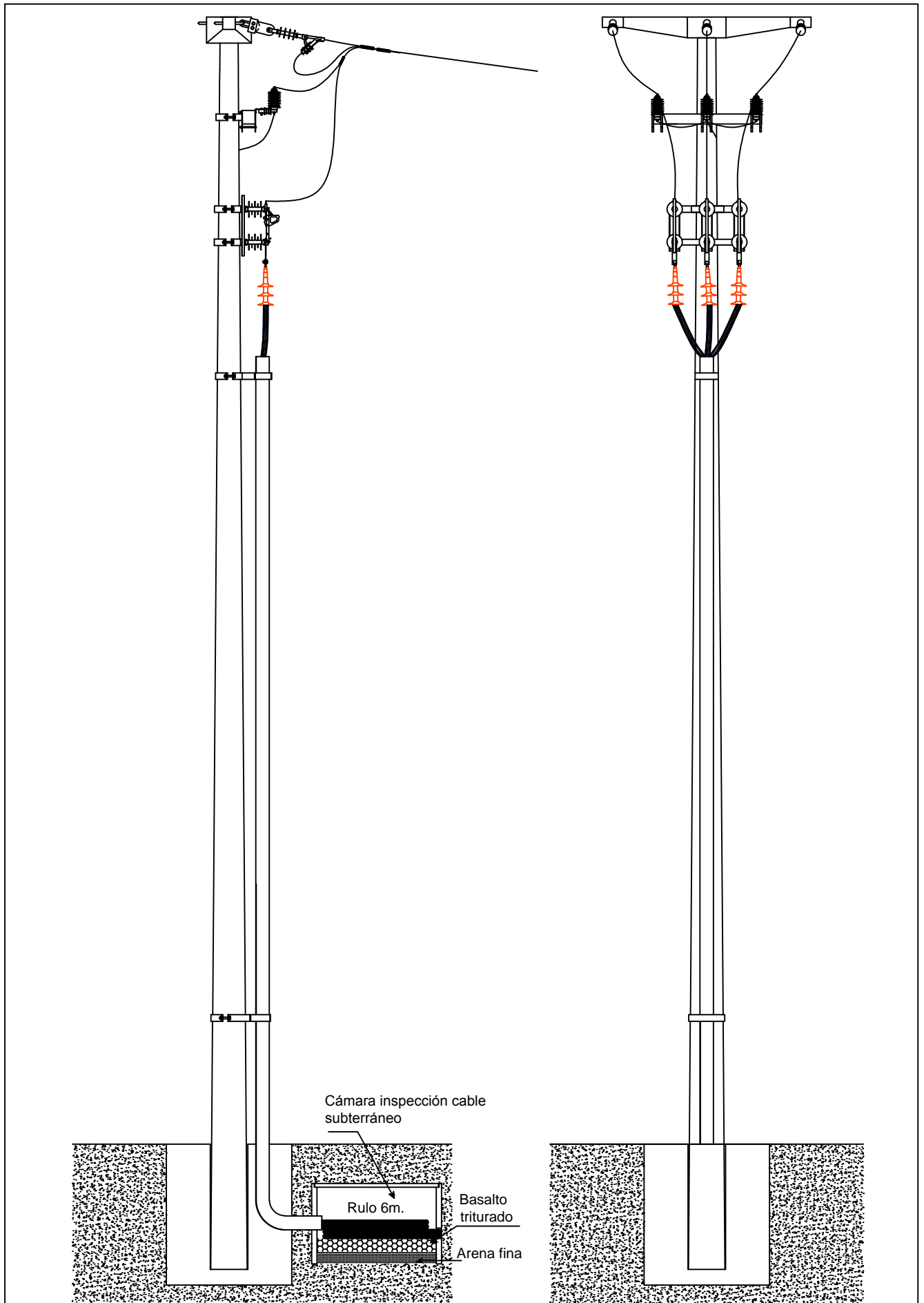


Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica		Plano N° 15 de 29 fecha: abril/15
Dib. por: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia estructuras de suspensión	
Esc.:1:50	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	



Ruta provincial N°22

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica		Plano N° 16 de 29 fecha: abril/15
Dib. por: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia Retención simple con desvío a 90°	
Esc.:	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

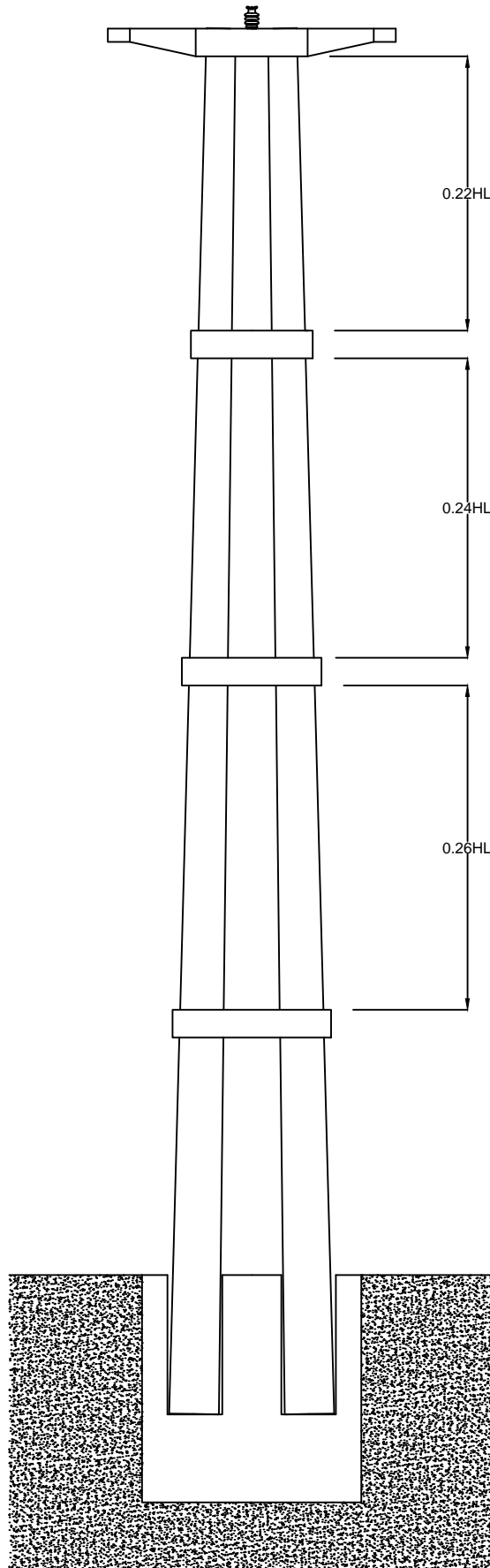
Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Retención simple con soterramiento

Plano N°
17 de 29
fecha:
abril/15

Esc.:1:50

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

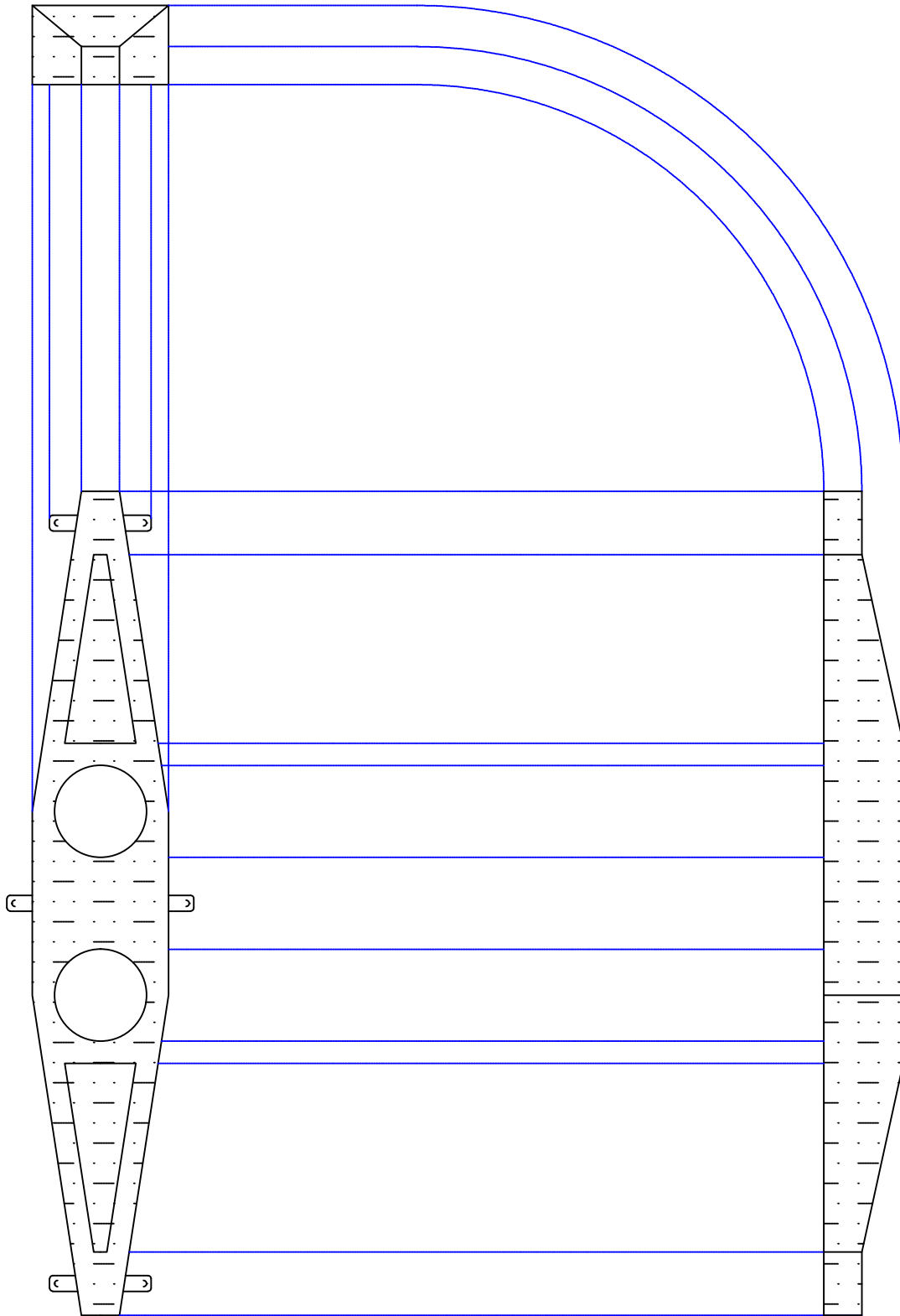
Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Retención angular

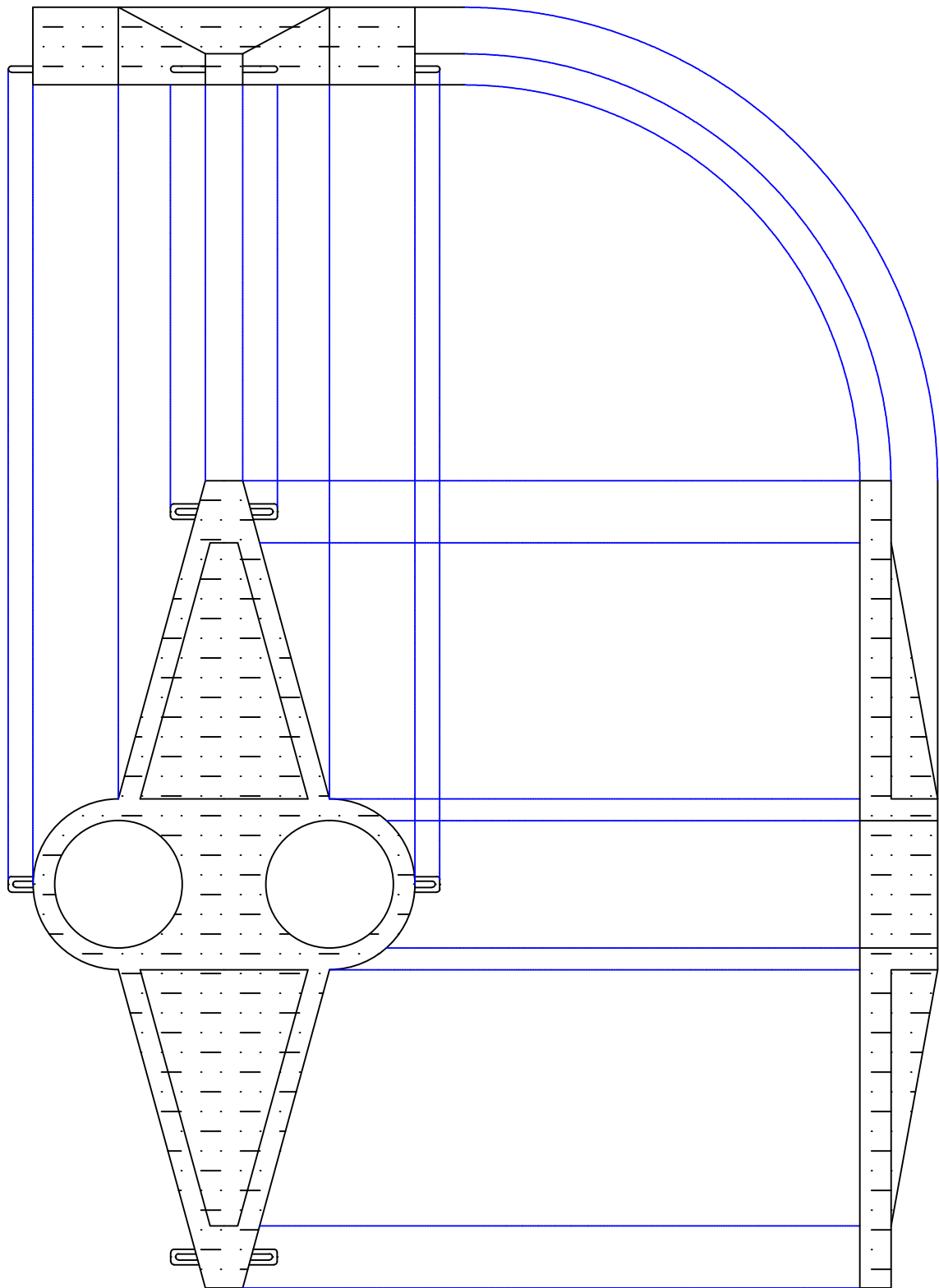
Plano N°
18 de 29
fecha:
abril/15

Esc.:1:60

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica		Plano N° 19 de 29 fecha: abril/15
Dib. por: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia Ménsula MN161 R0 2,6m.	
Esc.: 1:20	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

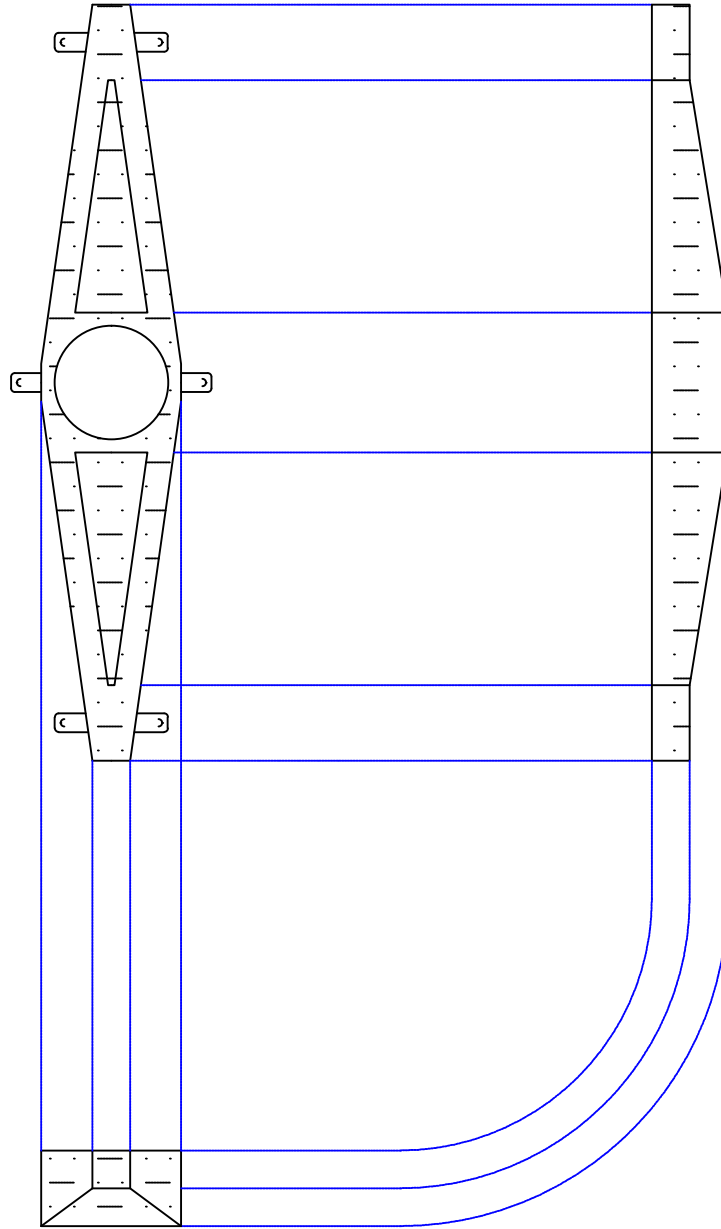
Dib. por: Rojas Gustavo
 Corradi Mauro
 Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
 Ménsula MN159 2,6m.

Plano N°
 20 de 29
 fecha:
 abril/15

Esc.: 1:20

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

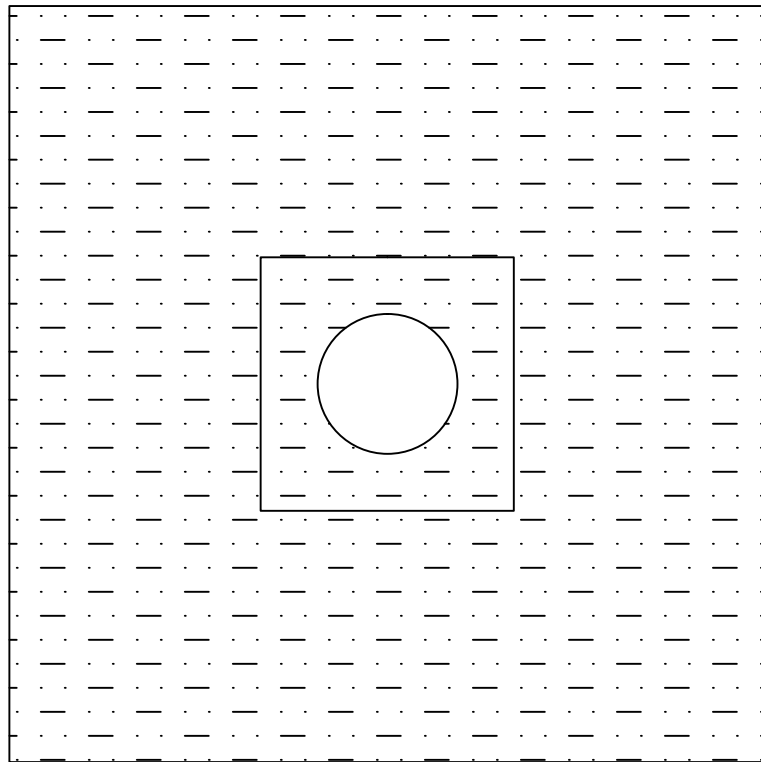
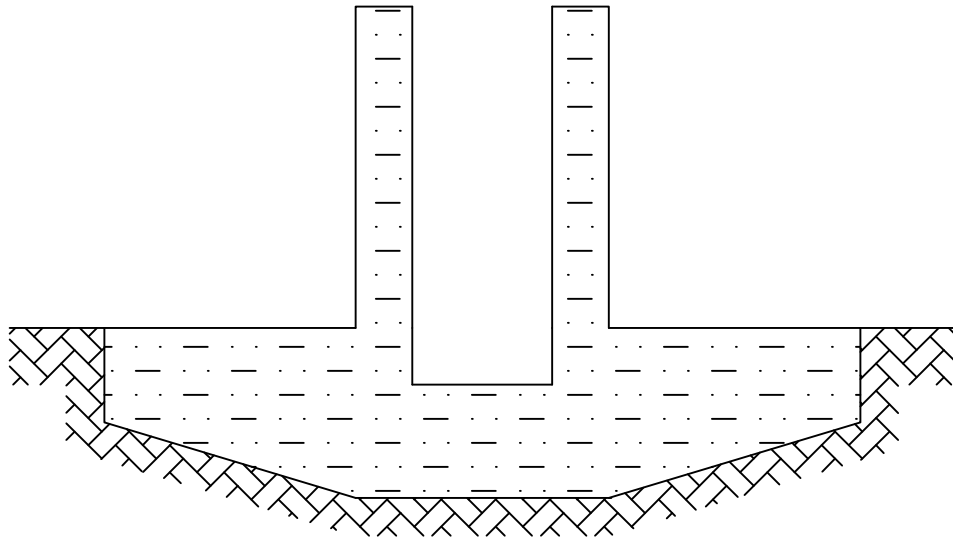
Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Ménsula MN157 R 2,6m.

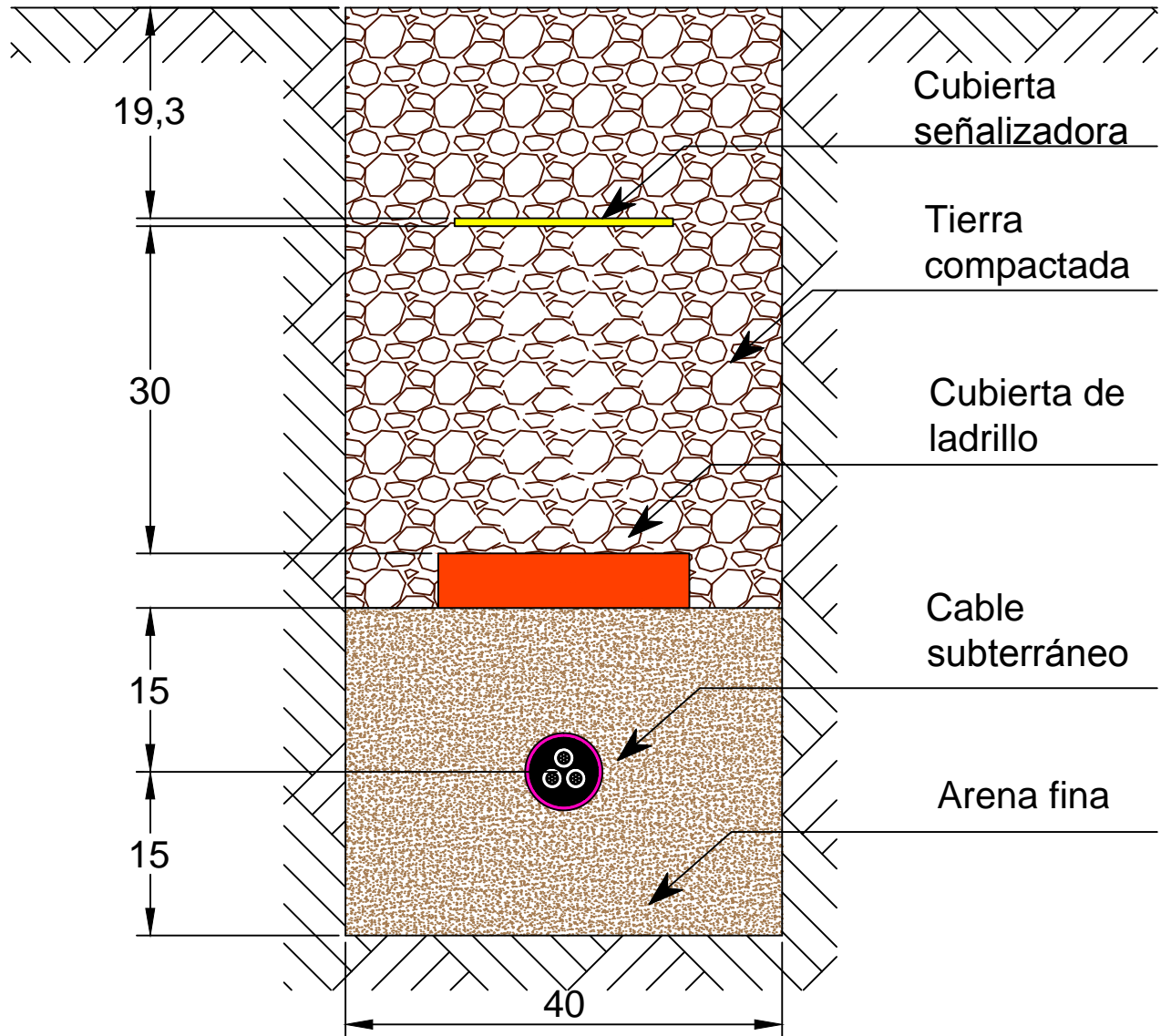
Plano N°
21 de 29
fecha:
abril/15

Esc.: 1:20

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica		Plano N° 22 de 29 fecha: abril/15
Dib. por: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia Base tipo Pöhl.	
Esc.: 1:20	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	



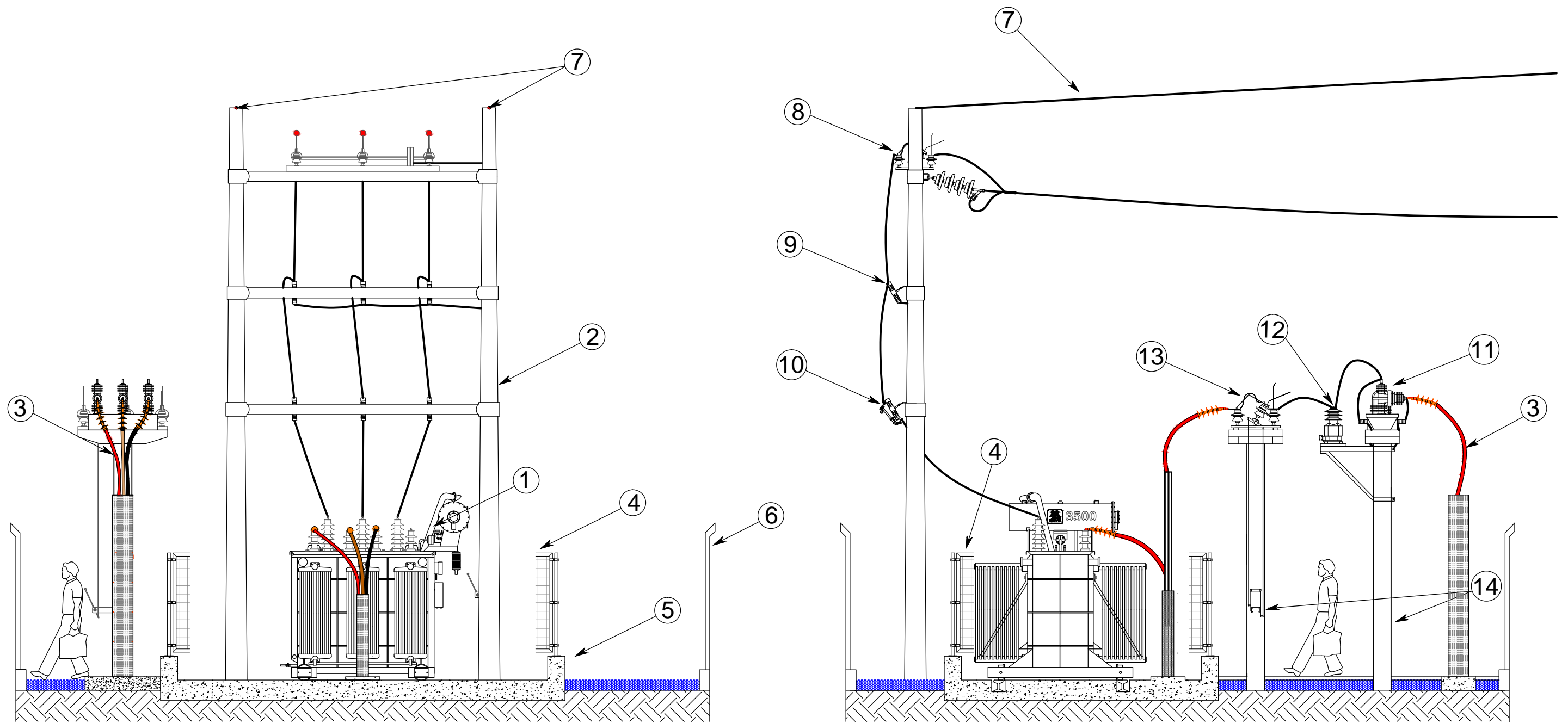
Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Zanqueo cable subterráneo

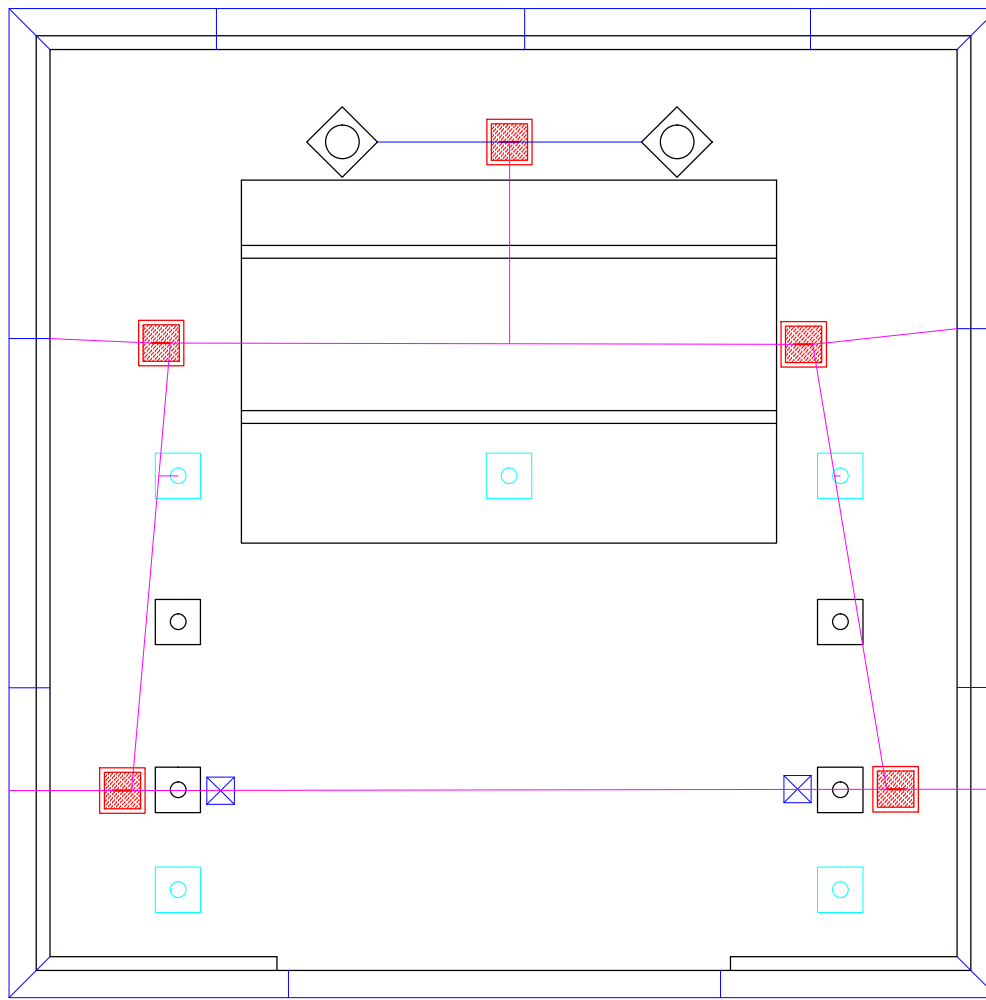
Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando

Plano N°
23 de 29
fecha:
abril/15



- 1- Transformador de potencia 3,5 MVA
- 2- Pórtico de entrada 33 kV
- 3- Salida subterránea 13,2 kV
- 4- Baranda de seguridad
- 5- Base H°A° transformador
- 6- Cerco perimetral
- 7- Hilos de guardia
- 8- Seccionador a cuernos 34,5 kV
- 9- Descargador de sobretensión
- 10- Seccionador fusible
- 11- Reconectador Merlin-Gerin 15kV
- 12- Bloque de medida HOWEST
- 13- Seccionador a cuernos 15 kV
- 14- Postecillos 4,5m

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica		Plano N° 24 de 29 fecha: junio/15
Dib. por: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia Estación de rebaje Aracama	
Esc.:1:60	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	



Portón acceso

Referencias

- Cable Cu 50mm²
- Cable Ac-Cu 50mm²
- Cámara H°A° inspección PAT
- Cámara H°A° acometida BT
- Bases postecillos bloque de medición
- Bases acometidas subterráneas

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

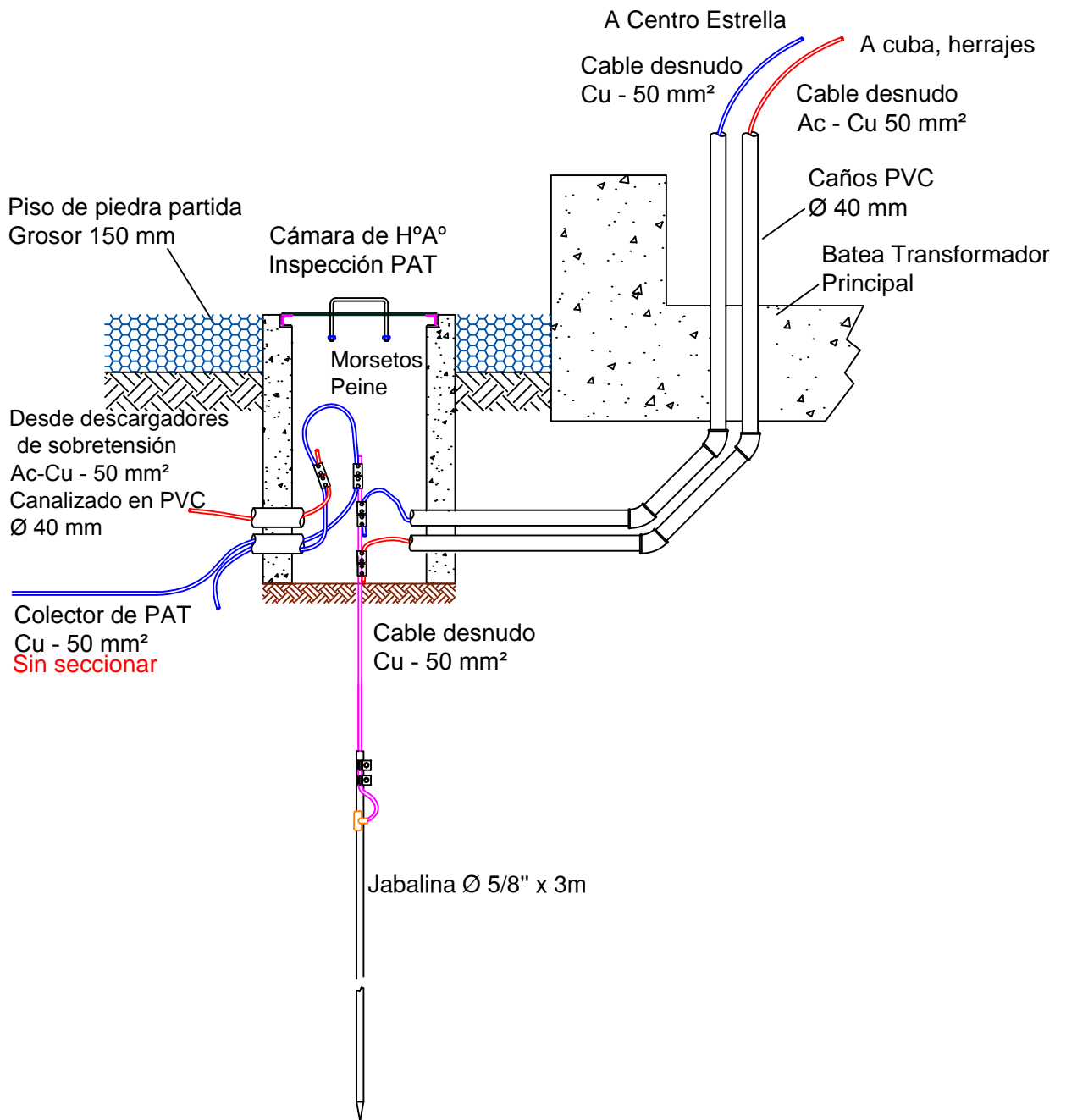
Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Plano planta PAT

Plano N°
25 de 29
fecha:
junio/15

Esc.:

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando



Cuba-neutro transformador

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

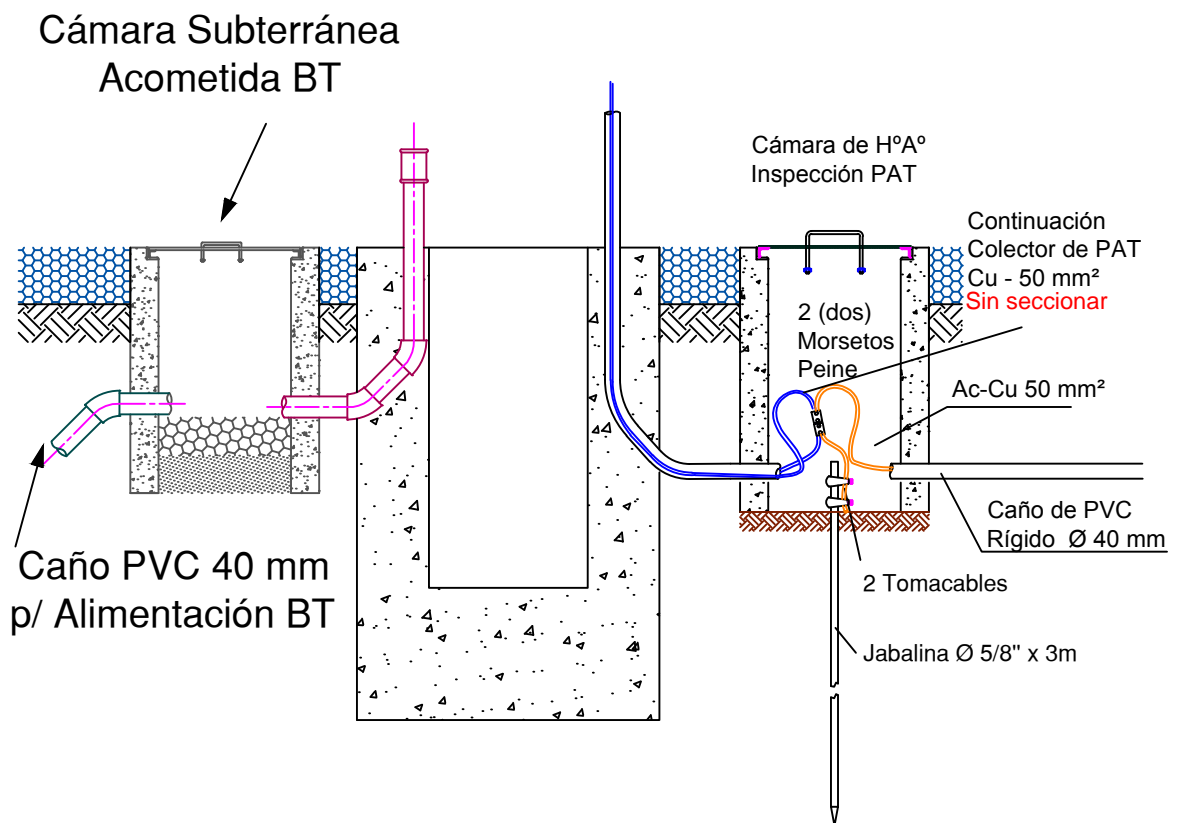
Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Detalle cámara inspección PAT neutro y cuba transformador

Plano N°
26 de 29
fecha:
junio/15

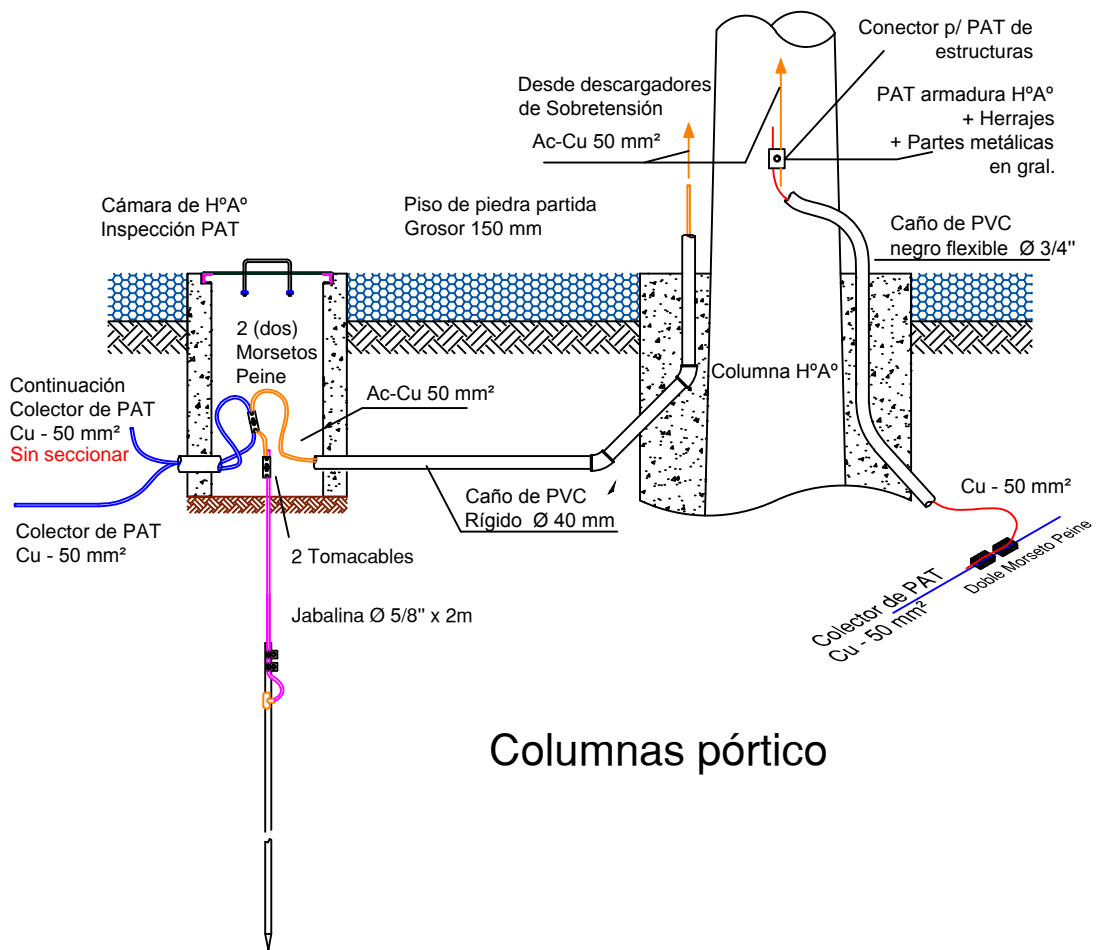
Esc.:

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando



Base Columna Equipo de Medición

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica		Plano N° 27 de 29 fecha: junio/15
Dib. por: Rojas Gustavo Corradi Mauro Lescano Eduardo	Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia Detalle cámara inspección PAT equipos de medición	
Esc.:	Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando	



Columnas pórtico

Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

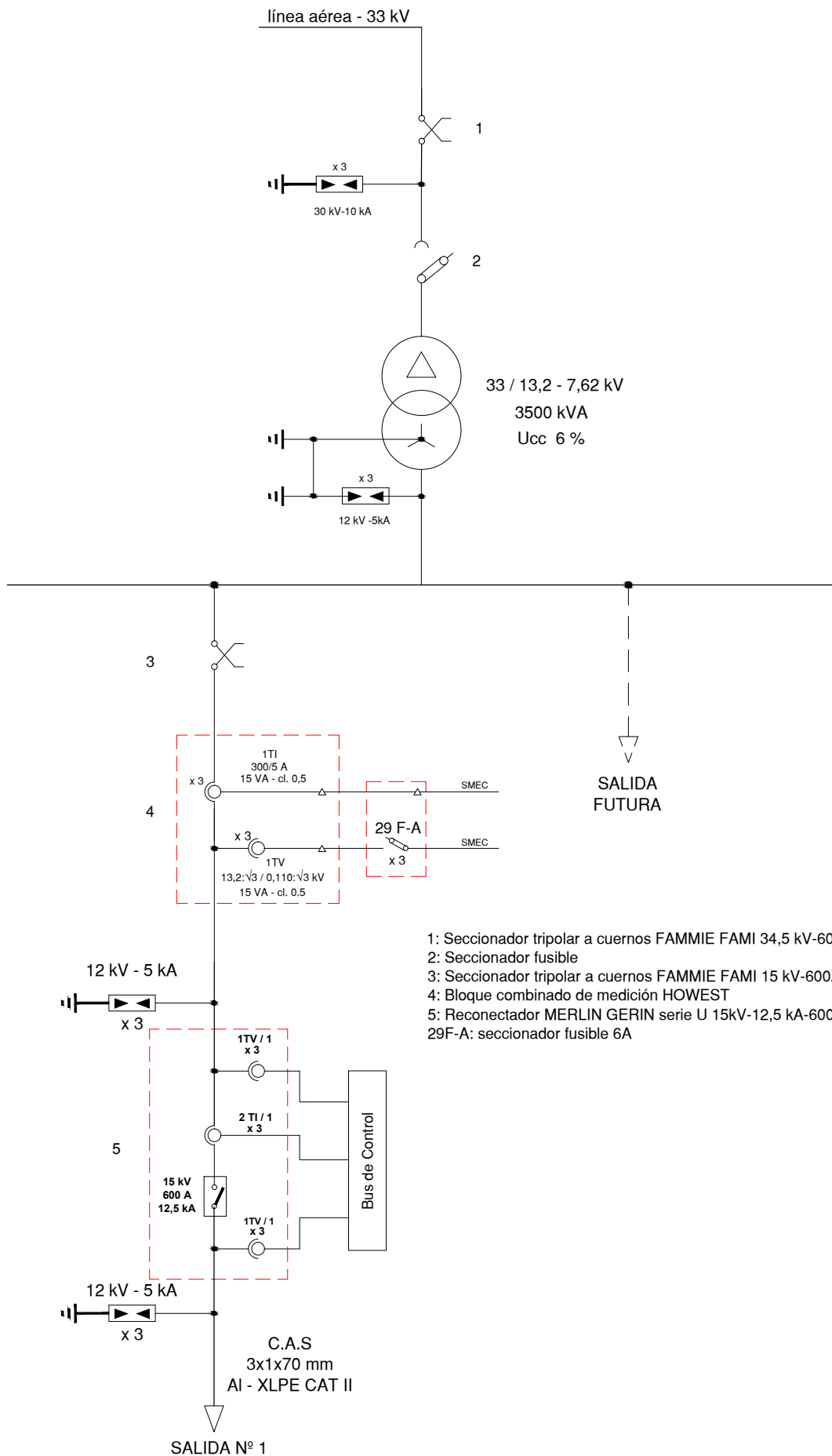
Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Detalle cámara inspección PAT columnas pórtico

Plano N°
28 de 29
fecha:
junio/15

Esc.:

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando



Cátedra: Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica

Dib. por: Rojas Gustavo
Corradi Mauro
Lescano Eduardo

Mejoramiento y ampliación redes MT zona sur de Concordia
Esquema unifilar estación de rebaje Aracama

Plano N°
29 de 29
fecha:
junio/15

Esc.:

Prof.: Ing.: Mazurier César, Ing.: Marull Fernando