



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Concordia

PROYECTO

Cátedra: Proyecto Final

Docente: MAZURIER, *Cesar*

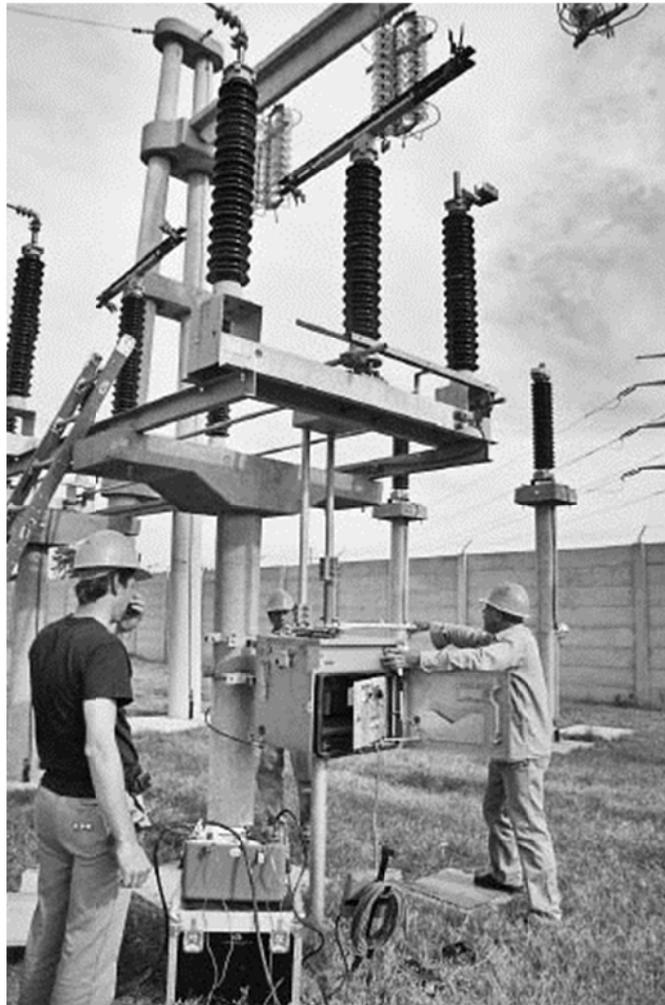
MARULL, *Fernando*

Alumno: GARABUAU PARISE, *Juan Ignacio*

ESTACIÓN TRANSFORMADORA 132 kV ISLAS



ESTACIÓN TRANSFORMADORA ISLAS



ÍNDICE

Selección de Equipos Acometida TRANSFORMADOR

Capítulo 0 ESTUDIOS ELECTRICOS

1. Parámetros de línea.
2. Perdida de potencia y caída de tensión.
3. Cortocircuito.

Capítulo 1 SECCIONADORES

5. Seccionador 132 kV.
6. Seccionador 33 kV.
7. Seccionador 13,2 kV.

Capítulo 2 INTERRUPTORES

8. Interruptor 132 kV.
9. Interruptor 33 kV.
10. Interruptor 13,2 kV.

Capítulo 3 TRANSFORMADOR de INTENSIDAD

11. Transformador de Intensidad 132 kV.
12. Transformador de Intensidad 33 kV.
13. Transformador de Intensidad 13,2 kV.

Capítulo 4 TRANSFORMADOR de TENSIÓN

14. Transformador de Tensión 132 kV.
15. Transformador de Tensión 33 kV.
16. Transformador de Tensión 13,2 kV.

Capítulo 5 DESCARGADORES

17. Descargadores 132 kV.
18. Descargadores 33 kV.
19. Descargadores 13,2 kV.

Capítulo 6 CELDAS 33 kV

20. Celda N° 1.
21. Celda N° 2.
22. Celda N° 3.
23. Celda N° 4.
24. Repuesto N° 1.

25. Repuesto N° 2.

Capítulo 7 CELDAS 13,2 kV

26. Celda N° 1: Servicios Auxiliares.

27. Celda N° 2: Reactor de Neutro.

28. Celda N° 3: Salida futura.

Capítulo 8 PUESTA a TIERRA

29. Malla puesta a tierra.

30. Descripción del Montaje.

31. Plano malla puesta a tierra ET.

Capítulo 9 Blindaje ET (Islas)

32. Generalidades.

33. Protección contra sobretensiones atmosféricas.

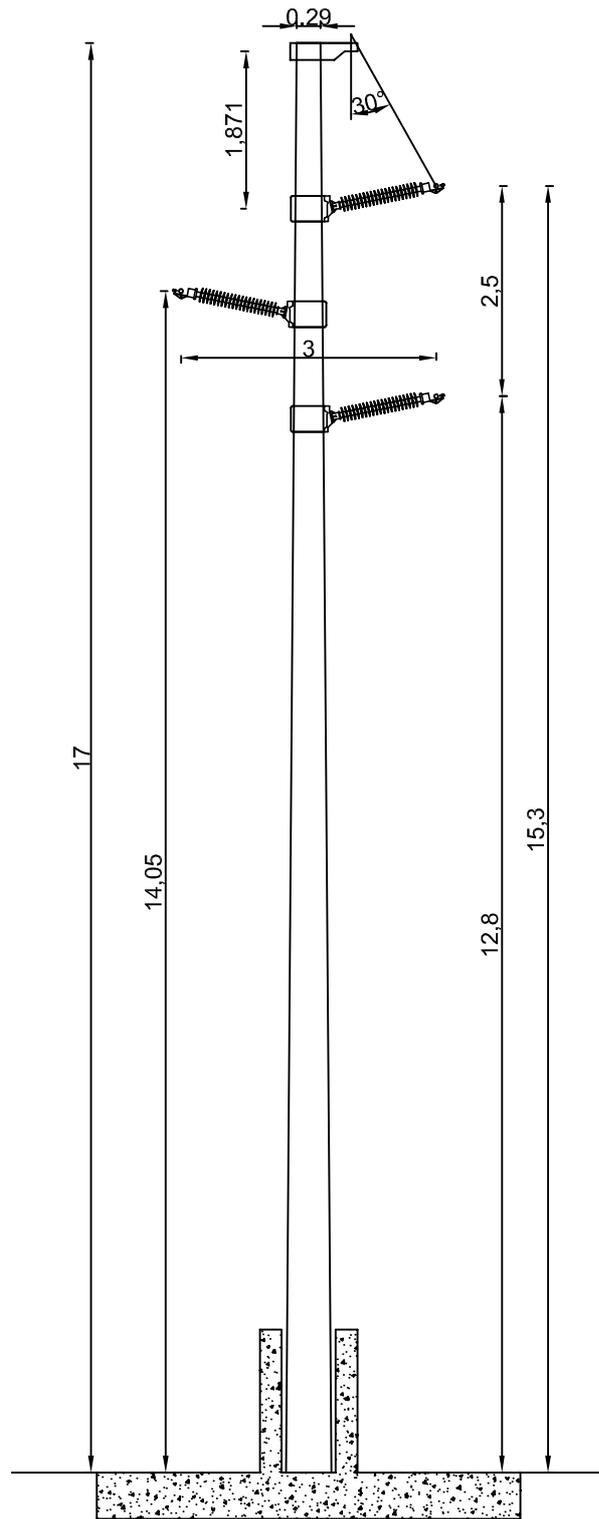
Capítulo 10 Planos

34. Vista General ET.

35. Vista de planta ET.

36. Diagrama unifilar ET.

Parámetros de Línea



Estructura de suspensión

	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibicuy	 U.T.N.
Dibujado por:	Garabua, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional (FRCon) Facultad Regional Concordia	
Aprobado por:	Durand, Pablo D.			
Escala 1:100	Denominación:		Plano N°: 1	
	Estructura de Suspensión 17 R 2700		Medidas en [m]	

Parámetros de línea

Datos:

$$D_c := 24.44 \text{ mm}$$

diámetro del conductor

$$D_{cg} := 9 \text{ mm}$$

diámetro del conductor de guardia

$$r_c := \frac{D_c}{2} = 0.012 \text{ m}$$

radio del conductor

$$r_{cg} := \frac{D_{cg}}{2} = 0.0045 \text{ m}$$

radio del conductor de guardia

$$\epsilon_o := 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

$$\mu_o := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Wb}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

$$h_g := 17.1 \text{ m}$$

Altura hilo de guardia

$$h_R := 15.3 \text{ m}$$

Altura fase R

$$h_T := 14.05 \text{ m}$$

Atura fase T

$$h_S := 12.8 \text{ m}$$

Altura fase S

$$L_m := 1.5 \text{ m}$$

Longitud ménsula conductor de fase

$$L_{mhg} := 0.5 \text{ m}$$

Longitud ménsula conductor de guardia

$$RMG_C := r_c$$

Radio conductor de fase

$$RMG_{cg} := r_{cg}$$

Radio conductor de guardia

$$f := 50 \text{ Hz}$$

Frecuencia de la red

$$r_{cf} := 0.097 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Resistencia del conductor Al/Ac 300/50

$$V_L := 132 \text{ kV}$$

Tensión de la línea

Distancias entre conductores fases:

$$D_{RS} := h_R - h_S$$

$$D_{RS} = 2.5 \text{ m}$$

$$D_{ST} := \sqrt{(h_T - h_S)^2 + (2L_m)^2}$$

$$D_{ST} = 3.25 \text{ m}$$

$$D_{RT} := \sqrt{(h_R - h_T)^2 + (2L_m)^2}$$

$$D_{RT} = 3.25 \text{ m}$$

Distancias entre conductores de fases e hilo de guardia:

$$D_{RH} := \sqrt{(h_g - h_R)^2 + (L_m - L_{mhg})^2}$$

$$D_{RH} = 2.059 \text{ m}$$

$$D_{SH} := \sqrt{(h_g - h_S)^2 + (L_m - L_{mhg})^2}$$

$$D_{SH} = 4.415 \text{ m}$$

$$D_{TH} := \sqrt{(h_g - h_T)^2 + (L_m + L_{mhg})^2}$$

$$D_{TH} = 3.647 \text{ m}$$

Distancia entre conductores de fases y su imagen:

$$D_{RT'} := \sqrt{(h_R + h_T)^2 + (2 \cdot L_m)^2}$$

$$D_{RT'} = 29.503 \text{ m}$$

$$D_{RS'} := h_R + h_S$$

$$D_{RS'} = 28.1 \text{ m}$$

$$D_{ST'} := \sqrt{(h_S + h_T)^2 + (2 \cdot L_m)^2}$$

$$D_{ST'} = 27.017 \text{ m}$$

Distancia entre conductores de fases e imagen hilo de guardia:

$$D_{TH'} := \sqrt{(h_T + h_g)^2 + (L_m + L_{mhg})^2}$$

$$D_{TH'} = 31.214 \text{ m}$$

$$D_{RH'} := \sqrt{(h_R + h_g)^2 + (L_m - L_{mhg})^2}$$

$$D_{RH'} = 32.415 \text{ m}$$

$$D_{SH'} := \sqrt{(h_s + h_g)^2 + (L_m - L_{mhg})^2}$$

$$D_{SH'} = 29.917 \text{ m}$$

Altura media geométrica conductores:

$$HMG := \sqrt[3]{(h_R \cdot h_S \cdot h_T)}$$

$$HMG = 14.013 \text{ m}$$

Distancia media geométrica entre conductores:

$$DMG := \sqrt[3]{(D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{RT})}$$

$$DMG = 2.978 \text{ m}$$

Distancia media geométrica entre conductores imagen:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{RT'}}$$

$$DMG' = 28.188 \text{ m}$$

Distancia media geométrica al hilo de guardia:

$$DMG_{hg} := \sqrt[3]{(D_{RH} \cdot D_{SH} \cdot D_{TH})}$$

$$DMG_{hg} = 3.213 \text{ m}$$

Distancia media geométrica al hilo de guardia imagen:

$$DMG_{hg}' := \sqrt[3]{(D_{RH'} \cdot D_{SH'} \cdot D_{TH'})}$$

$$DMG_{hg}' = 31.165 \text{ m}$$

La capacidad de secuencia directa e inversa es:

$$C_d := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(2 \cdot \frac{HMG}{RMG_C} \cdot \frac{DMG}{DMG'}\right)}$$

$$C_d = 10.128 \cdot \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

$$C_i := C_d$$

$$C_i = 10.128 \cdot \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

La capacidad de secuencia homopolar es:

$$C_h := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\left[\ln\left(2 \cdot \frac{\text{HMG}}{\text{RMG}_C}\right) + 2 \cdot \ln\left(\frac{\text{DMG}'}{\text{DMG}}\right) - 3 \cdot \frac{\ln\left(\frac{(\text{DMG}_{hg'})^2}{\text{DMG}_{hg}}\right)}{\ln\left(2 \cdot \frac{h_g}{\text{RMG}_{cg}}\right)} \right]}$$

$$C_h = 5.296 \cdot \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

La reactancia inductiva de secuencia directa e inversa es:

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$\omega = 314.159 \frac{1}{\text{s}}$$

$$X_d := \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \omega \cdot \ln\left(2 \cdot \frac{\text{HMG}}{\text{RMG}_C} \cdot \frac{\text{DMG}}{\text{DMG}'}\right)$$

$$X_d = 0.345 \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_i := X_d$$

$$X_i = 0.345 \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La reactancia inductiva de secuencia homopolar es:

$$X_h := \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \omega \cdot \left[\ln\left(2 \cdot \frac{\text{HMG}}{\text{RMG}_C}\right) + 2 \cdot \ln\left(\frac{\text{DMG}'}{\text{DMG}}\right) - 3 \cdot \frac{\ln\left[\frac{(\text{DMG}_{hg'})^2}{\text{DMG}_{hg}}\right]}{\ln\left(2 \cdot \frac{h_g}{\text{RMG}_{cg}}\right)} \right]$$

$$X_h = 0.66 \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Parámetros característicos de la línea aérea:

$$Z := r_{cf} + j \cdot X_d$$

Impedancia de línea

$$Z = (0.097 + 0.345i) \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$|Z| = 0.358 \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$G := 0$$

$$B := i \cdot \omega \cdot C_d$$

Admitancia de línea

$$B = 3.182i \times 10^{-6} \cdot \frac{\text{mho}}{\text{km}}$$

$$Y := G - i \cdot B$$

$$B_h := i \cdot \omega \cdot C_h$$

$$Y = 3.182 \times 10^{-6} \cdot \frac{\text{mho}}{\text{km}}$$

$$B_h = 1.664i \times 10^{-6} \cdot \frac{\text{mho}}{\text{km}}$$

$$|Y| = 3.182 \times 10^{-6} \cdot \frac{\text{mho}}{\text{km}}$$

$$|B_h| = 1.664 \times 10^{-6} \cdot \frac{\text{mho}}{\text{km}}$$

Impedancia característica o de onda de la línea aérea:

$$Z_c := \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

$$Z_c = 335.58 \Omega$$

Potencia natural de la línea aérea:

$$S_n := \frac{V_L^2}{Z_c}$$

$$S_n = 51.92 \cdot \text{MVA}$$

Se llama "potencia natural" o "potencia característica" de una línea, a la potencia correspondiente a la impedancia característica Z_c .

Si se energiza una línea con la carga correspondiente a la potencia natural en el extremo receptor no habrá onda reflejada, pero cuando se está operando, si se transporta la potencia natural la línea se comportará como si fuera una resistencia pura, es decir no generará ni absorberá reactivo.

El funcionamiento con potencia natural supone las condiciones óptimas de trabajo en el transporte.

Potencia máxima por límite térmico del conductor:

El límite de corriente máxima a conducir lo define la temperatura de goteo de la grasa (80°C) que

depende de la temperatura ambiente, la radiación solar, etc. En la práctica las potencias máximas a transmitir las definen la caída de tensión o las condiciones de estabilidad del sistema :

$$I_{\max} := 650\text{A}$$

$$\cos\phi := 0.85$$

$$P_{\max} := \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_{\max} \cdot \cos\phi$$

$$P_{\max} = 126318.47 \cdot \text{kW}$$

Pérdida de potencia y caída de tensión

Pérdidas de potencia y caída de tensión

$$r_{cf} = 0.097 \cdot \frac{\Omega}{\text{km}} \quad \text{resistencia del conductor de fase}$$

$$L_{LAT} := 82\text{km} \quad \text{longitud línea 132kV}$$

$$R_{cf} := r_{cf} \cdot L_{LAT} = 7.954 \cdot \Omega$$

$$X_d = 0.345 \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X := X_d \cdot L_{LAT} = 28.286 \cdot \Omega$$

$$B_L := B \cdot L_{LAT} = 2.609i \times 10^{-4} \cdot \text{mho}$$

$$X_c := \frac{1}{2B_L} = -1916.297i \cdot \Omega$$

$$P_{II} := 5.4\text{MVA}$$

$$Q_{II} := 2.5\text{MVAr}$$

Valores base

$$V_b := 132\text{kV}$$

$$S_b := 15\text{MVA}$$

$$Z_b := \frac{V_b^2}{S_b} = 1161.6 \cdot \Omega$$

$$I_b := \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot V_b} = 65.608 \text{ A}$$

Valores por unidad

En el extremo receptor tenemos

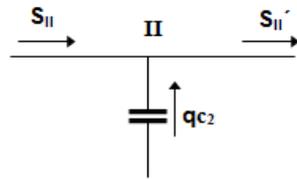
$$v_{II} := 1 \quad x_c := \frac{X_c}{Z_b} = -1.65i$$

$$p_{II} := \frac{P_{II}}{S_b} = 0.36 \quad r_{pu} := \frac{R_{cf}}{Z_b} = 0.007$$

$$q_{II} := \frac{Q_{II}}{S_b} = 0.167$$

$$x_{pu} := \frac{X}{Z_b} = 0.024$$

el balance energético en la barra II será:



$$q_{c2} := \frac{v_{II}^2}{x_c} = 0.606i$$

$$S_{II'} := p_{II} - iq_{II} = 0.36 - 0.167i$$

$$S_{II} := S_{II'} + q_{c2} = 0.36 + 0.44i$$

Teniendo en cuenta la fórmula de caída de tensión y considerando para este caso $x(+); q(+); p(+)$ tenemos:

$$v_{Ir} := \left(v_{II} + \frac{p_{II} \cdot r_{pu} + q_{II} \cdot x_{pu}}{v_{II}} \right) = 1.007$$

$$v_{Ii} := \left(\frac{p_{II} \cdot x_{pu} - q_{II} \cdot r_{pu}}{v_{II}} \right) = 0.0076$$

$$v_I := v_{Ir} + i \cdot v_{Ii} = 1.0065 + 0.0076i \quad |v_I| = 1.007$$

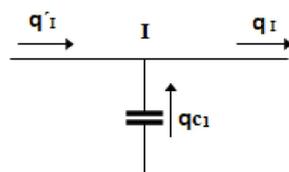
$$i_{II} := \frac{S_{II}}{v_I} = 0.361 + 0.434i \quad |i_{II}| = 0.564$$

Pérdidas de potencia activa y reactiva en la línea

$$p_p := (|i_{II}|)^2 \cdot r_{pu} = 0.002$$

$$p_q := i (|i_{II}|)^2 \cdot x_{pu} = 7.758i \times 10^{-3}$$

el balance energético en la barra I será:



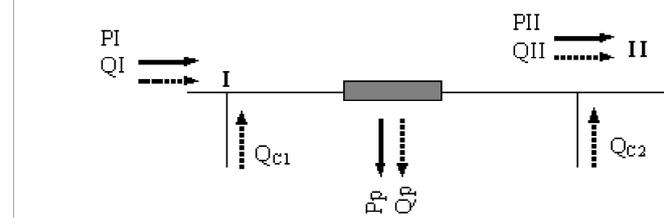
$$q_{c1} := \frac{(|v_I|)^2}{x_c} = 0.614i$$

por lo tanto:

$$q'_{c1} := i \operatorname{Im}(S_{II}) + p_q - q_{c1} = -0.167i$$

$$s_I := p_{II} + p_p - q'_{c1} = 0.362 + 0.167i$$

Balance



Valores reales

$$V_I := v_I \cdot V_b = (132.861 + 1.007i) \cdot \text{kV} \quad |V_I| = 132.865 \cdot \text{kV}$$

$$I_{II} := i_{II} \cdot I_b = (23.681 + 28.469i) \text{ A} \quad |I_{II}| = 37.031 \text{ A}$$

$$Q_{c2} := q_{c2} \cdot S_b = 9.093i \cdot \text{MVA r}$$

$$Q_{c1} := q_{c1} \cdot S_b = 9.212i \cdot \text{MVA r}$$

$$P_p := p_p \cdot S_b = 0.033 \cdot \text{MW}$$

$$P_q := p_q \cdot S_b = 0.116i \cdot \text{MVA}$$

$$S_I := s_I \cdot S_b = (5.433 + 2.503i) \cdot \text{MVA} \quad |S_I| = 5.982 \cdot \text{MVA}$$

Cortocircuito

Cálculo de cortocircuito

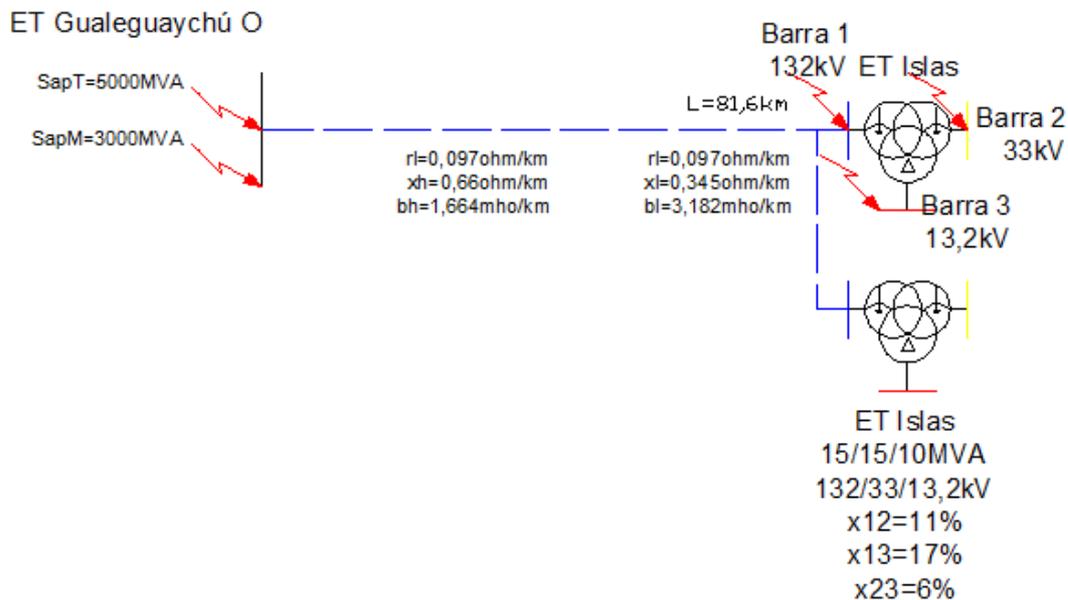
En primera instancia se calcularán los valores de corriente de cortocircuito trifásico y monofásico en barra de 132kV, 33kV y 13,2kV para poder elegir los sistemas de protección. Esta Estación transformadora "ET Islas" estará conectada con la Estación transformadora Gualeguachú Oeste la cual se diseñará con potencia de cortocircuito trifásica de 5000 MVA y monofásica de 3000MVA que son los valores de ENERSA para la cual se diseñan las ET, lo único que limita este cortocircuito es la línea de 132kV a construir.

La ET Islas estará constituida con dos transformadores de 15/15/10 MVA.

Para ello se empleara el método PU para el cálculo de corrientes de cortocircuito.

Los datos necesarios para el método PU son:

- Diagrama unifilar de la ET.
- Aportes de la red.
- Reactancias, resistencias y suceptancias de los elementos del diagrama unifilar.
- Tensión nominal de cada elemento.
- Potencia nominal de cada elemento.



Datos de Instalaciones:

Potencia de diseño de Estaciones Transformadoras para el cálculo de cortocircuito

$S_{ap3} := 5000\text{MVA}$ Aporte trifásico

$S_{ap1} := 3000\text{MVA}$ Aporte Monofásico

Transformador de potencia - T1

Sn: 15/15/10 MVA, potencia nominal por arrollamiento

$S_{n1} := 15\text{MVA}$

$S_{n2} := 15\text{MVA}$

$S_{n3} := 10\text{MVA}$

Reactancias de dispersión:

$$x_{12} := 11\%$$

$$x_{13} := 17\%$$

$$x_{23} := 6\%$$

Valores expresados en %, referidos a la potencia y tensiones nominales de arrollamiento de 132kV

Transformador de potencia - T2

Sn: 15/15/10 MVA, potencia nominal por arrollamiento

$$S_{n2_1} := 15\text{MVA}$$

$$S_{n2_2} := 15\text{MVA}$$

$$S_{n2_3} := 10\text{MVA}$$

Reactancias de dispersión:

$$x_{212} := 11\%$$

$$x_{213} := 17\%$$

$$x_{223} := 6\%$$

Valores expresados en %, referidos a la potencia y tensiones nominales de arrollamiento de 132kV

Línea - ET Gualeguachú - ET Islas del Ibicuy

$$l := 81.6\text{km}$$

Longitud

$$r_1 := 0.097 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Resistencia

$$x_1 := i \cdot 0.345 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Reactancia de secuencia directa

$$x_0 := i \cdot 0.657 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Reactancia de secuencia directa

$$b_0 := 1.671 \cdot i \times 10^{-6} \frac{\text{S}}{\text{km}}$$

Suceptancia de secuencia homopolar

Elección de valores base para el cálculo en valores por unidad

Potencia base:

$$S_b := 15\text{MVA}$$

Tensiones bases:

$$U_{b_1} := 132\text{kV}$$

$$U_{b_2} := 33\text{kV}$$

$$U_{b_3} := 13.2\text{kV}$$

Impedancias bases:

$$Z_{b_1} := \frac{(U_{b_1})^2}{S_b} = 1161.6 \cdot \Omega$$

$$Z_{b2} := \frac{(U_{b2})^2}{S_b} = 72.6 \cdot \Omega$$

$$Z_{b3} := \frac{(U_{b3})^2}{S_b} = 11.616 \cdot \Omega$$

Corrientes bases:

$$I_{b1} := \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_{b1}} = 65.608 \text{ A}$$

$$I_{b2} := \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_{b2}} = 262.432 \text{ A}$$

$$I_{b3} := \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_{b3}} = 656.08 \text{ A}$$

Parámetros del sistema en por unidad:

Aportes:

$$x_{ap3} := 1.1 \cdot \frac{S_b \cdot i}{S_{ap3}} = 0.003i \quad \text{pu}$$

$$x_{ap1} := 3 \cdot 1.1 \cdot \frac{S_b \cdot i}{S_{ap1}} - 2 \cdot x_{ap3} = 0.01i \quad \text{pu}$$

Transformador - T1 - Cálculo de reactancias de dispersión

$$x_{1I} := \left(\frac{x_{113} + x_{112} - x_{123}}{2} \right) \cdot i = 0.11i \quad \text{pu}$$

$$x_{1II} := \left(\frac{x_{123} + x_{112} - x_{113}}{2} \right) \cdot i = 0 \quad \text{pu}$$

$$x_{1III} := \left(\frac{x_{123} + x_{113} - x_{112}}{2} \right) \cdot i = 0.06i \quad \text{pu}$$

Transformador - T2 - Cálculo de reactancias de dispersión

$$x_{2I} := \left(\frac{x_{213} + x_{212} - x_{223}}{2} \right) \cdot i = 0.11i \quad \text{pu}$$

$$x_{2II} := \left(\frac{x_{223} + x_{212} - x_{213}}{2} \right) \cdot i = 0 \quad \text{pu}$$

$$x_{2III} := \left(\frac{x_{223} + x_{213} - x_{212}}{2} \right) \cdot i = 0.06i \quad \text{pu}$$

Línea - ET Gualeguachú - ET Islas del Ibicuy 132kV

$$R_1 := r_1 \cdot l = 7.915 \cdot \Omega$$

$$r1 := \frac{R1}{Zb_1} = 0.007 \quad \text{pu}$$

$$X1 := x_1 \cdot 1 = 28.152i \cdot \Omega$$

$$x1 := \frac{X1}{Zb_1} = 0.024i \quad \text{pu}$$

$$X0 := x_0 \cdot 1 = 53.611i \cdot \Omega$$

$$x0 := \frac{X0}{Zb_1} = 0.046i \quad \text{pu}$$

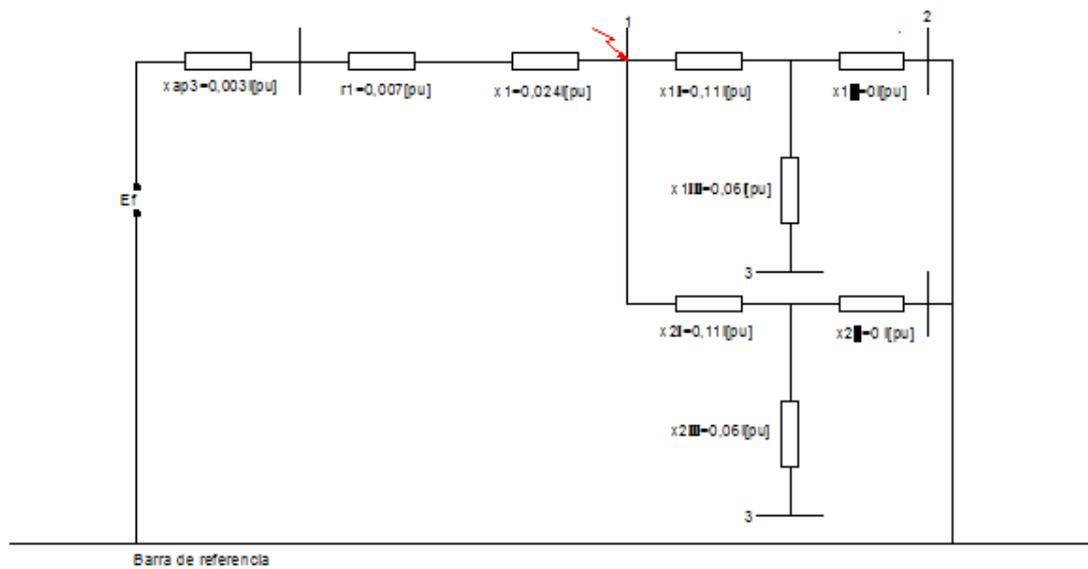
$$B0 := b_0 \cdot 1 = 1.364i \times 10^{-4} \cdot S$$

$$b1 := B0 \cdot Zb_1 = 0.158i \quad \text{pu}$$

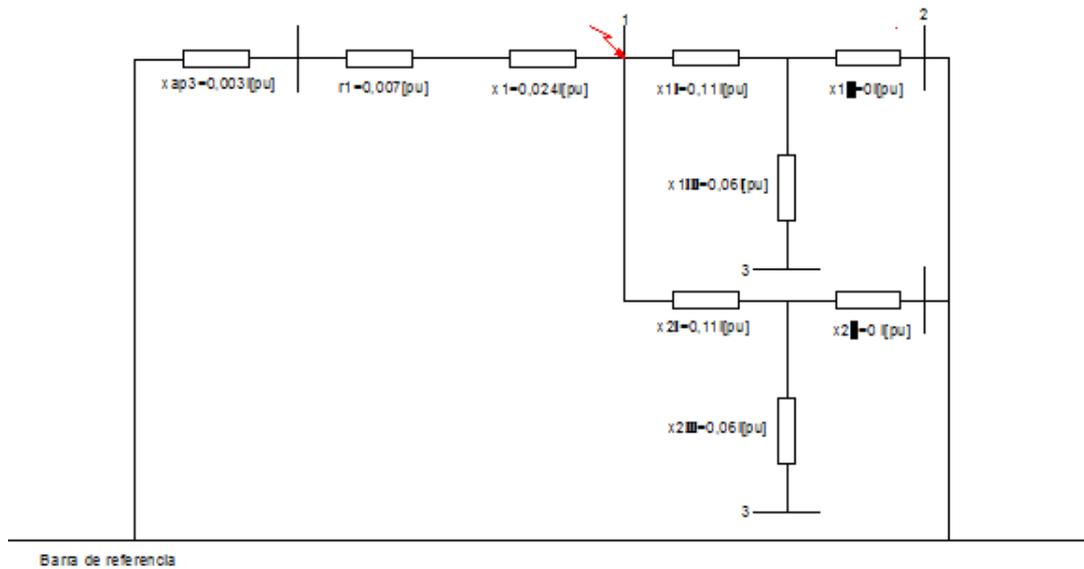
$$b := \frac{b1}{2} = 0.079i \quad \text{pu}$$

Cálculo de corrientes de cortocircuito

Red de secuencia directa



Red de secuencia inversa



Cortocircuito trifásico en barra 1:

$$x_{cc1} := x1 + x_{ap3} = 0.028i$$

$$r_{cc1} := r1 = 0.007$$

Impedancia de secuencia directa:

$$z_{1I} := r_{cc1} + x_{cc1} = 0.007 + 0.028i$$

$$S_{cc1} := \frac{1.1 \cdot S_b}{z_{1I}} = (139.73 - 564.648i) \cdot \text{MVA} \quad |S_{cc1}| = 581.68 \cdot \text{MVA}$$

$$i_{cc1} := \frac{S_{cc1}}{\sqrt{3} \cdot U_{b1}} = (611.16 - 2469.693i) \cdot \text{A}$$

Modulo:

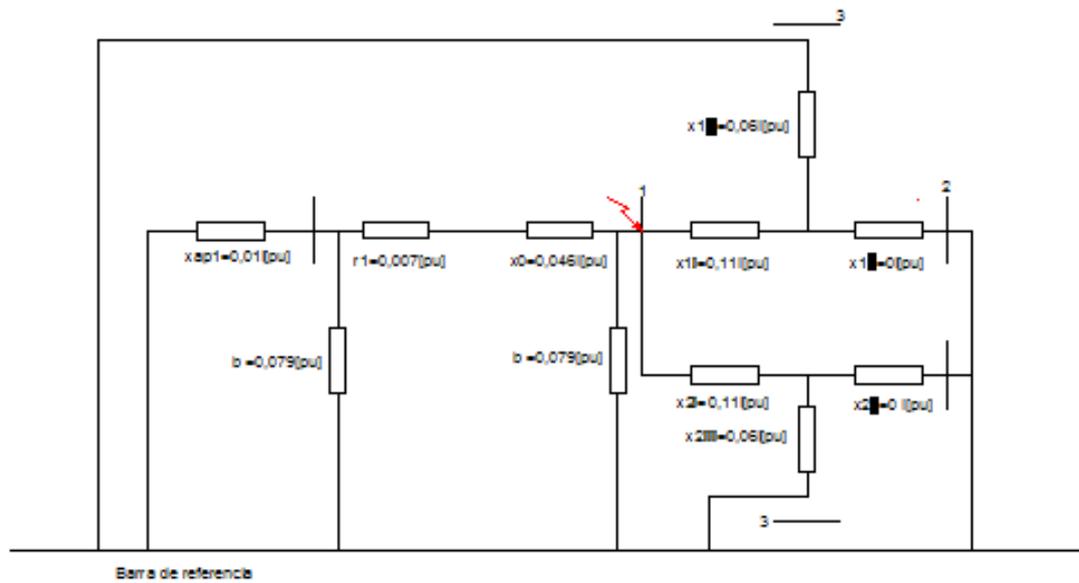
$$|i_{cc1}| = 2.544 \cdot \text{kA}$$

Argumento:

$$\text{Arg}i_{cc1} := \arg(i_{cc1}) = -76.101 \cdot \text{deg}$$

Cálculo de cortocircuito monofásico en barra 1

Red de secuencia homopolar



$$Z_A := \frac{1}{x_{ap1}} + b = -100.931i$$

$$Z_B := \frac{1}{Z_A} + r1 + x0 = 6.814 \times 10^{-3} + 0.056i$$

$$Z_C := \frac{1}{Z_B} + b = 2.137 - 17.499i$$

$$z0_{MI} := \frac{1}{Z_C} = 0.007 + 0.056i$$

impedancia de secuencia homopolar:

$$S_{cc_{MI}} := \frac{3 \cdot 1.1 \cdot S_b}{z0_{MI} + 2 \cdot z1_I} = (79.132 - 429.865i) \cdot \text{MVA} \quad |S_{cc_{MI}}| = 437.088 \cdot \text{MVA}$$

$$i_{cc_{MI}} := \frac{S_{cc_{MI}}}{\sqrt{3} \cdot Ub_1} = (346.112 - 1880.174i) \cdot \text{A}$$

Modulo:

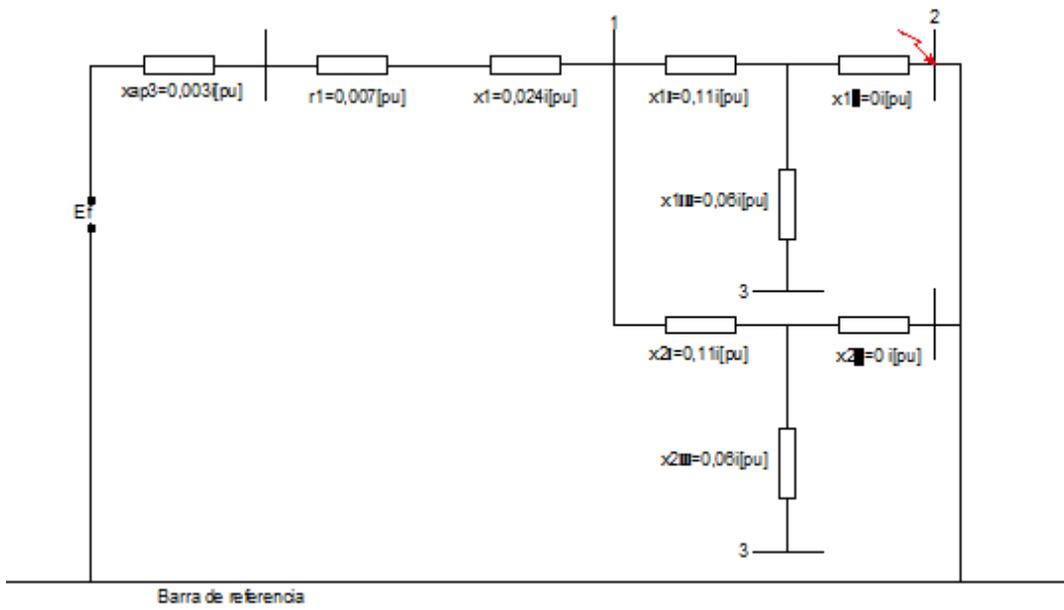
$$|i_{cc_{MI}}| = 1.912 \cdot \text{kA}$$

Argumento:

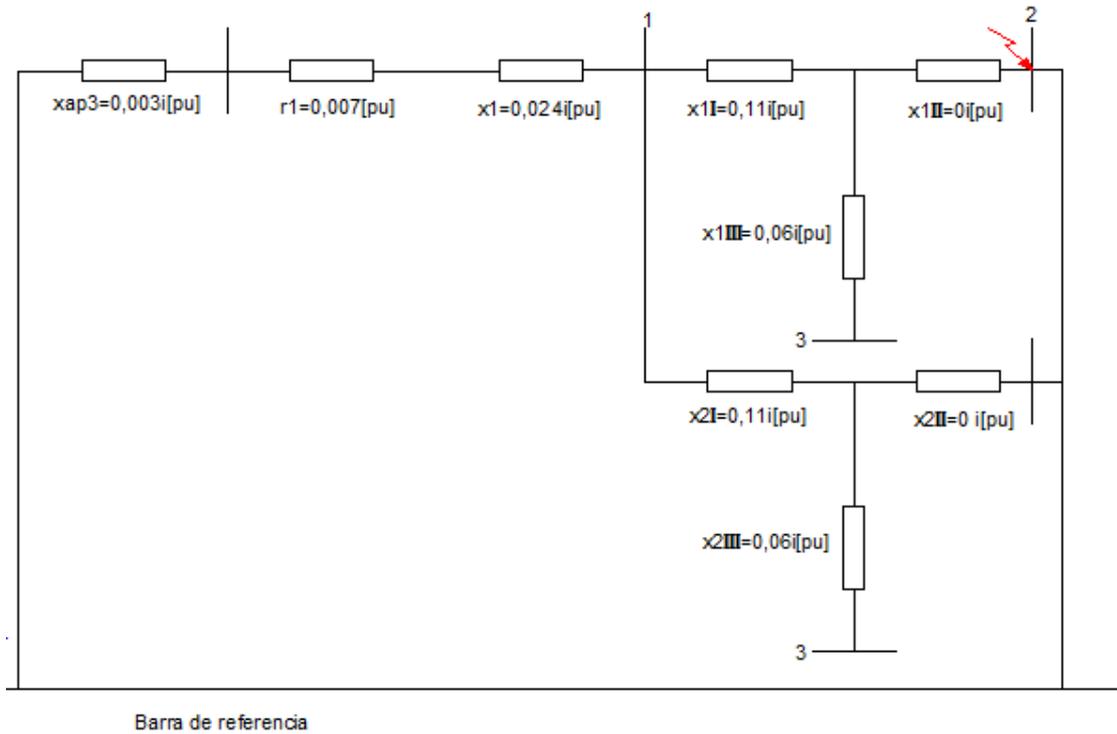
$$\text{Arg}i_{cc_{MI}} := \arg(i_{cc_{MI}}) = -79.569 \cdot \text{deg}$$

Cortocircuito trifásico en barra 2:

Red de secuencia directa



Red de secuencia inversa



$$Z_1 := \frac{x_{1I} \cdot x_{2I}}{x_{1I} + x_{2I}} = 0.055i$$

$$Z_2 := Z_1 + x_1 + r_1 + x_{ap3} = 6.814 \times 10^{-3} + 0.083i$$

$$S_{2ccII} := \frac{1.1 \cdot S_b}{Z_2} = (16.393 - 198.561i) \cdot \text{MVA}$$

$$|S_{2ccII}| = 199.236 \cdot \text{MVA}$$

$$i_{2ccII} := \frac{S_{2ccII}}{\sqrt{3} \cdot Ub_2} = (286.802 - 3473.908i) \cdot A$$

Modulo:

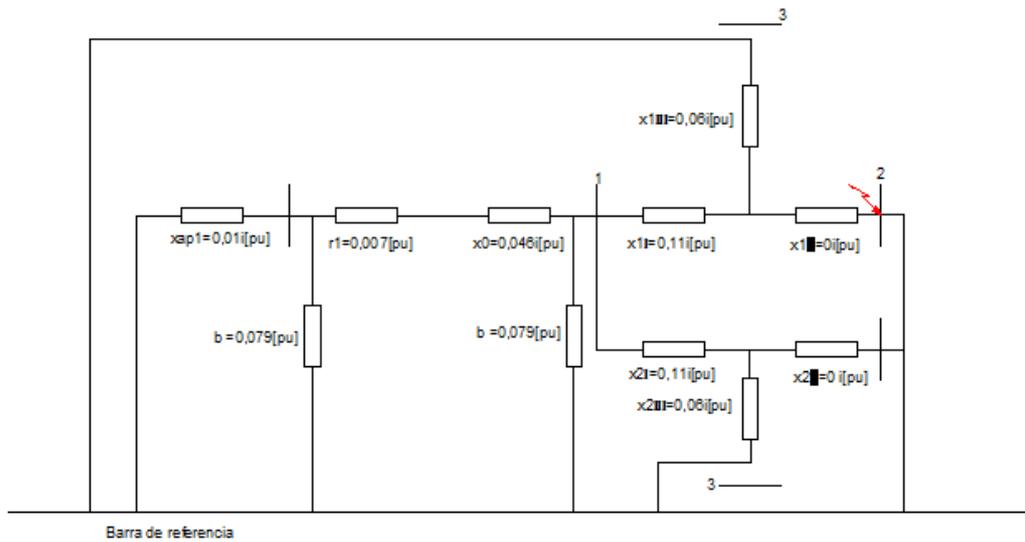
$$|i_{2ccII}| = 3.486 \cdot kA$$

Argumento:

$$\text{Arg}i_{2ccII} := \arg(i_{2ccII}) = -85.28 \cdot \text{deg}$$

Cortocircuito monofásico en barra 2:

Red de secuencia homopolar



$$Z_{A2} := \frac{1}{x_{ap1}} + b = -100.931i$$

$$Z_{B2} := \frac{1}{Z_{A2}} + r1 + x0 = 0.007 + 0.056i$$

$$Z_{C2} := \frac{1}{Z_{B2}} + b = 2.137 - 17.499i$$

$$Z_{c2} := \frac{1}{Z_{C2}} = 0.007 + 0.056i$$

$$Z_{D2} := \frac{x1_{II} \cdot x1_{III}}{x1_{II} + x1_{III}} + x1_I = 0.11i$$

$$Z_{F2} := \frac{x2_{II} \cdot x2_{III}}{x2_{II} + x2_{III}} + x2_I = 0.11i$$

$$Z_{G2} := \frac{Z_{D2} \cdot Z_{F2}}{Z_{D2} + Z_{F2}} = 0.055i$$

$$Z_{TH} := Z_{G2} + Z_{c2} = 0.007 + 0.111i$$

$$S_{cc_{MII}} := \frac{3 \cdot 1.1 \cdot S_b}{Z_{TH} + 2 \cdot Z_2} = (13.214 - 178.122i) \cdot \text{MVA}$$

$$|S_{cc_{MII}}| = 178.612 \cdot \text{MVA}$$

$$icc_{MII} := \frac{S_{cc_{MII}}}{\sqrt{3} \cdot Ub_2} = (231.185 - 3116.331i) \cdot \text{A}$$

Modulo:

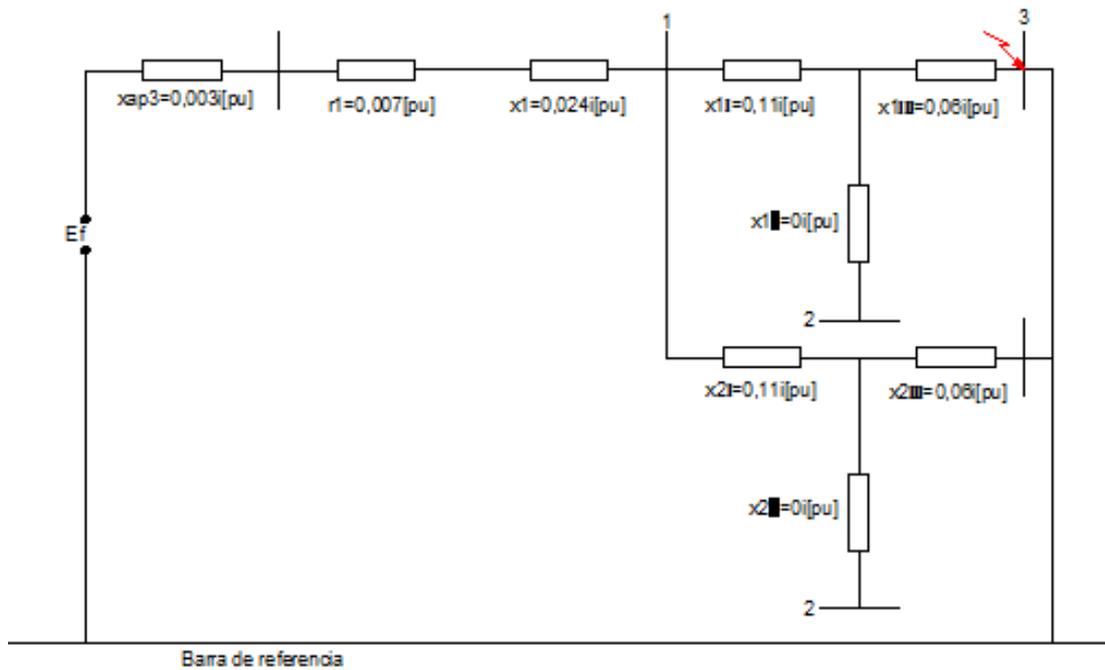
$$|icc_{MII}| = 3.125 \cdot \text{kA}$$

Argumento:

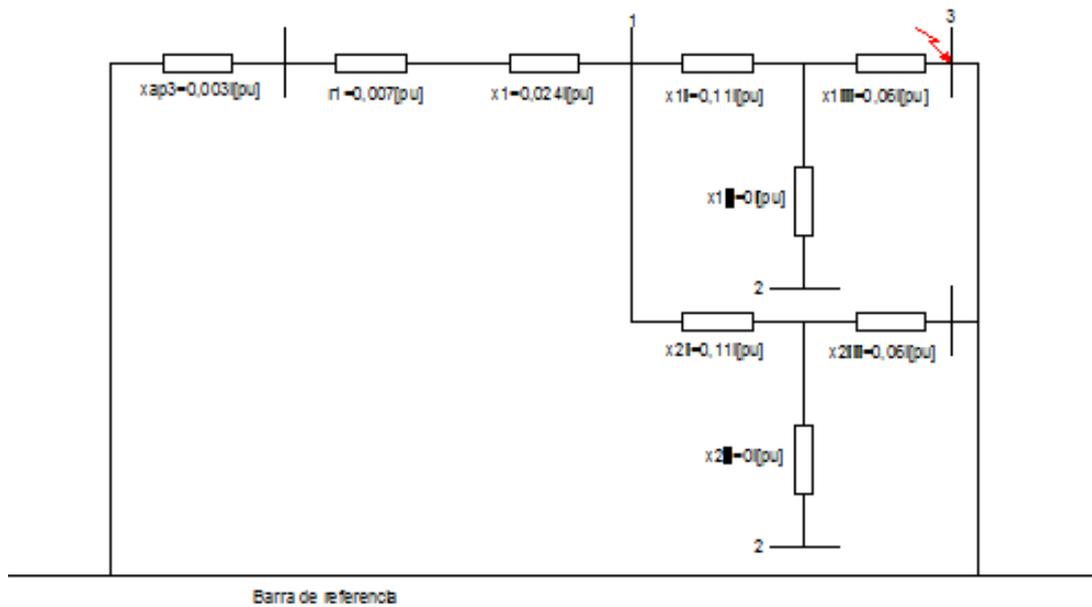
$$\text{Argicc}_{MII} := \arg(icc_{MII}) = -85.757 \cdot \text{deg}$$

Cortocircuito trifásico en barra 3

Red de secuencia directa



Red de secuencia inversa



$$Z_{1II} := \frac{[(x_{1I} + x_{1II}) \cdot (x_{2I} + x_{2II})]}{x_{1I} + x_{1II} + x_{2I} + x_{2II}} = 0.085i$$

$$Z_2 := Z_1 + x_1 + r_1 + x_{ap3} = 0.007 + 0.113i$$

$$S_{3ccIII} := \frac{1.1 \cdot S_b}{Z_2} = (8.845 - 146.085i) \cdot \text{MVA} \quad |S_{3ccIII}| = 146.352 \cdot \text{MVA}$$

$$i_{3ccIII} := \frac{S_{3ccIII}}{\sqrt{3} \cdot U_{b3}} = (386.889 - 6389.551i) \cdot \text{A}$$

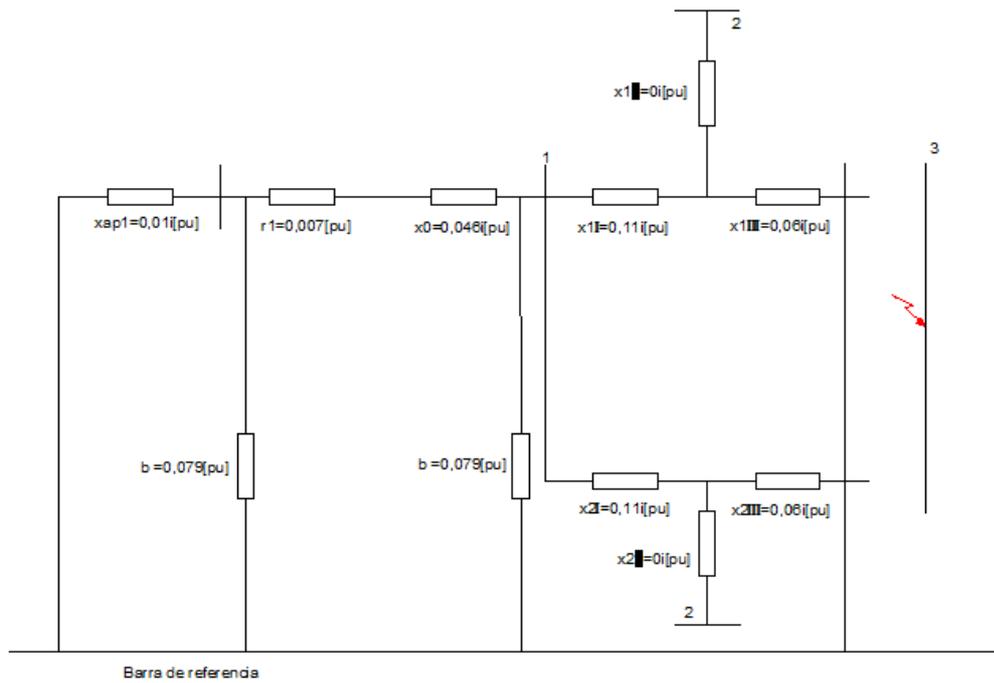
Modulo:

$$|i_{3ccIII}| = 6.401 \cdot \text{kA}$$

Argumento:

$$\text{Arg}i_{2ccIII} := \arg(i_{3ccIII}) = -86.535 \cdot \text{deg}$$

Cortocircuito Monofásico en barra 3



$Z_{TH} := \text{infinito}$

$$S_{cc_{MIII}} := \frac{3 \cdot 1,1 \cdot S_b}{Z_{TH} + 2 \cdot Z_2} = 0 \cdot \text{MVA}$$

$$i_{cc_{MIII}} := \frac{S_{cc_{MIII}}}{\sqrt{3} \cdot U_{b3}} = 0 \cdot \text{A}$$

Modulo:

$$|i_{cc_{MIII}}| = 0 \cdot \text{kA}$$

Argumento:

$$\text{Arg}i_{cc_{MIII}} := \arg(i_{cc_{MIII}}) = 0 \cdot \text{deg}$$

Seccionadores

Seccionador.

Para aislar las diversas partes de una instalación se utilizan seccionadores, llamados también separadores.

Los parámetros para la selección de seccionadores son:

- Tensión nominal
- Tensión máxima: $1,1 \cdot U_n$
- BIL: Nivel básico de aislación.
- SIL: Nivel de aislación de sobretensión de maniobra
- Corriente nominal del seccionador:

AEA Reglamento para ET

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

- Corriente de cortocircuito simétrica:

I_k'' Valor hallado en análisis de cortocircuito.

- Corriente térmica:

$$I_{th} = I_k''$$

- Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} = 100 \cdot I_n$$

- Corriente dinámica:

$$I_{din} = 2,54 \cdot I_{th}$$

Cálculo del seccionador lado de 132 kV

Los parámetros para la selección del seccionador son:

$$V_n := 132 \text{ kV}$$

Tensión nominal de servicio

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 145.2 \cdot \text{kV}$$

Tensión máxima de servicio

$$f_n := 50 \text{ Hz}$$

Frecuencia nominal de servicio

$$\text{BIL} := 550 \text{ kV}$$

Nivel básico de aislación

$$\text{SIL} := 275 \text{ kV}$$

Nivel de aislación de sobretensión de maniobra

$$S_n := 15 \text{ MVA}$$

Potencia nominal del transformador

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 65.608 \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{\text{CC}} := 2.6 \text{ kA}$$

Valor calculado en Cortocircuito

Corriente térmica:

$$I_{\text{th}} := I_{\text{CC}} = 2.6 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica admisible:

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 6.561 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{\text{din}} := 2.54 \cdot I_{\text{th}} = 6.604 \cdot \text{kA}$$

Con los cálculos realizados se elige un seccionador con las siguientes características técnicas en 132kV

Datos/Marca	Calculado	LAGO/SLA-2C/145 con cuchillas PAT
Tensión nominal (U_n)	132 kV	145 kV
BIL	550 kV	650 kV
SIL	275 kV	275 kV
Corriente nominal (I_n)	65,6 A	800 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	1,5 kA	20 kA
Corriente térmica (I_{th})	1,5 kA	20 kA
Corriente dinámica (I_{din})	3,625 kA	50 kA

Cálculo seccionador lado de 33 kV

Los parámetros para la selección del seccionador son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

Tensión nominal de servicio

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

Tensión máxima de servicio

$$f_n := 50\text{Hz}$$

Frecuencia nominal de servicio

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

Nivel básico de aislación

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

Nivel de aislación de sobretensión de maniobra

$$S_n := 15\text{MVA}$$

Potencia nominal del transformador

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 262.432 \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{\text{CC}} := 3.5\text{kA}$$

Valor calculado en Cortocircuito

Corriente térmica:

$$I_{\text{th}} := I_{\text{CC}} = 3.5 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica admisible:

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 26.243 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{\text{din}} := 2.54 \cdot I_{\text{th}} = 8.89 \cdot \text{kA}$$

Con los cálculos realizados se elige un seccionador con las siguientes características técnicas en 33kV en la salida del Transformador

Datos/Marca	Calculado	LAGO/Seccionadores tripolares a giro
Tensión nominal (U_n)	33 kV	36 kV
BIL	145 kV	170 kV
SIL	70 kV	75 kV
Corriente nominal (I_n)	262,45 A	800 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	2,75 kA	20 kA
Corriente térmica (I_{th})	2,75 kA	20 kA

Cálculo seccionador lado de 13.2 kV

Los parámetros para la selección del seccionador son:

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

Tensión nominal de servicio

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 14.52 \cdot \text{kV}$$

Tensión máxima de servicio

$$f_n := 50 \text{ Hz}$$

Frecuencia nominal de servicio

$$\text{BIL} := 75 \text{ kV}$$

Nivel básico de aislación

$$\text{SIL} := 38 \text{ kV}$$

Nivel de aislación de sobretensión de maniobra

$$S_n := 10 \text{ MVA}$$

Potencia nominal del transformador

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 437.387 \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{\text{CC}} := 6.5 \text{ kA}$$

Valor calculado en Cortocircuito

Corriente térmica:

$$I_{\text{th}} := I_{\text{CC}} = 6.5 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica admisible:

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 43.739 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{\text{din}} := 2.5 \cdot I_{\text{th}} = 16.25 \cdot \text{kA}$$

Con los cálculos realizados se elige un seccionador con las siguientes características técnicas en 13,2 kV en la salida del transformador:

Datos/Marca	Calculado	LAGO/Seccionadores tripolares a giro
Tensión nominal (U_n)	13,2 kV	13,2 kV
BIL	75 kV	95 kV
SIL	38 kV	45 kV
Corriente nominal (I_n)	656 A	1250 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	7 kA	25 kA
Corriente térmica (I_{th})	7 kA	25 kA

Interruptores

Interruptor.

Son aparatos con capacidad de maniobra suficiente para soportar la apertura o el cierre sobre circuitos en condiciones de máxima exigencias (cortocircuitos), los cuales producen esfuerzos electromecánicos y térmicos.

La función de los interruptores es la de interrumpir las corrientes de falla tan rápidamente como sea posible, de forma tal que se pueda limitar al mínimo los posibles daños causados a los equipamientos debido a los cortocircuitos, o los defectos derivados de las propias fallas.

Los parámetros para la selección de interruptores son:

- Tensión nominal
- Tensión máxima: $1,1 \cdot U_n$
- Frecuencia nominal
- BIL AEA Reglamento p/ estaciones transformadoras
- SIL
- Potencia nominal:

La potencia operada quedará determinada por la potencia correspondiente al arrollamiento de del transformador de potencia donde se desea conectar el interruptor, por lo tanto: S_n

- Corriente nominal:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

- Corriente de cortocircuito simétrica:

Este valor ha sido calculado por el método por unidad en el presente proyecto en los tres arrollamientos del transformador (Ver cálculo de cortocircuito).

- Corriente de apertura:

Es el valor eficaz de la corriente alterna que fluye a través de un interruptor, cuando se lo desconecta en caso de cortocircuito.

En general los circuitos que abren los interruptores son inductivos, al iniciarse el transitorio de desconexión (la corriente no puede anularse instantáneamente, valor eficaz de la corriente de carga al desconectar el interruptor en el instante de la primera separación de los contactos), produciéndose el arco el cual se anulará en el primer paso por cero de la corriente.

$$I_a = \mu \cdot I_k''$$

Para nuestro cálculo, como no conocemos la característica de la máquina y nos encontramos lejos de la generación, realizamos el cálculo en la condición más desfavorable ($\mu = 1$).

$$I_a = I_k''$$

- Corriente de cierre:

Es el valor máximo instantáneo que aparece al conectar un interruptor con un cortocircuito establecido inmediatamente detrás de él y es igual al impulso de la corriente de cortocircuito (I_s) y se indica como valor de cresta.

$$I_c = I_{c_{\max}} = I_s = \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_k''$$

El valor χ determina la corriente asimétrica y depende de la relación “resistencia / reactancia del circuito” y puede obtenerse directamente desde la figura:

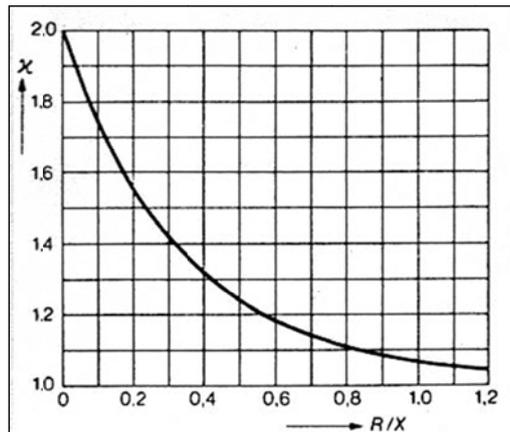


Figura 8.1 Richard Roeper VDE 0102

Si $X \gg R \Rightarrow$ La relación $\frac{R}{X} \rightarrow 0$ y $\chi = 1,8$ o 2

- *Corriente térmica:*

La corriente de cortocircuito somete a los aparatos a esfuerzos térmicos. Es un proceso de corta duración o sea que toda la energía calorífica producida durante la falla, se utiliza para elevar la temperatura del equipo o del conductor considerado, aunque digamos que la resistencia tienda a cero, ese valor siempre está presente y es el encargado de producir dicha energía calorífica. Ésta representa el valor efectivo de la corriente que el aparato de servicio soporta durante 1 [s]. La magnitud térmica viene determinada por el denominado valor medio térmicamente activo de la corriente de cortocircuito, y se define como el valor de la corriente que en 1 [s], produce la misma cantidad de calor que la corriente de cortocircuito en el tiempo total de permanencia de la falla.

Teniendo en cuenta la corriente de cortocircuito asimétrica, para el cálculo de la corriente térmica media, se utiliza la siguiente expresión:

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{(m+n)} \cdot \frac{1}{t}$$

Dónde:

I_{th} : Corriente térmica.

I_k'' : Corriente simétrica inicial de cortocircuito. (Hallada en cálculo de cortocircuito)

m = influencia de la componente de corriente continua. (Norma 2358)

n = influencia de la componente de corriente alterna.

$1/t$ = representa las veces que la unidad de referencia 1 [s] está contenida en el tiempo total de la falla t .

Considerando la condición sistema, cuando $n = 1$ y $m = 0,1$, la corriente térmica media, se calcula en todos los casos para un tiempo de 1 [s].

- *Corriente térmica admisible:*

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} = 100 \cdot I_n$$

Donde I_n es la corriente nominal del interruptor.

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

- *Corriente dinámica:*

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{din} = 2,5 \cdot I_{th}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_s < I_{din}$$

- *Poder o potencia de apertura:*

Es el valor de potencia puesta en juego, cuando se desconecta el interruptor en caso de cortocircuito.

$$S_a = 3 \cdot U_n \cdot I_a$$

- *Poder o potencia de cierre:*

Es el valor de potencia puesta en juego, al conectar el interruptor con un cortocircuito establecido.

$$S_c = 3 \cdot U_n \cdot I_c$$

Cálculo de interruptores

1) Interruptor Alta tensión 132kV

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$V_n := 132\text{kV}$	Tensión nominal de servicio
$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 145.2 \cdot \text{kV}$	Tensión máxima de servicio
$f_n := 50\text{Hz}$	Frecuencia nominal de servicio
$\text{BIL} := 550\text{kV}$	Nivel básico de aislación
$\text{SIL} := 275\text{kV}$	Nivel de aislación de sobretensión de maniobra
$S_n := 15\text{MVA}$	Potencia nominal del transformador

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 65.608 \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{\text{CC}} := 2.6\text{kA}$$

Valor calculado en Cortocircuito

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{\text{CC}} = 2.6 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.9$$

$$I_s := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{\text{CC}} = 6.986 \cdot \text{kA}$$

Corriente termica

$$m := 0.1$$

$$n := 1$$

$$t := 1$$

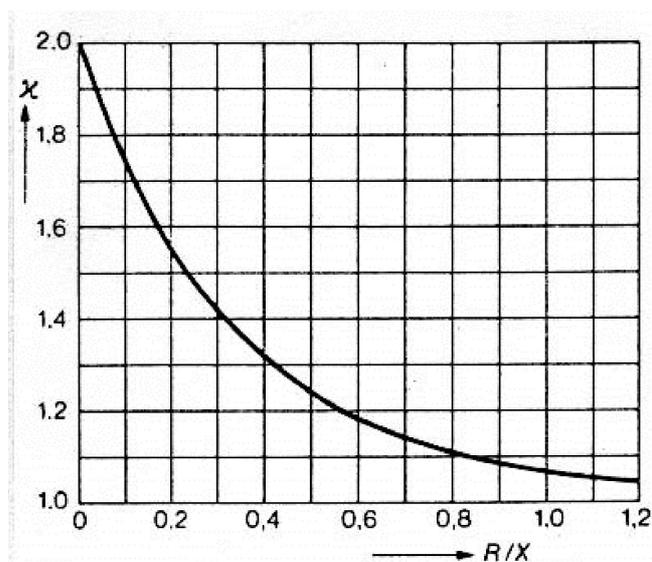
$$I_{\text{th}} := I_{\text{CC}} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 2.727 \cdot \text{kA}$$

Corriente termica admisible:

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 6.561 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{\text{th}} < I_{\text{tha}}$$



Con los cálculos realizados anteriormente elegimos el siguiente interruptor en 132kV:

Datos/Marca	Calculado	SIEMENS/3APIFG
Tensión nominal (U_n)	132 kV	132 kV
Tensión máxima (U_m)	145 kV	145 kV
Frecuencia (f)	50 Hz	50 Hz
BIL	550 kV	650 kV
SIL	275 kV	275 kV
Corriente nominal (I_n)	65,6 A	4000 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	1,5 kA	40 kA
Corriente de apertura (I_a)	1,5 kA	40 kA
Corriente de cierre (I_s)	4 kA	108 kA
Corriente térmica (I_{th})	1,5 kA	40 kA
Corriente dinámica (I_{din})	3,75 kA	108 kA

Cálculo de interruptor

1) Interruptor Alta tensión 33kV

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de la ET}$$

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 262.432 \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{\text{CC}} := 3.5\text{kA} \quad (\text{Hallado en análisis de cortocircuito})$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{\text{CC}} = 3.5 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_s := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{\text{CC}} = 8.91 \cdot \text{kA}$$

Corriente termica

$$m := 0.1$$

$$n := 1$$

$$t := 1$$

$$I_{\text{th}} := I_{\text{CC}} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 3.671 \cdot \text{kA}$$

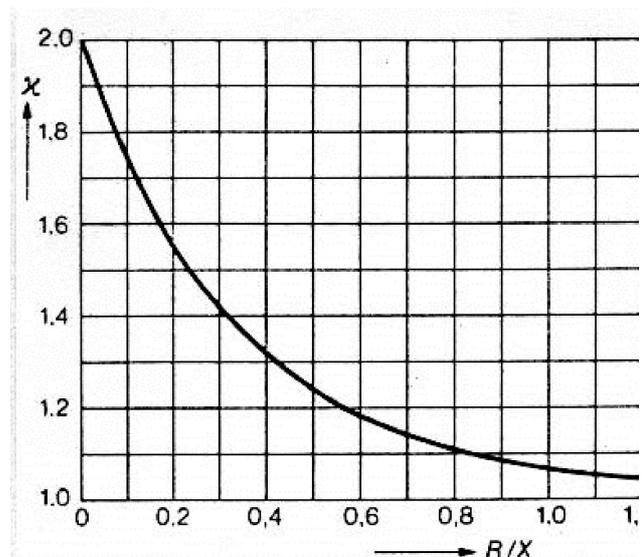
Corriente termica admisible:

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 26.243 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{\text{th}} < I_{\text{tha}}$$

$$I_{\text{ver}} := \text{if}(I_{\text{th}} < I_{\text{tha}}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$$



$I_{\text{ver}} = \text{"Verifica"}$

Corriente dinámica:

$$I_{\text{din}} := 2.5 \cdot I_{\text{th}} = 9.177 \cdot \text{kA}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_{\text{a}} := 3 \cdot V_{\text{n}} \cdot I_{\text{a}} = 346.5 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_{\text{c}} := 3 \cdot V_{\text{n}} \cdot I_{\text{s}} = 882.045 \cdot \text{MVA}$$

Con los cálculos realizados anteriormente elegimos el siguiente interruptor en 33kV:

Datos/Marca	Calculado	SIEMENS/3AH4306-8
Tensión nominal (U_n)	33 kV	33 kV
Tensión máxima (U_m)	36 kV	36 kV
Frecuencia (f)	50 Hz	50 Hz
BIL	145 kV	170 kV
SIL	70 kV	70 kV
Corriente nominal (I_n)	262,5 A	2000 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	2,75 kA	31,5 kA
Corriente de apertura (I_a)	2,75 kA	31,5 kA
Corriente de cierre (I_s)	7,4 kA	100 kA
Corriente térmica (I_{th})	2,75 kA	40 kA
Corriente dinámica (I_{din})	6,875 kA	100 kA

Cálculo de interruptor

1) Interruptor Alta tensión 13,2kV

Los parámetros para la selección de interruptores son:

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

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 14.52 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 75\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 38\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de la ET}$$

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 656.08 \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{\text{CC}} := 7\text{kA} \quad (\text{Hallado en análisis de cortocircuito})$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{\text{CC}} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.9$$

$$I_s := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{\text{CC}} = 18.809 \cdot \text{kA}$$

Corriente termica

$$m := 0$$

$$n := 1$$

$$t := 1$$

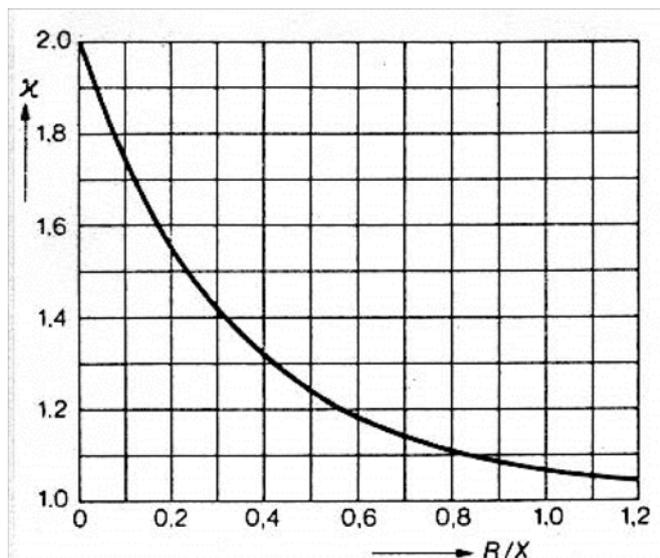
$$I_{\text{th}} := I_{\text{CC}} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente termica admisible:

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 65.608 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{\text{th}} < I_{\text{tha}}$$



Cálculo de interruptor

1) Interruptor Alta tensión 13,2kV

Los parámetros para la selección de interruptores son:

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

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 14.52 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50 \text{ Hz}$$

$$\text{BIL} := 75 \text{ kV}$$

$$\text{SIL} := 38 \text{ kV}$$

$$S_n := 10 \text{ MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de la ET}$$

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 437.387 \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{\text{CC}} := 6.4 \text{ kA} \quad (\text{Hallado en análisis de cortocircuito})$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{\text{CC}} = 6.4 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_s := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{\text{CC}} = 16.292 \cdot \text{kA}$$

Corriente termica

$$m := 0.1$$

$$n := 1$$

$$t := 1$$

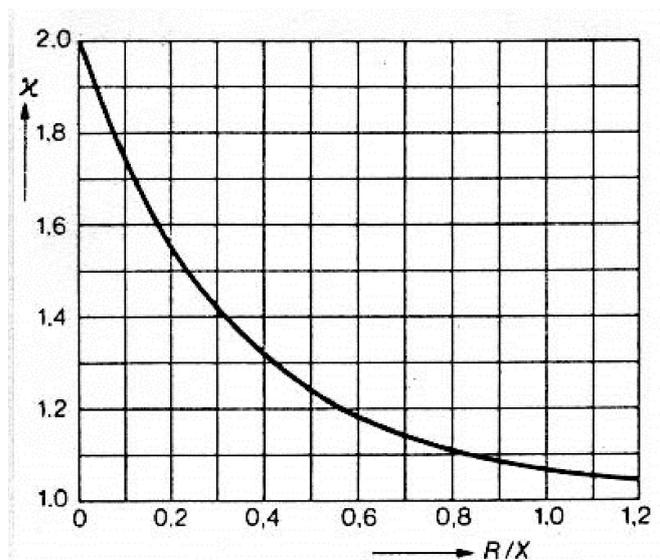
$$I_{\text{th}} := I_{\text{CC}} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 6.712 \cdot \text{kA}$$

Corriente termica admisible:

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 43.739 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{\text{th}} < I_{\text{tha}}$$



$I_{\text{ver}} := \text{if}(I_{\text{th}} < I_{\text{tha}}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$

$I_{\text{ver}} = \text{"Verifica"}$

Corriente dinámica:

$I_{\text{din}} := 2.5 \cdot I_{\text{th}} = 16.781 \cdot \text{kA}$

Poder o potencia de apertura:

$S_{\text{a}} := 3 \cdot V_{\text{n}} \cdot I_{\text{a}} = 253.44 \cdot \text{MVA}$

Poder o potencia de cierre:

$S_{\text{c}} := 3 \cdot V_{\text{n}} \cdot I_{\text{s}} = 645.153 \cdot \text{MVA}$

Con los cálculos realizados anteriormente elegimos el siguiente interruptor en 13,2kV:

Datos/Marca	Calculado	SIEMENS/3AH4166-7
Tensión nominal (U_n)	13,2 kV	13,2 kV
Tensión máxima (U_m)	15 kV	15 kV
Frecuencia (f)	50 Hz	50 Hz
BIL	75 kV	95 kV
SIL	38 kV	38 kV
Corriente nominal (I_n)	656,8 A	2000 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	2,75 kA	40 kA
Corriente de apertura (I_a)	7 kA	40 kA
Corriente de cierre (I_s)	7,4 kA	100 kA
Corriente térmica (I_{th})	18,9 kA	40 kA
Corriente dinámica (I_{din})	17,5 kA	100 kA

Transformadores de Intensidad

Selección transformador de intensidad lado de 132kV (Acometida Transformador)

Los parámetros para la selección de los TI son:

$$V_n := 132\text{kV}$$

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 145.2 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 550\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 275\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de ET}$$

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 65.608 \text{ A}$$

Corriente térmica

$$I_{\text{ter}} := 1.45\text{kA} \quad \text{calculada en cortocircuito trifásico}$$

Corriente térmica admisible

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 6.561 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{\text{ter}} < I_{\text{tha}}$$

$$V_{\text{ter}} := \text{if}(I_{\text{ter}} < I_{\text{tha}}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$$

$$V_{\text{ter}} = \text{"Verifica"}$$

Corriente dinámica:

$$I_{\text{din}} := 2.5 \cdot I_{\text{ter}} = 3.625 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 50 - 100 / 1 \text{ 1 1A}$$

Núcleos:

1) Medición SMEC (Sistema de medición comercial)

Clase de precisión: 0,2 (contadores de gran precisión)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$$S_{\text{IM}} := 8\text{VA} \quad \text{consumo medidor SMEC (Cammessa)}$$

Además del medidor se debe tener en cuenta el consumo del cable a conectar al medidor se toma con

distancia aproximada 120m, sección mínima de 4mm² para soportar esfuerzos mecánicos.

$$I_{\text{sec}} := 1 \text{ A}$$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$l := 120 \text{ m}$$

$$S_{\text{c1N}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 1.188 \cdot \text{VA}$$

$$S_{\text{T1N}} := S_{\text{IM}} + S_{\text{c1N}} = 9.188 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 15VA para el núcleo de medición SMEC

2) Medición

Clase de precisión: 0,5 (aparatos de medida)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_P := 3 \text{ VA} \quad \text{Vatímetro}$$

$$S_{\text{cos}\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{\text{wh}} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{\text{VArh}} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{\text{act}} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{\text{reac}} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{\text{frec}} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencimetro}$$

Ademas de los aparatos de medida se debe tener en cuenta el consumo del cable a conectar al medid se toma como distancia aproximada 120m, sección mínima de 4mm² para soportar esfuerzos mecánicos.

$$I_{\text{sec}} := 1 \text{ A}$$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$l := 120 \text{ m}$$

$$S_{\text{c2N}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 1.188 \cdot \text{VA}$$

$$S_{\text{T2N}} := S_A + S_P + S_{\text{cos}\phi} + S_{\text{wh}} + S_{\text{VArh}} + S_{\text{c2N}} + S_{\text{act}} + S_{\text{reac}} + S_{\text{frec}} = 21.188 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para el núcleo de medición (Aparatos de medida)

3) Protección

Clase de precisión: 5P10 (error de intensidad 3%)

Carga conectada al secundario:

$$S_{\text{RMI}} := 3 \text{ VA} \quad \text{relé de máxima intensidad}$$

$S_{RMIri} := 3VA$	relé de máxima intensidad por tierra
$S_{RMIT} := 3VA$	Protección falla interruptor
$S_{RD} := 5VA$	relé diferenciales
$S_{RDis} := 5VA$	relé de distancia
$DP := 5VA$	Discrepancia de polos
$Z := 4VA$	Impedancia

Ademas de los aparatos de protección se debe tener en cuenta el consumo del cable a conectar al medidor se toma como distancia aproximada 120m, sección mínima de 4mm² para soportar esfuerzos mecánicos.

$$I_{sec} := 1A$$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$$l := 120m$$

$$S_{c3N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 1.188 \cdot VA$$

$$S_{T3N} := S_{RMI} + S_{RMIri} + S_{RMIT} + Z + DP + S_{RD} + S_{RDis} + S_{c3N} = 29.188 \cdot VA$$

Se adopta 30VA para el núcleo de protección

Con estos cálculos realizados adoptamos un Transformador de Intensidad con las siguientes características técnicas en 132kV.

Datos/Marca	Calculado	ARTECHE/CAI45
Tensión nominal (Un)	132 kV	132 kV
Tensión máxima (Um)	145 kV	145 kV
BIL	550 kV	650 kV
SIL	275 kV	275 kV
Corriente nominal (In)	65 A	200 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	1,45 kA	10 kA
Corriente térmica (Ith)	1,45 kA	10 kA
Relación de transformación	50-100/1-1-1	50-100/1-1-1
Núcleo 1: Medición SMEC	CI 0,2 - Fs < 5 - 15 VA	CI 0,2 - Fs < 5 - 15 VA
Núcleo 2: Medición	CI 0,5 - Fs < 5 - 30 VA	CI 0,5 - Fs < 5 - 30 VA
Núcleo 3: Protección	SP10 - 30 VA	SP10 - 30 VA
A (mm)		350
T (mm)		1665
H (mm)		2095
Peso (kg)		310

Selección transformador de intensidad lado de 33kV (Acometida Transformador)

Los parámetros para la selección de los TI son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de ET}$$

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 262.432\text{A}$$

Corriente térmica

$$I_{\text{ter}} := 2.5\text{kA} \quad \text{calculada en cortocircuito trifásico}$$

Corriente térmica admisible

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 26.243 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{\text{ter}} < I_{\text{tha}}$$

$$V_{\text{ter}} := \text{if}(I_{\text{ter}} < I_{\text{tha}}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$$

$$V_{\text{ter}} = \text{"Verifica"}$$

Corriente dinámica:

$$I_{\text{din}} := 2.5 \cdot I_{\text{ter}} = 6.25 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 150 - 300 / 5 \text{ A}$$

1) Medición

Clase de precisión: 0,5 (aparatos de medida)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$$S_A := 2\text{VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_P := 3\text{VA} \quad \text{Vatímetro}$$

$$S_{\text{cos}\phi} := 5\text{VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{\text{wh}} := 2\text{VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$S_{VArh} := 2VA$ Contador de energía reactiva

$S_{act} := 2VA$ Potencia Activa

$S_{reac} := 2VA$ Potencia Reactiva

$S_{frec} := 2VA$ Frecuencimétero

Ademas de los aparatos de medida se debe tener en cuenta el consumo del cable a conectar al medidor se toma como distancia aproximada 30m, sección mínima de $4mm^2$ para soportar esfuerzos mecánicos

$I_{sec} := 5A$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$l := 30m$

$$S_{c2N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T2N} := S_A + S_P + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + S_{c2N} = 27.425 \cdot VA$$

Se adopta 30VA para el núcleo de medición (Aparatos de medida)

2) Protección

Clase de precisión: 5P10 (error de intensidad 3%)

Carga conectada al secundario:

$S_{RMI} := 3VA$ relé de máxima intensidad, instantaneo

$S_{RMIri} := 3VA$ relé de máxima intensidad por tierra direccional

$S_{RD} := 3VA$ relé diferenciales

Ademas de los aparatos de protección se debe tener en cuenta el consumo del cable a conectar al medidor se toma como distancia aproximada 30m, sección mínima de $4mm^2$ para soportar esfuerzos mecánicos.

$I_{sec} := 5A$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$l := 30m$

$$S_{c3N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T3N} := S_{RMI} + S_{RMIri} + S_{RD} + S_{c3N} = 16.425 \cdot VA$$

Se adopta 20VA para el núcleo de protección

Con estos cálculos realizados adoptamos un Transformador de Intensidad con las siguientes características técnicas en 33kV.

Datos/Marca	Calculado	ARTECHE/CRF - 36
Tensión nominal (Un)	33 kV	33 kV
Tensión máxima (Um)	36 kV	36 kV
BIL	145 kV	170 kV
SIL	70 kV	70 kV
Corriente nominal (In)	262,5 A	300 A
Corriente de cortocircuito (I _{cc})	2,5 kA	10 kA
Corriente térmica (I _{th})	2,5 kA	10 kA
Relación de transformación	150-300/1-1	150-300/1-1
Núcleo 1: Medición SMEC	No posee	No posee
Núcleo 1: Medición	CI 0,5 - Fs < 5 - 27,5 VA	CI 0,5 - Fs < 5 - 30 VA
Núcleo 2: Protección	SP10 - 20 VA	SP10 - 20 VA
A (mm)		219
T (mm)		254
H (mm)		440
Peso (kg)		50

Selección transformador de intensidad lado de 13,2kV (Acometida Transformador)

Los parámetros para la selección de los TI son:

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

$$V_{\text{máx}} := 1.1 \cdot V_n = 14.52 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 75\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 38\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de ET}$$

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 656.08\text{A}$$

Corriente térmica

$$I_{\text{ter}} := 7\text{kA} \quad \text{calculada en cortocircuito trifásico}$$

Corriente térmica admisible

$$I_{\text{tha}} := 100 \cdot I_n = 65.608 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{\text{ter}} < I_{\text{tha}}$$

$$V_{\text{ter}} := \text{if}(I_{\text{ter}} < I_{\text{tha}}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$$

$$V_{\text{ter}} = \text{"Verifica"}$$

Corriente dinámica:

$$I_{\text{din}} := 2.5 \cdot I_{\text{ter}} = 17.5 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 350 - 700 / 5 \text{ 5A}$$

1) Medición

Clase de precisión: 0,5 (aparatos de medida)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$$S_A := 2\text{VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_P := 3\text{VA} \quad \text{Vatímetro}$$

$$S_{\text{cos}\phi} := 5\text{VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{\text{wh}} := 2\text{VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{V_{\text{Arh}}} := 2\text{VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$S_{act} := 2VA$ Potencia Activa

$S_{reac} := 2VA$ Potencia Reactiva

$S_{frec} := 2VA$ Frecuencimetro

Ademas de los aparatos de medida se debe tener en cuenta el consumo del cable a conectar al medidor se toma como distancia aproximada 30m, seccion minima de $4mm^2$ para soportar esfuerzos mecanicos

$I_{sec} := 5A$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$l := 30m$

$$S_{c2N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T2N} := S_A + S_P + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{c2N} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} = 27.425 \cdot VA$$

Se adopta 30VA para el nucleo de medicion (Aparatos de medida)

2) Proteccion

Clase de precision: 5P10 (error de intensidad 3%)

Carga conectada al secundario:

$S_{RMI} := 3VA$ relé de máxima intensidad

Ademas de los aparatos de proteccion se debe tener en cuenta el consumo del cable a conectar al medidor se toma como distancia aproximada 30m, seccion minima de $4mm^2$ para soportar esfuerzos mecanicos.

$I_{sec} := 5A$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$l := 30m$

$$S_{c3N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T3N} := S_{RMI} + S_{c3N} = 10.425 \cdot VA$$

Se adopta 15VA para el nucleo de proteccion

Con estos cálculos realizados adoptamos un Transformador de Intensidad con las siguientes características técnicas en 13,2kV.

Datos/Marca	Calculado	ARTECHE/GRE 17
Tensión nominal (Un)	13,2 kV	13,2 kV
Tensión máxima (Um)	17,5 kV	17,5 kV
BIL	75 kV	95 kV
SIL	38 kV	38 kV
Corriente nominal (In)	656 A	700 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	7 kA	20 kA
Corriente térmica (Ith)	7 kA	20 kA
Relación de transformación	350-700/5-5	350-700/5-5
Núcleo 1: Medición SMEC		
Núcleo 1: Medición	CI 0,5 - Fs < 5 - 27,5 VA	CI 0,5 - Fs < 5 - 30 VA
Núcleo 2: Protección	5P10 - 10,42 VA	5P10 - 15 VA
A (mm)		219
T (mm)		254
H (mm)		300
Peso (kg)		35

Transformador de Tensión

Selección del transformador de tensión de 132kV

Los parámetros para la selección de los TV son:

$$V_{nTV} := 132\text{kV}$$

$$V_{m\acute{a}xTV} := 1.1 \cdot V_{nTV} = 145.2 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$BIL_{TV} := 550\text{kV}$$

$$SIL_{TV} := 275\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de ET}$$

$$I_{nTV} := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{nTV}} = 65.608\text{A}$$

Corriente térmica

$$I_{ter} := 1.45\text{kA} \quad \text{calculada en cortocircuito trifásico lado alta tensión}$$

Corriente térmica admisible

$$I_{tha} := 100 \cdot I_{nTV} = 6.561 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{ter} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{ter} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := 2.5 \cdot I_{ter} = 3.625 \cdot \text{kA}$$

relacion de transformación

$$Rt = 132:1,73/0,11/1,73$$

Núcleos:

1) Medición SMEC (Sistema de medición comercial)

Clase de precisión: 0,2 (contadores de gran precisión)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$$S_{IM} := 8\text{VA} \quad \text{consumo medidor SMEC (Cammessa)}$$

Se adopta 10VA para el núcleo de medición SMEC

2) Medición

Clase de precisión: 0,5 (aparatos de medida)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$S_V := 3VA$ Voltímetro

$S_P := 3VA$ Vatímetros

$S_{\cos\phi} := 5VA$ fasímetro

$S_{wh} := 2VA$ Contador de energía activa

$S_{VArh} := 2VA$ Contador de energía reactiva

$S_f := 3VA$ frecuencímetro

$S_{Sin} := 4VA$ sincronoscopios

Cable:

$I_{sec} := 1A$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$l := 100m$

$$S_{c2N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 0.99 \cdot VA$$

$$S_{T2N} := S_V + S_P + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_f + S_{Sin} + S_{c2N} = 22.99 \cdot VA$$

Se adopta 25VA para el núcleo de medición (Aparatos de medida)

3) Protección

Clase de precisión: 5P10 (error de intensidad 3%)

Carga conectada al secundario:

$S_{RmT} := 5VA$ relé de mínima tensión

$S_{RMT} := 5VA$ relé de máxima tensión

$S := 5VA$ Sincronismo

$Z := 5VA$ Impedancia

Cable:

$I_{sec} := 1A$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$l := 100m$

$$S_{c3N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 0.99 \cdot VA$$

$$S_{T3N} := S_{RmT} + S_{RMT} + S + Z + S_{c3N} = 20.99 \cdot VA$$

Se adopta 25VA para el núcleo de protección

Con los cálculos realizados anteriormente adoptamos un Transformador de Tensión con las siguientes características técnicas en 132kV:

Datos/Marca	Calculado	ARTECHE/DDB-145
Tensión nominal (Un)	132 kV	132 kV
Tensión máxima (Um)	145 kV	145 kV
BIL	550 kV	650 kV
SIL	275 kV	275 kV
Corriente Nominal (In)	65 A	200 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	1,45 kA	10 kA
Corriente térmica	1,45 kA	10 kA
Corriente dinámica (Idin)	3,625 kA	10 kA
Relación de transformación	132:1,73/0,11:1,73	132:1,73/0,11:1,73
Núcleo 1: Medición SMEC	CI 0,2 - 15 VA	CI 0,2 - 15 VA
Núcleo 2: Medición	CI 0,5 - Fs < 5 - 23 VA	CI 0,5 - Fs < 5 - 25 VA
Núcleo 3: Protección	3P - 21 VA	3P - 25 VA
A(mm)	450	450
H(mm)	1920	1920
Peso(kg)	310	310

Selección del transformador de tensión de 33kV

Los parámetros para la selección de los TV son:

$$V_{nTV} := 33\text{kV}$$

$$V_{máxTV} := 1.1 \cdot V_{nTV} = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$BIL_{TV} := 145\text{kV}$$

$$SIL_{TV} := 70\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de ET}$$

$$I_{nTV} := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{nTV}} = 262.432\text{A}$$

Corriente térmica

$$I_{ter} := 2.75\text{kA} \quad \text{calculada en cortocircuito trifásico lado media tensión}$$

Corriente térmica admisible

$$I_{tha} := 100 \cdot I_{nTV} = 26.243 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{ter} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{ter} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := 2.5 \cdot I_{ter} = 6.875 \cdot \text{kA}$$

relación de transformación

$$Rt = 33/1,73/0,11:1,73$$

Núcleos:

1) Medición

Clase de precisión: 0,5 (aparatos de medida)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$$S_V := 3\text{VA} \quad \text{Voltímetro}$$

$$S_p := 3\text{VA} \quad \text{Vatímetros}$$

$$S_{\cos\phi} := 5\text{VA} \quad \text{fasímetro}$$

$S_{wh} := 2VA$ Contador de energía activa
 $S_{VArh} := 2VA$ Contador de energía reactiva
 $S_f := 3VA$ frecuencímetro
 $S_{Sin} := 4VA$ sincronoscopios

Cable:

$$I_{sec} := 5A$$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$$l := 30m$$

$$S_{c1N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T2N} := S_V + S_P + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_f + S_{c1N} + S_{Sin} = 29.425 \cdot VA$$

Se adopta 30VA para el núcleo de medición (Aparatos de medida)

2) Protección

Clase de precisión: 5P10 (error de intensidad 3%)

Carga conectada al secundario:

$S_{RmT} := 5VA$ relé de mínima tensión

$S_{RMT} := 5VA$ relé de máxima tensión

$S_{RD} := 3VA$ Sincronismo

Cable:

$$I_{sec} := 5A$$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$$l := 30m$$

$$S_{c2N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T3N} := S_{RmT} + S_{RMT} + S_{RD} + S_{c2N} = 20.425 \cdot VA$$

Se adopta 25VA para el núcleo de protección

Con los cálculos realizados anteriormente adoptamos un Transformador de Tensión con las siguientes características técnicas en 33kV:

Datos/Marca	Calculado	ARTECHE/VRS-36
Tensión nominal (U_n)	33 kV	33 kV
Tensión máxima (U_m)	36 kV	36 kV
BIL	145 kV	170 kV
SIL	70 kV	70 kV
Corriente de cortocircuito (I''_k)	2,75 kA	10 kA
Corriente térmica	2,75 kA	10 kA
Corriente dinámica (I_{din})	6,875 kA	10 kA
Relación de transformación	33:1.73/0.11:1.73	33:1.73/0.11:1.73
Núcleo 1: Medición SMEC	No posee	No posee
Núcleo 1: Medición	CI 0,5 - Fs < 5 - 29 VA	CI 0,5 - Fs < 5 - 30 VA
Núcleo 2: Protección	5PI0 - 21 VA	5PI0 - 25 VA
A(mm)		350
H(mm)		696
Peso(kg)		83

Selección del transformador de tensión de 13,2kV

Los parámetros para la selección de los TV son:

$$V_{nTV} := 13.2\text{kV}$$

$$V_{máxTV} := 1.1 \cdot V_{nTV} = 14.52 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$BIL_{TV} := 75\text{kV}$$

$$SIL_{TV} := 38\text{kV}$$

$$S_n := 15\text{MVA} \quad \text{Potencia nominal del transformador de ET}$$

$$I_{nTV} := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{nTV}} = 656.08\text{A}$$

Corriente térmica

$$I_{ter} := 7\text{kA} \quad \text{calculada en cortocircuito trifásico lado media tensión}$$

Corriente térmica admisible

$$I_{tha} := 100 \cdot I_{nTV} = 65.608 \cdot \text{kA}$$

Se debe verificar que:

$$I_{ter} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{ter} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := 2.5 \cdot I_{ter} = 17.5 \cdot \text{kA}$$

relación de transformación

$$Rt = 13,2/1,73/0,11:1,73$$

Núcleos:

1) Medición

Clase de precisión: 0,5 (aparatos de medida)

Factor nominal de seguridad o factor de sobrecarga: $F_s < 5$

Carga conectada al secundario:

$$S_V := 3\text{VA} \quad \text{Voltímetro}$$

$$S_p := 3\text{VA} \quad \text{Vatímetros}$$

$$S_{\cos\phi} := 5\text{VA} \quad \text{fasímetro}$$

$S_{wh} := 2VA$ Contador de energía activa
 $S_{VArh} := 2VA$ Contador de energía reactiva
 $S_f := 3VA$ frecuencímetro
 $S_{Sin} := 4VA$ sincronoscopios

Cable:

$$I_{sec} := 5A$$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$$l := 30m$$

$$S_{c1N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T2N} := S_V + S_P + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_f + S_{Sin} + S_{c1N} = 29.425 \cdot VA$$

Se adopta 30VA para el núcleo de medición (Aparatos de medida)

2) Protección

Clase de precisión: 5P10 (error de intensidad 3%)

Carga conectada al secundario:

$S_{RmT} := 4VA$ relé de mínima tensión

$S_{RMT} := 4VA$ relé de máxima tensión

$S := 3VA$ sincronismo

Cable:

$$I_{sec} := 5A$$

$$R := 4.95 \frac{\Omega}{km}$$

$$l := 30m$$

$$S_{c2N} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R \cdot l) = 7.425 \cdot VA$$

$$S_{T3N} := S_{RmT} + S_{RMT} + S + S_{c2N} = 18.425 \cdot VA$$

Se adopta 20VA para el núcleo de protección

Con los cálculos realizados anteriormente adoptamos un Transformador de Tensión con las siguientes características técnicas en 13,2kV:

Datos/Marca	Calculado	ARTECHE/URL-17
Tensión nominal (Un)	13,2 kV	13,2 kV
Tensión máxima (Um)	14,5 kV	17,5 kV
BIL	75 kV	95 kV
SIL	38 kV	38 kV
Corriente de cortocircuito (I''_k)	7 kA	20 kA
Corriente térmica	7 kA	20 kA
Corriente dinámica (Idin)	17,5 kA	20 kA
Relación de transformación	13,2:1,73/0,11:1,73	13,2:1,73/0,11:1,73
Núcleo 1: Medición SMEC	No posee	No posee
Núcleo 1: Medición	CI 0,5 - Fs < 5 - 22,9 VA	CI 0,5 - Fs < 5 - 30 VA
Núcleo 2: Protección	SP10 - 18,5 VA	SP10 - 20 VA
A(mm)		254
H(mm)		453
Peso(kg)		33

Descargadores

Selección de descargadores de sobretensión 132kV

Según Normas IEC 60099 e IEC 60071

Desarrollo del procedimiento:

Debemos conocer los siguientes datos de la instalación:

U_L : Tensión de línea
 I_{CC} : Corriente de cortocircuito
 R_{PAT} : Resistencia de puesta a tierra

Tensión Máxima (U_{max})

Se define como tensión máxima a un valor de tensión 10% mayor que la tensión nominal:

$$U_{max} = 1.1 \times U_L$$
$$U_L := 132 \text{ kV}$$
$$I_{CC} := 1.5 \text{ kA}$$
$$R_{pat} := 0.4 \Omega$$
$$U_{max} := 1.1 \cdot U_L = 145.2 \cdot \text{kV}$$

Coeficiente de falla a tierra (Ke)

Se define el Coeficiente de falla a tierra. Valor dado por la fórmula:

$$Ke = \frac{U_{Fo}}{Uf} \times 100$$

Siendo:

- Ke : el coeficiente de puesta a tierra, en por ciento;
 U_{Fo} la mayor tensión en valor eficaz de la frecuencia de la red entra una fase sana y tierra, que puede producirse en el lugar para el cual se determina el coeficiente cuando una o las restantes fases fallan a tierra, independientemente del lugar donde ocurre la falla, en Volt ;
 Uf : la tensión eficaz entre fase y tierra a la frecuencia de la red, en el lugar para el cual se determina el coeficiente si no existiera la falla, en Volt.

Se define para un lugar determinado de una red (generalmente el punto de instalación de un equipo) y para una configuración dada de la misma. Si son factibles diferentes configuraciones de dicha red, se utiliza aquella con la que se obtiene el más elevado de los coeficientes.

Factor de puesta a tierra (Ce)

Según las características de la instalación, se define un factor de puesta a tierra (Ce) que depende de si la red posee neutro a tierra. Para lo que definiremos red con neutro a tierra.

Red con neutro a tierra: red cuyo punto neutro está unido a tierra, ya sea directamente o mediante una resistencia o reactancia de valor suficientemente pequeño para reducir las oscilaciones transitorias de tensión y dejar pasar una corriente suficiente para la protección selectiva de tierra. Se clasifican en redes con neutros puestos efectivamente a tierra y redes con neutros no puestos efectivamente a tierra.

$$Ce > Ke$$

Debe verificarse $C_e > K_e$.

Donde $C_e = 1.4$ en el caso de que el sistema esté rígidamente puesto a tierra. Esto se cumple en nuestro caso, y $C_e = 1.73$ para el caso en el que el neutro esté aislado. Esto significa que para admitir que el sistema está rígidamente puesto a tierra, se tolera hasta un 40% de sobretensión durante la falla.

$$c_e := 1.4$$

Tensión máxima de operación continua (Uc)

Se define la tensión máxima de operación continua (Uc).

$$U_c > \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}}$$

Con este valor, se escoge el descargador apropiado. Si no se cumpliera esto, los descargadores estarían drenando a tierra continuamente.

La tensión máxima de funcionamiento o tensión de operación continua (Uc), a menudo abreviada COV, es el valor de tensión eficaz designado como admisible que debe ser aplicado continuamente entre los terminales del descargador. La corriente que fluye a través del mismo sometido a esta tensión Uc es predominantemente capacitiva con una amplitud aproximada de 1 mA de pico.

$$U_c := \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}} = 83.831 \cdot \text{kV}$$

Tensión nominal del descargador (Ur):

Es igual a: $U_r = 1.25 \cdot U_c$ para neutro a tierra

$$U_r = U_{\max}$$

El valor 1.25 es empírico y funciona bien, independiente del fabricante.

Es el valor de tensión máximo esperado por el sistema, este depende de si es un sistema con neutro rígido a tierra o aislado. Se define como el valor dado para una operación de parámetros nominales durante 10 seg. Si la sobretensión es superior a este valor, el descargador no lo soportara por el mismo tiempo, sino por uno menor según la característica tensión-tiempo del mismo. Con ello se define el factor de sobrecarga temporaria.

$$U_r := 1.25 \cdot U_c = 104.789 \cdot \text{kV}$$

$$U_{\max} := 111 \text{ kV}$$

Factor de sobrecarga temporaria (Tr)

Primero es necesario definir las sobretensiones temporarias (TOV).

Éstas, a diferencia de las sobretensiones de descarga, son sobretensiones oscilatorias de relativamente larga duración y que no son drenadas a tierra, o que sólo lo son en forma tenue. El rango de frecuencia de las TOV varía desde unos pocos Hz a varios cientos y con duraciones de algunos milisegundos a varias horas, dependiendo del tiempo de despeje de la falla. La forma más común de aparición de las TOV ocurre sobre las fases sanas de un sistema durante una falla a tierra de una o más fases. Otras fuentes de TOV son la ferro resonancia, recierres, etc.

Luego es necesario ya sí definir el factor de sobrecarga temporaria (Tr).

Éste es el factor que define la capacidad del descargador para soportar las TOV. El mismo se obtiene del siguiente gráfico, el cual es dado por el fabricante del descargador, y nos dice que sobretensión temporaria es capaz de soportar un determinado periodo de tiempo

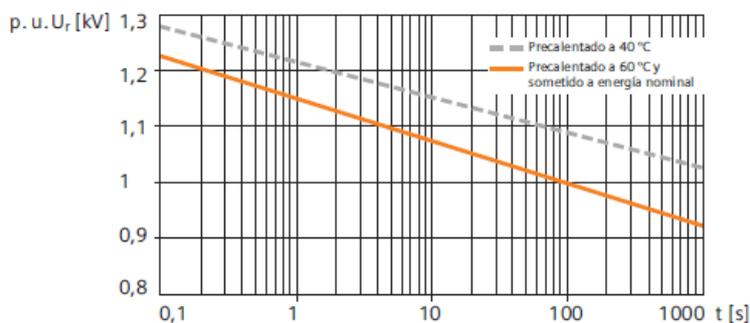


Figura – Factor de sobrecarga temporaria.

Una vez obtenido los factores Tr, se realiza la siguiente verificación:

$$\frac{U_{tov}}{U_{max}} > Tr$$

Donde para un segundo, Utov vale:

$$U_{tov}_{1seg} = \frac{U_{max} * Ce * Tr_{1seg}}{\sqrt{3}}$$

y para 10 segundos, Utov vale:

$$U_{tov}_{10seg} = \frac{U_{max} * Ce * Tr_{10seg}}{\sqrt{3}}$$

Es importante destacar que la resistencia a las TOV, el coeficiente Tr, será un factor con el cual se eligen los descargadores, ya que los mismos pueden cumplir con el nivel de tensión requerido, pero no verificar alguna de las TOV que pueden aparecer en el sistema. Por lo que será necesario elegir un descargador más resistente.

$$t_{r1s} := 1.15$$

$$t_{r10s} := 1.08$$

$$U_{\text{tov1s}} := U_{\text{max}} \cdot c_e \cdot \frac{t_{r1s}}{\sqrt{3}} = 134.968 \cdot \text{kV}$$

$$U_{\text{tov10s}} := U_{\text{max}} \cdot c_e \cdot \frac{t_{r10s}}{\sqrt{3}} = 126.753 \cdot \text{kV}$$

Una vez obtenidos estos valores debemos verificar que sea $>$ a tr

$$\frac{U_{\text{tov1s}}}{\frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3}}} = 1.61 \quad \text{verifica}$$

$$\frac{U_{\text{tov10s}}}{\frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3}}} = 1.512 \quad \text{verifica}$$

Nivel básico de aislación (NBA)

Una vez escogido el aislador, se busca el Nivel básico de aislamiento (NBA) en la norma. Este es el nivel de aislación a impulso del equipo más importante de la red (comúnmente los transformadores de potencia y los reactores en aceites). Es un coeficiente de seguridad.

Se debe verificar que:

$$NBA > 1.25 \cdot U_d$$

Generalmente $BIL < 1.15/1.20 \cdot U_d$

Si no se cumple, se debe variar el valor de U_d para que cumpla. La tensión U_d se denomina "nivel protector". Es el mayor valor de tensión residual que aparece en el descargador durante una descarga de 10 KA de forma de onda 8/20 μs .

Para tensiones de ensayo con onda de impulso completa positiva y negativa en transformadores de potencia, según norma:

$$NBA = 550[\text{kV}]$$

La tensión U_d se denomina "nivel protector". Es el mayor valor de tensión residual que aparece en el descargador durante una descarga de 10 KA de forma de onda 8/20 μs . Este valor se obtiene del catálogo.

$$U_d := 288\text{kV}$$

$$NBA := 1.25 \cdot U_d = 360 \cdot \text{kV} \quad \text{Verifica}$$

$$L = \frac{V * (U_{c1} - U_d)}{2 * SO}$$

Ubicación de los descargadores

El efecto de protección de un descargador es función de la distancia al equipo que protege. La distancia máxima a lo largo del conexionado (L en metros) entre el descargador y el equipo puede calcularse por la fórmula siguiente:

$$L = \frac{V * (U_{c1} - U_d)}{2 * SO}$$

siendo:

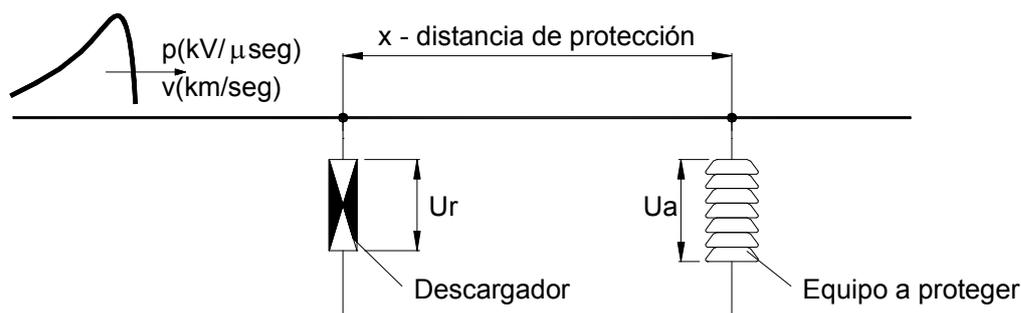
V: velocidad de propagación de las ondas.
 para líneas aéreas $V = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$
 para cables armados $V = 150 \text{ m}/\mu\text{s}$

U_{c1} : la tensión de prueba a impulso del aparato a proteger, en kV de cresta. (aquí se debe tomar un margen de seguridad, colocando % menor del mismo)

U_d : Nivel protector, en kV de cresta

SO : pendiente del frente de onda
 para línea no protegida $SO = 1000 \text{ kV}/\mu\text{s}$
 para línea con hilo de guardia $SO = 500 \text{ kV}/\mu\text{s}$

A esta ecuación llegamos a partir de tomar:



Donde U_a es el nivel básico de aislamiento (NBA) y U_r (o U_d) es el nivel protector del descargador, y la velocidad de propagación de la onda y p la pendiente de crecimiento de la misma, por lo tanto tendremos:

$$x = \frac{(U_a - U_r)}{2p} v \text{ [m]}$$

BIL := 550kV

SO := $500 \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}}$

$U_{c1} := \frac{\text{BIL}}{1.15} = 478.261 \cdot \text{kV}$

$V := 300 \frac{\text{m}}{\mu\text{s}}$

$L := V \cdot \frac{(U_{c1} - U_d)}{2 \cdot SO} = 57.078 \text{ m}$

máxima distancia entre el descargador y el equipo a proteger

Tensión Residual (Ures)

Finalmente, definimos la Tensión Residual (Ures), ésta es el valor pico de tensión que aparece entre los terminales de un descargador mientras dura la falla a tierra. La misma depende de la magnitud, como también de la forma de onda de la corriente de descarga. Para amplitudes y formas de onda que difieren de la corriente de descarga nominal, la Ures es usualmente expresada en porcentaje de la tensión residual que aparece bajo condiciones nominales de descarga.

Bajo condiciones normales de descarga $U_d = U_{res}$

Coordinación de la aislación.

1. Nivel mínimo: pararrayos, descargadores de protección.
2. Nivel medio: aisladores, distancias libres en el aire.
3. Nivel máximo: aislantes sólidos y líquidos en el interior de transformadores y aparatos, distancias entre contactos abiertos, y entre diferentes fases de los aparatos de corte, etc...

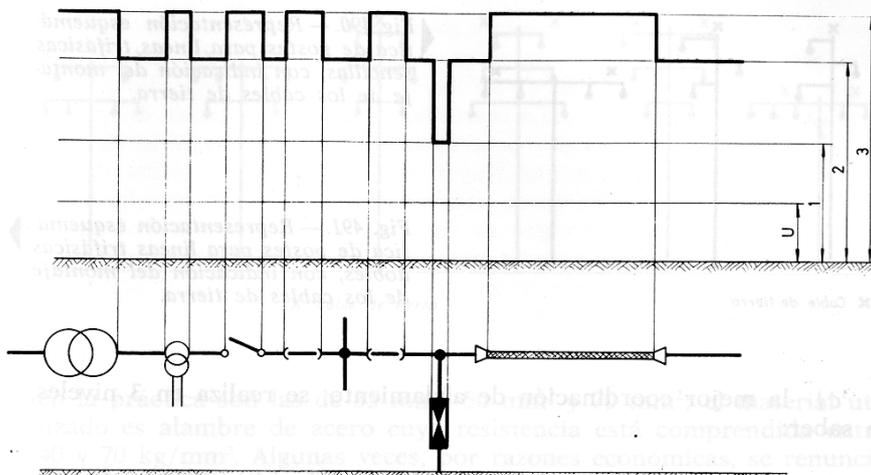


Figura -'96 Coordinación de aislación en 3 escalones: 1- Nivel inferior, de protección. 2 -'96 Nivel medio de seguridad. 3 -'96 Nivel superior, de funcionamiento normal.

Parrayos de porcelana 3EP Siemens

Se adopta un parrayos 3EP4111-2PE3211-1BF1

Por lo tanto los parámetros para la selección del descargador serán en 132kV:

Datos/Marca	Calculado	SIEMENS/3EP4
Tensión nominal máxima del descargador(U_r)	120kV	288kV
Máxima corriente nominal de descarga	10kA	10kA
Clase	3	3
Tensión máxima del equipamiento(U_m)	145kV	362kV
Tensión nominal del sistema(U_n)	132kV	345kV
TOVc(10s)	126,75kV	130kV
Tensión máxima de operación continua (U_c)	83,9kV	96kV
BIL (Nivel básico de aislación)	550kV	550kV
Tensión residual(U_d)	288kV	288kV

Selección de descargadores de sobretensión 33kV

Según Normas IEC 60099 e IEC 60071

Desarrollo del procedimiento:

Debemos conocer los siguientes datos de la instalación:

U_L : Tensión de línea
 I_{CC} : Corriente de cortocircuito
 R_{PAT} : Resistencia de puesta a tierra

Tensión Máxima (U_{max})

Se define como tensión máxima a un valor de tensión 10% mayor que la tensión nominal:

$$U_{max} = 1.1 \times U_L$$

$$U_L := 33\text{kV}$$

$$I_{CC} := 2.75\text{kA}$$

$$R_{pat} := 0.4\Omega$$

$$U_{max} := 1.1 \cdot U_L = 36.3 \cdot \text{kV}$$

Coeficiente de falla a tierra (Ke)

Se define el Coeficiente de falla a tierra. Valor dado por la fórmula:

$$Ke = \frac{U_{Fo}}{U_f} \times 100$$

Siendo:

Ke : el coeficiente de puesta a tierra, en por ciento;

U_{Fo} la mayor tensión en valor eficaz de la frecuencia de la red entre una fase sana y tierra, que puede producirse en el lugar para el cual se determina el coeficiente cuando una o las restantes fases fallan a tierra, independientemente del lugar donde ocurre la falla, en Volt ;

U_f : la tensión eficaz entre fase y tierra a la frecuencia de la red, en el lugar para el cual se determina el coeficiente si no existiera la falla, en Volt.

Se define para un lugar determinado de una red (generalmente el punto de instalación de un equipo) y para una configuración dada de la misma. Si son factibles diferentes configuraciones de dicha red, se utiliza aquella con la que se obtiene el más elevado de los coeficientes.

Factor de puesta a tierra (Ce)

Según las características de la instalación, se define un factor de puesta a tierra (Ce) que depende de si la red posee neutro a tierra. Para lo que definiremos red con neutro a tierra.

Red con neutro a tierra: red cuyo punto neutro está unido a tierra, ya sea directamente o mediante una resistencia o reactancia de valor suficientemente pequeño para reducir las oscilaciones transitorias de tensión y dejar pasar una corriente suficiente para la protección selectiva de tierra. Se clasifican en redes con neutros puestos efectivamente a tierra y redes con neutros no puestos efectivamente a tierra.

$$Ce > Ke$$

Debe verificarse $C_e > K_e$.

Donde $C_e = 1.4$ en el caso de que el sistema esté rígidamente puesto a tierra. Esto se cumple en nuestro caso, y $C_e = 1.73$ para el caso en el que el neutro esté aislado. Esto significa que para admitir que el sistema está rígidamente puesto a tierra, se tolera hasta un 40% de sobretensión durante la falla.

$$c_e := 1.4$$

Tensión máxima de operación continua (U_c)

Se define la tensión máxima de operación continua (U_c).

$$U_c > \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}}$$

Con este valor, se escoge el descargador apropiado. Si no se cumpliera esto, los descargadores estarían drenando a tierra continuamente.

La tensión máxima de funcionamiento o tensión de operación continua (U_c), a menudo abreviada COV, es el valor de tensión eficaz designado como admisible que debe ser aplicado continuamente entre los terminales del descargador. La corriente que fluye a través del mismo sometido a esta tensión U_c es predominantemente capacitiva con una amplitud aproximada de 1 mA de pico.

$$U_c := \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}} = 20.958 \cdot \text{kV}$$

Tensión nominal del descargador (U_r):

Es igual a: $U_r = 1.25 \cdot U_c$ para neutro a tierra

$$U_r = U_{\max}$$

El valor 1.25 es empírico y funciona bien, independiente del fabricante.

Es el valor de tensión máximo esperado por el sistema, este depende de si es un sistema con neutro rígido a tierra o aislado. Se define como el valor dado para una operación de parámetros nominales durante 10 seg. Si la sobretensión es superior a este valor, el descargador no lo soportara por el mismo tiempo, sino por uno menor según la característica tensión-tiempo del mismo. Con ello se define el factor de sobrecarga temporaria.

$$U_r := 1.25 \cdot U_c = 26.197 \cdot \text{kV} \quad \text{para redes con neutro a tierra}$$

Factor de sobrecarga temporaria (Tr)

Primero es necesario definir las sobretensiones temporarias (TOV).

Éstas, a diferencia de las sobretensiones de descarga, son sobretensiones oscilatorias de relativamente larga duración y que no son drenadas a tierra, o que sólo lo son en forma tenue. El rango de frecuencia de las TOV varía desde unos pocos Hz a varios cientos y con duraciones de algunos milisegundos a varias horas, dependiendo del tiempo de despeje de la falla. La forma más común de aparición de las TOV ocurre sobre las fases sanas de un sistema durante una falla a tierra de una o más fases. Otras fuentes de TOV son la ferro resonancia, recierres, etc.

Luego es necesario ya sí definir el factor de sobrecarga temporaria (Tr).

Éste es el factor que define la capacidad del descargador para soportar las TOV. El mismo se obtiene del siguiente gráfico, el cual es dado por el fabricante del descargador, y nos dice que sobretensión temporaria es capaz de soportar un determinado periodo de tiempo

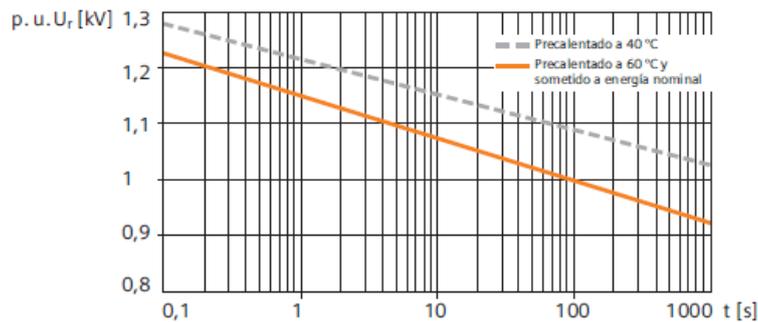


Figura – Factor de sobrecarga temporaria.

Una vez obtenido los factores Tr, se realiza la siguiente verificación:

$$\frac{U_{tov}}{U_{max}} > Tr$$

Donde para un segundo, Utov vale:

$$U_{tov}_{1seg} = \frac{U_{max} * C_e * Tr_{1seg}}{\sqrt{3}}$$

y para 10 segundos, Utov vale:

$$U_{tov}_{10seg} = \frac{U_{max} * C_e * Tr_{10seg}}{\sqrt{3}}$$

Es importante destacar que la resistencia a las TOV, el coeficiente Tr, será un factor con el cual se eligen los descargadores, ya que los mismos pueden cumplir con el nivel de tensión requerido, pero no verificar alguna de las TOV que pueden aparecer en el sistema. Por lo que será necesario elegir un descargador más resistente.

$$t_{r1s} := 1.15$$

$$t_{r10s} := 1.08$$

$$U_{tov1s} := U_{max} \cdot c_e \cdot \frac{t_{r1s}}{\sqrt{3}} = 33.742 \cdot kV$$

$$U_{\text{tov10s}} := U_{\text{max}} \cdot c_e \cdot \frac{t_{r10s}}{\sqrt{3}} = 31.688 \cdot \text{kV}$$

Una vez obtenidos estos valores debemos verificar que sea > a tr

$$\frac{U_{\text{tov1s}}}{\frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3}}} = 1.61 \quad \text{verifica}$$

$$\frac{U_{\text{tov10s}}}{\frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3}}} = 1.512 \quad \text{verifica}$$

Nivel básico de aislación (NBA)

Una vez escogido el aislador, se busca el Nivel básico de aislamiento (NBA) en la norma. Este es el nivel de aislación a impulso del equipo más importante de la red (comúnmente los transformadores de potencia y los reactores en aceites). Es un coeficiente de seguridad.

Se debe verificar que:

$$NBA > 1.25 \cdot U_d$$

Generalmente $BIL < 1.15/1.20 \cdot U_d$

Si no se cumple, se debe variar el valor de U_d para que cumpla. La tensión U_d se denomina "nivel protector". Es el mayor valor de tensión residual que aparece en el descargador durante una descarga de 10 KA de forma de onda 8/20 μs .

Para tensiones de ensayo con onda de impulso completa positiva y negativa en transformadores de potencia, según norma:

$$NBA = 145[\text{kV}]$$

$$NBA := 145\text{kV}$$

La tensión U_d se denomina "nivel protector". Es el mayor valor de tensión residual que aparece en el descargador durante una descarga de 10 KA de forma de onda 8/20 μs . Este valor se obtiene del catálogo.

$$U_d := 88.7\text{kV}$$

$$NBA := 1.25 \cdot U_d = 110.875 \cdot \text{kV} \quad \text{Verifica}$$

$$L = \frac{V * (U_{c1} - U_d)}{2 * SO}$$

Ubicación de los descargadores

El efecto de protección de un descargador es función de la distancia al equipo que protege. La distancia máxima a lo largo del conexionado (L en metros) entre el descargador y el equipo puede calcularse por la fórmula siguiente:

$$L = \frac{V * (U_{c1} - U_d)}{2 * SO}$$

siendo:

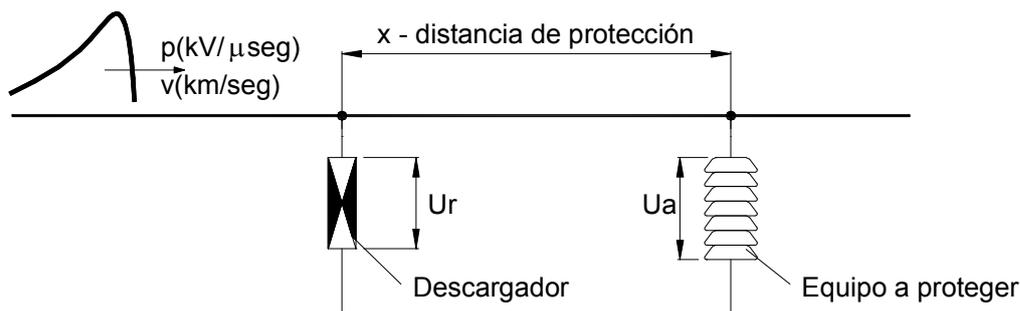
V: velocidad de propagación de las ondas.
 para líneas aéreas $V = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$
 para cables armados $V = 150 \text{ m}/\mu\text{s}$

U_{c1} : la tensión de prueba a impulso del aparato a proteger, en kV de cresta. (aquí se debe tomar un margen de seguridad, colocando % menor del mismo)

U_d : Nivel protector, en kV de cresta

SO : pendiente del frente de onda
 para línea no protegida $SO = 1000 \text{ kV}/\mu\text{s}$
 para línea con hilo de guardia $SO = 500 \text{ kV}/\mu\text{s}$

A esta ecuación llegamos a partir de tomar:



Donde U_a es el nivel básico de aislamiento (NBA) y U_r (o U_d) es el nivel protector del descargador, y la velocidad de propagación de la onda y p la pendiente de crecimiento de la misma, por lo tanto tendremos:

$$x = \frac{(U_a - U_r)}{2p} v \text{ [m]}$$

BIL := 145kV

SO := $500 \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}}$

$V := 300 \frac{\text{m}}{\mu\text{s}}$

$$L := V \cdot \frac{(BIL - U_d)}{2 \cdot SO} = 16.89 \text{ m} \quad \text{máxima distancia entre el descargador y el equipo a proteger}$$

Tensión Residual (Ures)

Finalmente, definimos la Tensión Residual (Ures), ésta es el valor pico de tensión que aparece entre los terminales de un descargador mientras dura la falla a tierra. La misma depende de la magnitud, como también de la forma de onda de la corriente de descarga. Para amplitudes y formas de onda que difieren de la corriente de descarga nominal, la Ures es usualmente expresada en porcentaje de la tensión residual que aparece bajo condiciones nominales de descarga.

Bajo condiciones normales de descarga $U_d = U_{res}$

Coordinación de la aislación.

1. Nivel mínimo: pararrayos, descargadores de protección.
2. Nivel medio: aisladores, distancias libres en el aire.
3. Nivel máximo: aislantes sólidos y líquidos en el interior de transformadores y aparatos, distancias entre contactos abiertos, y entre diferentes fases de los aparatos de corte, etc...

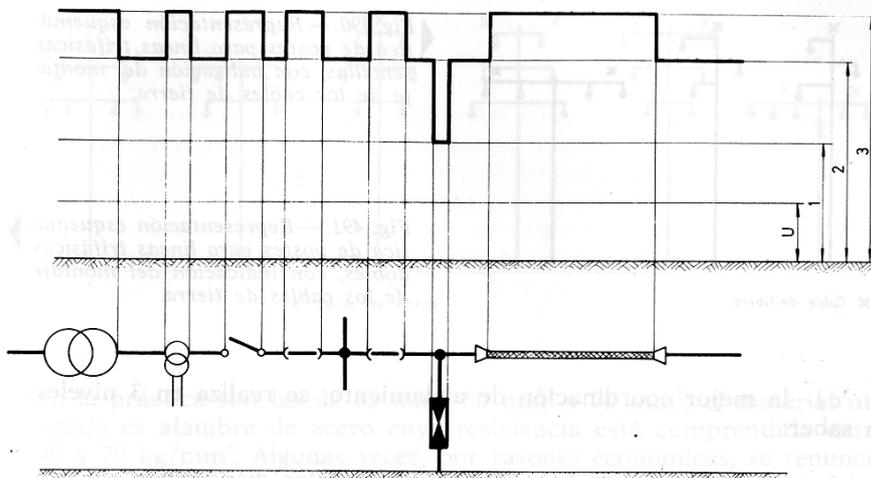


Figura -'96 Coordinación de aislación en 3 escalones: 1- Nivel inferior, de protección. 2 -'96 Nivel medio de seguridad. 3 -'96 Nivel superior, de funcionamiento normal.

Por lo tanto los parámetros para la selección del descargador serán en 33kV:

Datos/Marca	Calculado	SIEMENS/3EP5
Tensión nominal máxima del descargador(U_r)	26,2kV	96kV
Máxima corriente nominal de descarga	10kA	10kA
Clase	3	3
Tensión máxima del equipamiento(U_m)	36,6kV	123kV
Tensión nominal del sistema(U_n)	33kV	110kV
TOVc(10s)	31,68kV	32kV
Tensión máxima de operación continua (U_c)	21kV	28kV
BIL (Nivel básico de aislación)	145kV	145kV
Tensión residual(U_d)	88,7kV	88,7kV

Selección de descargadores de sobretensión 13,2kV

Según Normas IEC 60099 e IEC 60071

Desarrollo del procedimiento:

Debemos conocer los siguientes datos de la instalación:

U_L : Tensión de línea
 I_{CC} : Corriente de cortocircuito
 R_{PAT} : Resistencia de puesta a tierra

Tensión Máxima (U_{max})

Se define como tensión máxima a un valor de tensión 10% mayor que la tensión nominal:

$$U_{max} = 1.1 \times U_L$$

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

$$I_{CC} := 7 \text{ kA}$$

$$R_{pat} := 0.4 \Omega$$

$$U_{max} := 1.1 \cdot U_L = 14.52 \cdot \text{ kV}$$

Coeficiente de falla a tierra (Ke)

Se define el Coeficiente de falla a tierra. Valor dado por la fórmula:

$$Ke = \frac{U_{Fo}}{U_f} \times 100$$

Siendo:

Ke : el coeficiente de puesta a tierra, en por ciento;

U_{Fo} la mayor tensión en valor eficaz de la frecuencia de la red entre una fase sana y tierra, que puede producirse en el lugar para el cual se determina el coeficiente cuando una o las restantes fases fallan a tierra, independientemente del lugar donde ocurre la falla, en Volt ;

U_f : la tensión eficaz entre fase y tierra a la frecuencia de la red, en el lugar para el cual se determina el coeficiente si no existiera la falla, en Volt.

Se define para un lugar determinado de una red (generalmente el punto de instalación de un equipo) y para una configuración dada de la misma. Si son factibles diferentes configuraciones de dicha red, se utiliza aquella con la que se obtiene el más elevado de los coeficientes.

Factor de puesta a tierra (Ce)

Según las características de la instalación, se define un factor de puesta a tierra (Ce) que depende de si la red posee neutro a tierra. Para lo que definiremos red con neutro a tierra.

Red con neutro a tierra: red cuyo punto neutro está unido a tierra, ya sea directamente o mediante una resistencia o reactancia de valor suficientemente pequeño para reducir las oscilaciones transitorias de tensión y dejar pasar una corriente suficiente para la protección selectiva de tierra. Se clasifican en redes con neutros puestos efectivamente a tierra y redes con neutros no puestos efectivamente a tierra.

$$Ce > Ke$$

Debe verificarse $C_e > K_e$.

Donde $C_e = 1.4$ en el caso de que el sistema esté rígidamente puesto a tierra. Esto se cumple en nuestro caso, y $C_e = 1.73$ para el caso en el que el neutro esté aislado. Esto significa que para admitir que el sistema está rígidamente puesto a tierra, se tolera hasta un 40% de sobretensión durante la falla.

$$c_e := 1.4$$

Tensión máxima de operación continua (Uc)

Se define la tensión máxima de operación continua (Uc).

$$U_c > \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}}$$

Con este valor, se escoge el descargador apropiado. Si no se cumpliera esto, los descargadores estarían drenando a tierra continuamente.

La tensión máxima de funcionamiento o tensión de operación continua (Uc), a menudo abreviada COV, es el valor de tensión eficaz designado como admisible que debe ser aplicado continuamente entre los terminales del descargador. La corriente que fluye a través del mismo sometido a esta tensión Uc es predominantemente capacitiva con una amplitud aproximada de 1 mA de pico.

$$U_c := \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}} = 8.383 \cdot \text{kV}$$

Tensión nominal del descargador (Ur):

Es igual a: $U_r = 1.25 \cdot U_c$ para neutro a tierra
 $U_r = U_{\max}$

El valor 1.25 es empírico y funciona bien, independiente del fabricante.

Es el valor de tensión máximo esperado por el sistema, este depende de si es un sistema con neutro rígido a tierra o aislado. Se define como el valor dado para una operación de parámetros nominales durante 10 seg. Si la sobretensión es superior a este valor, el descargador no lo soportara por el mismo tiempo, sino por uno menor según la característica tensión-tiempo del mismo. Con ello se define el factor de sobrecarga temporaria.

$$U_r := 1.25 \cdot U_c = 10.479 \cdot \text{kV}$$

Factor de sobrecarga temporaria (Tr)

Primero es necesario definir las sobretensiones temporarias (TOV).

Éstas, a diferencia de las sobretensiones de descarga, son sobretensiones oscilatorias de relativamente larga duración y que no son drenadas a tierra, o que sólo lo son en forma tenue. El rango de frecuencia de las TOV varía desde unos pocos Hz a varios cientos y con duraciones de algunos milisegundos a varias horas, dependiendo del tiempo de despeje de la falla. La forma más común de aparición de las TOV ocurre sobre las fases sanas de un sistema durante una falla a tierra de una o más fases. Otras fuentes de TOV son la ferro resonancia, recierres, etc.

Luego es necesario ya sí definir el factor de sobrecarga temporaria (Tr).

Éste es el factor que define la capacidad del descargador para soportar las TOV. El mismo se obtiene del siguiente gráfico, el cual es dado por el fabricante del descargador, y nos dice que sobretensión temporaria es capaz de soportar un determinado periodo de tiempo

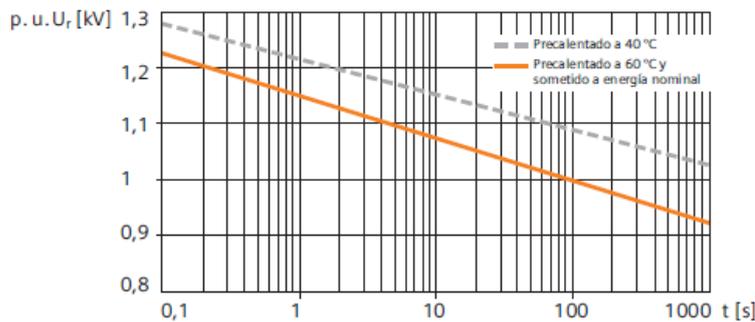


Figura – Factor de sobrecarga temporaria.

Una vez obtenido los factores Tr, se realiza la siguiente verificación:

$$\frac{U_{tov}}{U_{max}} > Tr$$

Donde para un segundo, Utov vale:

$$U_{tov}_{1seg} = \frac{U_{max} * C_e * Tr_{1seg}}{\sqrt{3}}$$

y para 10 segundos, Utov vale:

$$U_{tov}_{10seg} = \frac{U_{max} * C_e * Tr_{10seg}}{\sqrt{3}}$$

Es importante destacar que la resistencia a las TOV, el coeficiente Tr, será un factor con el cual se eligen los descargadores, ya que los mismos pueden cumplir con el nivel de tensión requerido, pero no verificar alguna de las TOV que pueden aparecer en el sistema. Por lo que será necesario elegir un descargador más resistente.

$$t_{r1s} := 1.15$$

$$t_{r10s} := 1.08$$

$$U_{tov1s} := U_{max} \cdot c_e \cdot \frac{t_{r1s}}{\sqrt{3}} = 13.497 \cdot kV$$

$$U_{\text{tov10s}} := U_{\text{max}} \cdot c_e \cdot \frac{t_{r10s}}{\sqrt{3}} = 12.675 \cdot \text{kV}$$

Una vez obtenidos estos valores debemos verificar que sea > a tr

$$\frac{U_{\text{tov1s}}}{\frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3}}} = 1.61 \quad \text{verifica}$$

$$\frac{U_{\text{tov10s}}}{\frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3}}} = 1.512 \quad \text{verifica}$$

Nivel básico de aislación (NBA)

Una vez escogido el aislador, se busca el Nivel básico de aislamiento (NBA) en la norma. Este es el nivel de aislación a impulso del equipo más importante de la red (comúnmente los transformadores de potencia y los reactores en aceites). Es un coeficiente de seguridad.

Se debe verificar que:

$$NBA > 1.25 \cdot U_d$$

Generalmente $BIL < 1.15/1.20 \cdot U_d$

Si no se cumple, se debe variar el valor de U_d para que cumpla. La tensión U_d se denomina "nivel protector". Es el mayor valor de tensión residual que aparece en el descargador durante una descarga de 10 KA de forma de onda 8/20 μs .

Para tensiones de ensayo con onda de impulso completa positiva y negativa en transformadores de potencia, según norma:

$$NBA = 95[\text{kV}]$$

$$NBA := 95\text{kV}$$

La tensión U_d se denomina "nivel protector". Es el mayor valor de tensión residual que aparece en el descargador durante una descarga de 10 KA de forma de onda 8/20 μs . Este valor se obtiene del catálogo.

$$U_d := 51.8\text{kV}$$

$$NBA := 1.25 \cdot U_d = 64.75 \cdot \text{kV} \quad \text{Verifica}$$

$$L = \frac{V * (U_{c1} - U_d)}{2 * SO}$$

Ubicación de los descargadores

El efecto de protección de un descargador es función de la distancia al equipo que protege. La distancia máxima a lo largo del conexionado (L en metros) entre el descargador y el equipo puede calcularse por la fórmula siguiente:

$$L = \frac{V * (U_{c1} - U_d)}{2 * SO}$$

siendo:

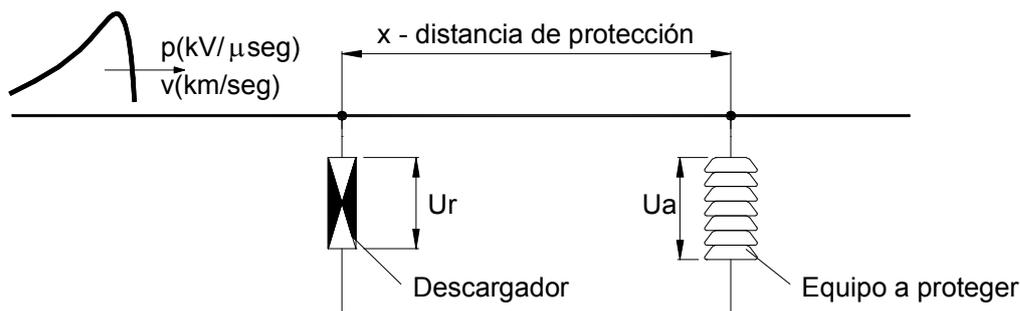
V: velocidad de propagación de las ondas.
 para líneas aéreas $V = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$
 para cables armados $V = 150 \text{ m}/\mu\text{s}$

U_{c1} : la tensión de prueba a impulso del aparato a proteger, en kV de cresta. (aquí se debe tomar un margen de seguridad, colocando % menor del mismo)

U_d : Nivel protector, en kV de cresta

SO : pendiente del frente de onda
 para línea no protegida $SO = 1000 \text{ kV}/\mu\text{s}$
 para línea con hilo de guardia $SO = 500 \text{ kV}/\mu\text{s}$

A esta ecuación llegamos a partir de tomar:



Donde U_a es el nivel básico de aislamiento (NBA) y U_r (o U_d) es el nivel protector del descargador, y la velocidad de propagación de la onda y p la pendiente de crecimiento de la misma, por lo tanto tendremos:

$$x = \frac{(U_a - U_r)}{2p} v \text{ [m]}$$

$$\text{BIL} := 95 \text{ kV} \quad \text{SO} := 500 \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}}$$

$$U_{c1} := \frac{\text{BIL}}{1.15} = 82.609 \cdot \text{kV} \quad v := 300 \frac{\text{m}}{\mu\text{s}}$$

$$L := v \cdot \frac{(\text{BIL} - U_d)}{2 \cdot \text{SO}} = 12.96 \text{ m} \quad \text{máxima distancia entre el descargador y el equipo a proteger}$$

Tensión Residual (Ures)

Finalmente, definimos la Tensión Residual (Ures), ésta es el valor pico de tensión que aparece entre los terminales de un descargador mientras dura la falla a tierra. La misma depende de la magnitud, como también de la forma de onda de la corriente de descarga. Para amplitudes y formas de onda que difieren de la corriente de descarga nominal, la Ures es usualmente expresada en porcentaje de la tensión residual que aparece bajo condiciones nominales de descarga.

Bajo condiciones normales de descarga $U_d = U_{res}$

Coordinación de la aislación.

1. Nivel mínimo: pararrayos, descargadores de protección.
2. Nivel medio: aisladores, distancias libres en el aire.
3. Nivel máximo: aislantes sólidos y líquidos en el interior de transformadores y aparatos, distancias entre contactos abiertos, y entre diferentes fases de los aparatos de corte, etc...

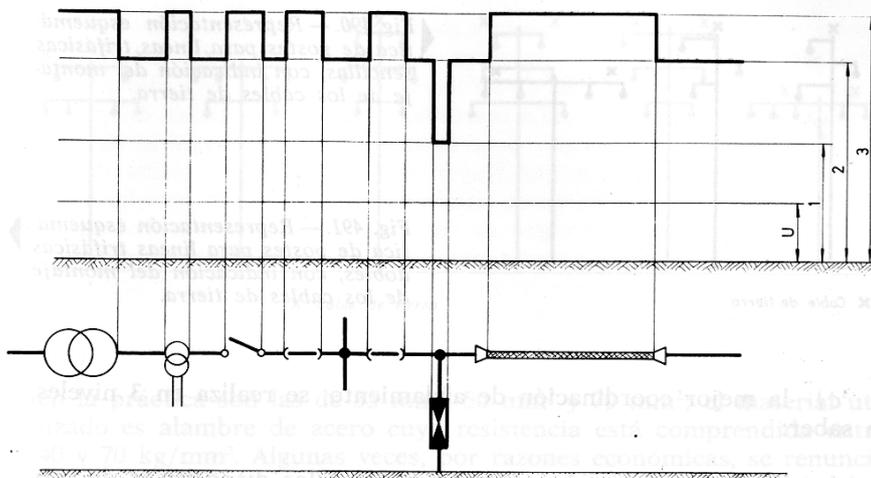


Figura -'96 Coordinación de aislación en 3 escalones: 1- Nivel inferior, de protección. 2 -'96 Nivel medio de seguridad. 3 -'96 Nivel superior, de funcionamiento normal.

Parrayos de porcelana 3EP Siemens

Por lo tanto los parámetros para la selección del descargador serán en 13,2kV:

Datos/Marca	Calculado	SIEMENS/3EP5
Tensión nominal máxima del descargador(U_r)	10,5kV	96kV
Máxima corriente nominal de descarga	10kA	10kA
Clase	2	2
Tensión máxima del equipamiento(U_m)	14,52kV	123kV
Tensión nominal del sistema(U_n)	13,2kV	110kV
TOVc(10s)	12,68kV	15kV
Tensión máxima de operación continua (U_c)	8,4kV	16kV
BIL (Nivel básico de aislación)	95kV	95kV
Tensión residual(U_d)	51,8kV	51,8kV

Malla de Puesta a Tierra

Cálculo de malla de PAT Estación Transformadora

Datos del sistema:

Resistencia de suelo: 50 ohm.m (20 ohm.m a la profundidad de jabalina)

Corriente de falla a tierra: 5 kA

Largo de la grilla: 60 m

Ancho de la grilla: 60 m

Espesor capa de grava: 0,10 m

Resistencia de la capa de grava: 3500 ohm.m

Tiempo despeje de falla: 0.7 seg

Resto de constantes según recomendaciones IEEE y valores conservadores.

1. Objeto

El objeto de la presente memoria, es el de realizar los cálculos necesarios para definir la geometría básica de diseño, para la malla de puesta a tierra de la ET Islas "Islas del Ibicuy" 132/33kV/13,2 kV – 15MVA

2. Metodología de Cálculo

El método aplicado corresponde a la norma IEEE Std 80 - 2000, donde se definen:

If := 5000	[A] Corriente de falla a tierra
Sf := 1	Factor de distribución de corriente
TCAP := 3.422	[J/cm ³ /°C] Factor de capacidad térmica del conductor
Aca := 95	[mm ²] Sección del conductor adoptado
d := 0.0126	[m] Diámetro comercial del conductor adoptado
Ta := 25	[°C] Temperatura ambiente
Tm := 250	[°C] Temperatura máxima admisible
α_0 := 0.00431	Coefficiente térmico de resistividad a 0°C
α_r := 0.00381	Temperatura de referencia de las constantes del material del conductor
tc := 1	[s] Tiempo de circulación de la corriente de falla
ρ_r := 1.78	[$\mu\Omega$ /cm] Resistividad del conductor de tierra a la temp. de referencia
hs := 0.1	[m] Espesor de la capa superficial de roca partida
Cs := 0.7	Factor de resistividad de la capa superficial
ρ_l := 50	[Ω m] resistividad media del terreno a una profundidad H
ρ_s := 3500	[Ω m] resistividad de la capa superficial
ts := 1	[s] Tiempo de duración del shock eléctrico sobre el cuerpo humano

$G := 70$	[kg] Peso estimado de una persona para tensión de contacto
$ag := 64$	[m] Ancho de la grilla
$lg := 64$	[m] Largo de la grilla
$D1 := 10.6666$	[m] Distancia entre conductores paralelos (según eje de lg)
$D2 := 10.6666$	[m] Distancia entre conductores paralelos (según eje de ag)
$nj := 10$	Número de jabalinas utilizadas
$Lj := 3$	[m] Longitud promedio de una jabalina
$dj := 0.016$	[m] Diámetro de la jabalina
$\rho_j := 20$	[Ω m] Resistividad del terreno a la profundidad de jabalina
$H := 2$	[m] espesor de la capa superior de resistividad ρ
$h := 0.8$	[m] profundidad de implantación de la grilla
$tf := 0.7$	[s] tiempo de despeje de falla
$K_0 := 242$	
$Df := 1$	Factor que considera la asimetría de la onda
$k1 := 1.41 - 0.04 \cdot \frac{lg}{ag}$	Factor de forma de la malla
$k2 := 5.5 + 0.15 \cdot \frac{lg}{ag}$	Factor de forma de la malla

a) Verificación de la sección del conductor utilizado

En la ET se utilizará conductor de Cu; sección = 50 mm²

Para un conductor de Cu recocido TCAP = 3,422 [J/cm³/°C] $K_0 = 1/\alpha_0$

$$Ac := \frac{If}{1000} \cdot \sqrt{\frac{\frac{tc \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}{TCAP}}{\ln \left[1 + \frac{(T_m - T_a)}{(K_0 + T_a)} \right]}} = 28.471 \quad [\text{mm}^2]$$

b) Cálculo de las tensiones de paso (Estep) y de contacto (Etouch) admisibles

Se dispondrá como recubrimiento superficial una capa de roca partida, $h_s = 0,10$ [m] cuya resistividad se asume de 3500 [Ω .m]. De los datos obtenidos en el correspondiente estudio de suelos se adopta un valor de la resistividad media a la profundidad $H=1$ [m] de $\rho_1=200$ [Ω .m] Se considera ρ_j a $L_j \cong 50$ [Ω .m]

El factor de reducción C_s , se obtiene mediante el gráfico que presenta la Fig. 8 - Pág. 41 de la Norma (ANSI / IEEE Std 80 -'96 2000), que permite su obtención, en función de h_s (espesor la capa superficial de roca partida) y el coeficiente de reflexión K (Eq. 21 -'96 Pág. 21 de Norma).

Para el cálculo de la Estep y Etouch, se asume que el cerco exterior no es fácilmente accesible, por lo que se adopta $G = 70[\text{kg}]$

$$\text{Estep} := \frac{(1000 + 6 \cdot Cs \cdot \rho s) \cdot 0.157}{\sqrt{ts}} = 2.465 \times 10^3 \quad [\text{V}]$$

$$\text{Etouch} := \frac{(1000 + 1.5 \cdot Cs \cdot \rho s) \cdot 0.157}{\sqrt{ts}} = 733.975 \quad [\text{V}]$$

c) Cálculo de la corriente de malla (IG), resistencia de malla (RG) y gradiente (GPR)

El mayor valor de corriente de falla a tierra define el valor de I_f a utilizar en el cálculo.

Dado que se ha considerado un $ts = 1\text{s}$, el factor (D_f) para tener en cuenta los efectos de la asimetría de la onda de corriente de falla se asume $= 1$.

En lo que respecta al valor de (S_f) factor de división de corriente que relaciona la magnitud de corriente de falla con aquella fracción que efectivamente circula a través de la grilla hacia el terreno circundante, se asume por seguridad un valor de $S_f = 1,0$, es decir, a pesar de que pueda drenar corriente por el hilo de guardia, no se tiene en cuenta en el cálculo presente.

El último factor a tener en cuenta es (C_p), aquel que considera el relativo incremento de la corriente de falla durante la vida útil de la E.T, se ha asumido $C_p=1$

En el caso que se analiza, los estudios realizados indican que la I_{cc} presunta será del orden de los $I_f = 5 \text{ kA}$ en 132kV .

$$C_p := 1$$

$$I_f := 5000$$

resulta entonces $I_G := I_f \cdot D_f \cdot S_f \cdot C_p = 5000 \quad [\text{A}]$ corriente de malla

para el cálculo de R_G se determinan las siguientes corrientes geométricas de diseño.

$$N_{ag} := \frac{ag}{D2} + 1 = 7 \quad \text{y} \quad N_{lg} := \frac{lg}{D1} + 1 = 7$$

Se determina así $L_c := N_{ag} \cdot lg + N_{lg} \cdot ag = 896.005 \quad [\text{m}]$ longitud del conductor enterrado

Dado que en el diseño se ha previsto la ubicación de jabalinas, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$L_r := n_j \cdot L_j = 30 \quad [\text{m}] \text{ longitud equivalente debido a jabalinas}$$

$$L_e := L_c + L_r = 926.005 \quad [\text{m}] \text{ longitud equivalente de conductor enterrado}$$

Se calcula además

$$\rho_a := \frac{L_j \cdot \rho_l \cdot \rho_j}{\rho_j \cdot (H - h) + \rho_l \cdot (L_j + h - H)} = 26.316 \quad \text{resistividad teniendo en cuenta jabalinas}$$

$$R_1 := \frac{\rho_l}{\pi \cdot L_c} \cdot \left[\ln \left(\frac{2L_c}{\sqrt{d \cdot h}} \right) + k_1 \cdot \left(\frac{L_c}{\sqrt{ag \cdot lg}} \right) - k_2 \right] = 0.414$$

$$R2 := \frac{\rho a}{2\pi n_j \cdot L_j} \cdot \left[\ln\left(\frac{8 \cdot L_j}{d_j}\right) - 1 + 2 \cdot k1 \cdot \left(\frac{L_j}{\sqrt{a_g \cdot l_g}}\right) \cdot (\sqrt{n_j} - 1)^2 \right] = 0.965$$

$$R12 := \frac{\rho a}{\pi L_c} \cdot \left(-k2 + 1 - \ln\left(\frac{2L_c}{L_j}\right) + k1 \cdot \frac{L_c}{\sqrt{a_g \cdot l_g}} \right) = 0.076$$

Por último se calcula Rg con la siguiente expresión:

$$R_g := \frac{R1 \cdot R2 - R12^2}{R1 + R2 - 2R12} = 0.321 \quad [\Omega]$$

d) cálculo del gradiente (GPR)

debe verificarse que:

$$GPR < E_{touch}$$

$$GPR := IG \cdot R_g = 1.605 \times 10^3 \quad [V]$$

$$GPR = 1605.282 \quad [V] \quad E_{touch} = 733.975 \quad [V]$$

$$Ver := \text{if}[(GPR < E_{touch}), "Verifica", "No Verifica"]$$

$$Ver = "No Verifica"$$

Como el máximo potencial de tierra es mayor que la tensión de contacto; se hace necesario calcular la tensión de malla y luego la de paso.

e) Cálculo de Em (tensión de malla) y Es (tensión de paso)

Para este cálculo se definen los siguientes factores

$$n := \sqrt{N_{ag} \cdot N_{lg}} = 7$$

$$K_{ii} := (2n)^{-\left[\frac{2}{n}\right]} = 0.47 \quad \text{con jabalinas distribuidas en el interior de la malla}$$

$$K_h := \sqrt{1 + h} = 1.342$$

$$K_i := 0.656 + 0.172 \cdot n = 1.86$$

$$\text{se asume } D := 10.6666$$

luego

$$K_m := \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln\left[\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right] \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln\left[\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right] = 0.498$$

Resultando finalmente:

$$E_m := \rho l \cdot IG \cdot K_m \cdot \frac{K_i}{L} = 250.065 \quad [V] \quad \text{verifica}$$

Para la determinación de la tensión de paso, se define para $h > 0.25$

$$K_s := \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1 - 0.5^{(Nlg-2)}}{D} \right] = 0.256$$

Finalmente se calcula E_{paso} según la siguiente expresión:

$$E_p := \frac{\rho_l \cdot IG \cdot K_s \cdot K_i}{L} = 128.358 \quad [V] \quad \text{verifica}$$

Consideraciones constructivas y de montaje

Dada la importancia de la malla de puesta a tierra, tanto desde el punto de vista operativo como de seguridad, los siguientes aspectos deberán ser tenidos en cuenta desde la etapa de proyecto.

Fundaciones

En las fundaciones, previo al hormigonado, deberán instalarse caños plásticos de diámetro mínimo 25 mm para el pasaje de los conductores de puesta a tierra. Todos los cables de conexión deberán quedar protegidos para evitar que puedan ser dañados. Todos los bulones de conexión deberán ser accesibles para inspección.

Todas las armaduras de las fundaciones tendrán continuidad eléctrica mediante soldadura y serán conectadas a la malla de tierra mediante un chicote.

Malla de Puesta a Tierra y Conexiones

Al margen de las necesidades específicas relativas a la resistividad del terreno y a las tensiones de paso y de contacto, la cuadrícula de la malla de tierra se densificará mediante el agregado de ramas adicionales en las proximidades de las estructuras aporticadas de retención de barras e hilo de guardia, los transformadores de medida, descargadores de sobretensión y capacitores de acoplamiento para el sistema de onda portadora.

Las bajadas para conexión a la malla deberán ser conectadas, con la mínima longitud posible, a dos de los lados de la cuadrícula que rodean los pórticos y/o estructura soporte de equipo. Cada conexión deberá hacerse lo más cercana a los cruces de la malla. La sección de los cables de bajada deberá ser igual a la sección del cable de la malla de tierra.

Todas las conexiones de la malla deberán ser ejecutadas mediante soldadura exotérmica y las conexiones a equipos y estructuras mediante terminales y bulones.

Los descargadores de sobretensión, los transformadores de tensión y los neutros de los transformadores de potencia deberán estar conectados, además de su vinculación a la malla, a jabalinas con cámara de inspección.

Los descargadores deberán conectarse a la red de tierra de forma tal que las corrientes que drenen no afecten la zona de puesta a tierra de aparatos fuentes de señal (TC, TV, capacitores de acople).

La puesta a tierra del neutro de los secundarios de los transformadores de medida deberá ser realizada en la caja de conjunción de cada terna de transformadores.

Canales para Cables

Los canales para el tendido de cables llevarán a lo largo, como mínimo, un conductor de la misma sección que la malla de puesta a tierra, al que se conectarán todos los soportes metálicos colocados dentro de los canales.

Dicho conductor deberá ser conectado a la malla de puesta a tierra cada 20 m como máximo.

Edificios

Las armaduras de edificios serán puestas a tierra con igual criterio que las fundaciones de playa.

Igualmente, todas sus partes metálicas, aberturas, cabriadas, etc. deberán ser conectadas a la malla de puesta a tierra. De acuerdo con las dimensiones, se las vinculará en uno o más puntos.

Las partes móviles deberán estar vinculadas a las partes fijas mediante cintas flexibles.

Los canales interiores para cables llevarán un conductor de puesta a tierra similar al de los exteriores igualmente vinculado a la malla de puesta a tierra.

Todos los canales sobre los cuales se instalan tableros deberán estar recorridos por una pletina de cobre de sección mínima 120 mm² y a una distancia de 10 cm por debajo del nivel de montaje de tableros. Este colector se unirá regularmente a la malla de puesta a tierra y, al mismo, deberán ser conectados los siguientes elementos:

- Los blindajes de los conductores, separados al pie de los tableros.
- Los conductores de reserva de los cables multifilares indicados en el párrafo respectivo.
- Los bastidores o estructuras de los tableros y/o de los equipos móviles instalados en él.

Los locales donde se instale equipamiento electrónico deberán estar provistos de un plano de tierra equipotencial, compuesto por una hoja de cobre continuo sobre todo el piso, con un espesor aproximado 0.1 mm o cinta de cobre 100 x 1 mm en configuración mallada, dependiendo del número y posición de los aparatos, instalada por ejemplo bajo el falso piso.

Dicho plano de tierra constituirá el colector de la puesta a tierra funcional y de seguridad, para todos los aparatos electrónicos instalados, de clase 2 kV.

El plano de tierra deberá ser conectado a una única toma de tierra que llegue a la malla de tierra mediante conexión de sección adecuada. Dicha conexión, si es de longitud superior a algunos metros, deberá ser de tipo blindado, debiendo ser dicho blindaje conectado a tierra, sólo del lado de la malla de tierra.

Las tierras de los aparatos deberán conectarse al mencionado plano de tierra equipotencial, en modo radial, cada una con conexión propia de mínima longitud.

Cuando se trate de locales en distintas cotas, deberá realizarse la interconexión de los planos de tierra equipotencial de los mismos, con conexiones de baja impedancia (cuerdas múltiples y/o pletina de cobre 100 x 1 mm).

Todos los aparatos no electrónicos (otras alimentaciones y servicios como la instalación de acondicionamiento de aire, etc.), deberán conectarse a la toma de tierra utilizando conexiones independientes de las anteriores.

Estructuras

En las estructuras metálicas, deberá asegurarse la continuidad, para permitirles actuar como conductor de puesta a tierra y deberán preverse los agujeros necesarios para la colocación de los bulones de conexión a la malla de puesta a tierra.

La puesta a tierra de funcionamiento de los seccionadores, transformadores de medida, capacitores de acoplamiento, deberá ser realizada mediante cables o pletinas de cobre de sección igual a la de la malla.

Cables

Los blindajes de los cables deberán ser conectados a tierra en ambos extremos de cada tramo con conexiones lo más cortas posibles, con las siguientes excepciones:

- cables para el envío de señales de muy bajo nivel (por ejemplo termorresistencias o termocuplas), cuyo blindaje deberá ser conectado a tierra en un solo extremo. Estos cables deberán, además, conducirse por cañería o por bandeja apantallante puesta a tierra cada 20 m.
- cables provenientes de transductores del tipo doble apantallado; la pantalla interior, cinta de material no magnética, deberá ser conectada a tierra en un solo extremo, en tanto que la pantalla exterior, malla de cobre, deberá ser conectada a tierra en ambos extremos.
- cables provenientes de capacitores de acoplamiento de onda portadora, cables triaxiales, que además de los anteriores, su blindaje externo se conectará a tierra en ambos extremos.

En todos los casos, el blindaje de los cables deberá ser conectado mediante un collar de cobre soldado a aquél y de la misma sección.

Todos los conductores libres de cables multifilares deberán ser conectados a tierra en ambos extremos.

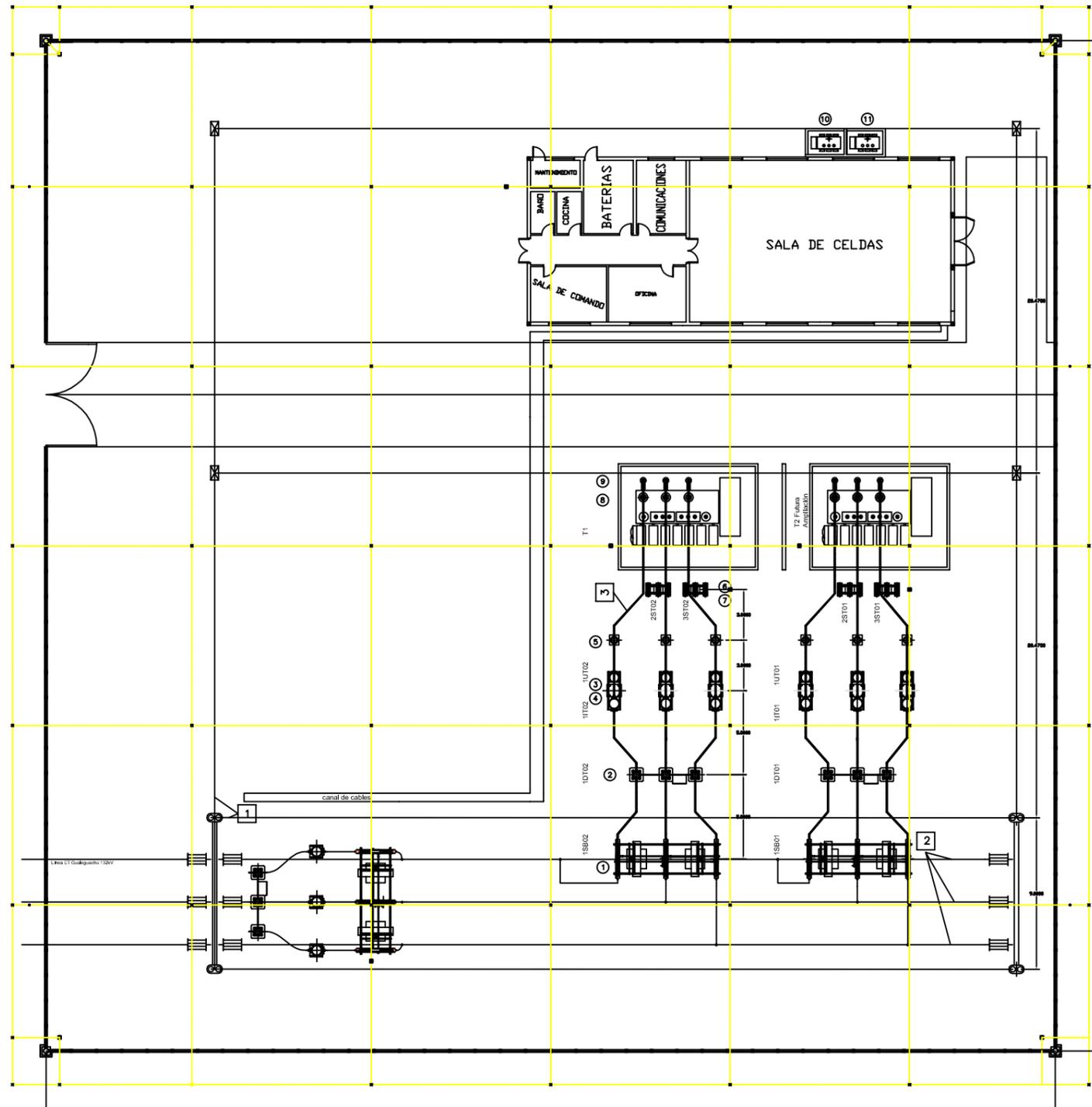
Los blindajes de los cables provenientes de la playa de alta tensión, deberán ser conectados a tierra, a la entrada de los edificios, pudiendo luego proseguir y transitar en proximidad de otros circuitos y de aparatos electrónicos.

Cerco Perimetral

El cerco perimetral de acero cincado deberá conectarse a la red de puesta a tierra mediante conductores de cobre o acero-cobre. La conexión se efectuará con conectores de acero cincado o aluminio bifilares bimetálicos.

Deberá extenderse hacia fuera, mediante los conductores necesarios, para controlar la tensión de contacto en la parte exterior del cerco.

Se garantizará que todas y cada una de las secciones del cerco perimetral se encuentren conectadas a la red de tierra. Las puertas se conectarán al cerco mediante cintas flexibles de cobre estañado.



REFERENCIAS:

- ① SECCIONADOR POLOS PARALELOS C/ CUCH. PUESTA A TIERRA (132 kV)
 - ② INTERRUPTOR (132 kV)
 - ③ TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (132 kV)
 - ④ TRANSFORMADOR DE TENSION (132 kV)
 - ⑤ AISLADOR SOPORTE (132 kV)
 - ⑥ SECCIONADOR DE TRANSFORMADOR (33 kV)
 - ⑦ SECCIONADOR DE TRANSFORMADOR (13,2 kV)
 - ⑧ TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/33/13,2 kV
 - ⑨ DESCARGADOR (132 kV)
 - ⑩ TRANSFORMADOR DE SS. AA 13,2/0,4-0,231 kV
 - ⑪ TRANSFORMADOR DE NEUTRO
- 1 CABLE ACERO GALVANIZADO 1x50mm² - SEGUN IRAM 722
 - 2 CABLE ALUMINIO ACERO 1x435/55mm²- SEGUN IRAM 2187
 - 3 TUBO ALUMINIO ø 70/50 mm
- ⊗ Soldadura cuproaluminotecnica
 - ⊙ Jabalinas con cámara de inspección
 - Jabalinas sin cámara de inspección

	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibicuy	 UTN.
Dibujado por:	Garabau, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional (FRCon) Facultad Regional Concordia	
Aprobado por:	Durand, Pablo D			
Escala 1:100	Denominación:		Plano N°: PAT	
	Malla de PAT ET Islas del Ibicuy		Medidas en [m]	

Blindaje de estaciones
eléctricas contra
descargas atmosféricas.

Blindaje de estaciones eléctricas contra descargas atmosféricas.

1. Generalidades

Las estaciones eléctricas de tipo exterior deben de protegerse en forma semejante a las líneas de transmisión contra las descargas atmosféricas directas e indirectas ya que los descargadores sirven para proteger el equipo únicamente contra las ondas entrantes, por lo que es necesario instalar hilos de guardia con el fin de evitar que provoque daño en la aislación de los equipos que la componen.

Las descargas atmosféricas indirectas, se evitan mediante la instalación de descargadores de sobre tensión convenientemente ubicados.

Las descargas atmosféricas directas provocan solicitaciones exigentes para las aislaciones de los equipos, debiéndose disminuir al mínimo posible el número de las mismas, con un costo económico razonable. Es práctica común utilizar hilos de guardia como sistema de protección. La zona por proteger que debe incluir a todo el equipo y en particular al transformador se puede calcular de acuerdo a las siguientes consideraciones.

2. Sistema de protección por hilo de guardia:

Los hilos de guardia de estaciones y líneas desempeñan dos funciones importantes:

- a. Proteger las líneas aéreas contra descargas atmosféricas siendo su objeto primordial
 - Reducir la tensión inducida en la línea aérea por los rayos que caen en las cercanías
 - Proteger los conductores de fase, absorbiendo las descargas atmosféricas
 - Reducir la acción devastadora del rayo descargado directamente en la línea aérea

Para todo lo cual tiene mera importancia la disposición con respecto a los conductores.

- b. Reducir el efecto de la corriente de cortocircuito y participando por lo tanto en la disminución de la resistencia de tierra y disminuyendo las tensiones de paso que puedan poner en peligro a las personas o animales.

Al disminuir la resistencia de tierra se tiene una disminución en la influencia sobre los circuitos de telecomunicación situados cerca de la línea, en caso de producirse cortocircuito a tierra.

La acción protectora del hilo de guardia se determina por “zonas de protección” o también como conocidos como “ángulos de protección”. Dichas zonas son fundamentales en la configuración de líneas eléctricas aéreas y estaciones de transformación, dado que la misma influye considerablemente sobre su diseño.

Los hilos de guardia o hilos de tierra se colocan 1 o 2 sobre los conductores de fase en la parte más alta de los soportes y conectados a tierra. Suele utilizarse como hilo de guardia el cable de acero galvanizado de 50 o 70 mm² o bien el cable de Al/Ac (la sección es únicamente por razones mecánicas).

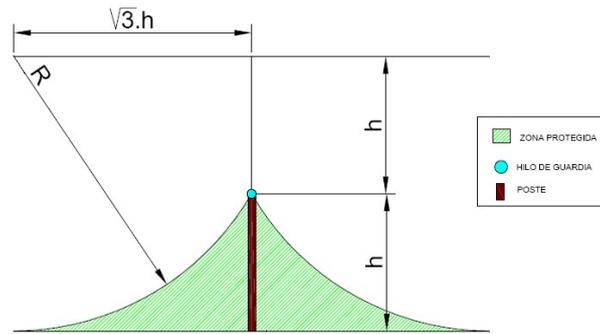
3. Metodología adoptada

La verificación se desarrolló aplicando el método de Langrehr, que en forma conservativa adopta el criterio de un ángulo de protección de 30°.

El método supone que cuando el rayo descarga hacia tierra y se encuentra a una altura igual al doble de la del hilo de guardia, la descarga se efectuara sobre estos o el suelo, por ser estos los puntos más próximos.

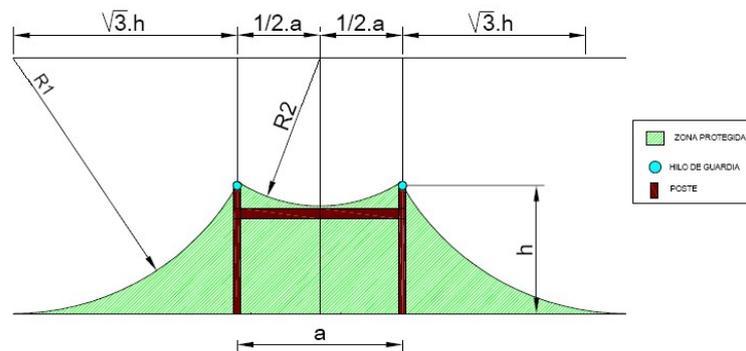
La zona de protección queda entonces determinada de la siguiente manera

a. Poste simple:



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

b. Pórtico de altura h y ancho a :



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

4. Conclusiones

La verificación gráfica realizada (VER PLANO DA) permite comprobar que el tendido previsto de los hilos de guardia en la playa resulta adecuado para proteger a las instalaciones de descargas de origen atmosférico.

Blindaje subestaciones eléctricas. Metodo de langrher 30°

Datos de la instalación:

Parte 1

$h_{\max} := 6$ altura máxima de los equipos en [m]

$h_{hg} := 8.9669$ altura mínima al nivel del suelo del hilo de guardia en [m]

$a := 20.47$ distancia entre pórticos en [m]

$$H := \frac{2}{3} \cdot h_{hg} + \sqrt{\frac{h_{hg}^2}{9} + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^2} = 12.6 \quad \text{altura mínima del pórtico en [m]}$$

Parte 2 = Parte 1 ver plano DA

Datos de la instalación:

Parte 3

$h_{\max} := 6$ altura máxima de los equipos en [m]

$h_{hg} := 11.8205$ altura mínima al nivel del suelo del hilo de guardia en [m]

$a := 9$ distancia entre pórticos en [m]

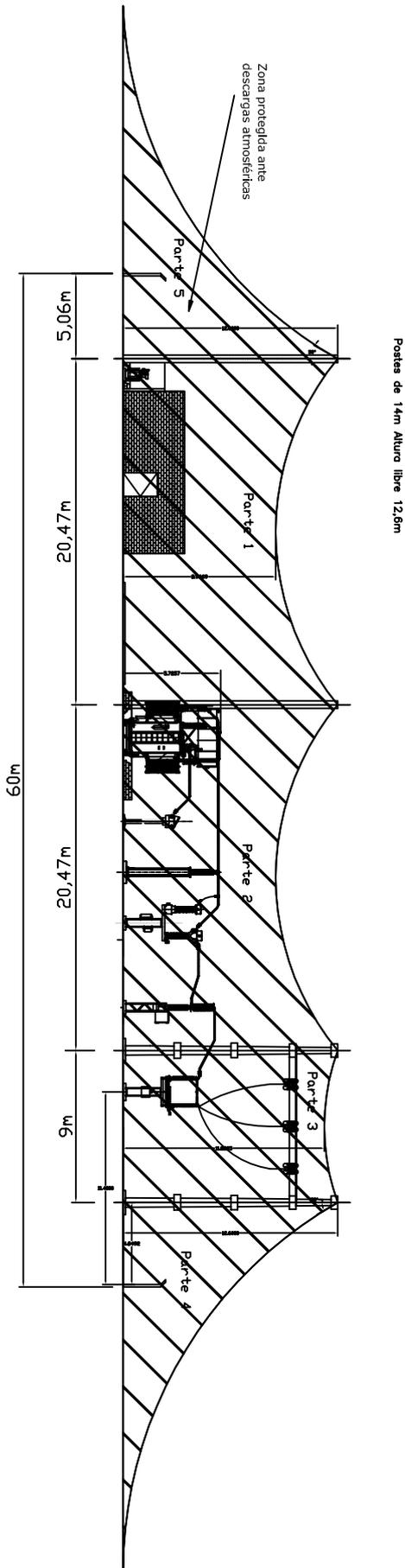
$$H := \frac{2}{3} \cdot h_{hg} + \sqrt{\frac{h_{hg}^2}{9} + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^2} = 12.6 \quad \text{altura mínima del pórtico en [m]}$$

ver plano DA

Datos de la instalación:

Parte 4 = Parte 5

Como se puede observar en la gráfica los equipos quedan protegidos en ángulo es de 30°



	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibicuy	
Dibujado por:	Garabau, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional	
Aprobado por:	Durand, Pablo D		(FRCon) Facultad Regional Concordia	
Escala 1:100	Denominación:		Plano N°: DA	
	Blindaje Estaciones Transformadoras Método Langrehr		Medidas en [m]	

Celdas 33kV

Selección de equipos de MT (33kV).(Celda 1 - Salida 1)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\max} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 10\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 174.955 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{cc} := 2.75\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

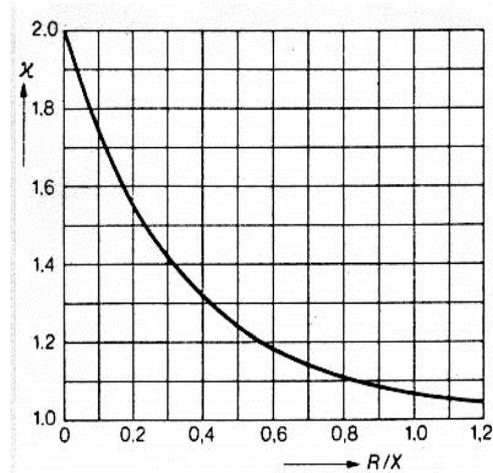
Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 2.75 \cdot \text{kA}$$



Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 17.495 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 272.25 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 693.035 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.

2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 7 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 100 - 200 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida:

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Corriente}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{Coseno}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencia}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA} \quad \text{Máxima Corriente Direccional}$$

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$Rt = 33:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 100m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencímetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

$$U_{min} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

$$U_{max} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{npTV} := P_{cu} + RT + CT + S_y + U_{min} + U_{max} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Selección de equipos de MT (33kV).(Celda 2 - Salida 2)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\text{max}} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 10\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 174.955 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{\text{cc}} := 2.75\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{\text{cc}} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

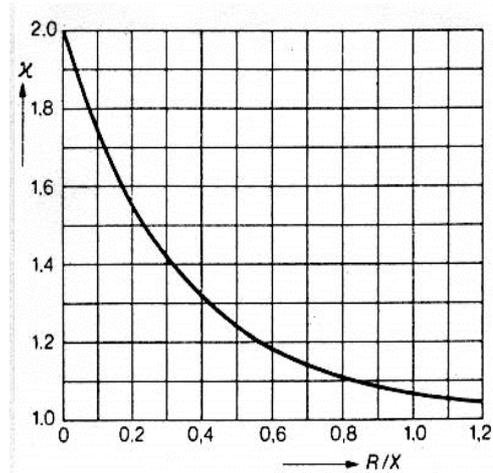
Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 2.75 \cdot \text{kA}$$



Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 17.495 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 272.25 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 693.035 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.

2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 7 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 100 - 200 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Corriente}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{Coseno}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencia}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA} \quad \text{Máxima Corriente Direccional}$$

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$Rt = 33:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 100m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

$$U_{min} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

$$U_{max} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{npTV} := P_{cu} + RT + CT + S_y + U_{min} + U_{max} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Selección de equipos de MT (33kV).(Celda 3 - Salida 3)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\max} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 10\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 174.955 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{cc} := 2.75\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

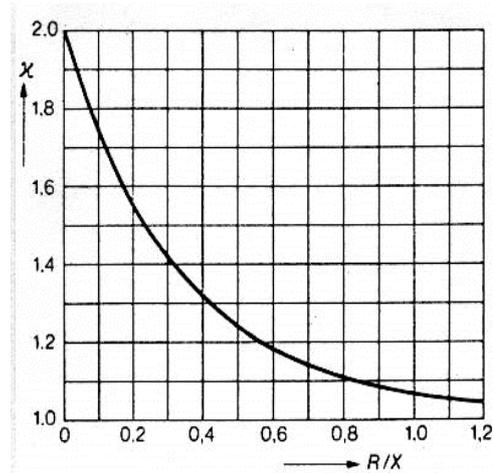
Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 2.75 \cdot \text{kA}$$



Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 17.495 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 272.25 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 693.035 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.

2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 7 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot kA$$

Relación de transformación:

$$R_t = 100 - 200 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Corriente}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{Coseno}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencia}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA}$ Máxima Corriente Direccional

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$Rt = 33:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 100m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

RT := 2VA Recierre tripolar

CT := 2VA Contacto a tierra

S_y := 2VA Sincronismo

U_{min} := 5VA mínima tensión

U_{max} := 5VA máxima tensión

$$S_{npTV} := P_{cu} + RT + CT + S_y + U_{min} + U_{max} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Selección de equipos de MT (33kV).(Celda 4 - Salida 4)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\text{max}} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 10\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 174.955 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{\text{cc}} := 2.75\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{\text{cc}} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

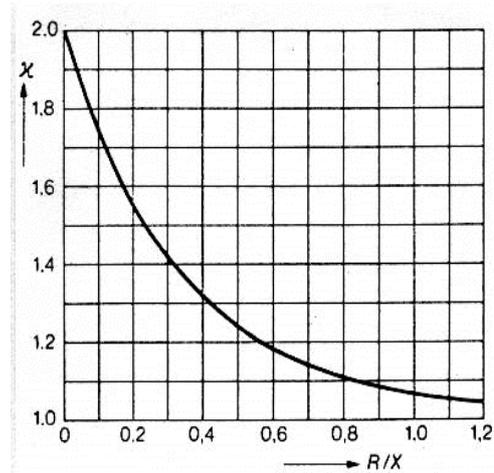
Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 2.75 \cdot \text{kA}$$



Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 17.495 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 272.25 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 693.035 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.

2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 7 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot kA$$

Relación de transformación:

$$R_t = 100 - 200 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Corriente}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{Coseno}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencia}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA} \quad \text{Máxima Corriente Direccional}$$

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$Rt = 33:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 100m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencímetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

$$U_{min} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

$$U_{max} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{npTV} := P_{cu} + RT + CT + S_y + U_{min} + U_{max} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Selección de equipos de MT (33kV).(Celda 5 - Repuesto 4)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\text{max}} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 10\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 174.955 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{\text{cc}} := 2.75\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{\text{cc}} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

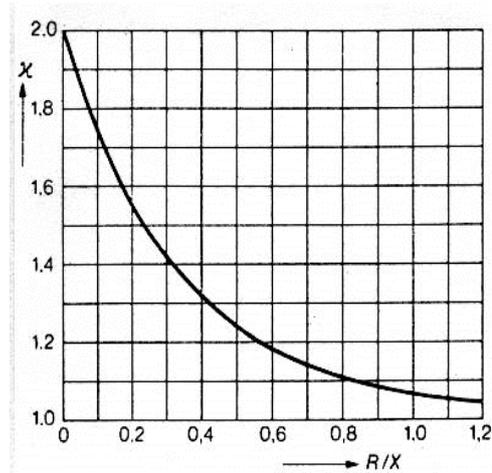
Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 2.75 \cdot \text{kA}$$



Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 17.495 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 272.25 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 693.035 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.

2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 7 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot kA$$

Relación de transformación:

$$R_t = 100 - 200 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Corriente}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{Coseno}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencia}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA}$ Máxima Corriente Direccional

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$Rt = 33:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 100m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

$$U_{min} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

$$U_{max} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{npTV} := P_{cu} + RT + CT + S_y + U_{min} + U_{max} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Selección de equipos de MT (33kV).(Celda 4 - Salida 4)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

$$V_n := 33\text{kV}$$

$$V_{\max} := 1.1 \cdot V_n = 36.3 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 145\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 70\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 10\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 174.955 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{cc} := 2.75\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_a := \mu \cdot I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

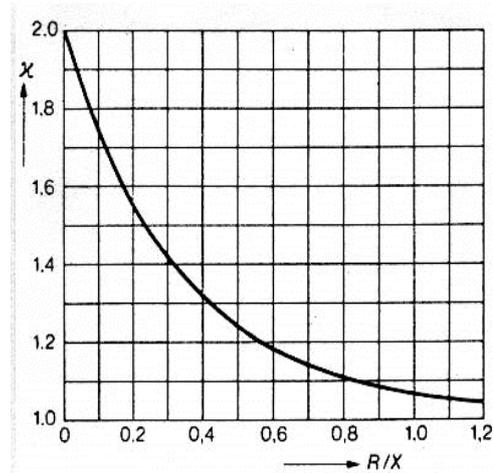
Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 2.75 \cdot \text{kA}$$



Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 17.495 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 272.25 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 693.035 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.

2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 2.75 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 7 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot kA$$

Relación de transformación:

$$R_t = 100 - 200 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Corriente}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{Coseno}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencia}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA}$ Máxima Corriente Direccional

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 174.955 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 7 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$Rt = 33:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 100m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuencimetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

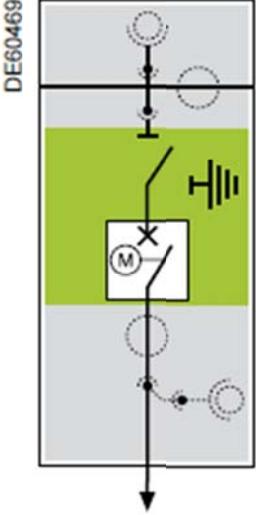
$$U_{min} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

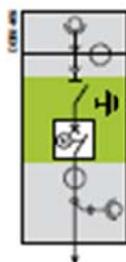
$$U_{max} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{npTV} := P_{cu} + RT + CT + S_y + U_{min} + U_{max} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Todos estos equipos se encuentran alojados en una Celda del fabricante *SCHNEIDER ELECTRIC* modelo *CBGS-0* (aislada en SF6).

Incomer Feeder	
	
Rated voltage (kV)	24 (27) / 36 (38)
Busbar system rated current (A)	1250 / 1600 / 2000
Outgoing rated current (A)	630 / 1250 / 1600 / 2000
Short time withstand current (3s-1s) (kA)	25 - 31.5 / 63 - 80



1. Low Voltage cabinet
2. General busbar system
3. Three position disconnector (Closed-Open-Ready to earth).
4. Disconnector operating mechanism.
5. Main tank (2.5 mm stainless steel) filled with SF6 gas, sealed for life.
6. Circuit-breaker.
7. Circuit-breaker operating mechanism.
8. Power cables compartment.
9. Current transformers (optional).
10. Voltage transformers (optional).

		DX-S				
Rated voltage	kV	12	17.5	24	38	
Rated insulation level	kV rms - 1 min	28	38	50	70	
	kV impulse 1.2/50 μ s	75	95	125	170	
Rated normal current (Busbar system)	A	1250	■	■	■	■
		1800	□	□	□	□
		2000	□	□	□	□
Rated normal current (Incoming/outgoing)	A	830	■	■	■	■
		1250	□	□	□	□
		1800	□	□	□	□ (R)
		2000	□ (R)	□ (R)	□ (R)	□ (R)
Breaking capacity	kA	25/31.5				
Short time withstand current	kA rms 3s	25/31.5				
(w) Width	mm	800				
(h) Height (1)	mm	2350				
(d) Depth (2)	mm	1250				
Aproximative weight	kg	850				
Aproximative weight 2000A	kg	1250				

(1) 2500 mm with voltage transformers for 2000A busbar.

(2) 1400 mm for internal arc protection.

(R) 1200mm width.

Celdas de media tensión 33kV.

Generalidades.

Celda, de acuerdo con la reglamentación AEA 95402, es un término general aplicable a toda instalación cerrada contenida en un armario que consta de los aparatos de conexión y a su combinación con los aparatos de mando o maniobra, de medida, de protección y de regulación que se les asocian, así como a los conjuntos formados por tales aparatos con las conexiones, los accesorios y los soportes correspondientes.

Para la ET se han elegido celdas de media tensión integradas del fabricante *SCHNEIDER ELECTRIC*. Se instalará la serie *CBGS-0* de distribución Primaria con aislamiento SF6. Esta serie está especialmente diseñada para la seguridad de las personas y la fiabilidad del servicio, contribuyendo a mejorar la distribución eléctrica en redes de media tensión y respondiendo a la norma IEC 62271 - 200.

A continuación, se mostrarán las celdas de media tensión, con sus características eléctricas.

Todas estas celdas serán blindadas con aislamiento en SF6, tendrán los mismos equipamientos ya que todas se diseñaron para 10MVA.

Las mismas tendrán los siguientes equipamientos:

1) Seccionador.

Datos/Marca	SCHNEIDER ELECTRIC
Tensión nominal (Un)	33 kV
BIL	145 kV
SIL	70 kV
Corriente nominal (In)	630 A
Corriente de cortocircuito (I^p_k)	20 kA
Corriente dinámica (Is)	80 kA
Corriente térmica (Ith)	20 kA

2) Interruptor.

Datos/Marca	SCHNEIDER ELECTRIC
Tensión nominal (Un)	33kV
Tensión máxima (Um)	36kV
Frecuencia (f)	50 Hz
BIL	175kV
SIL	70kV
Corriente nominal (In)	1250 A
Corriente de cortocircuito (I _k)	20kA
Corriente de apertura (Ia)	20kA
Corriente dinámica o de cierre (Is)	80kA
Corriente térmica (Ith)	20kA

3) Transformador de intensidad.

Datos/Marca	SCHNEIDER ELECTRIC
Tensión nominal (Un)	33 kV
Tensión máxima (Um)	36 kV
BIL	145 kV
SIL	70 kV
Corriente nominal (In)	100 - 200 A
Corriente de cortocircuito (I _k)	20 kA
Corriente dinámica (Idin)	31,5 kA
Corriente térmica (Ith)	20 kA
Relación de transformación	100-200/5-5
Núcleo 1: Medición	Cl 0,5 – Fs < 5 – 30 VA
Núcleo 2: Protección	5P10 – 15 VA

4) Transformador de tensión.

Datos/Marca	SCHNEIDER ELECTRIC
Tensión nominal (Un)	33 kV
Tensión máxima (Um)	36 kV
BIL	145 kV
SIL	70 kV
Relación de transformación	33:1,73/0,11:1,73
Núcleo 1: Medición	Cl 0,5 – Fs < 5 – 30 VA
Núcleo 2: Protección	5P10 – 25 VA

Celdas 13,2 kV

Selección de equipos de MT (13,2kV).(Celda 1 - Servicios Auxiliares)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

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

$$V_{\text{max}} := 1.1 \cdot V_n = 14.52 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 75\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 38\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 5\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 218.693 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{\text{cc}} := 7\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_s := \mu \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 21.869 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

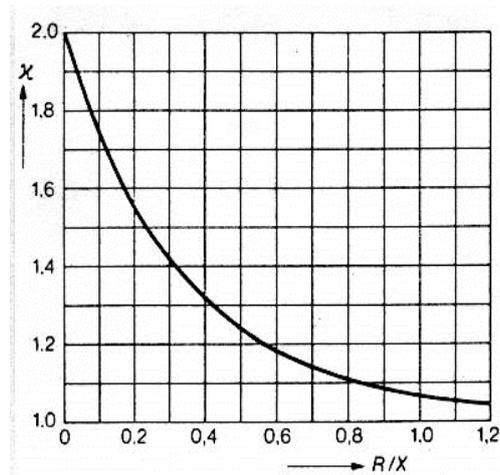
Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 277.2 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 705.636 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.



2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 125 - 250 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA} \quad \text{Máxima corriente direccional}$$

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 13,2:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméto}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$l_{\text{ong}} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{ong}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

$$U_{\text{min}} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

$$U_{\text{max}} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{\text{npTV}} := P_{\text{cu}} + RT + CT + S_y + U_{\text{min}} + U_{\text{max}} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Selección de equipos de MT (13,2kV).(Celda 1 - Reactor de Neutro)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

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

$$V_{\max} := 1.1 \cdot V_n = 14.52 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 75\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 38\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 5\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 218.693 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{cc} := 7\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_s := \mu \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica:

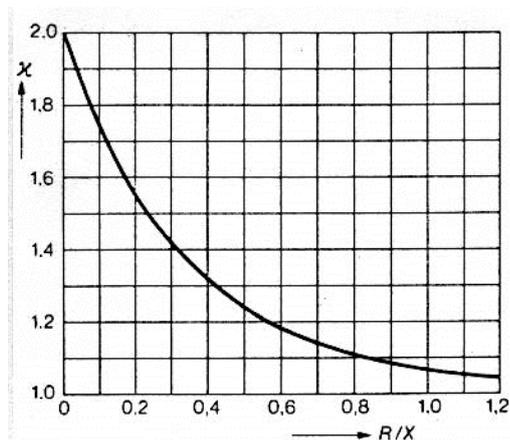
$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica admisible:



Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 21.869 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 277.2 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 705.636 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.

2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 125 - 250 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméetro}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA}$ Máxima Corriente Direccional

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$Rt = 13,2:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{react} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméto}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{react} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

$$U_{min} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

$$U_{max} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{npTV} := P_{cu} + RT + CT + S_y + U_{min} + U_{max} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Selección de equipos de MT (13,2kV).(Celda 3 - Salida futura)

1. Interruptor

Los parámetros para la selección de interruptores son:

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

$$V_{\text{max}} := 1.1 \cdot V_n = 14.52 \cdot \text{kV}$$

$$f_n := 50\text{Hz}$$

$$\text{BIL} := 75\text{kV}$$

$$\text{SIL} := 38\text{kV}$$

Potencia nominal:

La potencia operada quedara determinada por la potencia máxima correspondiente a la salida analizada estudio de demanda de energía con un incremento de 5%(ENERSA) estimado a 10 años.

$$S_n := 5\text{MVA}$$

Corriente Nominal:

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 218.693 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

Valor hallado en análisis de cortocircuito

$$I_{\text{cc}} := 7\text{kA}$$

Corriente de apertura:

$$\mu := 1$$

$$I_s := \mu \cdot I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente de cierre:

$$\chi := 1.8$$

$$I_c := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{cc} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica:

$$n := 1$$

$$m := 0$$

$$t := 1$$

$$I_{th} := I_{cc} \cdot \sqrt{m + n} \cdot \frac{1}{t} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente térmica admisible:

Generalmente se la calcula de la siguiente manera:

$$I_{tha} := 100 \cdot I_n = 21.869 \cdot \text{kA}$$

Luego se debe verificar que:

$$I_{th} < I_{tha}$$

$$V_{ter} := \text{if}(I_{th} < I_{tha}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"})$$

$$V_{ter} = \text{"Verifica"}$$

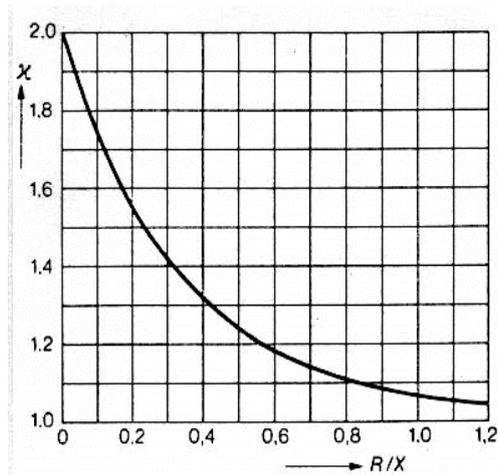
Poder o potencia de apertura:

$$S_a := 3 \cdot V_n \cdot I_{cc} = 277.2 \cdot \text{MVA}$$

Poder o potencia de cierre:

$$S_c := 3 \cdot V_n \cdot I_c = 705.636 \cdot \text{MVA}$$

Con estos valores ya podemos elegir el interruptor de potencia.



2. Seccionador.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente térmica:

$$I_{th} := I_{cc} = 7 \cdot \text{kA}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} := \sqrt{2} \cdot \chi \cdot I_{th} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

3. Transformador de intensidad.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 125 - 250 / 5 - 5 \text{ A}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{long} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot \text{long}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméto}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nm} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$l_{\text{long}} := 0.03\text{km}$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{long}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de protección

$$S_{\text{MCD}} := 3\text{VA} \quad \text{Máxima corriente direccional}$$

$$S_{\text{np}} := P_{\text{cu}} + S_{\text{MCD}} = 10.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 15VA

4. Transformador de Tensión.

Corriente nominal:

$$I_n = 218.693 \text{ A}$$

Corriente dinámica:

$$I_{din} = 17.819 \cdot \text{kA}$$

Relación de transformación:

$$R_t = 13,2:1,73 / 0,11:1,73 \text{ kV}$$

Núcleos:

1) Medición:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$long := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{cu} := (I_{sec})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot long) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$S_A := 2 \text{ VA} \quad \text{Amperímetro}$$

$$S_{\cos\phi} := 5 \text{ VA} \quad \text{fasímetro}$$

$$S_{wh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía activa}$$

$$S_{VArh} := 2 \text{ VA} \quad \text{Contador de energía reactiva}$$

$$S_{act} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Activa}$$

$$S_{reac} := 2 \text{ VA} \quad \text{Potencia Reactiva}$$

$$S_{frec} := 2 \text{ VA} \quad \text{Frecuenciméto}$$

Para el núcleo de medición la potencia será:

$$S_{nmTV} := S_A + S_{\cos\phi} + S_{wh} + S_{VArh} + S_{act} + S_{reac} + S_{frec} + P_{cu} = 24.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta 30VA para núcleo de medición clase 0,5

2) Protección:

Cable: Para calcular el cable se aproxima a 30m, tomando una sección como mínimo de 4mm² para q soporte esfuerzos mecánicos

$$I_{sec} := 5 \text{ A}$$

$$R_c := 4.85 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$l_{\text{ong}} := 0.03 \text{ km}$$

$$P_{\text{cu}} := (I_{\text{sec}})^2 \cdot (2 \cdot R_c \cdot l_{\text{ong}}) = 7.275 \cdot \text{VA}$$

Consumos de aparatos de medida

$$RT := 2 \text{ VA} \quad \text{Recierre tripolar}$$

$$CT := 2 \text{ VA} \quad \text{Contacto a tierra}$$

$$S_y := 2 \text{ VA} \quad \text{Sincronismo}$$

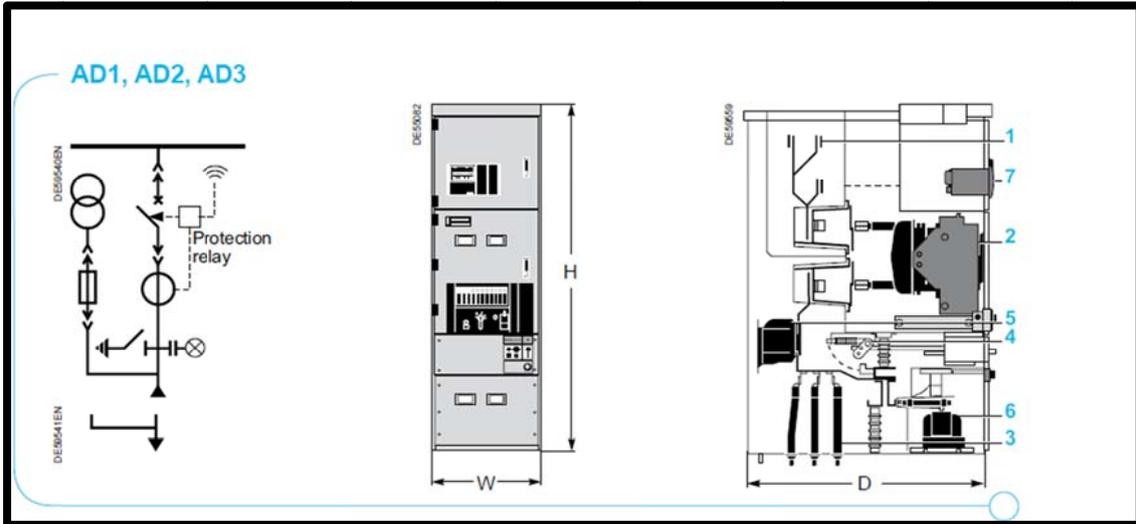
$$U_{\text{min}} := 5 \text{ VA} \quad \text{mínima tensión}$$

$$U_{\text{max}} := 5 \text{ VA} \quad \text{máxima tensión}$$

$$S_{\text{npTV}} := P_{\text{cu}} + RT + CT + S_y + U_{\text{min}} + U_{\text{max}} = 23.275 \cdot \text{VA}$$

Se adopta núcleo de protección 5P10 de 25VA

Todos estos equipos se encuentran alojados en una Celda del fabricante **SCHNEIDER ELECTRIC** modelo **AIS-LI-B-AD2** (aislada en aire – Interruptor aislado en SF6).



Characteristics

	AD1			AD2			AD3				AD4										
Rated voltage (kV)	7.2			12			7.2			12			17.5			24					
Breaking capacity (kA)	25	31.5	50 ⁽¹⁾	25	31.5	50 ⁽¹⁾	40	50	40	25	31.5	25	31.5	40	50	25	31.5	40	50	31.5	
Rated current (A) SF6 type switchgear																					
SF6 circuit breaker	630	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	1250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2500																				
	3150																				
	4000 ⁽³⁾																				
Rollarc contactor	200		■			■															
	250		■			■															
Short-circuit making current	50 Hz	63	79		63	79	100	125	100	63	79	63	79	100	125	63	79	100	125	63	79
I_p (peak value kA)	60 Hz ⁽⁵⁾																				
Dimensions (mm)	H	2300			2300			2300				2325									
	W	570			700			900				900									
	D (2)	1550			1550			1550				1750									
Approximate mass (kg) ⁽⁴⁾		850 / 600			1000 / 800			1300 / 900				1100									

(1) Fault current limited by fuses: prospective current value in accordance with IEC 62271-106.
 (2) Overall + 175 mm for 4-sided internal arcing protected switchboards, for 3150 A, for 4000 A or 2 sets of CT's.
 (3) With fan.
 (4) Fully equipped cubicle.
 (5) Consult us for 60 Hz

Celdas en 13,2kV.

Todas estas celdas tendrán los mismos equipamientos ya que se diseñaron para 5MVA.

Incluye un interruptor automático extraíble de tecnología corte en SF6. Además lleva incluido transformador de intensidad.

Características eléctricas:

- Tipo Incomer / Feeder
- Tensión nominal 13,2 [kV].
- Frecuencia 50 [Hz].
- Intensidad nominal de barra entre celdas 2500 [A].
- Intensidad nominal de salida de celdas 630 [A].
- Intensidad nominal de cortocircuito 25 [kA].

Las mismas tendrán los siguientes equipamientos:

1) Interruptor.

Datos/Marca	SCHNEIDER ELECTRIC
Tensión nominal (U_n)	13,2kV
Tensión máxima (U_m)	17,5kV
Frecuencia (f)	50 Hz
BIL	95kV
SIL	38kV
Corriente nominal (I_n)	1250 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	25kA
Corriente de apertura (I_a)	25kA
Corriente dinámica o de cierre (I_s)	63kA
Corriente térmica (I_{th})	25kA

2) Transformador de intensidad.

Datos/Marca	SCHNEIDER ELECTRIC
Tensión nominal (Un)	13,2kV
Tensión máxima (Um)	14,5kV
BIL	75kV
SIL	38kV
Corriente nominal (In)	125 - 250 A
Corriente de cortocircuito (I''_k)	20kA
Corriente dinámica (Idin)	50kA
Corriente térmica (Ith)	20kA
Relación de transformación	125-250/5-5
Núcleo 1: Medición	Cl 0,5 – Fs < 5 – 30 VA
Núcleo 2: Protección	5P10 – 15 VA

3) Transformador de tensión.

Datos/Marca	SCHNEIDER ELECTRIC
Tensión nominal (Un)	33 kV
Tensión máxima (Um)	36 kV
BIL	75 kV
SIL	38 kV
Relación de transformación	13,2:1,73/0,11:1,73
Núcleo 1: Medición	Cl 0,5 – Fs < 5 – 30 VA
Núcleo 2: Protección	5P10 – 25 VA

6. Protecciones

Es el conjunto de elementos destinados a proteger las instalaciones y los equipos contra perturbaciones caracterizadas por desviaciones respecto de las condiciones normales, tales como fallas de aislación, desbalance entre potencia generada y potencia requerida por la carga, caída o incremento de tensión, pérdida de estabilidad, etc., que puedan ocasionar la destrucción parcial o total de las instalaciones y/o los equipos, la presencia de condiciones inadmisibles para el Sistema de Transmisión o daño físico a las personas.

Su misión es detectar dichas anomalías en el menor tiempo posible a partir de las informaciones analógicas y digitales correspondientes, emitiendo las órdenes de comando selectivas a los equipos adecuados con el objeto de aislar la perturbación y eventualmente, proceder a la restauración del servicio.

Forman parte de un sistema de protecciones todos los dispositivos, circuitos, etc., correspondientes a las señales de entrada/salida y las alimentaciones auxiliares, las cuales deben integrarse en forma homogénea para obtener las características operativas y de confiabilidad solicitadas.

De acuerdo con su función, los sistemas de protecciones se clasifican en:

- Sistema de protecciones de red o de instalación:

Se denomina así a un sistema de protecciones cuando su objeto es minimizar la incidencia que una falla o perturbación ocurrida en el equipamiento primario tiene sobre el Sistema de Potencia. Su misión es entonces salvaguardar la integridad de la red.

- Sistema de protecciones intrínsecas o de equipo.

Tiene por misión minimizar el daño de un equipo en falla. Únicamente procura salvaguardar la integridad del equipo primario protegido.

La tarea de coordinar los distintos dispositivos de protección y maniobra para conseguir la selectividad de las protecciones a la hora de actuar es tarea de los relés de protección.

Los tipos más comunes de perturbaciones en alta tensión, que pueden afectar el servicio normal de los distintos elementos que componen una estación son:

- Defectos en los aislamientos
- Descargas atmosféricas y sobretensiones interiores.
- Destrucciones mecánicas.
- Excesos de cargas conectadas.
- Factores humanos.
- Puestas a tierras intempestivas.

Servicios Auxiliares

SERVICIOS AUXILIARES

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES

El sistema de servicios auxiliares es el conjunto de elementos destinados a cubrir los requerimientos de alimentación en corriente alterna (CA) y continua (CC) de los sistemas de iluminación, de los tomacorrientes y de la fuerza motriz y los sistemas de control, protecciones y comunicaciones de la estación transformadora.

Forman parte de un sistema de servicios auxiliares todos los dispositivos, circuitos, etc. correspondientes a:

- Protección de los circuitos.
- Automatismos para la transferencia de los equipos y alimentaciones redundantes.
- Señalización y medición del sistema.

Las partes se integrarán en forma adecuada para tener las funciones operativas y las características de confiabilidad requeridas.

Los circuitos de los servicios auxiliares de una Estación Transformadora de 132 kV, son los siguientes:

- Corriente alterna 380/220 V, frecuencia industrial.
- Corriente continua segura 220 o 110 V (110 V en nuestro caso).
- Corriente continua para comunicaciones 48 o 24 V (48 V en nuestro caso).

Necesidades

Las necesidades de energía de la ET requieren satisfacer distintas exigencias:

- Alimentaciones no esenciales (que pueden faltar por tiempos largos sin afectar el servicio)
- Alimentaciones esenciales (que no pueden faltar sin comprometer el servicio)

Para satisfacer estas necesidades se adoptan distintas fuentes de alimentación:

- Corriente alterna de la red pública, o de terciario de transformadores (utilizada para servicios no esenciales)
- Corriente alterna de UPS (unidades de potencia no interrumpibles)
- Corriente continua segura de batería (fuente independiente de eventos externos)

Servicios auxiliares de corriente alterna.

La baja tensión se obtiene a través de un transformador de media a baja, normalmente la media tensión en 13.2 kV.

A su vez la media tensión se origina del terciario de algún autotransformador o secundarios de un transformador.

También puede obtenerse baja tensión desde el Reactor de Neutro, o desde un transformador de Servicios Auxiliares.

En caso de falta de la media tensión para alimentar el transformador se debe disponer de un grupo electrógeno de emergencia, o de un sistema de energía ininterrumpida (SEI).

Los consumos generales de 380 / 220 V ca son:

- Fuerza motriz
- Calefacción

- Tomacorrientes de playa
- Iluminación

Consumos esenciales son:

- Ventilación del transformador
- Regulación del transformador
- Cargadores de baterías

Estas cargas pueden quedar algún tiempo sin alimentación, pero se consideran con máxima prioridad, ya que al no alimentarlas la situación rápidamente se transforma en crítica.

Consumos no esenciales:

- Corriente alterna para servicios generales (iluminación, calefacción)

Servicios auxiliares en corriente continua

Normalmente 110 Vcc

El consumo de este sistema responde a las necesidades de las protecciones y el accionamiento de los equipos de maniobra.

La potencia y la capacidad del sistema dependen del tipo de baterías y del tiempo estimado en que funcionará en emergencia.

Baterías

Las baterías forman una parte importante de la ET, ya que tienen como función principal almacenar la energía que se utiliza en el disparo de los interruptores, por lo que deben hallarse siempre en óptimas condiciones de funcionamiento.

Las baterías pueden ser alcalinas (Ni-Cd) o ácidas (Pb-Ca).

Como valores característicos se puede establecer un tiempo mínimo de descarga de 2 horas y una tensión final por elemento de 1.1 V para las baterías alcalinas.

Los límites de servicio de las baterías es de +/- 10% Un.

Características del banco de baterías

- Capacidad de carga del banco: Se determina en función de la necesidad de alimentación en caso extremo y un período estimado de descarga razonable.
- Tensión nominal de trabajo: 110 o 220 VDC.
- Intensidad nominal de trabajo: Ejemplo: 15 A. Es la capacidad que el banco de baterías puede entregar durante el período de descarga normal o solicitado. Es común, que se aclare la corriente que puede entregar el banco, con distintos tiempos de descarga, por ejemplo en 10 horas, en 5 horas, en 2 horas, siempre hasta llegar a la tensión mínima por elemento.
- Tensión admisible mínima de trabajo: Se determina en función de los requerimientos para un funcionamiento seguro de los equipos a alimentar. Se presenta en la condición de funcionamiento con la mínima carga que debería alcanzar el banco en condiciones normales.
- Tensión admisible máxima de trabajo: Se determina en función de los requerimientos para un funcionamiento seguro de los equipos a alimentar. Se presenta cuando el banco alcanza plena carga en el ciclo normal de funcionamiento.

- Tensión nominal mínima de trabajo: Se relaciona con la tensión admisible mínima de trabajo, el número de celdas del banco de baterías para alcanzar la tensión nominal del sistema auxiliar de CC y el tipo de celda, por ejemplo para PB-ácido 1,81 V por celda o elemento o para Niquel-Cadmio 1,14 V por celda o elemento.
- Tensión nominal máxima de trabajo: Se relaciona con la tensión admisible máxima de trabajo, el número de celdas del banco de baterías para alcanzar la tensión nominal del sistema auxiliar de CC y el tipo de celda o elemento. Ejemplo: para baterías de PB-ácido, es común considerar una tensión máxima recomendable de 2,7 V por elemento.
- Período normal de descarga (autonomía de servicio): Ej. 2 horas. Representa la autonomía del sistema y determina el tiempo mínimo de descarga a pleno consumo, hasta alcanzar la mínima tensión admisible de servicio.
- Período máximo de carga: Ej. 15 horas. Representa tiempo máximo admitido para recuperar la tensión nominal del sistema, partiendo con el banco totalmente descargado.

Salas de baterías

Las baterías se instalan en un cuarto cerrado, que forma parte del edificio principal de la estación, y lo más cerca posible de los tableros para reducir al máximo la longitud de los cables y por lo tanto la posibilidad de la aparición de sobre tensiones, por acoplamiento capacitivo o inductivo.

Los locales destinados a baterías deben ser secos, bien ventilados y sin vibraciones que puedan originar desprendimientos excesivos de gases y desgaste prematuro de las placas. La temperatura ambiente debe variar entre los 5 y 25 grados centígrados. La instalación eléctrica deberá ser del tipo anti-explosiva.

El suelo debe ser a prueba de ácido o álcali, según sea el tipo de batería y deberá tener una ligera pendiente con un canal de desagüe, para evacuar rápidamente el líquido que se pueda derramar o el agua de lavado.

Las paredes techo y ventanas deben recubrirse con pintura resistente al ácido o los álcalis según se trate.

Cargador

Es el equipo que mantiene las baterías al nivel de carga nominal. Estos dispositivos son rectificadores estáticos que resultan a tensión de flotación de la batería.

El rectificador es del tipo puente trifásico, con diodos de silicio y estabilización de la tensión de salida por medio de reactores saturables o tiristores. El transformador de alimentación del puente es del tipo de aislación seca.

La tensión de salida deberá mantenerse constante, admitiéndose variaciones de +/- 2% del valor estabilizado, para variaciones de descarga entre 0 y 100 % de la corriente nominal, y con variaciones de tensión y frecuencia de la fuente de alimentación de corriente alterna de +10, -15 y +/- 2% respectivamente.

La corriente de salida deberá ser limitada automáticamente por los cargadores.

Tal limitación se fija normalmente en el 100 % de la corriente nominal.

El cargador deberá permitir la carga de la batería en "flote" y a "fondo", la conmutación de modos de carga deberá poderse hacer en modo manual y automático.

Con el cargador en "automático", la posición de carga habitual es en "flote" y se pasará automáticamente a "fondo" por baja tensión de batería o con posterioridad a una falta de tensión de entrada.

Completada la carga de la batería se retornará automáticamente a "flote". La duración de la carga a fondo es controlada por un temporizador ajustable.

En la derivación al consumo el cargador deberá estar dotado de filtros para mantener el ondeo residual (ripple) dentro de los siguientes valores indicativos:

- con batería conectada: 2 % eficaz
- con batería desconectada: 5 % eficaz

También en la derivación al consumo deberá preverse en el cargador dispositivos adecuados para que, cualquiera sea la condición de carga de la batería, la tensión del consumo se mantenga dentro de los límites +/- 10 % de su valor nominal, 220 (o 110) V, valor estabilizado.

En caso de baja tensión en el cargador, deberá evitarse la descarga de la batería sobre aquel.

- Carga a fondo: El banco de baterías no tiene carga, o ha alcanzado el estado mínimo de carga admisible, caracterizado por la tensión mínima de funcionamiento seguro. Este modo de carga, implica máxima corriente de carga (valor preseleccionable desde 0 a 100% I_n), generalmente a un 100% de I_n e implica mantener una tensión constante máxima en bornes del banco de baterías. Este valor máximo de tensión, depende del tipo de celdas, por ejemplo para Pb-ácido es de 2,7 V por celda y para NI-Cd es de 1,65 V por celda. Con este modo de carga, se pretende alcanzar rápidamente la tensión nominal del sistema.

- Carga a flote: El banco de baterías tiene una tensión en bornes superior a la nominal del sistema y por lo tanto recibe una intensidad de corriente desde el cargador que permite mantener el sistema en esas condiciones con el estado de carga actual. Generalmente se diseña para mantener la tensión un 10% por encima de la tensión nominal del sistema y serían valores típicos 2,25 V por celda de Pb-ácido y de 1,4 V para celda de NI-Cd.

La carga se inicia a corriente constante (máxima programada) en modo fondo y termina a tensión constante en modo flote.

Sistemas ininterrumpidos de energía

Se trata de un equipo electrónico que permanentemente está conectado a la red de alimentación y a un sistema de batería, con el cual se alimenta una carga crítica o sea una carga que no puede quedar sin alimentación bajo ningún concepto (por ejemplo: relé de protección, iluminación de emergencia, equipo de comunicación, etc.).

Mediante un dispositivo adecuado censa permanentemente la tensión de alimentación de la red o instalación a la cual está conectado el conjunto, cuando la misma falta, en forma muy rápida (algunos milisegundos) conecta a batería asociada.

La velocidad de conmutación es tan rápida que los equipos alimentados no sufren alteración alguna.

Iluminación

Las estaciones transformadores, deben ser dotadas de alumbrado para que el personal de operación, mantenimiento y vigilancia puedan desarrollar sus trabajos respectivos.

En la iluminación de una ET se pueden considerar cuatro propósitos básicos:

- Seguridad en la operación de los equipos.
- Tránsito sin peligro.
- Inspección de los equipos.
- Trabajos de mantenimiento.

Una cuestión importante en las estaciones es el llamado alumbrado de emergencia. Al fallar el servicio todas las áreas quedarían sin iluminación, precisamente en momentos

en que sería necesaria la realización de maniobras. Para evitarlo se debe contar con el alumbrado de emergencia, alimentado por un circuito de las baterías y se conectará y desconectará automáticamente con la falta o no de tensión.

ESQUEMA ADOPTADO

La Media Tensión se tomará desde el arrollamiento de 13,2 kV de los transformadores de potencia. La Baja Tensión se obtendrá a través de un transformador 13,2/0.400-0.231 kV destinado exclusivamente para alimentar los sistemas auxiliares (SS. AA.) de la ET.

La potencia del transformador se obtiene de sumar todas las cargas instaladas en baja tensión y afectadas por el factor de simultaneidad.

El consumo de las cargas instaladas en BT se estima en 100 kW.

Se adopta, por lo tanto un transformador **13,2/0.400-0.231 kV; 160 kVA (s/ IRAM 2250)**

Los sistemas de corriente continua se alimentarán mediante un banco de baterías de 110 Vcc, conformado por 56 baterías de Pb - Ca

En los planos SSAA se muestra el esquema de los servicios generales adoptado para el proyecto.

Reactor de Neutro

REACTORES DE NEUTRO ARTIFICIAL.

En instalaciones donde se prevea que el terciario (conexión triángulo) de un transformador alimente la Distribución en Media Tensión y los Servicios Auxiliares es necesario considerar la incorporación de un generador de un neutro artificial para el sistema.

Los reactores deberán ser unidades trifásicas aisladas en aceite en conexión zig-zag con neutro accesible. La refrigeración será natural, ONAN.

Los reactores deberán conectarse a las barras de Media Tensión mediante equipamiento de medición, protección e interrupción propios, debiendo disponerse de un reactor por cada barra o sección de barras. En estaciones nuevas que cuenten con sólo un transformador, podrán emplearse esquemas transitorios más sencillos.

En nuestro caso, dada la configuración adoptada de barra única en MT, se instalará un solo reactor, con las siguientes características:

- Tensión de servicio (kV) = 13,2
- Frecuencia de servicio (Hz) = 50
- Potencia nominal (kVA) = 7640
- Resistencia por fase de los arrollamientos (Ω) = 2
- Grupo de conexión = zig – zag

Consideraciones adicionales.

El área que circunda al reactor y los equipos allí ubicados deberá estar protegida contra un eventual derrame del aceite aislante (cuba de retención). Las características de esta construcción deberán cumplir y respetar las exigencias vigentes sobre la protección del medio ambiente en el área ecológica.

Estas instalaciones de protección deben mantener distancias mínimas de montaje y permitir un fácil mantenimiento de los equipos. Los accesos a válvulas, cajas, sensores, etc. deben quedar despejados.

Protecciones del reactor de neutro artificial.

1. Descripción de las funciones:

Las funciones de protección serán las de detectar todo tipo de fallas en el reactor y en su acometida de MT.

El sistema incluirá a las protecciones propias del equipo y a las de red.

2. Integración de las funciones:

Las protecciones principales del reactor son las propias, la de cuba, la de sobrecorriente y la de sobrecorriente residual de secuencia cero.

3. Requerimientos de Entradas y Salidas:

a) Entradas:

- Señal de corriente trifásica desde los TI de acometida al reactor.
- Señal de corriente residual desde la conexión de los TI de la acometida.
- Señal de corriente desde los TI de puesta a tierra de la cuba de la máquina.
- Señal de corriente residual desde el TI en la puesta a tierra del reactor.
- Señales de disparo y alarmas de las protecciones intrínsecas o propias si corresponde.

b) Salidas:

- Disparos fase por fase de los interruptores asociados a la máquina.

- Emisión de las alarmas e indicaciones.
- Registro secuencial de eventos.
- Registro oscilográfico de perturbaciones.
- Indicaciones de operación en el display local.
- Indicación de ajustes, tabla de disparos y valores de medición en el display local.

4. Requerimientos Funcionales

a) Protecciones Intrínsecas o Propias

Termómetro

Medirá la temperatura del fluido refrigerante en el punto de mayor temperatura (parte superior de la cuba).

Tendrá la función de indicación de temperatura e Incluirá un primer nivel de alarma y uno segundo de disparo sobre los interruptores del transformador.

Nivel del Fluido Refrigerante

La detección de un nivel insuficiente tendrá acciones similares a la del termómetro.

Incluirá un primer nivel de alarma y uno segundo de disparo sobre los interruptores del transformador.

b) Protecciones de Red

Protección de Cuba

La protección realizará la medición de la corriente circulante entre la cuba del transformador y tierra.

Será del tipo monofásico, con detector de sobrecorriente con temporizador.

Protecciones de Sobrecorriente Primaria de Fases

Se incluirá una protección que efectuará la medición de la corriente de fase en el tramo de acometida al reactor.

Protección de Sobrecorriente Residual

Conectada en la puesta a tierra del reactor de neutro, efectuará la medición de la corriente del reactor.

Será de actuación con retardo programado ante fallas monofásicas en la red o en la propia máquina de no actuar otra protección.

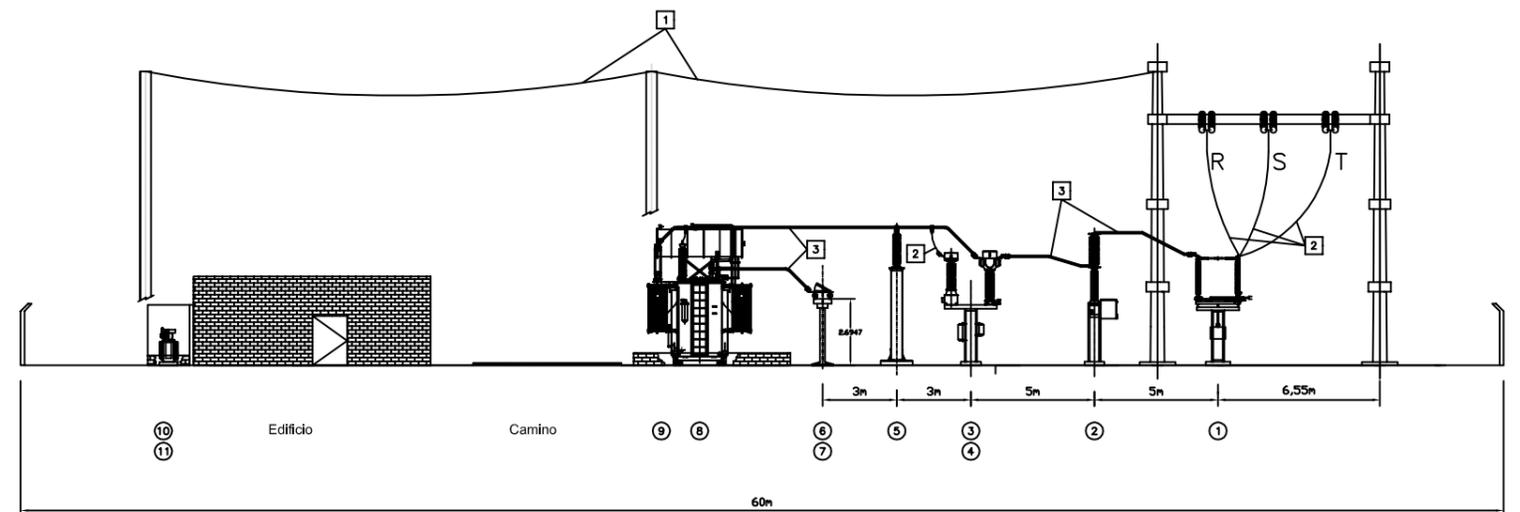
El ajuste en corriente y en tiempo de esta protección deberá estar por debajo de la capacidad térmica del reactor de neutro, dado que una corriente residual prolongada en el mismo puede comprometer su integridad.

Planos

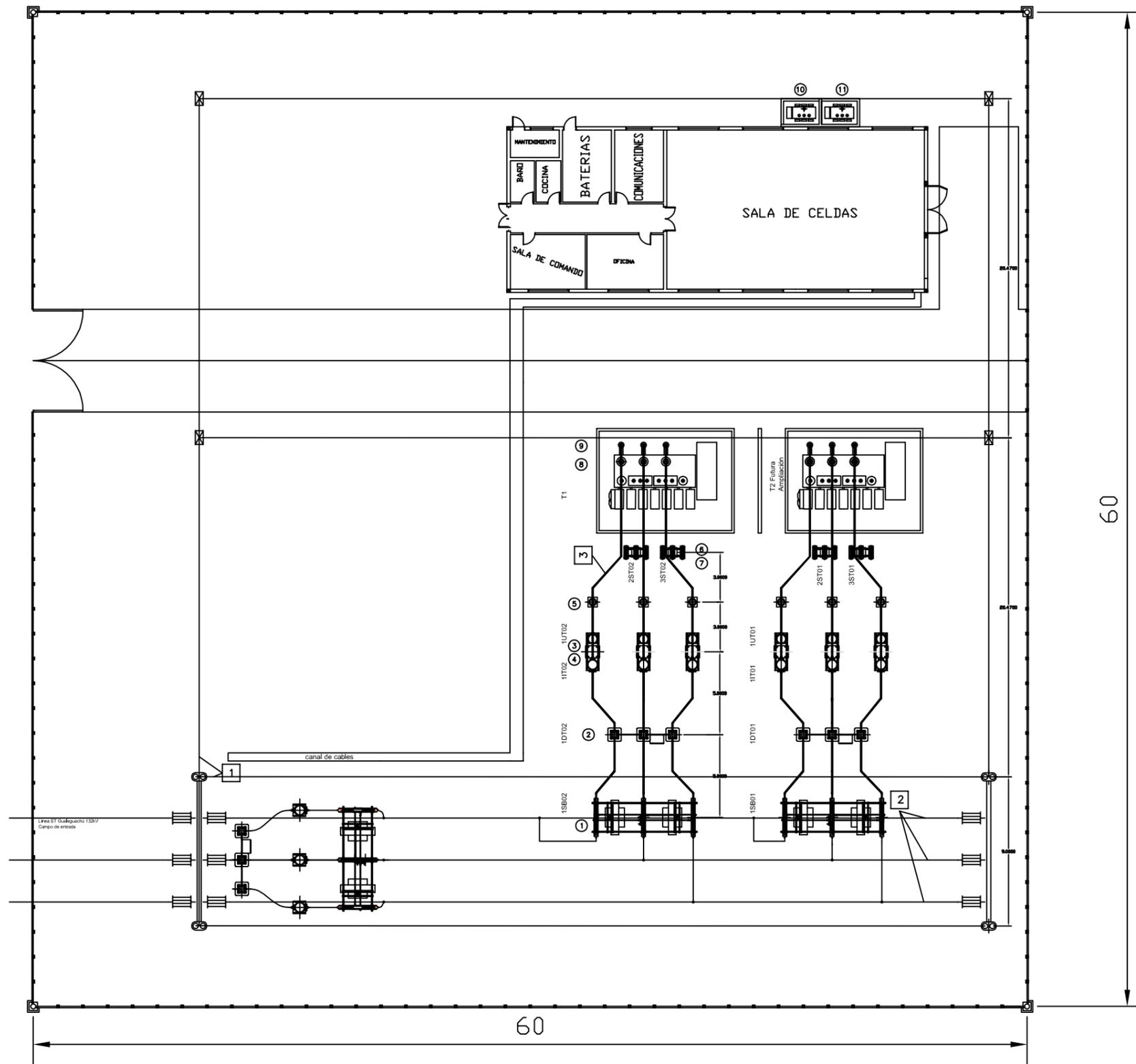
REFERENCIAS:

- ① SECCIONADOR POLOS PARALELOS C/ CUCH. PUESTA A TIERRA (132 kV)
- ② INTERRUPTOR (132 kV)
- ③ TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (132 kV)
- ④ TRANSFORMADOR DE TENSION (132 kV)
- ⑤ AISLADOR SOPORTE (132 kV)
- ⑥ SECCIONADOR DE TRANSFORMADOR (33 kV)
- ⑦ SECCIONADOR DE TRANSFORMADOR (13,2 kV)
- ⑧ TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/33/13,2 kV
- ⑨ DESCARGADOR (132 kV)
- ⑩ TRANSFORMADOR DE SS. AA 13,2/0,4-0,231 kV
- ⑪ TRANSFORMADOR DE NEUTRO

- 1 CABLE ACERO GALVANIZADO 1x50mm² – SEGUN IRAM 722
- 2 CABLE ALUMINIO ACERO 1x435/55mm²– SEGUN IRAM 2187
- 3 TUBO ALUMINIO Ø 70/50 mm



	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibicuy	 UTN.
Dibujado por:	Garabau, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional (FRCon) Facultad Regional Concordia	
Aprobado por:	Durand, Pablo D			
Escala 1:100	Denominación:		Plano N°: VG	
	Vista general ET Islas del Ibicuy		Medidas en [m]	

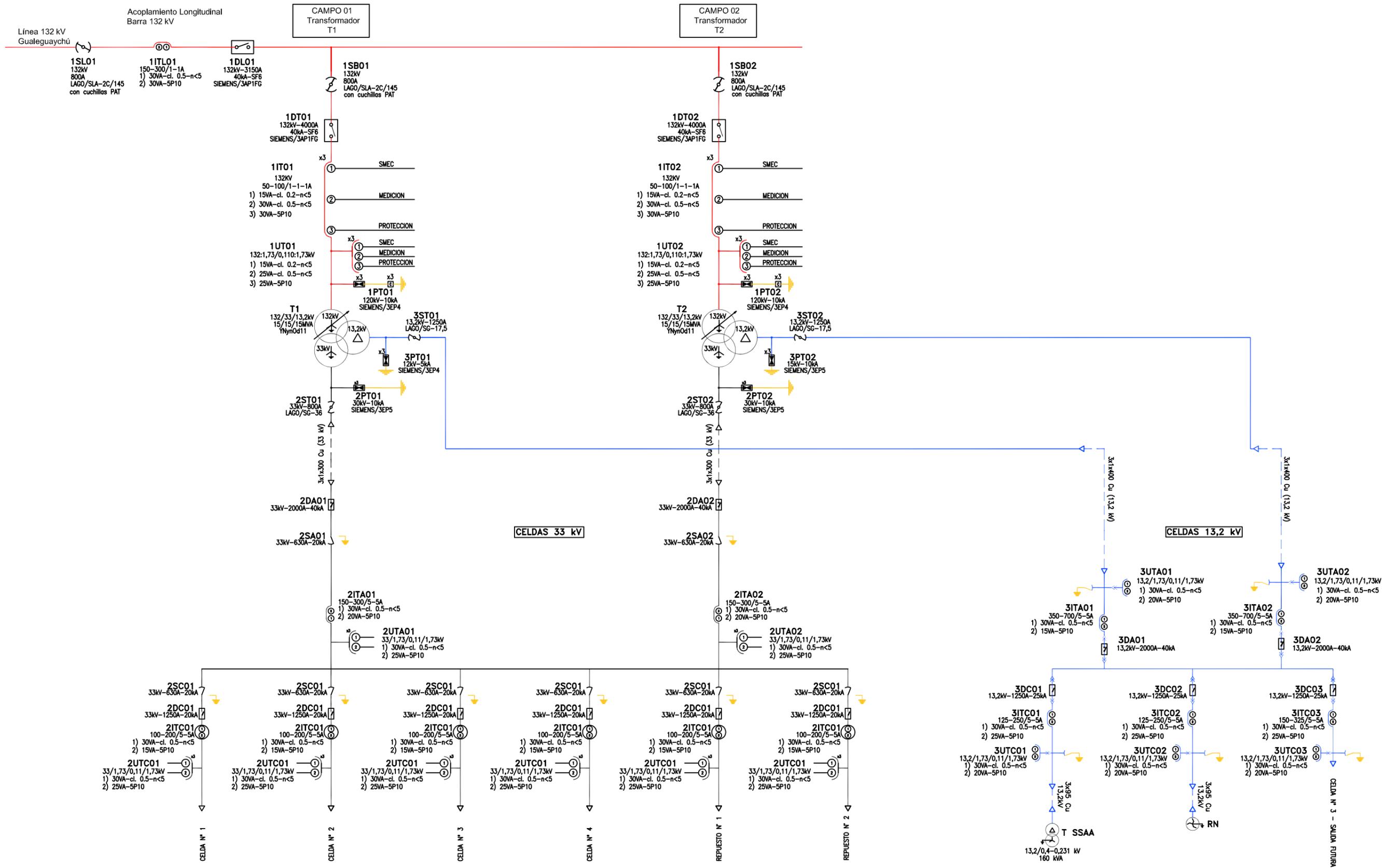


REFERENCIAS:

- ① SECCIONADOR POLOS PARALELOS C/ CUCH. PUESTA A TIERRA (132 kV)
- ② INTERRUPTOR (132 kV)
- ③ TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (132 kV)
- ④ TRANSFORMADOR DE TENSION (132 kV)
- ⑤ AISLADOR SOPORTE (132 kV)
- ⑥ SECCIONADOR DE TRANSFORMADOR (33 kV)
- ⑦ SECCIONADOR DE TRANSFORMADOR (13,2 kV)
- ⑧ TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/33/13,2 kV
- ⑨ DESCARGADOR (132 kV)
- ⑩ TRANSFORMADOR DE SS. AA 13,2/0,4-0,231 kV
- ⑪ TRANSFORMADOR DE NEUTRO

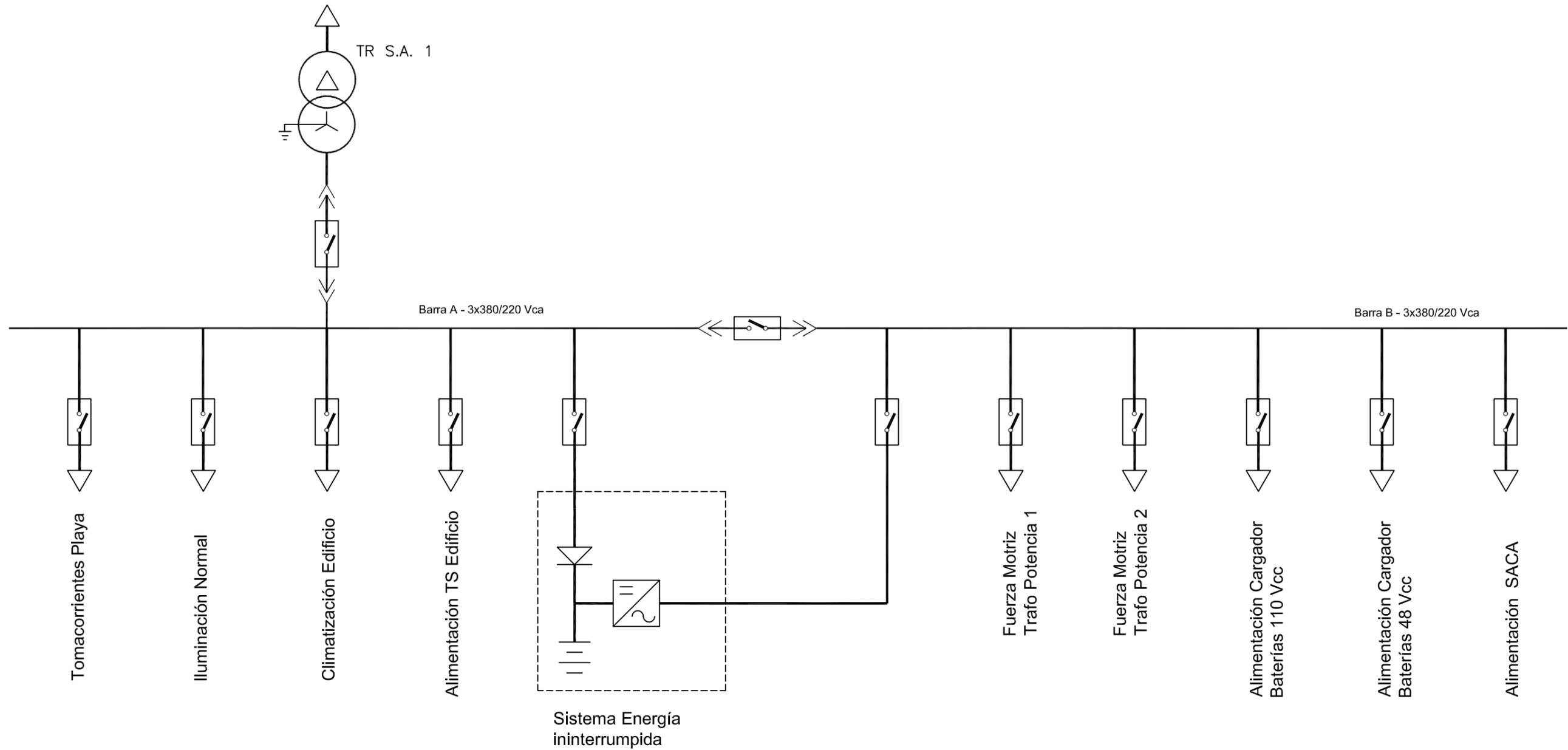
- 1 CABLE ACERO GALVANIZADO 1x50mm² – SEGUN IRAM 722
- 2 CABLE ALUMINIO ACERO 1x435/55mm²– SEGUN IRAM 2187
- 3 TUBO ALUMINIO ø 70/50 mm

	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibicuy	 UTN.
Dibujado por:	Garabau, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional (FRCon) Facultad Regional Concordia	
Aprobado por:	Durand, Pablo D			
Escala 1:100	Denominación:	Vista de planta ET Islas del Ibicuy		Plano N°: VA
				Medidas en [m]



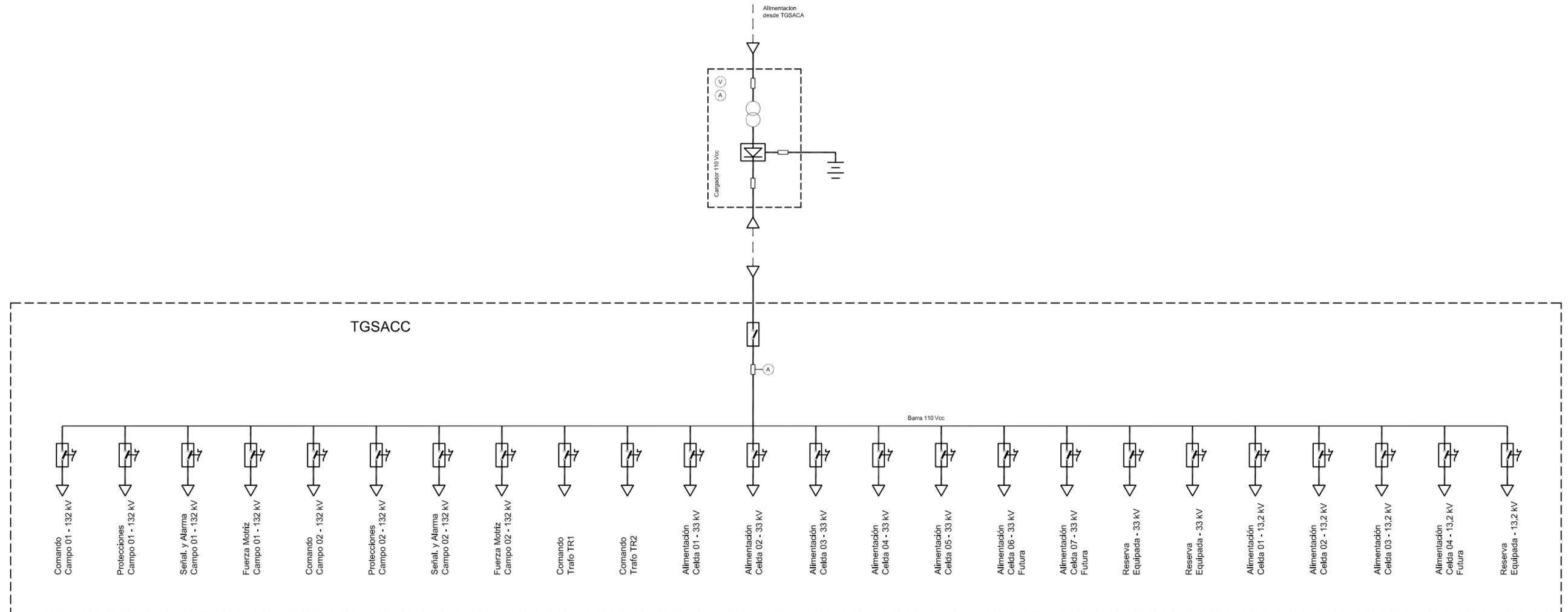
	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibicuy	
Dibujado por:	Garabau, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional	
Aprobado por:	Duran, Pablo D		(FRCon) Facultad Regional Concordia	
Escala 1:100	Denominación:	Diagrama Unifilar ET Islas del Ibicuy		Plano N°: DU
				Medidas en [m]

Esquema Unifilar SS. AA Generales CA 380/220 Vca



	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibcuy	 UT.N.
Dibujado por:	Garabuau, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional (FRCon) Facultad Regional Concordia	
Aprobado por:	Durand, Pablo D			
Escala 1:100	Denominación:		Plano N°: SA CA	
	Diagrama Unifilar SA CA		Medidas en [m]	

Esquema Unifilar SS. AA Generales CC 110 Vcc



	Apellido y Nombre:	Fecha:	Proyecto ET Islas del Ibicuy	 UTN.
Dibujado por:	Garabau, Juan Ignacio	18 - 12 - 2014	Generación Transmisión y Distribución de la energía	
Revisado por:	Mazurier - Marull		(UTN) Universidad Tecnológica Nacional (FRCon) Facultad Regional Concordia	
Aprobado por:	Durand, Pablo D			
Escala 1:100	Denominación:		Plano N°: SA CC	
	Diagrama Unifilar SA CC		Medidas en [m]	