



Universidad
de Alcalá

Escuela Politécnica Superior
DEPARTAMENTO DE TEORÍA DE LA
SEÑAL Y COMUNICACIONES

Apellidos:

Nombre :

D.N.I.:

Titulación : Master en Ingeniería Industrial

Curso: Curso 1

Fecha: 1 de junio de 2020

Asignatura: Tecnología e Ingeniería Eléctrica

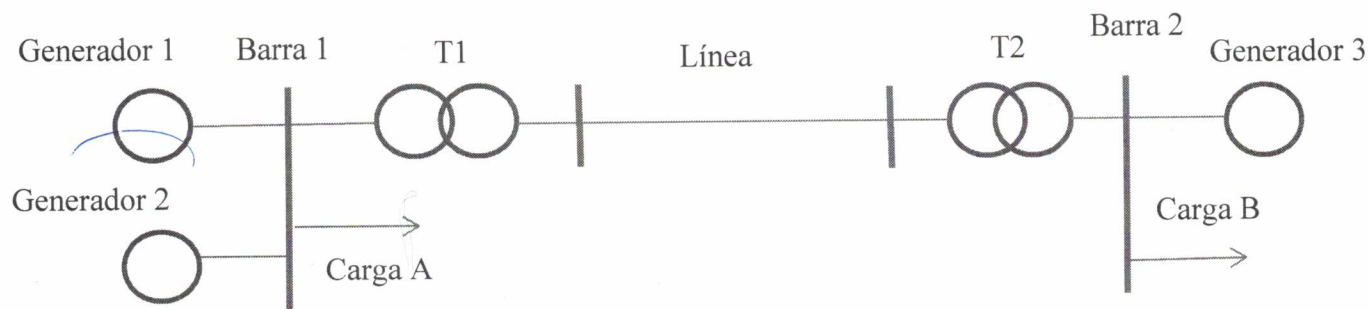
Modelo A

Cuestiones cortas:

- 1) Una región tiene una demanda máxima de 500 MW. Se supone que la curva de carga **diaria** decreciente es un triángulo. Definir matemáticamente para esta demanda, la curva agregada monótona decreciente de carga, la curva monótona de carga probabilística decreciente, la función de distribución y de densidad de la variable aleatoria demanda de carga. (0,5)
- 2) Los aisladores son constituyentes fundamentales de las líneas aérea de A.T. ¿Qué características fundamentales hay que tener en cuenta para su correcta elección? (0,25)
- 3) ¿Por qué se produce el efecto corona en líneas de A. T.? ¿Qué efectos produce y cómo se reducen estos? (0,25)
- 4) Explica cómo se obtiene la tabla de cálculo mecánico de conductores, la de tendido y las parábolas de tendido ¿para qué sirven? (0,25)
- 5) Define las características más importantes de un Interruptor automático de A.T. Actualmente ¿cuáles son los tipos se utilizan? ¿y en qué aplicaciones? (0,25)
- 6) ¿Podrías explicar mediante un ejemplo el funcionamiento de un relé de protección direccional (0,25)
- 7) Resume brevemente las características de las sobretensiones pueden aparecer en las instalaciones de A.T.¿ y su origen? (0,5 p)
- 8) ¿Sabrías explicar el significado de los términos de SIL y WIL de un pararrayos-autoválvula? (0,25)

Ejercicio 1 (3 p)

Sea el esquema unifilar de un suministro trifásico de la figura:



Características:

- Generador 1: 30 MVA, 10,5 kV $X_s = 4,1 \Omega$
- Generador 2: 15 MVA, 11 kV, $x_s = 110\%$
- Generador 3: 25 MVA, 6,6 kV, $x_s = 1,2 \text{ p. u.}$
- T1: 40 MVA, 50/11 kV, $X = 5 \Omega/\text{fase}$ lado de alta
- T2: 20 MVA, 50/6,2 kV, $X = 6\%$
- Línea de transporte $5 + 20j (\Omega)/\text{fase}$
- Carga A: 10 MW 5MVar
- Carga B: 20 MW con factor de potencia 0,8 inductivo a 6,6 KV

1. Obtener el modelo de impedancias en p.u. del sistema en base a 40 MVA

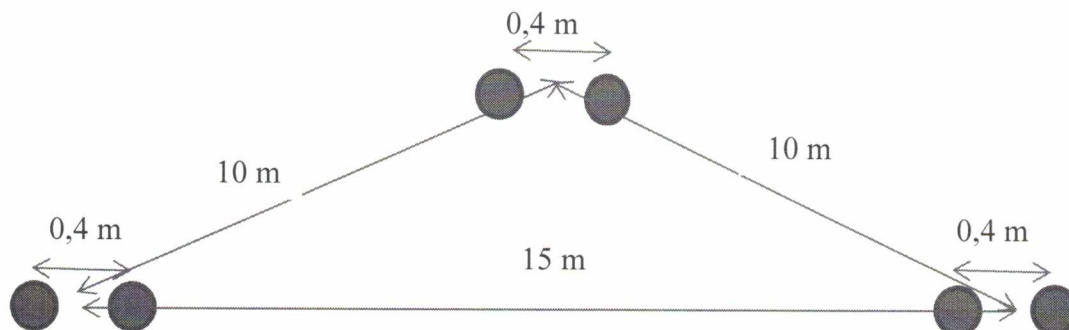
2 Dibujar la carta de operación p.u. del **G2**, tomando como base sus **valores nominales**, supuesto que la turbina que lo mueve puede entre operar entre el 10% y el 90% de su potencia nominal, $\delta_{\max} = 80^\circ$, y la $I_{e_{\max}} = 1,8$ p.u. (0,5 p) *0,75 p*

3 **G2** inyecta 10 MVA a $\cos \phi = 0,8$ capacitivo y la tensión en la barra 1 es de 11 KV. Sitúe el punto de operación del **G2** en su carta y calcule su **f.e.m.** (1 p) *0,5 p*

4. Si en estas condiciones **G1** inyecta 15 MW, hallar la corriente en el secundario del **trafo 2** (1 p) *0,75*

Ejercicio 2 (2 p)

Sea una línea trifásica de dúplex de transporte (300 km y 400 kV) de dimensiones como se indica en la figura. Los conductores son Cardenal (composición: 54/7 diámetro = 27,7 mm, sección: 547,3 mm², resistencia a 20°C = 0,0597 Ω /km). Se desprecia la perditancia de la línea.



Calcular:

1. Las constantes kilométricas de la línea y circuito equivalente en π a 50 Hz. *0,75 + 0,25*
2. La impedancia característica y la función de propagación. *0,5*
3. La tensión al principio de línea es de 400 KV. Utilizando el modelo en π ¿cuál será la corriente al principio de la línea si esta en vacío? *0,5*

Ejercicio 3 (1,5 p)

Se desea dimensionar una línea subterránea trifásica de distribución de alta tensión que va alimentar a varios edificios del campus externo de la UAH. La conexión se realiza través de un apoyo de entronque aéreo subterráneo con una línea aérea procedente de una subestación. Se dispone de los siguientes datos de instalación.

Datos de consumo	Acometida	Línea	Instalación
• S = 10 MVA • $\cos \phi = 0,9$ inductivo • V = 20 kV	• $S_{cc} = 500$ MVA • t_{cc} (protección contra cortocircuitos) = 0,3 seg • No hay protección contra fallas a tierra • V = 20 kV	• Longitud: 3000 m.	• Directamente enterrado a 1 m de profundidad • $T_{amb} = 25^\circ \text{C}$. • Resistencia térmica del terreno de 1,5 K. m/W

Se elige un cable unipolar Al Eprotenax H Compact de Prysmian. Obtener en primera aproximación, justificando la repuesta, las características del conductor adecuado, de forma que se cumplan las prescripciones reglamentarias. Dato: $\alpha = 0,00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ *1 + 0,5 p*

Ejercicio 4 (1 p)

Para la puesta a tierra de protección en el **apoyo de entronque aéreo-subterráneo** del **ejercicio anterior** se va a utilizar un electrodo normalizado UNESA de las siguientes características: $k_r = 0,101 \text{ } \Omega/\Omega\cdot\text{m}$, $k_p = 0,02 \text{ V}/\Omega\cdot\text{m (A)}$ y $k_c = 0,046 \text{ V}/\Omega\cdot\text{m(A)}$. La resistividad del terreno son 150 $\Omega\cdot\text{m}$. La puesta a tierra de la subestación cabecera de la línea tiene un valor de 50j (Ω). Obtener:

- a) La resistencia a tierra del sistema y la corriente por defecto caso de un defecto franco en una cadena de aisladores. Tensión de paso y de contacto. Tensión de paso de contacto máximas admisibles.
- b) ¿Qué elementos básicos debe llevar este apoyo de entronque para la protección contra descargas atmosféricas, maniobras y protección? *0,25 + 0,25*

0,5 + 0,5 p

olueum

1)

$$S_B = 40 \text{ MVA}$$

BASES →

$$\begin{cases} U_{B1} = 11 \text{ KV} \\ U_{B2} = 50 \text{ KV} \\ U_{B3} = 6.2 \text{ KV} \end{cases} \begin{cases} I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} U_{B1}} = 2099 \text{ A} \\ I_{B2} = 461 \text{ A} \\ I_{B3} = 3724 \text{ A} \end{cases} \begin{cases} Z_{B1} = \frac{U_{B1}^2}{S_B} = 3.02 \Omega \\ Z_{B2} = 62.5 \Omega \\ Z_{B3} = 0.98 \Omega \end{cases}$$

o Generador 1: $Z_{G1} = \frac{4.1j}{3.02} = 1.35j \text{ (p.u.)}$

o Generador 2: $Z_{G2} = 1.1j \left(\frac{11}{11} \right)^2 \cdot \frac{40}{15} = 2.93j \text{ (pu)}$

o Generador 3: $Z_{G3} = 1.2j \left(\frac{6.2}{6.2} \right)^2 \cdot \frac{40}{25} = 2.11j \text{ (pu)}$ ①

o Trafo 1: $Z_{T1} = \frac{25j}{62.5} = 0.08j$

o Trafo 2: $Z_{T2} = 0.06j \left(\frac{6.2}{6.2} \right)^2 \cdot \frac{40}{20} = 0.075j \text{ (pu)}$
 $0.12j \text{ pu}$

o Linea de Transporte: $Z_L = \frac{5 + 20j}{62.5} = 0.08 + 0.32j \text{ (pu)}$

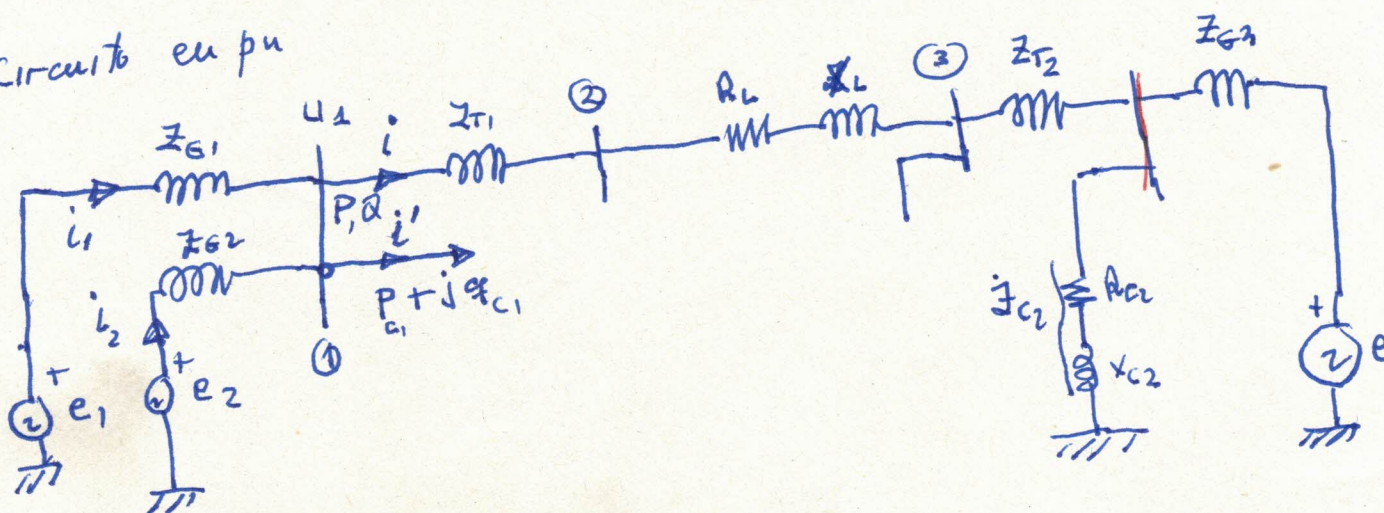
o Carga 1 (No lineal, p, q constants) independent de v $I_C^{(1)} = \frac{40 + 3j}{40} = 0.25 + 0.12j \text{ pu}$

o Carga 2 (impedancia) $S_{C2} = \frac{P_{C2}}{\cos \phi} = \frac{30 \text{ MW}}{0.8} = 37.5 \text{ MVA}$

$$Z_C = \frac{6.2^2}{37.5} (0.8 + 0.6j) = 0.92 + 0.69j (\Omega)$$

$$Z_C = \frac{0.92 + 0.69j}{0.56} = 0.96 + 0.71 \text{ (pu)}$$

Circuito en pu



2) G2 base la potencia nominal

$$S_B = 15 \text{ MVA} = S_N$$

$$U_N = 11 \text{ kV} = U_B$$

$$X_S = 110\% = 1.1 \text{ pu}$$

$$S = 1$$

$$U = 1 \text{ pu}$$

$$x_S = 1.1$$

recinto

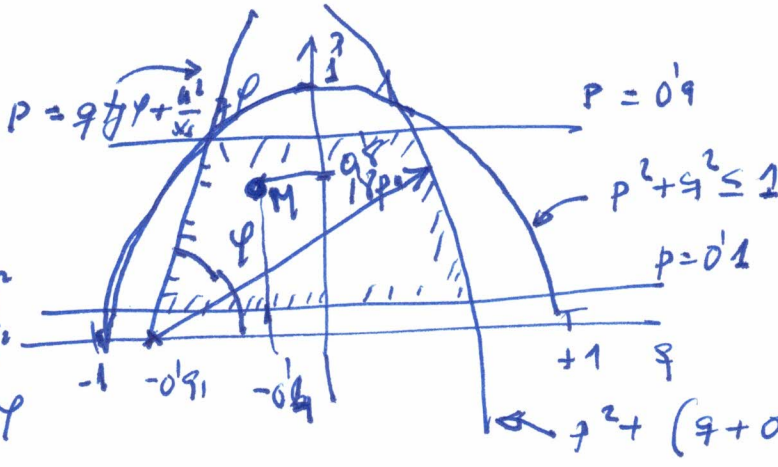
$$p^2 + q^2 \leq 1$$

$$p \leq 0.9$$

$$p \geq 0.1$$

$$p^2 + (q + 0.91)^2 \leq \left(\frac{1.8 \cdot 1}{1.1}\right)^2$$

$$p = 0.9 \text{ pu}$$

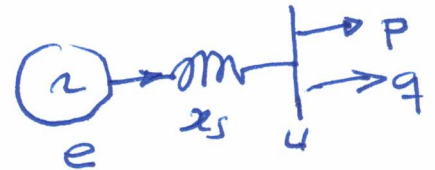


3) Punto de operaci3n en la carta (M)

$$S = 10 \text{ MVA}, \cos \phi = 0.8$$

$$P = S \cdot \cos \phi = 10 \cdot 0.8 = 8 \text{ MW}$$

$$Q = S \sin \phi = 10(-0.6) = -6 \text{ MVA}_r$$



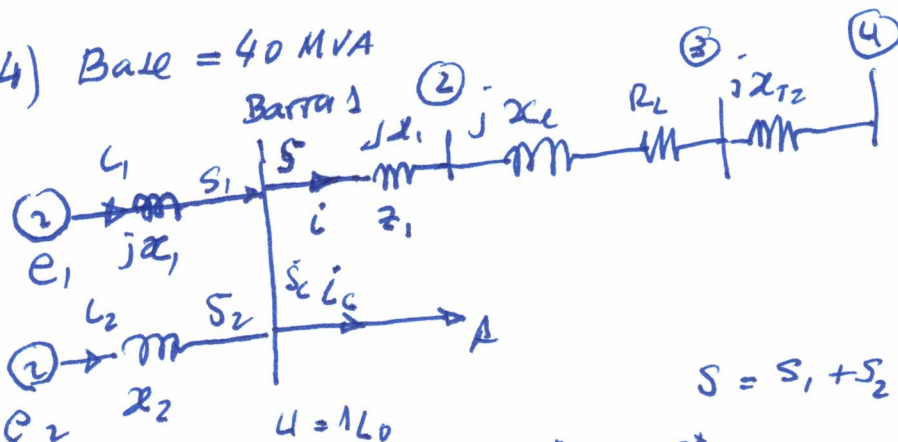
$$p = \frac{P}{S_B} = \frac{8}{15} = 0.533 \text{ pu}$$

$$q = \frac{Q}{S_B} = \frac{-6}{15} = -0.4 \text{ pu}$$

$$(0.533)^2 + (-0.4 + 0.91)^2 = \left(\frac{e \cdot 1}{1.1}\right)^2 \rightarrow e$$

$$|E| = |e| \cdot \frac{U_B}{r_2} =$$

4) Base = 40 MVA



Balace de potencia
en la barra 1 Base
40MVA general

$$S_1 = \left(\frac{15}{40} + 0j\right) \text{ pu}$$

$$S_2 = \left(\frac{8}{40} - \frac{6}{40}j\right) \text{ pu}$$

$$S_c = \left(\frac{10}{40} + \frac{5}{40}j\right) \text{ pu}$$

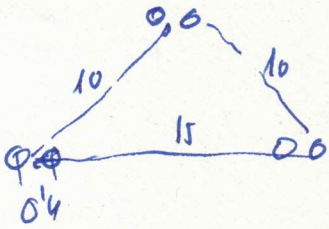
$$S = S_1 + S_2 - S_c$$

$$i = \frac{S^*}{U^*}$$

$$I_{T2 \text{ sec}} = |i| \cdot I_{B3}$$

EJERCICIO 2

1)



$$r = \frac{0.0597 \Omega/\text{km}}{2} = 0.0298 \Omega/\text{km}$$

$$\alpha_p = \omega L = 2\pi \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} = 3247 \cdot 10^{-4} \Omega/\text{km}$$

$$\begin{cases} RMG = \sqrt{r' \cdot d} = 0.065 \text{ m} \\ DMG = \sqrt[3]{15 \cdot 10 \cdot 10} = 11.44 \text{ m} \end{cases}$$

$$b_e = \omega G' = 2\pi \cdot 50 \cdot \frac{0.0242}{\ln \frac{DMG}{RMG}} = 3.45 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1}/\text{km}$$

$$\text{ojo} \rightarrow RMG = \sqrt{r \cdot d} = 0.0744 \text{ m}$$

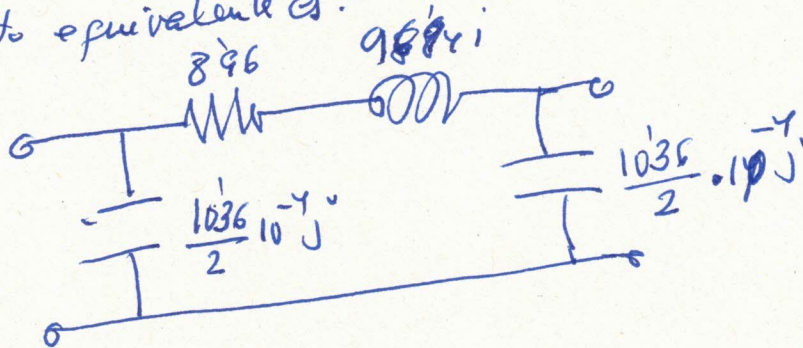
$$R_L = r \cdot l = 0.0298 \cdot 300 = 8.96 \Omega$$

$$X_L = \alpha_p \cdot l = 628 \cdot 10^{-4} \cdot 300 = 98.84 \Omega$$

$$B_L = b_e \cdot l = 3.45 \cdot 10^{-6} \cdot 300 = 1036 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}$$

$$\begin{cases} Z = (8.96 + j98.84) \Omega \\ Y = (j1036 \cdot 10^{-4}) \Omega^{-1} \end{cases}$$

El circuito equivalente es:



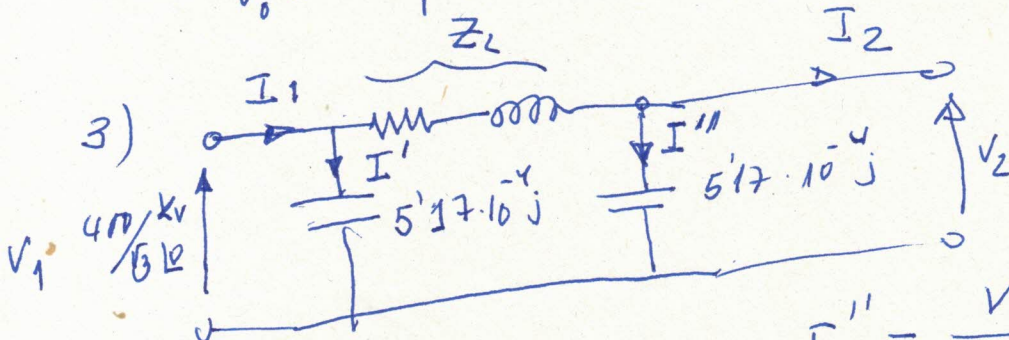
2)

$$\gamma_0 = \sqrt{Z \cdot Y} = \sqrt{20.95 \angle 64.5^\circ \cdot 10.36 \cdot 10^{-4} \angle 90^\circ} = 0.33 \angle 87^\circ$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{20.95}{10.36 \cdot 10^{-4}} \angle -25.5^\circ} = 310.2 \angle -2.7^\circ \Omega$$

$$\gamma_0 = \alpha + \beta j = 0.031 \text{ Np} + 0.13 j$$

3)



$$I_2 = 0$$

$$I_1 = I' + I''$$

$$I'' = \frac{V_1}{Z_L + \frac{1}{Y_L/2}}$$

EJERCICIO 3

Tensión nominal del conductor

No hay protección a tierra → línea categoría 4

$$U_0/U = 18/30 \text{ kV}$$

Elección de la sección

$$I = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_n} = \frac{10 \cdot 10^6 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 288,6 \text{ A}$$

directamente enterrado $1 \times 240/6$

Aguante ante cortocircuitos

$$I_{cc} = \frac{I_{00} \text{ MVA}}{\sqrt{3} 20 \text{ kV}} = 14.443 \text{ A}$$

este conductor aguante durante 4 seg 22560 A
por lo tanto le sobra.

Caída de tensión

$$\Delta V \% = \left(\frac{r_L \cdot P \cdot l}{U^2} + \frac{x_L \cdot Q \cdot l}{U^2} \right) \times 100 =$$

¿A qué temperatura aumentará el conductor?
Perdidas de potencia

$$\Delta P \% = \frac{r_L \cdot P \cdot l}{U^2 \cos^2 \varphi} \times 100 =$$

$$r_L = 0,125 \text{ } \Omega/\text{km} \quad \text{--- } 0,168$$

$$x_L = 0,109$$

$$c = 0,301 \text{ } \mu\text{F}/\text{km}$$

EJERCICIO 4

a) $k_r = 0'101 \Omega/\Omega \cdot m$ $k_p = 0'02 V/\Omega \cdot m (A)$ $k_c = 0'046 V/\Omega \cdot m (A)$

$\rho = 150 \Omega \cdot m$

$V = 20 kV$

$X_n = 50 \Omega$

$R_T = \rho \cdot k_r = 150 \cdot 0'101 = 15,15 \Omega$

$I_d = \frac{V}{\sqrt{3} \sqrt{(R_T + R_T)^2 + X_n^2}} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0+15'15)^2 + 50^2}} = 221 A$

$V_d = 221 \cdot 15,15 \Omega = 3348 V$

$U_p = k_p I_d \cdot \rho = 0'02 \cdot 221 \cdot 150 = 663 V$

$V_c = k_c I_d \cdot \rho = 0'046 \cdot 221 \cdot 150 = 1524 V$

RAT
 $U_{cmax} = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1'5 \rho}{1000} \right]$

$U_{pmax} = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} \cdot 6 \rho T}{1000} \right]$

$U_{ca} = 50 V$

$R_{a1} = 200 \Omega$

$\rho = 150 \Omega \cdot m$

$U_{cmax} = 111,28 V$

$U_{pmax} = 2950 V$

el electrodo no cumple

b) - Sistema de puesta a tierra

- Autorreltubn en los tos fenes

- Seccionador - ~~Interrupido~~