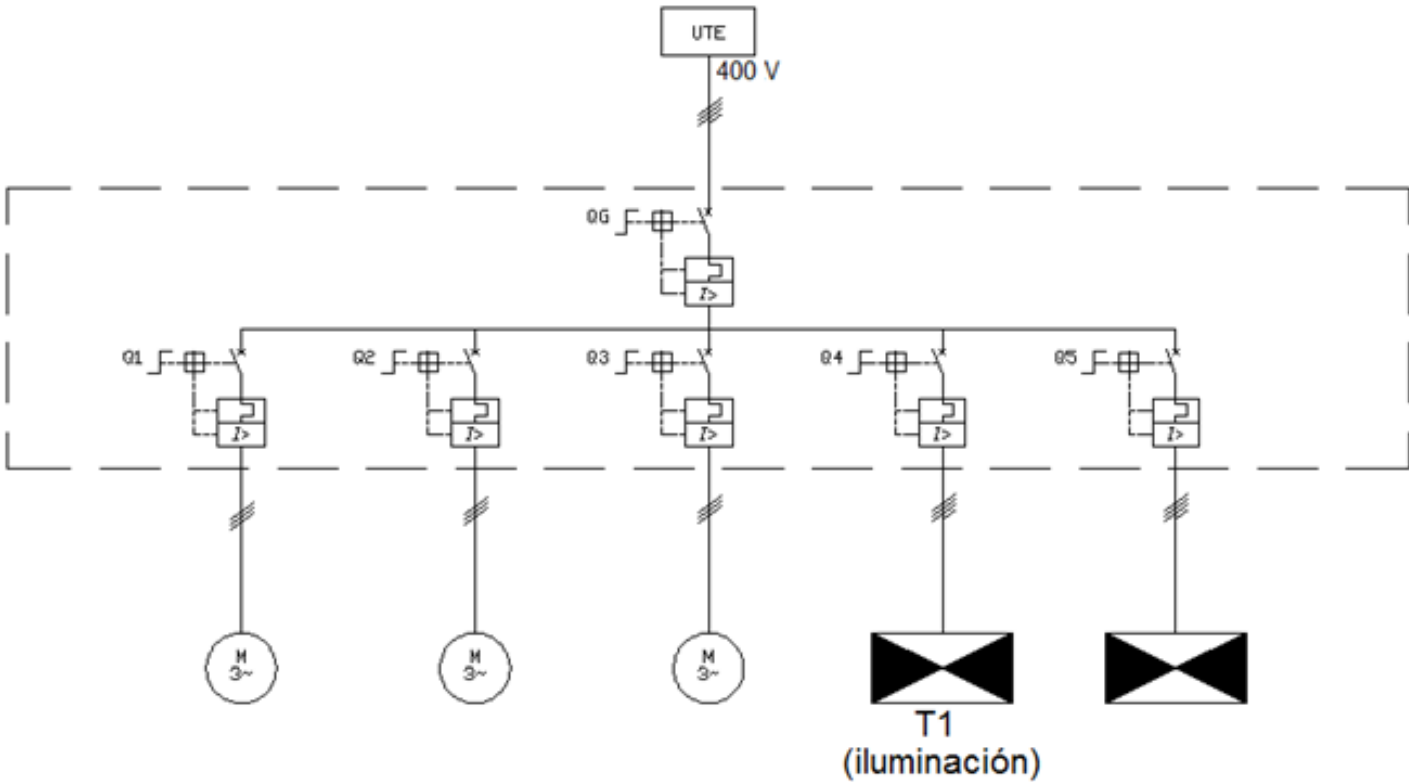


EJERCICIO

(EX_FEB-2012/Ejercicio/Parte e)



- Se tiene una instalación con alimentación trifásica con neutro en 400 V con sistema de distribución TT.
- Resistencia de puesta a tierra del neutro = 5Ω .
- Para realizar una PAT local del Tablero T1 se cuenta con jabalinas de 2m de largo y 1" (25,4mm).
- La configuración a utilizar es de jabalinas alineadas espaciadas 3 m.
- El terreno tiene una resistividad $\rho = 80 \Omega\text{m}$ y su longitud máxima es de 10m.
- Suponer que la instalación está a la intemperie.
- Se adjunta tabla con factores de reducción para jabalinas alineadas
- Se adjunta tabla IEC con tiempos de apertura de los diferenciales
- Se adjunta tabla con tiempos máximos de seguridad en función de la tensión de contacto y de las condiciones de humedad

$$R_{1J} = \left(\frac{\rho}{2\pi L} \right) \times Ln \left(\frac{4L}{d} \right)$$

Tabla con factores de reducción para jabalinas alineadas

$L = 2m \quad d = 1'' \quad R_{1 \text{ haste}} = 0,458\rho a$								
ESPACIAMIENTOS	2m		3m		4m		5m	
Número de JABALINAS	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K
2	$0,264\rho a$	0,577	$0,254\rho a$	0,554	$0,248\rho a$	0,542	$0,244\rho a$	0,534
3	$0,192\rho a$	0,420	$0,180\rho a$	0,394	$0,174\rho a$	0,380	$0,170\rho a$	0,371
4	$0,153\rho a$	0,335	$0,142\rho a$	0,309	$0,135\rho a$	0,296	$0,131\rho a$	0,287
5	$0,129\rho a$	0,281	$0,117\rho a$	0,257	$0,111\rho a$	0,243	$0,108\rho a$	0,235
6	$0,111\rho a$	0,243	$0,101\rho a$	0,220	$0,095\rho a$	0,207	$0,091\rho a$	0,200
7	$0,099\rho a$	0,215	$0,088\rho a$	0,193	$0,083\rho a$	0,181	$0,080\rho a$	0,174
8	$0,089\rho a$	0,194	$0,079\rho a$	0,173	$0,074\rho a$	0,161	$0,071\rho a$	0,154
9	$0,081\rho a$	0,176	$0,071\rho a$	0,156	$0,067\rho a$	0,145	$0,064\rho a$	0,139
10	$0,074\rho a$	0,162	$0,065\rho a$	0,143	$0,061\rho a$	0,133	$0,058\rho a$	0,126
11	$0,069\rho a$	0,150	$0,060\rho a$	0,132	$0,056\rho a$	0,122	$0,053\rho a$	0,116
12	$0,064\rho a$	0,140	$0,056\rho a$	0,122	$0,052\rho a$	0,113	$0,049\rho a$	0,107
13	$0,060\rho a$	0,131	$0,052\rho a$	0,114	$0,048\rho a$	0,105	$0,046\rho a$	0,100
14	$0,057\rho a$	0,124	$0,049\rho a$	0,107	$0,045\rho a$	0,099	$0,043\rho a$	0,093
15	$0,053\rho a$	0,117	$0,046\rho a$	0,101	$0,043\rho a$	0,093	$0,040\rho a$	0,088

Características de los interruptores diferenciales según norma IEC:

$I_{falla} (*)$	ΔIn	$2 \Delta In$	$5 \Delta In$	500 (A)
Tiempo máximo de apertura:	0.3 s.	0.15s.	0.04s.	0.04s.

(*): Corriente que circula por el diferencial

Tabla con tiempos máximos de seguridad en función de la tensión de contacto y de las condiciones de humedad

Tensión de contacto (V)	Tiempos máximos (s)	
	Estado seco	Estado mojado
25	∞	∞
50	∞	0,48
75	0,60	0,30
90	0,45	0,25
120	0,34	0,18
150	0,27	0,12
220	0,17	0,05
280	0,12	0,02
350	0,08	-
500	0,04	-

1. Diseñar la PAT con la menor resistencia posible.
2. ¿cual es la condición por reglamento para lograr una protección contra contactos indirectos en la instalación?

SOLUCION

1. Diseñar la PAT con la menor resistencia posible.

$$R_{1J} = \left(\frac{\rho}{2\pi L} \right) \times Ln \left(\frac{4L}{d} \right) = 36,62 \Omega$$

		$L = 2m$		$d = 1''$		$R_{1\text{ jabate}} = 0,458\rho a$			
ESPACIAMIENTOS		2m		3m		4m		5m	
Número de JABALINAS	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	
2	$0,264\rho a$	0,577	$0,254\rho a$	0,554	$0,248\rho a$	0,542	$0,244\rho a$	0,534	
3	$0,192\rho a$	0,420	$0,180\rho a$	0,394	$0,174\rho a$	0,380	$0,170\rho a$	0,371	
4	$0,153\rho a$	0,335	$0,142\rho a$	0,309	$0,135\rho a$	0,296	$0,131\rho a$	0,287	
5	$0,129\rho a$	0,281	$0,117\rho a$	0,257	$0,111\rho a$	0,243	$0,108\rho a$	0,235	
6	$0,111\rho a$	0,243	$0,101\rho a$	0,220	$0,095\rho a$	0,207	$0,091\rho a$	0,200	
7	$0,099\rho a$	0,215	$0,088\rho a$	0,193	$0,083\rho a$	0,181	$0,080\rho a$	0,174	
8	$0,089\rho a$	0,194	$0,079\rho a$	0,173	$0,074\rho a$	0,161	$0,071\rho a$	0,154	
9	$0,081\rho a$	0,176	$0,071\rho a$	0,156	$0,067\rho a$	0,145	$0,064\rho a$	0,139	
10	$0,074\rho a$	0,162	$0,065\rho a$	0,143	$0,061\rho a$	0,133	$0,058\rho a$	0,126	
11	$0,069\rho a$	0,150	$0,060\rho a$	0,132	$0,056\rho a$	0,122	$0,053\rho a$	0,116	
12	$0,064\rho a$	0,140	$0,056\rho a$	0,122	$0,052\rho a$	0,113	$0,049\rho a$	0,107	
13	$0,060\rho a$	0,131	$0,052\rho a$	0,114	$0,048\rho a$	0,105	$0,046\rho a$	0,100	
14	$0,057\rho a$	0,124	$0,049\rho a$	0,107	$0,045\rho a$	0,099	$0,043\rho a$	0,093	
15	$0,053\rho a$	0,117	$0,046\rho a$	0,101	$0,043\rho a$	0,093	$0,040\rho a$	0,088	

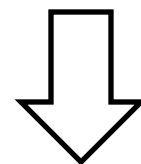
resistencia equivalente de jabalinas en paralelo

$$R_{nj} = K \times R_{1j} \begin{cases} R_{1j} \text{ es la resistencia de puesta a tierra de una jabalina} \\ R_{nj} \text{ es la resistencia de puesta a tierra de } n \text{ jabalinas} \\ K \text{ índice de reducción} \end{cases}$$

OBS: a mayor nº de jabalinas, menor K.

- Largo máximo del terreno= 10m
- Jabalinas espaciadas 3m

nº de jabalinas= 4



$$R_{nj} = K \times R_{1j} = 11,32 \Omega$$

$$K = 0,309$$

$$R_{1J} = 36,62 \Omega$$

2. ¿cual es la condición por reglamento para lograr una protección contra contactos indirectos en la instalación?

Sistema de distribución TT

Dispositivo Diferencial Residual

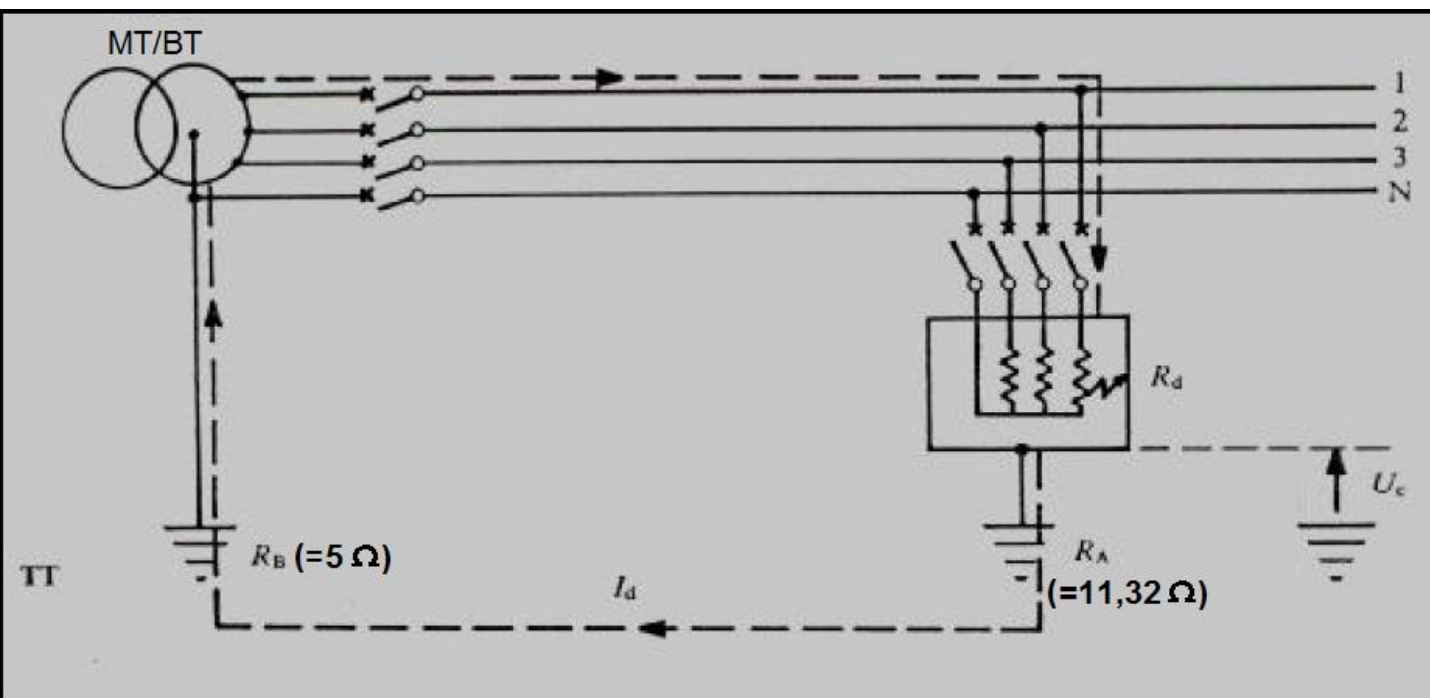
- La instalación está a la intemperie

Tensión de contacto (V)	Tiempos máximos (s)	
	Estado seco	Estado mojado
25	∞	∞
50	∞	0,48
75	0,60	0,30

$U_L = 25 \text{ V}$ (Peor caso)

- $R_{PAT} = 11,32 \Omega$

- $R_{neutro} = 5 \Omega$



$$I_d = \frac{U_n / \sqrt{3}}{R_A + R_B} = \frac{400 / \sqrt{3}}{5 + 11,32} = 14,5 \text{ A}$$

(1ra condición)

$$R_A \cdot I_{\Delta_n} \leq U_L \Rightarrow I_{\Delta_n} \leq \frac{U_L}{R_A} = 25 / 11,32 = 2,21 \text{ A}$$

$$I_{\Delta_n} \leq 2,21 \text{ A}$$

(2da condición)

$$\underline{t_{ap} < t_{max_seg}@U_c \max}$$

$$U_{c_{MÁX}} = R_A \cdot I_d = 11,32 \times 14,5 = \underline{164,1 \text{ V}}$$

Tensión de contacto (V)	Tiempos máximos (s)	
	Estado seco	Estado mojado
25	∞	∞
50	∞	0,48
75	0,60	0,30
90	0,45	0,25
120	0,34	0,18
150	0,27	0,12
220	0,17	0,05
280	0,12	0,02
350	0,08	-
500	0,04	-

$$\underline{t_{ap} < t_{max_seg}@U_c \max}$$

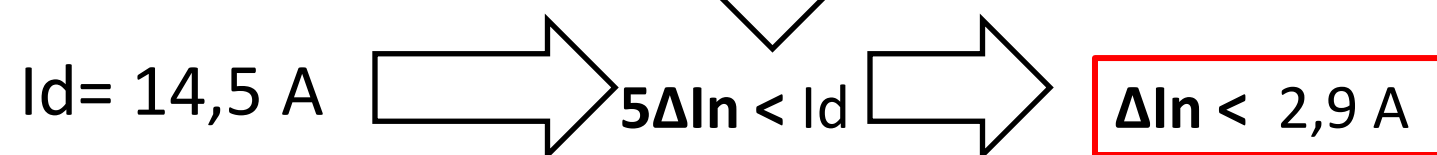
$$t_{max_seg}@U_c \max = \underline{0,05s}$$

$$t_{ap} < 0,05s$$

Características de los interruptores diferenciales según norma IEC:

$I_{falla} (*)$	ΔI_n	$2 \Delta I_n$	$5 \Delta I_n$	500 (A)
Tiempo máximo de apertura:	0.3 s.	0.15s.	0.04s.	0.04s.

(*): Corriente que circula por el diferencial



Recordar Verificaciones:

- $RA \cdot \Delta I_n \leq UL$ (t infinito)
- $t_{\text{apertura}} < t_{\text{seguridad max @ } U_c}$
- $\Delta I_n < I_d$
- $I_{\text{fugas}} < \Delta I_n / 2$