

Instalaciones Eléctricas – Examen 12-07-18

Indicaciones:

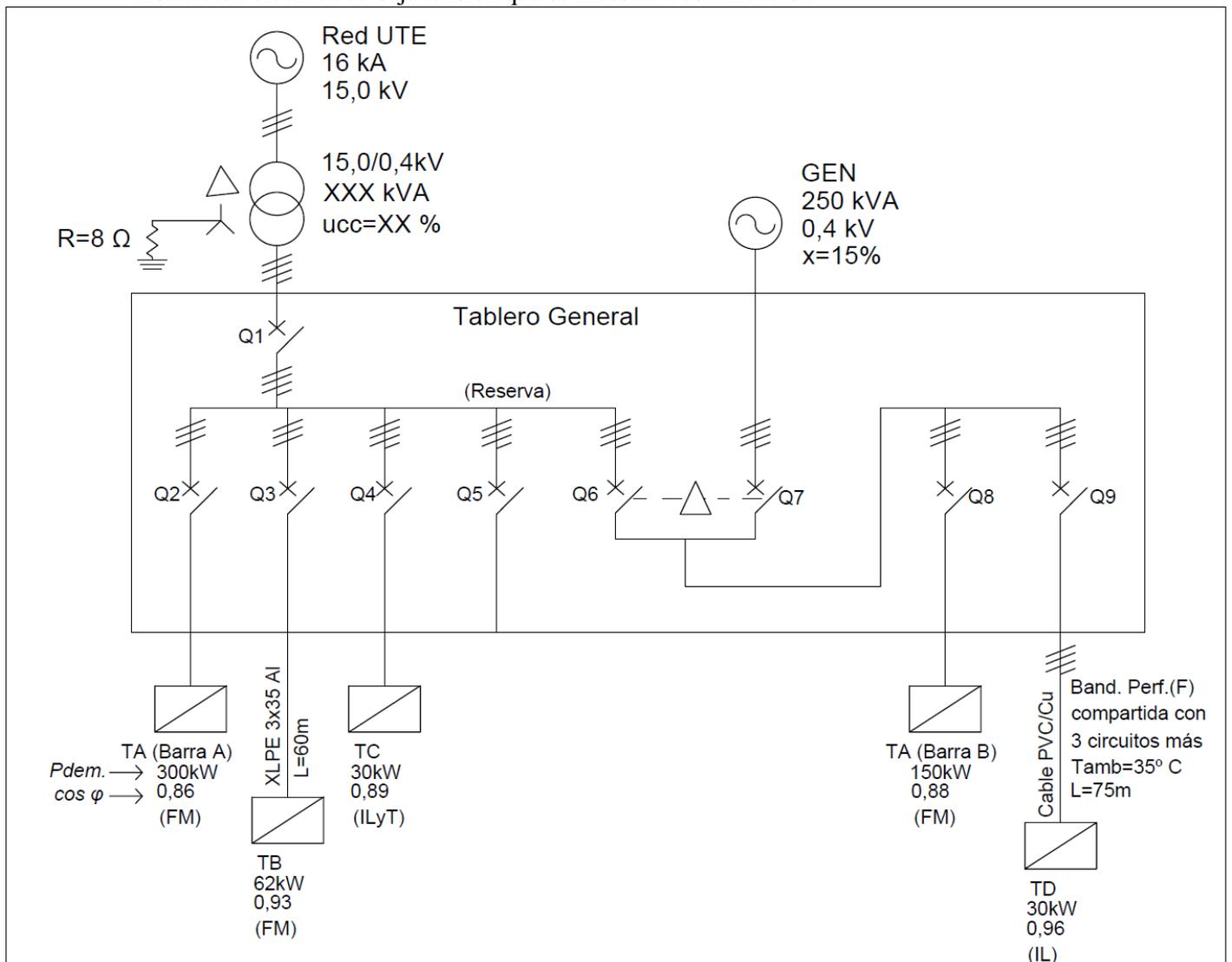
- Escribir nombre y CI en todas las hojas.
- Numerar todas las hojas con el formato x/y, siendo “x” el nº de hoja e “y” el nº total de hojas.
- Comenzar a responder cada pregunta y ejercicio en una hoja nueva. Escribir solamente de un lado de cada hoja.
- Entregar las hojas dobladas por pregunta/ejercicio y con el nombre visible.
- El uso de teléfono durante la prueba conllevará el inmediato retiro de la misma.

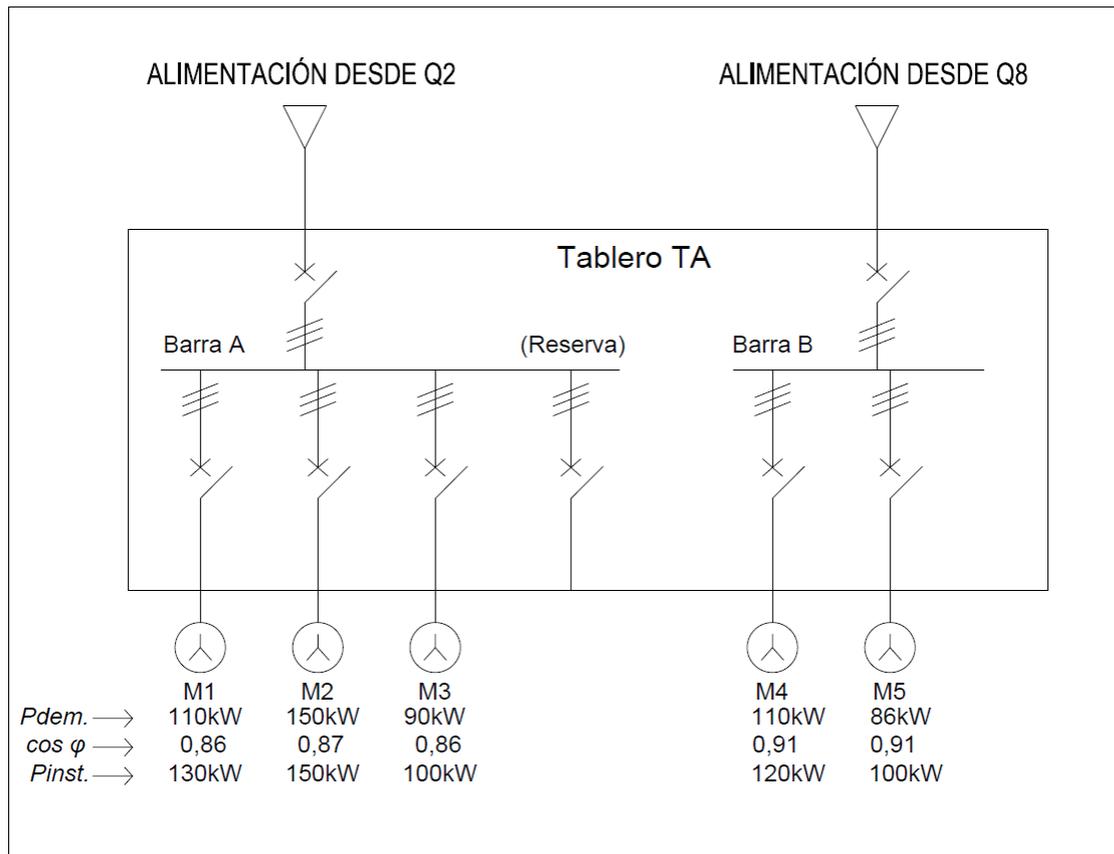
Condiciones mínimas de aprobación:

1. Obtener al menos un 75% del puntaje total del ejercicio, y
2. Obtener al menos un 75% del puntaje en 2 de las 3 preguntas u obtener un 50% en cada una de las 3 preguntas.

Ejercicio (24ptos)

Una planta de tratamiento de efluentes tiene un sistema de distribución TN-S compuesto por la instalación eléctrica de baja tensión que se muestra a continuación:





El tablero de Fuerza Motriz TA alimenta cargas esenciales (M4 y M5) las cuales, ante un fallo en la red de UTE, son alimentadas por generador. Todos los cables de neutro y tierra están dimensionados con el criterio de la mitad de fase.

Considere para los conductores:

$$\rho(\text{Cu})=0,0222\Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

$$\rho(\text{Al})=0,028\Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

$$x(\text{Cu})=x(\text{Al})=0,09\text{m}\Omega/\text{m}.$$

- En función de los datos de la instalación, dimensione y seleccione el transformador a instalar previendo un 15% de reserva para futuras ampliaciones. Se adjunta catalogo de transformadores.
- Calcular el Poder de Corte de los interruptores Q1, Q2, Q4 y Q7. Despreciar la impedancia del cable de alimentación del tablero general y la de los cables entre el tablero general y el tablero TA. Considere $x_m=20\%$ para cargas de tipo motriz. Desprecie las pérdidas en el cobre del transformador.
- El interruptor Q1 instalado tiene un poder de corte de 20kA, ¿es adecuado para la instalación? Justifique su respuesta
- Diseñe el cable de alimentación del tablero TD por los criterios de corriente admisible y caída de tensión suponiendo que, entre el tablero TD y las luminarias que el mismo alimenta, siempre existe una caída de tensión del 1,5%.

- e) Plantee las condiciones que debe cumplir el interruptor Q9 para proteger el circuito que alimenta. En caso de ser posible, exprese dichas condiciones con valores numéricos.
- f) Calcule el factor de simultaneidad y el factor de demanda de los motores asociados a la barra A del tablero TA, la cual es alimentada desde Q2.
- g) Sabiendo que el interruptor que protege el circuito de alimentación del Motor M4 tiene las siguientes características:
 $I_r=190$; $I_n=200$; $I_m=2kA$; $I_{cu}=25kA$; $t_a=70ms$
 Las personas que operan el Motor M4, ¿están protegidas frente a contactos indirectos? Justifique.
 Despreciar la impedancia del cable entre el tablero general y el tablero TA así como también la impedancia de los cables entre el tablero TA y los motores.
 Considere la siguiente tabla con los tiempos máximos de actuación para sistemas TN:

U ₀ (V)	Tiempo máximo de actuación (s)	
	Estado seco	Estado mojado
120, 127	0,8	0,35
220, 230	0,4	0,20
380, 400	0,2	

HV/LV distribution transformers

ground mounted immersed transformers
 from 100 to 3150 kVA - insulation ≤ 24 kV / 400 V
 IEC standards



standards

These transformers comply with the following standards:
 – IEC standards;
 – French standard NFC 52 100 (1990);
 – CENELEC harmonization document HD 398-1 to 398-5.

France Transfo guarantees that its transformers are assembled using components that are both new and PCB-free (< 2 ppm level), in strict compliance with the current standards.



electrical characteristics

rated power (kVA) ⁽¹⁾	100	160	250	315*	400	500*	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
rated voltage	primary ⁽¹⁾ 15 or 20 kV														
	secondary at no-load ⁽¹⁾ 400 V between phases, 231 V phase to neutral														
rated insulation level ⁽²⁾	primary 17.5 kV for 15 kV, 24 kV for 20 kV														
HV tapping range (off voltage)	$\pm 2.5\%$ or $\pm 5\%$ or $\pm 2.5\% \pm 5\%$ ⁽¹⁾														
vector group	Dyn 11 ⁽¹⁾ (delta ; star neutral brought-out)														
losses (W)	no-load	210	460	650	800	930	1100	1300	1220	1470	1800	2300	2750	3350	4380
	load ⁽²⁾	2150	2350	3250	3900	4600	5500	6500	10700	13000	16000	20000	25500	32000	33000
rated impedance voltage (%) ⁽²⁾	4 4 4 4 4 4 4 4 6 6 6 6 6 6 7														
no load current (%)	2.5 2.3 2.1 2 1.9 1.9 1.8 2.5 2.4 2.2 2 1.9 1.8 1.7														
voltage drop at full load (%)	P.F. = 1	2.21	1.54	1.37	1.31	1.22	1.17	1.11	1.51	1.47	1.45	1.42	1.45	1.45	1.29
	P.F. = 0.8	3.75	3.43	3.33	3.30	3.25	3.22	3.17	4.65	4.63	4.62	4.60	4.61	4.62	5.11
efficiencies (%)	load 100% P.F. = 1	97.69	98.27	98.46	98.53	98.64	98.70	98.78	98.53	98.57	98.60	98.63	98.61	98.61	98.83
	load 100% P.F. = 0.8	97.13	97.85	98.09	98.17	98.30	98.387	98.48	98.17	98.22	98.25	98.29	98.27	98.26	98.54
	load 75% P.F. = 1	98.14	98.54	98.70	98.75	98.84	98.89	98.96	98.81	98.84	98.86	98.88	98.87	98.87	99.04
	load 75% P.F. = 0.8	97.69	98.18	98.37	98.44	98.56	98.62	98.71	98.51	98.56	98.58	98.61	98.60	98.60	98.80
noise level dB(A)	acoustic power L _{WA}	53	59	62	64	65	67	67	68	68	70	71	72	74	74
	acoustic pressure L _{PA} at 0.3m	42	48	50	52	53	54	54	55	55	56	58	58	59	59

TABLA A. 52-1 bis:
INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS AL AIRE (40 °C)

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento													
A1			PVC3 70 °C	PVC2 70 °C		XLPE3 90 °C	XLPE2 90 °C						
A2		PVC3 70 °C	PVC2 70 °C		XLPE3 90 °C	XLPE2 90 °C							
B1					PVC3 70 °C	PVC2 70 °C		XLPE3 90 °C		XLPE2 90 °C			
B2				PVC3 70 °C	PVC2 70 °C		XLPE3 90 °C	XLPE2 90 °C					
C						PVC3 70 °C		PVC2 70 °C	XLPE3 90 °C		XLPE2 90 °C		
D*		VER SIGUIENTE TABLA											
E							PVC3 70 °C		PVC2 70 °C	XLPE3 90 °C		XLPE2 90 °C	
F								PVC3 70 °C		PVC2 70 °C	XLPE3 90 °C		XLPE2 90 °C
Cobre	mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	110
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35	72	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50	86	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70	109	118	130	149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95	130	143	156	180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120	150	164	188	208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150	171	188	205	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	194	213	233	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	227	249	272	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300	259	285	311	349	396	423	461	516	547	640	674	713	
Aluminio	2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
	4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
	6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
	10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
	16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	82
	25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
	35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
	50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
	70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
	95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
	120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
	150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
	185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
	240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461
300	-	-	-	285	313	343	383	400	429	462	494	558	

NOTAS: Con fondo gris, figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios).

Los valores en cursiva no figuran en la tabla original. Han sido calculados con los criterios de la norma UNE 20460-5-523.

* Método D

	Sección mm ²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20,5 ⁽¹⁾	27,5 ⁽¹⁾	36 ⁽¹⁾	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17 ⁽¹⁾	22,5 ⁽¹⁾	29 ⁽¹⁾	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24,5 ⁽¹⁾	32,5 ⁽¹⁾	42 ⁽¹⁾	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21 ⁽¹⁾	27,5 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2						70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3						58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

(1) No permitido.

Sobre la base de estas expresiones se han obtenido los factores de corrección que se indican a continuación:

TABLA 52-D1:

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78

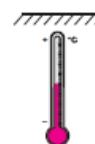


Luego, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 40 °C, la mejor refrigeración de los cables les permitirá transportar corrientes superiores. Recíprocamente, temperaturas ambiente más elevadas deben corresponderse con corrientes más reducidas. Esto es especialmente importante cuando en canalizaciones antiguas se añaden nuevos circuitos a los ya existentes. Si no se tiene en cuenta la mayor temperatura ambiente que suponen estos nuevos cables y se reduce la carga de los circuitos antiguos se pueden producir sobrecalentamientos peligrosos para la instalación. En estos casos hay que recalcular las intensidades de cada circuito teniendo en cuenta el agrupamiento final resultante.

TABLA 52-D2:

FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD ADMISIBLE PARA TEMPERATURAS AMBIENTE DEL TERRENO DIFERENTES DE 25 °C A APLICAR PARA CABLES (EN CONDUCTOS ENTERRADOS)

Aislamiento	Temperatura del terreno (θ_g) (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Tipo PVC (termoplástico)	1,16	1,11	1,06	1,00	0,94	0,88	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47	-	-	-	-
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,11	1,08	1,05	1,00	0,97	0,93	0,86	0,83	0,79	0,74	0,68	0,62	0,55	0,48	0,39



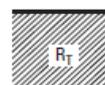
FACTORES DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Una importante novedad de la nueva versión de la UNE 20460-5-523 es considerar la resistividad estándar del terreno de 2,5 K-m/W frente a 1 K-m/W (referencia anterior), lo que supone una drástica reducción de las intensidades admisibles en cables enterrados en instalaciones interiores o receptoras (las que no son redes de distribución) frente al método que se venía utilizando hasta ahora proveniente de la ITC-BT- 07 que a su vez ha sido redactada basándose en la UNE 20435.

TABLA 52-D3:

FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD ADMISIBLE PARA CABLES (EN CONDUCTOS ENTERRADOS) EN TERRENOS DE RESISTIVIDAD DIFERENTE DE 2,5 K-m / W

Resistividad térmica K-m / W	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección	1,18	1,1	1,05	1	0,96



FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO

El calentamiento mutuo de los cables, cuando varios circuitos coinciden en la misma canalización, obliga a considerar un factor de corrección adicional para tener en cuenta la mayor dificultad para disipar el calor generado, ya que esta situación equivale a una mayor temperatura ambiente.

Por esta razón, la Norma UNE 20-460-5-523 incluye la tabla A.52-3 en la que se reseñan los factores de corrección a considerar cuando en una canalización se encuentran juntos varios circuitos o varios cables multiconductores. Estos factores deben utilizarse para modificar las intensidades indicadas en la tabla A.52-1 bis o en la tabla básica simplificada antes citada.

TABLA A. 52-3:

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto o grapados sobre una superficie al aire)	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	



Pregunta 1 (9ptos)

- a) Mencione 4 beneficios de realizar compensación de energía reactiva en una instalación, y explicándolos brevemente.
- b) Sea el siguiente transformador trifásico:

$$\begin{aligned} & \text{DY 6.3/0.40kV} \\ & \text{Sn}=1200\text{kVA} \\ & \text{Xcc} = 4\% \\ & \text{Qo}=2.15\% \text{ de Sn} \end{aligned}$$

El transformador alimenta una planta industrial que consume una potencia variable a lo largo del año entre $S_{\min} = 0\text{kVA}$ y $S_{\max}=900\text{kVA}$

- b.1) Con los datos del transformador, la expresión de $Q(\text{kVAR})$ potencia reactiva consumida por el trafo en función de $S(\text{kVA})$ carga del mismo.
- b.2) Calcule el consumo de potencia reactiva del transformador cuando la planta industrial se encuentra trabajando a S_{\max} .
- c) La planta industrial contrata el suministro eléctrico en Media Tensión, y el banco automático de compensación de reactiva se instala en la barra del Tablero General de Baja Tensión. Para el dimensionado de dicho banco: ¿se debe considerar el consumo de energía reactiva del transformador? Justifique brevemente.

Pregunta 2 (9ptos)

Dado un interruptor automático, con unidad de disparo termomagnética no regulable, de las siguientes características:

$$\begin{aligned} & \text{Corriente nominal a } 30^{\circ}\text{C} = I_n \\ & \text{Corriente del relé magnético} = I_m = 5 I_n, \text{ tiempo apertura} = t_a \\ & \text{Poder de corte} = I_{cu} \end{aligned}$$

- a) Representar la curva de disparo $t(I)$ indicando en la misma todas las magnitudes características.
- b) Determinar el rango de corrientes en el cual el interruptor disparará en forma segura, indicando la zona de disparo por sobrecarga y la zona de disparo por cortocircuito.
- c) ¿Cómo afecta al disparo térmico del interruptor el instalarlo en un local donde la temperatura ambiente es de 40°C ? Dibujar en un nuevo gráfico las curvas de actuaciones para las dos temperaturas.

Pregunta 3 (8ptos)

La puesta a tierra de una instalación eléctrica en BT está constituida por 3 jabalinas. Los datos de la PAT son:

- resistividad del suelo: 160Ω.m
- diámetro de jabalinas: 16mm
- largo de jabalinas: 2m
- Sistema TT, RB (neutro TRAF0)= 5Ω

a) Calcular el valor de la puesta a tierra RA

Coefficientes de reducción

Nº de jabalinas	K
2	0,564
3	0,406
4	0,321

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

b) En la instalación se ha detectado un defecto franco a masa en el tablero de oficinas, y el interruptor diferencial general del tablero, que tiene una sensibilidad de 5A, abrió en 1s. ¿Este funcionamiento asegura la protección contra contactos indirectos? Justifique

Datos:

Característica normalizada de disparo del interruptor diferencial instalado

Corriente	ΔIn	2 ΔIn	5 ΔIn
Tiempo máximo de apertura (s):	0,5	0,2	0,15

Tiempos máximos de seguridad en función de la tensión de contacto

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	-

- c) Estudiando el tema, el ingeniero de planta concluyó que el interruptor estaba funcionando mal. ¿Está de acuerdo con esta conclusión? Justifique su respuesta.
- d) Avanzando en esta dirección, el técnico decidió cambiar el interruptor diferencial por uno nuevo de idénticas características. ¿Considera que con esta medida se está asegurando la adecuada protección contra contactos indirectos? Justifique su respuesta.