

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3º GIE)	12/06/2014 (16:00 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:

COGENERACIÓN (1 punto)

- 1) Un hotel de montaña tiene aproximadamente unas necesidades de electricidad anual de 300000 kWh, y las siguientes necesidades térmicas:

- ➔ ACS y spa: demanda constante todo el año; consume 8,355 m³/día de agua, que se toma de la red de distribución a 10 °C y se debe calentar hasta los 60 °C (calor específico del agua: 4.18 kJ/(kg·C), densidad agua: 1 kg/l).
- ➔ Calefacción y/o climatización: potencia constante media aproximada de 50 kW de noviembre a mayo (P1), y de 15 kW de junio a octubre (P2).

El hotel decidió instalar en 2005 un motor de gas natural para cogeneración de potencia eléctrica nominal a plena carga de 30 kW, que ofrece una potencia térmica recuperable de los gases de escape, y circuitos de refrigeración de camisas, compresor y aceite. Debido a las características de la demanda térmica del hotel (niveles de temperatura, etc...), la máxima energía térmica recuperable sería de 39.000 kcal/h. El consumo de combustible a plena carga es de 8,1 m³/h, de gas natural de poder calorífico PCI= 9600 kcal/m³. Suponga que el motor funciona a su potencia nominal de forma continua todo el año.

Los rendimientos de la directiva para la producción de electricidad y calor por separado para ese tipo de motor y año de instalación son del 49.0 % (ya corregida por las pérdidas de red) y del 90% respectivamente.

Teniendo en cuenta que la cogeneración no es capaz de cubrir la demanda térmica total del periodo P1, y sí la del periodo P2, calcular el ahorro de energía primaria en porcentaje. (1 p)

COGENERACIÓN (EFICIENCIA, JUNIO 2014, GIE)

PERIODO P₁: Como la demanda térmica supera el calor máximo recuperable de la cogeneración, aprovecharemos el máximo posible de ésta

$$P_{TUP1} = 39000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4'18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 45'28 \text{ kW}$$

PERIODO P₂: Como la demanda térmica es enteramente satisfecha por la cogeneración, el calor útil dado por la cogeneración coincide con la demanda completa de ese periodo

$$P_{TUP2} = 15 \text{ kW} + 8'355 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \times 3600\text{s}} \times 4'18 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \right) \times (60-10)^\circ\text{C} = 35'21 \text{ kW}$$

$$\text{POTENCIA TÉRMICA ÚTIL MEDIA ANUAL} = \frac{7}{12} \times 45'28 + \frac{5}{12} \times 35'21 = 41'08 \text{ kW} = P_{TUCG}$$

POTENCIA CONSUMO E. P. POR LA COGENERACIÓN

$$P_{\text{combCG}} = 8'1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \times 9600 \times 4'18 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 90'28 \text{ kW}$$

POTENCIA ELÉCTRICA

$$\text{CG: } P_{\text{ecg}} = 30 \text{ kW}$$

ALTERNATIVOS POR SEPARADO

$$\eta_{\text{ec}} = \frac{P_{\text{ecg}}}{P_{\text{combCG}}} = 0'332$$

$$\eta_{\text{gc}} = \frac{P_{TUCG}}{P_{\text{combCG}}} = 0'455$$

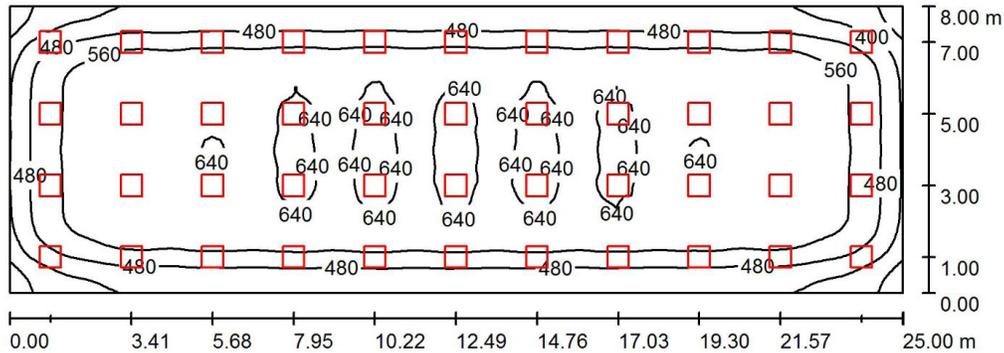
$$\eta_{\text{e}} = 0'49 \quad \eta_{\text{g}} = 0'9$$

$$\text{PES (\%)} = \left(1 - \frac{1}{\frac{\eta_{\text{ec}}}{\eta_{\text{e}}} + \frac{\eta_{\text{gc}}}{\eta_{\text{g}}}} \right) \times 100 = 25'52\%$$

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3º GIE)	12/06/2014 (9:30 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:

ILUMINACIÓN (1,5 puntos)

- 2) Se quiere reemplazar la instalación de alumbrado general de un local en un edificio de oficinas. Las características del local y de la instalación antigua se muestran a continuación:



Dimensiones:

a (m) = 25
b (m) = 8
H (m) = 3,25

Reflectancias superficies (ρ):

Techo: 80
Pared: 50
Suelo: 30

Luminaria: TBS460, con lámparas 3xTL5-14W (CIE 72 99 100 100 79) : N = 44 luminarias

$$\phi_{\text{lamp.}} (\text{lm}) = 3750$$

$$P_T (\text{W}) = 48$$

Se pide calcular el número de luminarias y disposición de las mismas en la nueva instalación de iluminación. El requerimiento mínimo de iluminancia media sobre el plano de trabajo (0,85 m) es $E_m = 400 \text{ lux}$; el factor de mantenimiento es $f_m = 0,8$ y las reflectancias de techo, pared y suelo se mantienen. En esta nueva instalación se utilizarán luminarias LED con las siguientes características:

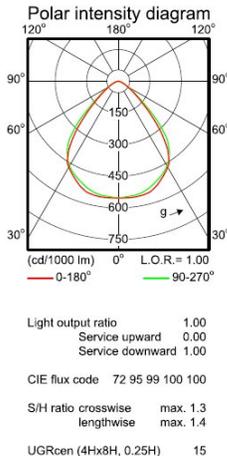
$$\phi_{\text{lamp.}} (\text{lm}) = 1800$$

$$P_T (\text{W}) = 22$$



BBS460 W60L60 1xLED24/840 MLO-PC

1 x 1800 lm



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80 0.80		0.70 0.70 0.70 0.70				0.50 0.50		0.30 0.30		0.00
	0.50 0.50	0.50 0.50	0.50 0.50	0.50 0.30	0.30 0.10	0.30 0.10	0.30 0.10	0.10 0.10	0.10 0.10	0.00	
0.60	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.55	0.55	0.51	0.54	0.51	0.49
0.80	0.74	0.70	0.73	0.71	0.69	0.64	0.63	0.59	0.63	0.59	0.58
1.00	0.83	0.77	0.81	0.79	0.76	0.71	0.70	0.67	0.69	0.66	0.65
1.25	0.90	0.83	0.88	0.85	0.82	0.77	0.76	0.73	0.75	0.72	0.71
1.50	0.96	0.87	0.94	0.90	0.86	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.00	1.04	0.93	1.01	0.96	0.92	0.88	0.87	0.85	0.86	0.84	0.82
2.50	1.09	0.96	1.06	1.01	0.95	0.93	0.91	0.89	0.90	0.88	0.86
3.00	1.13	0.99	1.10	1.03	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.91	0.89
4.00	1.17	1.01	1.14	1.07	1.00	0.98	0.97	0.95	0.95	0.94	0.92

ILUMINACIÓN**EJERCICIO 2)**

Características del local:

$$a \text{ (m)} = 25$$

$$b \text{ (m)} = 8$$

$$H \text{ (m)} = 3,25$$

$$\text{plano de trabajo (m)} = 0,85$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 200$$

$$h \text{ (m)} = 2,4$$

Reflectancias (ρ):

$$\text{Techo} = 0,8$$

$$\text{Pared} = 0,5$$

$$\text{Suelo} = 0,3$$

Factor de mantenimiento (f_m):

$$f_m = 0,8$$

Requisitos de diseño:

$$E_m \text{ (lux)} = 400$$

Luminaria:

BBS460 W60L60 1xLED24/840 (CIE 72 94 99 100 100)

$$\Phi_{\text{lamp.}} = 1800$$

$$P_T \text{ (W)} = 22$$

$$\text{LOR} = 1$$

Factor de utilización (f_u) = $f(K, \text{reflectancias})$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

$$K = 2,52525253$$

Interpolamos en la tabla:

$$K_1 = 2,5$$

$$K_2 = 3$$

$$f_{u1} = 1,09$$

$$f_{u2} = 1,13$$

$$f_u = 1,0920202$$

Número estimado de luminarias:

$$n = 50,8741097$$

$$E_m = \frac{f_u \cdot f_m \cdot \eta \cdot n \cdot \Phi}{S}$$

Espaciamiento y número final de luminarias:

$$n_a = 12,6087903 \quad 13$$

$$d_a \text{ (m)} = 1,92307692$$

$$n_b = 4,0348129 \quad 4$$

$$d_b \text{ (m)} = 2$$

Número final de luminarias:

$$n = 52$$

$$E_m = 408,852364$$

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3º GIE)	12/06/2014 (16:00 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:

COSTES ENERGÉTICOS (1 punto)

- 3) El propietario del local del ejercicio anterior (parte iluminación) ha contratado una tarifa en libre mercado 3.0A:

TABLA I: : Tarifas de peaje/acceso en BT, término de potencia (€/kW año) y término de energía (€/kWh)

Tarifa de acceso	Tp [€/kW·año]			Te [€/kWh]		
	Período 1	Período 2	Período 3	Período 1	Período 2	Período 3
3.0A	40,728885	24,43733	16,291555	0,01876	0,012575	0,00467

TABLA II: Precio (€/kWh) del coste de la energía activa

Tarifa de acceso	Te [€/kWh]		
	Período 1	Período 2	Período 3
3.0A	0,140	0,110	0,090

3.0A, 3p (BT con Pc > 15 kW) ()**

- **4 h diarias de punta**
- **12 h diarias de llano**
- **8 h diarias de valle**



Se sabe, que por la actividad que se realiza en el local, la instalación de alumbrado funciona de manera continuada de 9:00 a 18:00 h los días de verano y de 10:00 a 19:00 h los días de invierno. Considérese que el local tiene actividad 100 días tipo verano y 80 días tipo invierno al año.

NOTA IMPORTANTE: Si no ha sabido resolver el ejercicio de iluminación, considere que la nueva instalación consta de 40 luminarias LED.

Se pide:

- a) (0,5 puntos) El ahorro anual (€/año) en el término de facturación de energía (incluyendo impuestos) derivado de la reforma en la instalación de iluminación.
- b) (0,5 puntos) La potencia contratada es 17,321 kW. Sabiendo que en la instalación nueva y en un periodo de facturación de 55 días, la potencia registrada por el maxímetro del contador ha sido 17 kW, ¿cuál hubiera sido el importe del término de facturación de potencia (FP) en caso de que la reforma no se hubiera realizado?

COSTES ENERGÉTICOS**EJERCICIO 3.a)****Opción A:** Luminaria: TBS460 3xTL5-14W (CIE 72 99 100 100 79)

$$n = 44$$

$$P_{\text{lumin.}} (\text{W}) = 48$$

$$P_{\text{TOTAL}} (\text{kW}) = 2112$$

Opción B: Luminaria:

$$n = 52$$

$$P_{\text{lumin.}} (\text{W}) = 22$$

$$P_{\text{TOTAL}} (\text{kW}) = 1144$$

$$\Delta P_{\text{TOTAL}} (\text{kW}) = -0,968$$

Cálculo de energía en cada período:

Horas	Cálculo de energía en cada período:		h/año	CASO 1	CASO 2
	h/día verano	h/día invierno		kWh/año	kWh/año
punta (P1)	4	1	480	1013,76	549,12
llano (P2)	5	8	1140	2407,68	1304,16
valle (P3)	0	0	0	0	0
			1620	3421,44	1853,28

CASO 1

Ahorro energía: 456,065914 (€/año)

Impuesto energía: 23,3172652 (€/año) 479,38318

IVA (21%): 100,670468 (€/año)

TOTAL: 580,053646 (€/año)

Ahorro TOTAL: 265,85792 (€/año)**CASO 2**

Ahorro energía: 247,035703 (€/año)

Impuesto energía: 12,6301853 (€/año) 259,66589

IVA (21%): 54,5298366 (€/año)

TOTAL: 314,195725 (€/año)

EJERCICIO 3.b)

La potencia contratada es (kW) **17,321** . Sabiendo que en un periodo de facturación de (días): **55** y que la potencia registrada por el máxímetro del contador ha sido: **17** kW

¿cuál hubiera sido el importe del término de facturación de potencia (FP, €) en caso de que la reforma no se hubiera realizado?

$$P_c (\text{kW}) = 17,321$$

$$0,85 * P_c (\text{kW}) = 14,72285$$

$$1,05 * P_c (\text{kW}) = 18,18705$$

$$P_{\text{máx.}} (\text{kW}) = 17,968$$

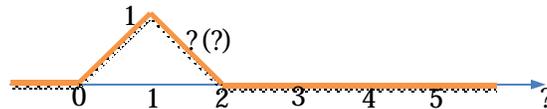
$$P_f (\text{kW}) = 17,968$$

$$PF(\text{€}) = 220,54747$$

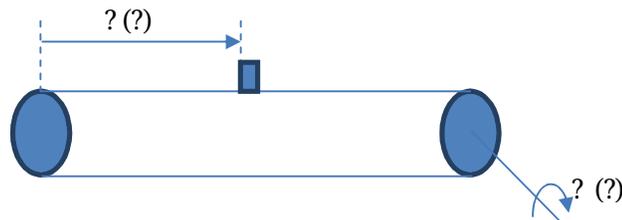
EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3º GIE)	12/06/2014 (9:30 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:

REGULACIÓN (1 punto)

- 4) Dibujad, señalando los valores numéricos más relevantes y RAZONÁNDOLO, la respuesta de un controlador P.D. (elegid arbitrariamente sus parámetros) a una entrada de error $\epsilon(t)$ como la representada en la figura. (0.3 p)



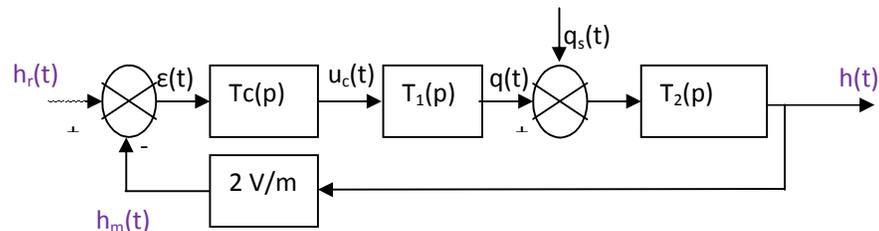
- 5) Determinad la función de transferencia que tiene por salida la posición $z(t)$ de la pieza, y por entrada la velocidad de giro $\omega(t)$ de la cinta transportadora esquematizada en la figura. El diámetro de la polea motriz es de 60 cm. (0.3 p)



- 6) En la figura se representa un control de nivel de un depósito de agua, donde $q_s(t)$ es el caudal de salida y $q(t)$ es el caudal de entrada al depósito. (0.4 p)

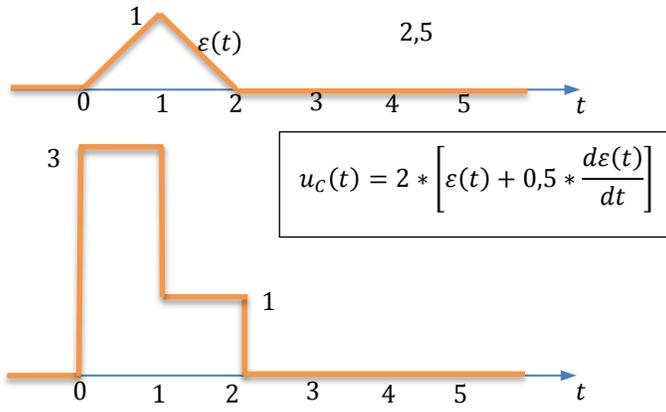
Si $T_c(p)$ es un PID, $T_1(0) = 0,02 \text{ [(m}^3/\text{s)/V]}$ y $T_2(p) = 0,01/p \text{ [m/(m}^3/\text{s)]}$:

- ¿Porque es nulo el error de posición al seguimiento de la consigna?
- Error de posición debido a la entrada de la perturbación
- Determinad los valores de todas las variables en régimen permanente (con sus unidades SI), si la consigna es 5 V y la perturbación es $0,02 \text{ [(m}^3/\text{s)]}$.



SOLUCIÓN

1.

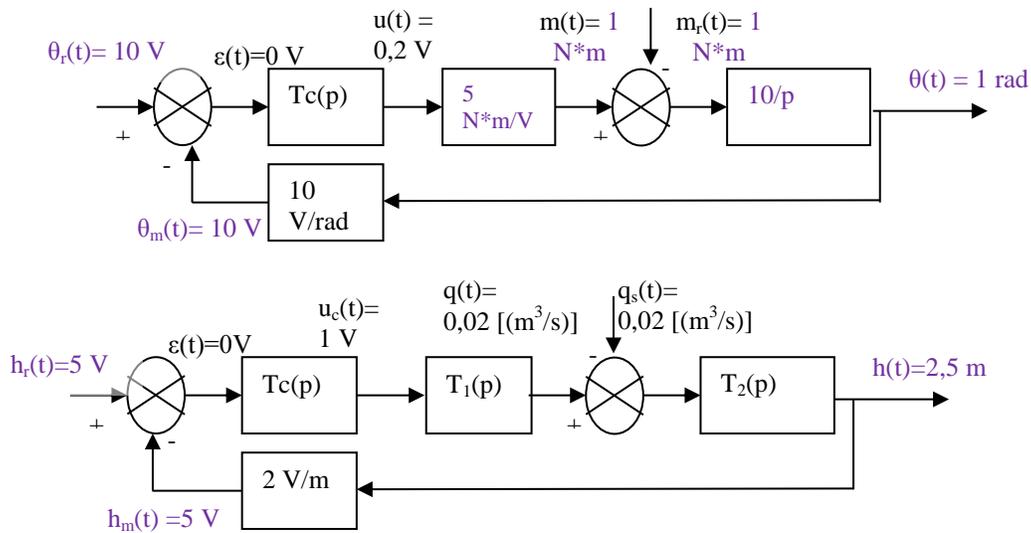


2. $T(p) = \frac{0,3}{p}$

3.a) Porque hay una integración en el control. La salida no es estacionaria hasta que el error no sea nulo.

3.b) $\varepsilon_b = 0$

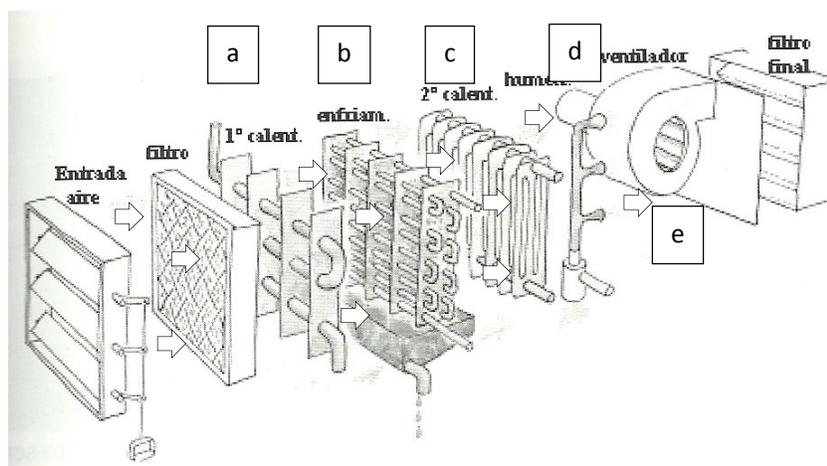
3.b)



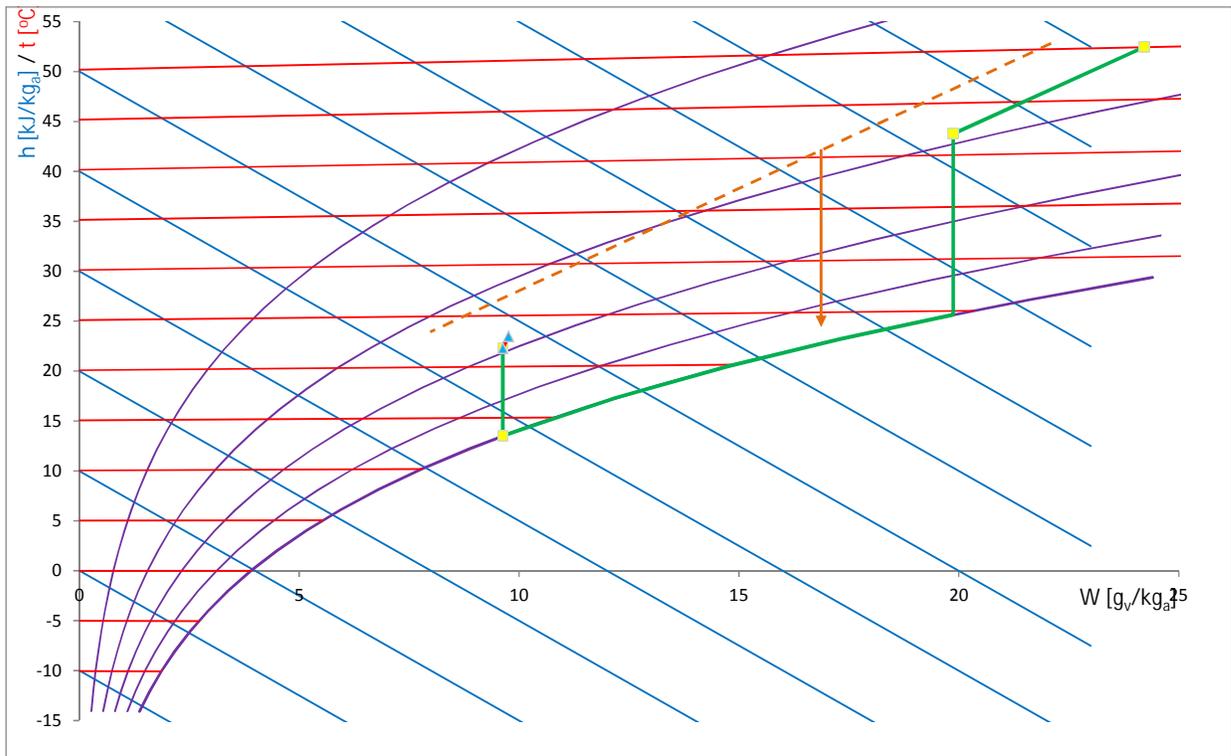
EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3° GIE)	12/06/2014 (16:00 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:

CLIMATIZACIÓN (1.5 punto)

- 7) Un local en verano tiene un aporte térmico desde el exterior es de 110 kW y la actividad en su interior aporta 20 kW y 8 g_v/s de vapor a 30 °C. Dispone de un sistema de climatización cuyo esquema se presenta en la figura. Si las condiciones que se espera encontrar en el local son de 24 °C con una humedad relativa del 55%, y el caudal mínimo para renovación es de 7 kg_a/s.
- Si el factor de recirculación es del 30 %, determinad las condiciones a que debe estar el aire a la entrada al local. (0.3 p)
 - Si las condiciones del aire exterior son de 50 °C y 30 % de humedad relativa, encontrad las condiciones en que estará el aire a la salida del mezclador. (0.3 p)
 - Determinad la potencia calorífica que habrá que extraer en los enfriadores, para adecuar la humedad del aire de la mezcla (Supuesto el enfriador ideal). (0.3 p)
 - Determinad la potencia calorífica que hay que aportar en el calentador, y en cuál de ellos. (0.3 p)
 - Razonad que pasaría con el caudal en sistema de climatización, con la potencia del enfriador condensador, y con la potencia del calentador si se aumenta el factor de recirculación, razonándolo sobre el ábaco aportado (0.3 p)



SOLUCIÓN



Apartados 1, 2, 3 y 4 (Opera el 2º calentador)

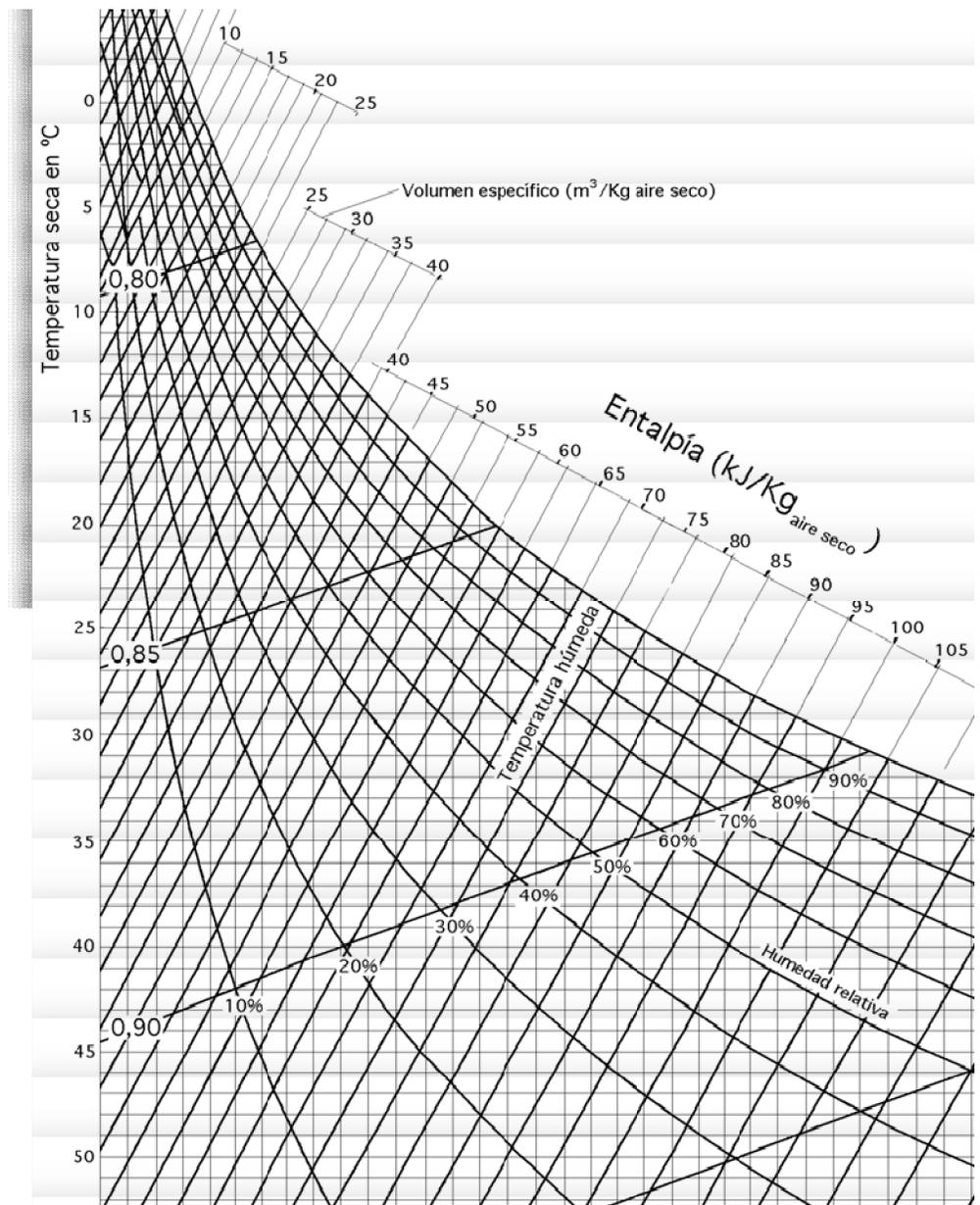
P [bar]		Caudal de Ventilación		Factor de recirculación			
1,00		G_{Ven} [kg _a /s]	7	Re [%]	30%		
A. Ambiente		MEZCLADOR		ENFR.-CONDENS		CALENTADOR	
ENTRADA		SALIDA		SALIDA		SALIDA	
φ_A [%]	30%	φ_M [%]	37%	φ_B [%]	100%	φ_E [%]	58%
t_A [°C]	50	t_M [°C]	42,0	t_B [°C]	13,2	t_E [°C]	21,8
$P_{Vsat}(t_A)$ [bar]	0,1249	$P_{Vsat}(t_M)$ [bar]	0,0826	$P_{Vsat}(t_B)$ [bar]	0,0153	$P_{Vsat}(t_E)$ [bar]	0,0261
w_A [kg _v /kg _a]	0,0242	w_M [kg _v /kg _a]	0,0199	w_B [kg _v /kg _a]	0,0096	w_E [kg _v /kg _a]	0,0096
h_A [kJ/kg _a]	112,99	h_M [kJ/kg _a]	93,462	h_B [kJ/kg _a]	37,6	h_E [kJ/kg _a]	46,4
				G_{VEC} [kg _v /s]	-0,1024	G_{VC} [kg _v /s]	0,0000
				Q_{tEC} [kW]	-559	Q_{tC} [kW]	87,91
				r_{E-C} [kJ/kg _v]	5455	r_C [kJ/kg _v]	8,79E+14
						r_L [kJ/kg _v]	

Apartado 5

Ver el gráfico

- Menor salto entálpico en el refrigerador-condensador, pero más caudal.
- Menor salto térmico en el local
- Ligera variación del salto entálpico en el calentador, pero más caudal.

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3º GIE)	12/06/2014 (9:30 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:



ANÁLISIS DE INVERSIONES (1.5 punto)

- 8) En un contexto sin inflación, el beneficio antes de intereses e impuestos de una nueva empresa que se prevé constituir para prestar un servicio municipal bajo el régimen de concesión, se estima constante en 2 millones de euros al año. La inversión en inmovilizado se estima en 10 millones. Además, ya se han invertido y pagado 100.000 euros para desarrollar el plan de negocio de la nueva empresa, pero los estudios realizados no se pueden vender. Sabiendo que la concesión es por un plazo de 5 años no prorrogables, que la inversión se amortiza en ese mismo periodo y que el valor residual es nulo, calcular el VAN del proyecto. Considérese que se desea financiar la empresa con la misma proporción de recursos propios y

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3º GIE)	12/06/2014 (16:00 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:

de recursos ajenos. El coste de la deuda antes de impuestos es del 5% y la rentabilidad exigida por los accionistas del 10%. Utilícese un tipo impositivo del 30%

EXAMEN DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE INVERSIONES
12 DE JUNIO 2014

En un contexto sin inflación, el beneficio antes de intereses e impuestos de una nueva empresa que se prevé constituir para prestar un servicio municipal bajo el régimen de concesión, se estima constante en 2 millones de euros al año. La inversión en inmovilizado se estima en 10 millones. Además, ya se han invertido y pagado 100.000 euros para desarrollar el plan de negocio de la nueva empresa, pero los estudios realizados no se pueden vender.

Sabiendo que la concesión es por un plazo de 5 años no prorrogables, que la inversión se amortiza en ese mismo periodo y que el valor residual es nulo, calcular el VAN del proyecto. Considérese que se desea financiar la empresa con la misma proporción de recursos propios y de recursos ajenos. El coste de la deuda antes de impuestos es del 5% y la rentabilidad exigida por los accionistas del 10%. Utilícese un tipo impositivo del 30%

	0	1	2	3	4	5
Inversión	10.000.000					
EBITDA		2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
Amortización		-2.000.000	-2.000.000	-2.000.000	-2.000.000	-2.000.000
BAT		0	0	0	0	0
Impuestos		0	0	0	0	0
FC	10.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000

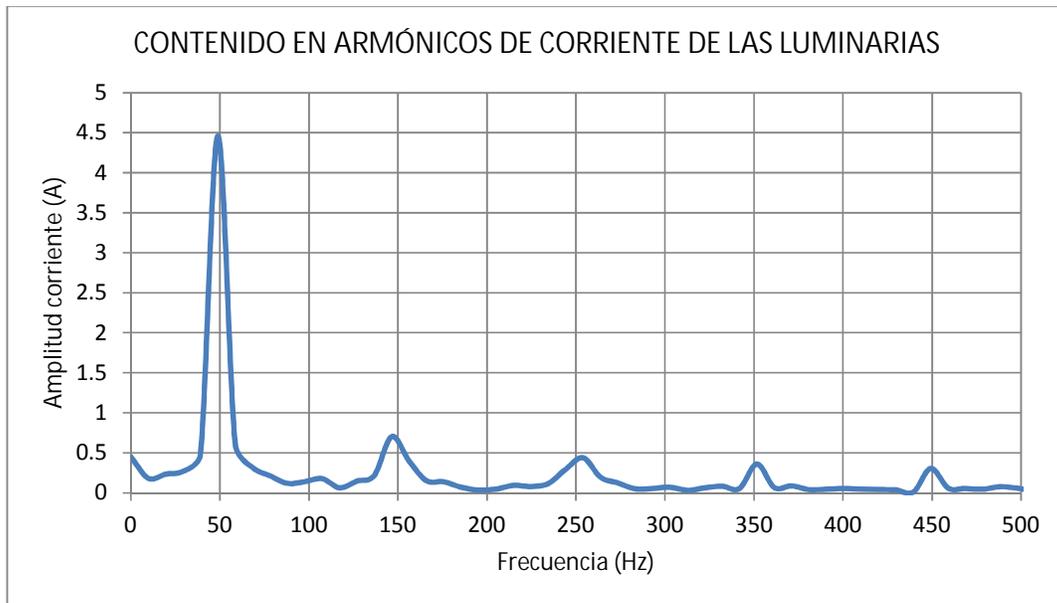
$$WACC = 0,5 \times 0,1 + 0,5(0,5 - 0,5 \times 0,3) = 0,0675$$

$$VAN = -10 + 2/1,06675 + \dots$$

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO (3º GIE)	12/06/2014 (9:30 h)
Examen final (Ex_F)	Tiempo total: 3 h
Alumno:	DNI:

ARMÓNICOS (2.5p)

- 9) Una instalación industrial de luminarias, se alimenta a 400 V, a través de un transformador Dy11, cuya $Z_{cc} = 0.144 + j17.6839i$. Se ha realizado un análisis armónico de la corriente demandada por las luminarias dando como resultado el contenido en armónicos de la figura adjunta.



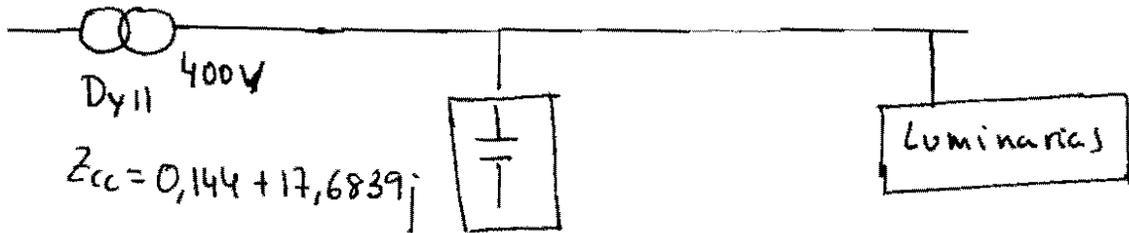
La instalación cuenta, a la salida del transformador, con un sistema de compensación de reactiva formado por una batería de condensadores, conectados en estrella, que pueden aportar 1.0053 kVAr. Si se considera que la instalación solo tiene las luminarias encendidas.

- a) 1.- Determinar la tensión en bornas de la batería de condensadores debido al primer armónico de la corriente, suponiendo que no hay desfase entre la tensión en el transformador y la corriente del primer armónico de las luminarias. (1.5p)
- b) 2.- Determinar la caída de tensión en el transformador debido al primer armónico de corriente. (0.5 p)
- c) 2.- Determinar la tensión en bornas de la batería de condensadores debido al tercer armónico de la corriente. Explicar que sucede en este caso. (0.5p)

Eficiencia y Ahorro Energético

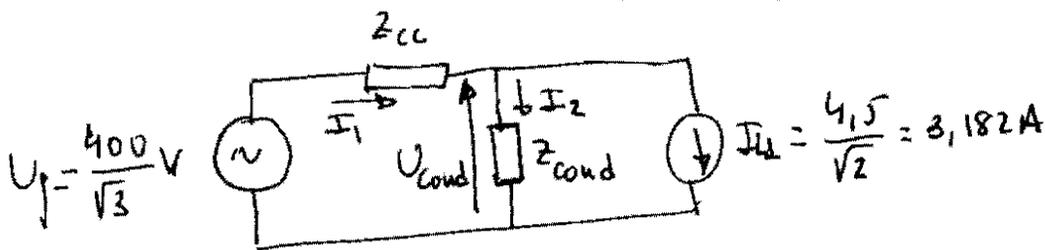
Solución Armonicos

12/06/2014.



$$Q_c = 1,0053 \text{ kVAR}$$

En condiciones nominales



$$Q_c = -C \omega U_c^2 j \rightarrow 1005,3 \text{ VAR} = C 2\pi 50 \times 400^2$$

$$C = \frac{1005,3}{2\pi \times 50 \times 400^2} = 20 \mu\text{F} \rightarrow Z_{\text{cond}} = \frac{1}{C\omega j} = -159,16 j \Omega$$

$$I_1 = I_2 + I_{LL} \rightarrow \frac{U_f - U_{\text{cond}}}{Z_{cc}} = \frac{U_{\text{cond}}}{Z_{\text{cond}}} + I_{LL}$$

$$U_{\text{cond}} = \frac{\frac{U_f}{Z_{cc}} - I_{LL}}{\frac{1}{Z_{cc}} + \frac{1}{Z_{\text{cond}}}} = 259,23 - 63,567 j \text{ V (sobretension)}$$

$$I_1 = \frac{U_f - U_{\text{cond}}}{Z_{cc}} = 3,5814 + 1,6288 j \text{ A}$$

$$\Delta V_f = Z_{cc} I_1 = -28,287 + 63,567 j \text{ V} \rightarrow |\Delta V_f| = 69,57 \text{ V}$$

En el caso del 3^{er} armónico de corriente, este no podrá circular ni por el transformador ni por la batería de condensadores, al no existir cable de neutro