1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este Anejo es desarrollar y justificar los cálculos de balizamiento, relativos a la adecuación de las ayudas visuales a Categoría II/III, llevada a cabo en el presente proyecto, y cuyos resultados se presentan en el correspondiente apartado de la Memoria.

En concreto, este documento se orienta al cálculo de los transformadores de aislamiento y de los reguladores de corriente constante que formarán parte de los circuitos de balizamiento proyectados, para alimentación a las luces de los sistemas de aproximación y de la zona de toma de contacto en pista, en ambas cabeceras, 09 Y 27.

2. SOLUCIÓN PROPUESTA

Se proponen los siguientes circuitos para la adaptación del sistema de ayudas luminosas a Categoría II/III:

- Circuito AP09-A: Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 09, circuito A;
- Circuito AP09-B: Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 09, circuito B;
- Circuito AP27-A: Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 27, circuito A;
- Circuito AP27-B: Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 27, circuito B;
- Circuito ZC09-A: Luces de zona de toma de contacto Cabecera 09, circuito A;
- Circuito ZC09-B: Luces de zona de toma de contacto Cabecera 09, circuito B;
- Circuito ZC27-A: Luces de zona de toma de contacto Cabecera 27, circuito A;
- Circuito ZC27-B: Luces de zona de toma de contacto Cabecera 27, circuito B;

Se trata de 8 nuevos circuitos serie alternados 2 a 2, de tal forma que si uno de ellos falla y deja de dar servicio a sus correspondientes luces, su alternado mantiene la información de la configuración física del sistema en concreto, si bien con la mitad de las luces, y así la operatividad del aeropuerto no se ve interrumpida. El recorrido de estos circuitos intercalados dos a dos se encuentra en los planos correspondientes.

A continuación se calculan las potencias demandadas por cada uno de estos circuitos, y se comprueba si alguno de los reguladores de los circuitos a eliminar

APROXIMACIÓN 09 A, APROXIMACIÓN 09 B, APROXIMACIÓN 27 A y APROXIMACIÓN 27 B, correspondientes a los sistemas de aproximación de CAT I actuales, son reutilizables (tienen capacidad para alimentar a alguno de los nuevos circuitos).

3. ESTIMACIÓN DE POTENCIAS DEMANDADAS

Se calculan a continuación las potencias demandadas por los 8 circuitos propuestos. El cálculo de los circuitos en serie está encaminado a la elección del regulador adecuado para alimentar cada uno de esos circuitos, así como la elección de los transformadores correspondientes a cada una de sus balizas.

Por este motivo el cálculo del circuito en serie se divide en dos etapas:

1ª etapa: Cálculo del transformador para cada tipo de baliza del circuito

2ª etapa: Cálculo del regulador adecuado para el circuito

Se determinarán a continuación los transformadores comerciales necesarios para el nuevo balizamiento, y los reguladores de corriente constante comerciales necesarios para dar servicio a los nuevos circuitos de balizamiento propuestos.

3.1. ELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

En los circuitos de balizamiento del presente proyecto, se asocia a cada una de las balizas un transformador que se encargará de alimentar la lámpara o lámparas de dicha baliza.

La elección del transformador para cada baliza debe ser tal que la potencia consumida aguas abajo del transformador esté dentro del rango de potencias de trabajo del transformador y, siempre que sea posible, por debajo de su potencia nominal.

La potencia consumida aguas abajo del transformador, P_c , es la suma de la potencia de la totalidad de las lámparas de la baliza y las pérdidas en el cableado secundario, y viene dada por la siguiente expresión:

$$P_c = N \cdot P + L_b \cdot p_b$$

Se describe a continuación el significado de los parámetros que aparecen en la expresión anterior.

- P_c Potencia consumida aguas abajo del transformador
- N Número de lámparas conectadas al mismo transformador (nº de lámparas de la baliza)

Al describir el estado proyectado del sistema de iluminación quedó definido el número de lámparas por cada baliza (elevada o empotrada) de cada subsistema (aproximación, zona de toma de contacto).

- P Potencia de cada lámpara (w)

Del mismo modo que el número de balizas y lámparas, quedó definida la potencia de cada lámpara.

- L_b Longitud de los cables del secundario (km)

Queda definida según planos del proyecto.

- p_b Pérdidas por unidad de longitud del cableado secundario (W/km)

Se empleará para el circuito secundario un cable tipo Cu DV 1 x 2,5 mm² 0,6/1 KV; se considera para un cable de cobre de sección 2,5 mm² un valor de resistencia por unidad de longitud de 7,45 Ω/km. Las pérdidas por unidad de longitud del cableado secundario, p_b , se pueden evaluar de acuerdo con la expresión debida a Joule que se presenta a continuación (considerando una intensidad de 6,6 A, correspondiente a Brillo 5 - el mayor):

$$p_b = I^2 \times R = 6,6^2 \times 7,45 = 324,522W / km \cong 0,324W / m$$

Una vez calculada la potencia aguas abajo del transformador P_c , se procederá a la selección de un transformador, de potencia nominal $P_{trafo, no\ min\ al}$, adecuado para cada baliza, de manera que:

$$P_{trafo, no\ min\ al} \geq P_c$$

Los valores comerciales de potencia nominal de los transformadores de balizamiento son los siguientes: 45, 65, 100, 150, 200 y 300 W. Se indican en la siguiente tabla el rango admisible de potencias y el valor de la eficiencia a carga nominal para cada uno de ellos:

Potencia Nominal Transformador (W)	Rango de potencias (W)	Eficiencia a carga nominal (%)
45	35-60	86,5
65	40-90	87
100	50-125	89,5
150	45-185	91,5
200	25-230	92
300	25-360	94,5

Tabla I. Transformadores de aislamiento. Valores comerciales.

Se observa que se puede admitir que el valor de potencia demandada por el conjunto baliza-secundario sea aproximadamente un 20% superior al valor nominal de potencia del transformador, luego el criterio final que se adopta para la elección de transformador es el siguiente:

$$P_{trafo, no\ min\ al} \geq \frac{P_c}{1,2}$$

Una vez elegido el transformador, se procede al cálculo de la potencia del conjunto transformador-secundario-baliza, $P_{t,calc}$. Esta potencia tiene en cuenta por un lado las pérdidas que se producen en el conector, y por otro aquellas otras pérdidas que se producen en el transformador:

- Se suponen unas pérdidas en conectores, p_c , de valor igual al 2% de la potencia nominal del transformador elegido, es decir:

$$p_c = 0,02 \times P_{trafo, no\ min\ al}$$

- Para valorar las pérdidas que se producen en el transformador se introduce el concepto de rendimiento del transformador, η_t . Según sea la potencia consumida aguas abajo del transformador P_c (es decir, la potencia de la carga), se consideran los siguientes valores de η_t :

- Si P_c es aproximadamente la potencia nominal del transformador

$P_{trafo, no\ min\ al}$ (más exactamente, si $P_{trafo, no\ min\ al} \leq P_c$), entonces se

considera un $\eta_t = 0,87$ (ver valores de eficiencia de transformadores comerciales en tabla superior);

- Si P_c es el 60% de $P_{trafo, no\ min\ al}$, entonces se considera un $\eta_t = 0,75$;
- Entre las 2 situaciones anteriores, $0,6 \times P_{trafo, no\ min\ al} < P_c < P_{trafo, no\ min\ al}$, se supone una variación lineal del rendimiento entre ambos valores, es decir:

$$\eta_t = 0,75 + 0,3 \times \left(\frac{P_c}{P_{trafo, no\ min\ al}} - 0,6 \right)$$

Una vez establecidas ambas pérdidas, se calcula la potencia del conjunto transformador-secundario-baliza, $P_{t.calc}$:

$$P_{t.calc} = \frac{P_c + p_c}{\eta_t} = \frac{N \times P + L_b \times p_b + p_c}{\eta_t}$$

Este valor de potencia se utilizará en el cálculo de la potencia total del circuito.

3.2. ELECCIÓN DEL REGULADOR

La elección del regulador para el circuito en cuestión ha de ser tal que la potencia total demandada por el circuito en serie al que está conectado, $P_{CIRCUITO}$, esté por debajo de su potencia nominal, $P_{REGULADOR}$.

Para el cálculo de la potencia demandada por un circuito en serie, se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Potencia consumida por los conjuntos transformador-secundario-baliza, $P_{t.calc}$.
- Pérdidas en el cableado primario.

Por tanto el cálculo de la potencia demandada por un circuito en serie del sistema de balizamiento $P_{CIRCUITO}$ vendrá dado por la siguiente expresión:

$$P_{CIRCUITO}(w) = \sum_i B_i \times (P_{t.calc\ i}) + L_a \times p_a$$

Siendo:

- B_i Número de balizas de tipo i del circuito

Al describir el estado proyectado del sistema de iluminación en la memoria del presente proyecto, quedó definido el número de balizas (elevadas o empotradas) de cada subsistema (aproximación, zona de toma de contacto).

- $P_{t.calc.i}$ Potencia consumida por el conjunto transformador-secundario-baliza tipo i (tal y como se define en el apartado anterior)
- L_a Longitud del cableado primario (km)

La longitud de los cables del primario se estima a partir de las medidas efectuadas en los planos del proyecto. Dicha longitud será aumentada en un 10%, considerándose así posibles fallos de medida o desviaciones en el trayecto del cableado que pudieran surgir durante la fase de ejecución de las obras.

- p_a Pérdidas por unidad de longitud del cableado primario (w/km).

Se empleará para el circuito primario un cable armado tipo Cu UNE RHZ1 6/10KV 1x6 mm². Se considera para un cable de cobre de sección 6 mm² un valor de resistencia por unidad de longitud de 3,30 Ω /km. Las pérdidas por unidad de longitud de los cables del primario p_a se pueden evaluar de acuerdo con la expresión debida a Joule que se presenta a continuación (considerando una intensidad de 6,6 A, correspondiente a Brillo 5, el mayor):

$$p_a = I^2 \times R = 6,6^2 \times 3,30 = 143,748 \text{ W / km} \cong 0,14 \text{ W / m}$$

La potencia consumida por el circuito en serie $P_{CIRCUITO}$ se ha calculado en W. Sin embargo, muchas veces la potencia del regulador comercial viene expresada en kVA. Para la conversión de potencia activa a potencia aparente se considera un factor de potencia de 0,8 para los reguladores de corriente constante, de manera que:

$$P_{CIRCUITO} (kVA) = \frac{P_{CIRCUITO} (kW)}{0,80}$$

Se seleccionará un regulador comercial de manera que su potencia nominal $P_{REGULADOR}$ sea superior a la potencia del circuito al que esté conectado, es decir:

$$P_{REGULADOR} (kVA) > P_{CIRCUITO} (kVA)$$

o bien:

$$P_{REGULADOR}(kW) > P_{CIRCUITO}(kW)$$

en caso de que la potencia comercial se especifique en kW.

La elección del regulador se restringirá a valores comerciales de potencia (ya sea en kW o en kVA).

Se considera adecuado que los reguladores trabajen en un régimen de carga en torno al 70-90% para poder absorber las puntas de conexión, pérdidas en conexiones, etc.; existiendo además un margen de potencia disponible para posibles futuras ampliaciones del circuito (inclusión de nuevos elementos a alimentar). Por tanto, se recomienda en algunos casos instalar un regulador de potencia nominal un escalón superior al estrictamente necesario para alimentar la carga calculada, de forma que el régimen de carga de trabajo se encuentre dentro de dicho rango.

3.3. RESULTADOS

Se muestra a continuación el cálculo de potencia demandada por cada uno de los 8 nuevos circuitos propuestos, especificando en cada caso la potencia nominal de los transformadores para alimentar cada tipo de baliza y la potencia del regulador comercial necesario para dar servicio a cada circuito, así como un resumen de los resultados más importantes:

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
AP09-A	Sistema de aproximación Cat II/III Cabecera 09 Circuito A	Balizas empotradas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	6	3	105	324,522	0,08	340,962	284,1348	300	0,87	6	398,8066
		Balizas elevadas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	102	1	150	324,522	0,084	177,26	147,7165	150	0,87	3	207,1952

Se considera un factor de potencia 0.8

Leyenda:

B	Nº de balizas de cada tipo
N	Nº de lámparas por baliza
P (w)	Potencia de cada lámpara
pb (w/km)	Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L _b (km)	Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P _c (w)	Potencia de carga del transformador
P _c / 1,2 (w)	Admisión 20% transformadores
P _t (w)	Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta _t	Rendimiento del transformador
pc=2% P _t (w)	Pérdidas en conector
P _{t,calc} (w)	Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

La	Longitud cableado primario (km)	7923*1,1/1000	8,7153
p _a	Pérdidas en cableado primario (w/km)		143,748
	Potencia disipada en cableado primario (w)		1252,807

Potencia total del circuito (kW)	24,77955988
Potencia total del circuito (kVA)	30,97444985
Potencia nominal de regulador necesario	25 kW
Potencia de regulador recomendado	30 kW

Régimen de carga del regulador 25 kW (%)	99,12
Régimen de carga del regulador 30 kVA (%)	82,60

Tabla II. Cálculos Circuito AP09-A.

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
AP09-B	Sistema de aproximación Cat II/III Cabecera 09 Circuito B	Balizas empotradas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	6	3	105	324,522	0,08	340,962	284,1348	300	0,87	6	398,8066
		Balizas elevadas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	102	1	150	324,522	0,084	177,26	147,7165	150	0,87	3	207,1952

Se considera un factor de potencia 0.8

La	Longitud cableado primario (km)	7923*1,1/1000	8,7153
p _a	Pérdidas en cableado primario (w/km)		143,748
	Potencia disipada en cableado primario (w)		1252,807

Leyenda:

B	Nº de balizas de cada tipo
N	Nº de lámparas por baliza
P (w)	Potencia de cada lámpara
pb (w/km)	Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L _b (km)	Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P _c (w)	Potencia de carga del transformador
P _c / 1,2 (w)	Admisión 20% transformadores
P _t (w)	Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta _t	Rendimiento del transformador
pc=2% P _t (w)	Pérdidas en conector
P _{t,calc} (w)	Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

Potencia total del circuito (kW)	24,77955988
Potencia total del circuito (kVA)	30,97444985
Potencia nominal de regulador necesario	25 kW
Potencia de regulador recomendado	30 kW

Régimen de carga del regulador 25 kW (%)	99,12
Régimen de carga del regulador 30 kVA (%)	82,60

Tabla III. Cálculos Circuito AP09-B.

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
AP27-A	Sistema de aproximación Cat II/III Cabecera 27 Circuito A	Balizas empotradas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	6	3	105	324,522	0,08	340,962	284,1348	300	0,87	6	398,8066
		Balizas elevadas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	102	1	150	324,522	0,08	175,962	146,6348	150	0,87	3	205,7032

Se considera un factor de potencia 0.8

Leyenda:

B	Nº de balizas de cada tipo
N	Nº de lámparas por baliza
P (w)	Potencia de cada lámpara
pb (w/km)	Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L _b (km)	Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P _c (w)	Potencia de carga del transformador
P _c / 1,2 (w)	Admisión 20% transformadores
P _t (w)	Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta _t	Rendimiento del transformador
pc=2% P _t (w)	Pérdidas en conector
P _{t,calc} (w)	Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

L _a	Longitud cableado primario (km)	7088*1,1/1000	7,7968
p _a	Pérdidas en cableado primario (w/km)		143,748
Potencia disipada en cableado primario (w)			1120,774

Potencia total del circuito (kW)	24,49533772
Potencia total del circuito (kVA)	30,61917215
Potencia nominal de regulador necesario	25 kW
Potencia de regulador recomendado	30 kW

Régimen de carga del regulador 25 kW (%)	97,98
Régimen de carga del regulador 30 kVA (%)	81,65

Tabla IV. Cálculos Circuito AP27-A.

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
AP27-B	Sistema de aproximación Cat II/III Cabecera 27 Circuito B	Balizas empotradas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	6	3	105	324,522	0,08	340,962	284,1348	300	0,87	6	398,8066
		Balizas elevadas de línea central, de barretas laterales y de barretas transversales	102	1	150	324,522	0,08	175,962	146,6348	150	0,87	3	205,7032

Se considera un factor de potencia 0.8

Leyenda:

B	Nº de balizas de cada tipo
N	Nº de lámparas por baliza
P (w)	Potencia de cada lámpara
pb (w/km)	Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L _b (km)	Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P _c (w)	Potencia de carga del transformador
P _c / 1,2 (w)	Admisión 20% transformadores
P _t (w)	Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta _t	Rendimiento del transformador
pc=2% P _t (w)	Pérdidas en conector
P _{t,calc} (w)	Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

La	Longitud cableado primario (km)	7088*1,1/1000	7,7968
p _a	Pérdidas en cableado primario (w/km)		143,748
Potencia disipada en cableado primario (w)			1120,774

Potencia total del circuito (kW)	24,49533772
Potencia total del circuito (kVA)	30,61917215
Potencia nominal de regulador necesario	25 kW
Potencia de regulador recomendado	30 kW

Régimen de carga del regulador 25 kW (%)	97,98
Régimen de carga del regulador 30 kVA (%)	81,65

Tabla V. Cálculos Circuito AP27-B.

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
ZC09-A	Luces de zona de toma de contacto Umbral 09 Circuito A	Baliza empotrada de zona de toma de contacto en pista	120	1	16	324,522	0,08	41,9618	34,96813	45	0,849745067	0,9	50,44073

Se considera un factor de potencia 0.8 para los reguladores
Las balizas tipo LED tienen un factor de potencia de valor 0,8

La Longitud cableado primario (km) 7253*1,1/1000 7,9783
p_a Pérdidas en cableado primario (w/km) 143,748
Potencia disipada en cableado primario (w) 1146,865

Leyenda:

B Nº de balizas de cada tipo
N Nº de lámparas por baliza
P (w) Potencia de cada lámpara
pb (w/km) Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L_b (km) Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P_c (w) Potencia de carga del transformador
P_c / 1,2 (w) Admisión 20% transformadores
P_t (w) Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta_t Rendimiento del transformador
pc=2% P_t (w) Pérdidas en conector
P_{t,calc} (w) Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

Potencia total del circuito (kW)	7,19975206
Potencia total del circuito (kVA)	8,999690075
Potencia nominal de regulador necesario	7,5 kW
Potencia de regulador recomendado	10 kW

Régimen de carga del regulador 7,5 kW (%)	96,00
Régimen de carga del regulador 10 kW (%)	72,00

Tabla VI. Cálculos Circuito ZC09-A.

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
ZC09-B	Luces de zona de toma de contacto Umbral 09 Circuito B	Baliza empotrada de zona de toma de contacto en pista	120	1	16	324,522	0,08	41,9618	34,96813	45	0,849745067	0,9	50,44073

Se considera un factor de potencia 0.8 para los reguladores
Las balizas tipo LED tienen un factor de potencia de valor 0,8

La Longitud cableado primario (km) 7253*1,1/1000 7,9783
p_a Pérdidas en cableado primario (w/km) 143,748
Potencia disipada en cableado primario (w) 1146,865

Leyenda:

B Nº de balizas de cada tipo
N Nº de lámparas por baliza
P (w) Potencia de cada lámpara
pb (w/km) Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L_b (km) Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P_c (w) Potencia de carga del transformador
P_c / 1,2 (w) Admisión 20% transformadores
P_t (w) Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta_t Rendimiento del transformador
pc=2% P_t (w) Pérdidas en conector
P_{t,calc} (w) Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

Potencia total del circuito (kW)	7,19975206
Potencia total del circuito (kVA)	8,999690075
Potencia nominal de regulador necesario	7,5 kW
Potencia de regulador recomendado	10 kW

Régimen de carga del regulador 7,5 kW (%)	96,00
Régimen de carga del regulador 10 kW (%)	72,00

Tabla VII. Cálculos Circuito ZC09-B.

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
ZC27-A	Luces de zona de toma de contacto Umbral 27 Circuito A	Baliza empotrada de zona de toma de contacto en pista	120	1	16	324,522	0,08	41,9618	34,96813	45	0,849745067	0,9	50,44073

Se considera un factor de potencia 0.8 para los reguladores
Las balizas tipo LED tienen un factor de potencia de valor 0,8

La Longitud cableado primario (km) 6814*1,1/1000 7,4954
p_a Pérdidas en cableado primario (w/km) 143,748
Potencia disipada en cableado primario (w) 1077,449

Leyenda:

B Nº de balizas de cada tipo
N Nº de lámparas por baliza
P (w) Potencia de cada lámpara
pb (w/km) Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L_b (km) Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P_c (w) Potencia de carga del transformador
P_c / 1,2 (w) Admisión 20% transformadores
P_t (w) Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta_t Rendimiento del transformador
pc=2% P_t (w) Pérdidas en conector
P_{t,calc} (w) Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

Potencia total del circuito (kW)	7,130336151
Potencia total del circuito (kVA)	8,912920188
Potencia nominal de regulador necesario	7,5 kW
Potencia de regulador recomendado	10 kW

Régimen de carga del regulador 7,5 kW (%)	95,07
Régimen de carga del regulador 10 kW (%)	71,30

Tabla VIII. Cálculos Circuito ZC27-A.

Denominación Circuito	Aplicación	Descripción de elementos del circuito	B	N	P (w)	pb (w/km)	L _b (km)	P _c (w)	P _c / 1,2 (w)	P _t , Potencia nominal de trafo (w)	eta _t	pc=2% P _t (w)	P _{t,calc} (w)
ZC27-B	Luces de zona de toma de contacto Umbral 27 Circuito B	Baliza empotrada de zona de toma de contacto en pista	120	1	16	324,522	0,08	41,9618	34,96813	45	0,849745067	0,9	50,44073

Se considera un factor de potencia 0.8 para los reguladores
Las balizas tipo LED tienen un factor de potencia de valor 0,8

La Longitud cableado primario (km) 6814*1,1/1000 7,4954
p_a Pérdidas en cableado primario (w/km) 143,748
Potencia disipada en cableado primario (w) 1077,449

Leyenda:

B Nº de balizas de cada tipo
N Nº de lámparas por baliza
P (w) Potencia de cada lámpara
pb (w/km) Pérdidas por unidad de longitud en cableado secundario
L_b (km) Longitud de cableado secundario por baliza (ida y vuelta)
P_c (w) Potencia de carga del transformador
P_c / 1,2 (w) Admisión 20% transformadores
P_t (w) Potencia nominal del transformador comercial elegido
eta_t Rendimiento del transformador
pc=2% P_t (w) Pérdidas en conector
P_{t,calc} (w) Potencia total para cada subconjunto de elementos del circuito

Potencia total del circuito (kW)	7,130336151
Potencia total del circuito (kVA)	8,912920188
Potencia nominal de regulador necesario	7,5 kW
Potencia de regulador recomendado	10 kW

Régimen de carga del regulador 7,5 kW (%)	95,07
Régimen de carga del regulador 10 kW (%)	71,30

Tabla IX. Cálculos Circuito ZC27-B.

Elección del transformador de aislamiento

Se resumen en la siguiente tabla los resultados en cuanto a los transformadores de aislamiento que alimentarán cada baliza, en función de si éstas son empotradas o elevadas y del circuito al que pertenecen:

Aplicación	Tipo de baliza	Potencia de transformador nominal (W)
Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 09	Empotrada	300
	Elevada	150
Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 27	Empotrada	300
	Elevada	150
Luces de zona de toma de contacto Umbral 09	Empotrada	45
Luces de zona de toma de contacto Umbral 27	Empotrada	45

Tabla X. Elección de transformadores de aislamiento

Elección del regulador

Tras los cálculos se concluye:

- La potencia demandada por cada uno de los 2 circuitos de aproximación CAT II/III por la cabecera 09 es del orden de 24,78 kW. Para alimentarlos se podrían reutilizar los 2 reguladores de 25 kW disponibles tras el desmantelamiento de los circuitos de aproximación de CAT I por dicha cabecera. Sin embargo; el régimen de carga resultante con el uso de estos reguladores es del orden del 99,12%, demasiado elevado. Es aconsejable que los reguladores trabajen en un régimen de carga en torno al 70-90%. Por tanto, se opta por reguladores de potencia superior para poder absorber las puntas de conexión o posibles inexactitudes en el cálculo de la potencia demandada por los circuitos. Se proyecta así la adquisición de 2 nuevos reguladores de 30 kW de potencia

nominal para los 2 circuitos de aproximación CAT II/III por la cabecera 09: **AP09-A/APO9-B**. Con el uso de estos reguladores el régimen de carga se sitúa en torno al 82,60%, que deja un margen aceptable de potencia disponible.

- El caso de los reguladores para los circuitos de aproximación por la cabecera 27 es similar. La potencia demandada por cada uno de ellos es del orden de 24,5 kW, por lo que la reutilización de los reguladores de 25 kW que actualmente alimentan los circuitos de aproximación de CAT I conllevaría un régimen de carga del 97,98%. Al igual que en el caso anterior se decide aumentar la potencia de los reguladores proyectados para los circuitos **AP27-A/AP27-B** hasta 30 kW, con lo que disminuye el régimen de carga hasta un 81,65%, en el rango de valores adecuados.
- La potencia demandada por cada uno de los circuitos de zona de toma de contacto en la pista 09, **ZC09-A/ZC09-B**, es 7,2 kW, por lo que sería necesario un regulador de potencia nominal de 7,5 kW para cada uno. Sin embargo; esto conllevaría un régimen de carga muy alto, del orden del 96%. Se opta, por tanto, por reguladores de potencia superior. Con 10 kW de potencia comercial de los reguladores, éstos trabajarían al 72% aproximadamente, régimen que se considera adecuado y que, además, deja un margen de potencia disponible para posibles futuras ampliaciones de los circuitos (inclusión de nuevos elementos a alimentar).
- La potencia demandada por cada uno de los circuitos de zona de toma de contacto en la pista 27, **ZC27-A/ZC27-B**, es 7,13 kW. Al igual que en el caso anterior, el uso de reguladores de 7,5 kW implicaría que los mismos trabajasen en torno al 95%, no recomendable. Por ello se eligen reguladores de 10 kW de potencia comercial, obteniéndose un régimen de carga del regulador del orden del 71,30%, que se considera adecuado y que, además, deja un margen de potencia disponible para posibles futuras ampliaciones de los circuitos (inclusión de nuevos elementos a alimentar).

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Aplicación	Cantidad	Potencia del Regulador
Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 09	2	30 kW
Sistema de aproximación CAT II/III Cabecera 27	2	30 kW
Luces de zona de toma de contacto Umbral 09	2	10 kW
Luces de zona de toma de contacto Umbral 27	2	10 kW

Tabla XI. Reguladores de intensidad constante proyectados.

Como se observa, no se reutilizan ninguno de los 4 reguladores de 25 kW disponibles tras la eliminación de los sistemas de aproximación CAT I en ambas cabeceras, los 8 reguladores proyectados serán de nueva adquisición.