



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Volumen II**

Anexos

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

A background image of a large, multi-story building with a central tower and many windows, likely a university building.

# **"INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CONTRA INCENDIOS DE UNA NAVE INDUSTRIAL"**

TFG presentado para optar al título de GRADO en  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
por **Rubén Luque García**

Barcelona, 11 de Junio de 2014

Tutor proyecto: Juan Morón/Héctor Rivas  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

---

# ANEXO I

---

Diseño de la  
Iluminación

---

RUBEN LUQUE GARCIA

---

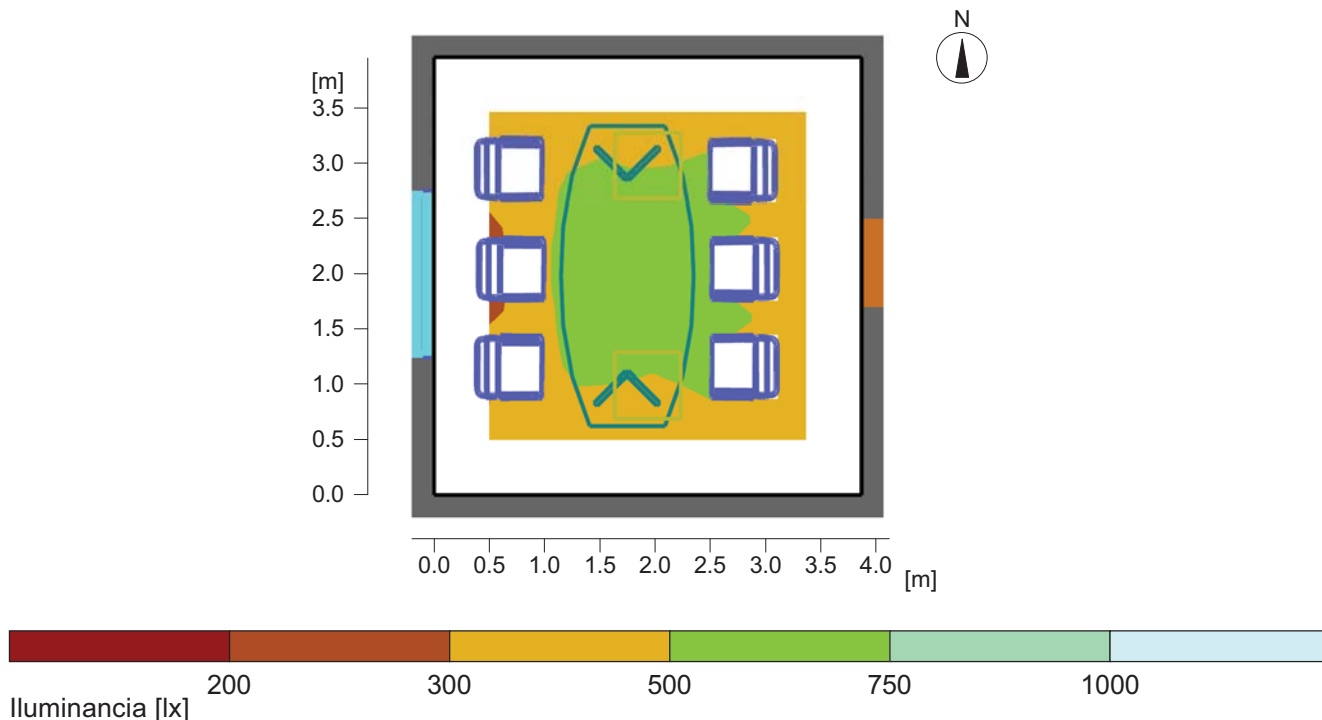


Objeto :  
 Instalación :  
 Nº del proyecto : Sala de reuniones  
 Fecha : 26.10.2013

## 2 Espacio 1

### 2.2 Resumen, Espacio 1

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación 1



#### General

Algoritmia de cálculo utilizada  
 Altura del nivel de luminarias  
 Factor de mantenimiento

Porción indirecta media  
 2.80 m  
 0.70

Flujo luminoso total de todas las lámparas  
 Rendimiento global  
 Rendim. total por superficie (15.29 m<sup>2</sup>)

9600 lm  
 192.0 W  
 12.56 W/m<sup>2</sup> (2.66 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Área de evaluación 1

#### Nivel útil 1.1

horizontal  
 Em 472 lx  
 Emin 341 lx  
 Emin/Em (Uo) 0.72  
 Emin/Emax (Ud) 0.65  
 UGR (2.7H 2.5H) <=15.5  
 Posición 0.75 m

#### Superficies principales

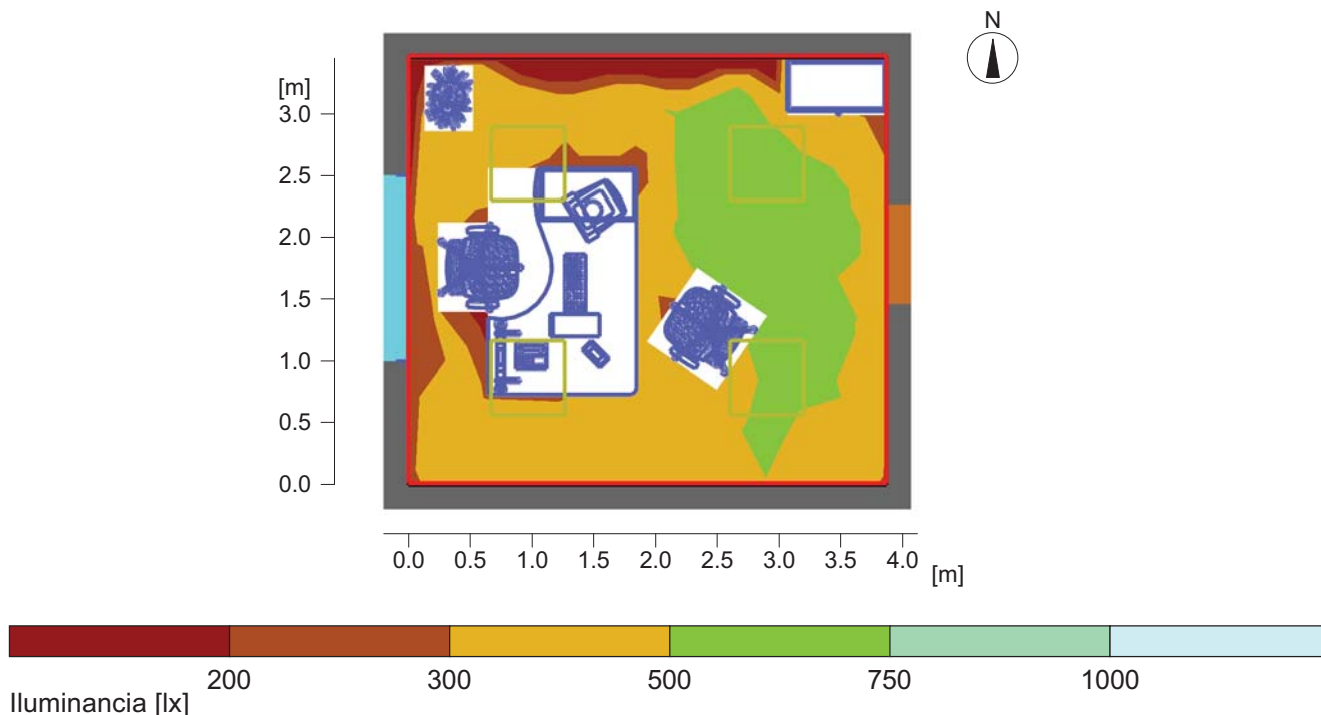
	Em	Uo
M 1.5 (Techo)	178 lx	0.87
M 1.1 (Pared)	270 lx	0.52
M 1.2 (Pared)	192 lx	0.80
M 1.3 (Pared)	269 lx	0.53
M 1.4 (Pared)	179 lx	0.84

Objeto :  
 Instalación :  
 N° del proyecto : Despacho  
 Fecha : 26.10.2013

## 2 Despacho

### 2.2 Resumen, Despacho

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación



#### General

Algoritmia de cálculo utilizada  
 Altura del nivel de luminarias  
 Factor de mantenimiento

Porción indirecta media  
 2.80 m  
 0.70

Flujo luminoso total de todas las lámparas  
 Rendimiento global  
 Rendim. total por superficie (13.35 m²)

14400 lm  
 192.0 W  
 14.38 W/m² (3.27 W/m²/100lx)

#### Área de evaluación

#### Nivel útil 2.1

horizontal  
 Em  
 440 lx  
 Emin  
 237 lx  
 Emin/Em (Uo)  
 0.54  
 Emin/Emax (Ud)  
 0.41  
 UGR (2.2H 2.7H)  
 <=15.7  
 Posición  
 0.00 m

#### Superficies principales

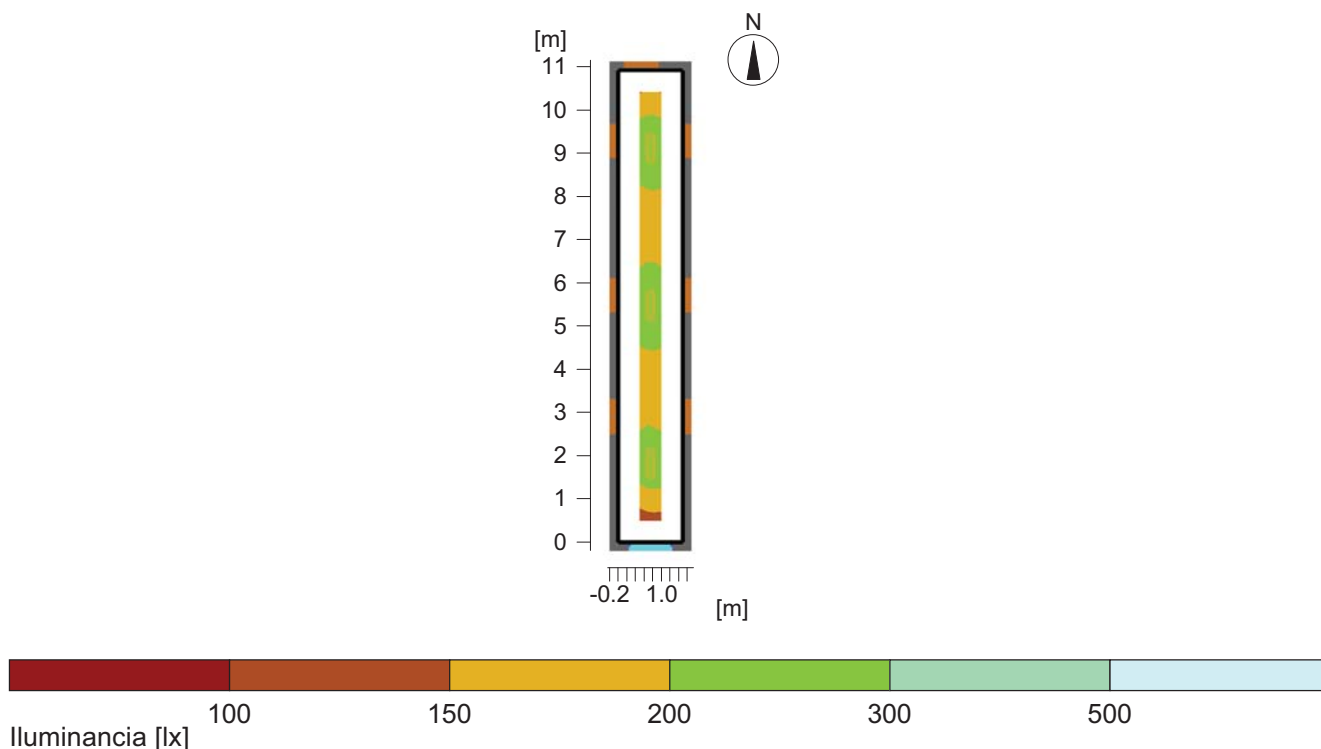
	Em	Uo
M 2.5 (Techo)	302 lx	0.80
M 2.1 (Pared)	401 lx	0.64
M 2.2 (Pared)	327 lx	---
M 2.3 (Pared)	0 lx	---
M 2.4 (Pared)	366 lx	0.44

Objeto :  
 Instalación :  
 N° del proyecto : Pasillo  
 Fecha : 01.11.2013

## 2 Pasillo

### 2.2 Resumen, Pasillo

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación 1



#### General

Algoritmia de cálculo utilizada	Porción indirecta media
Altura del nivel de luminarias	2.80 m
Factor de mantenimiento	0.70
Flujo luminoso total de todas las lámparas	8100 lm
Rendimiento global	108.0 W
Rendim. total por superficie (16.35 m²)	6.61 W/m² (3.27 W/m²/100lx)

#### Área de evaluación 1

#### Nivel útil 1.1

horizontal	
Em	202 lx
Emin	134 lx
Emin/Em (Uo)	0.66
Emin/Emax (Ud)	0.53
UGR (1.3H 7.2H)	<=20.0
Posición	0.75 m

#### Superficies principales

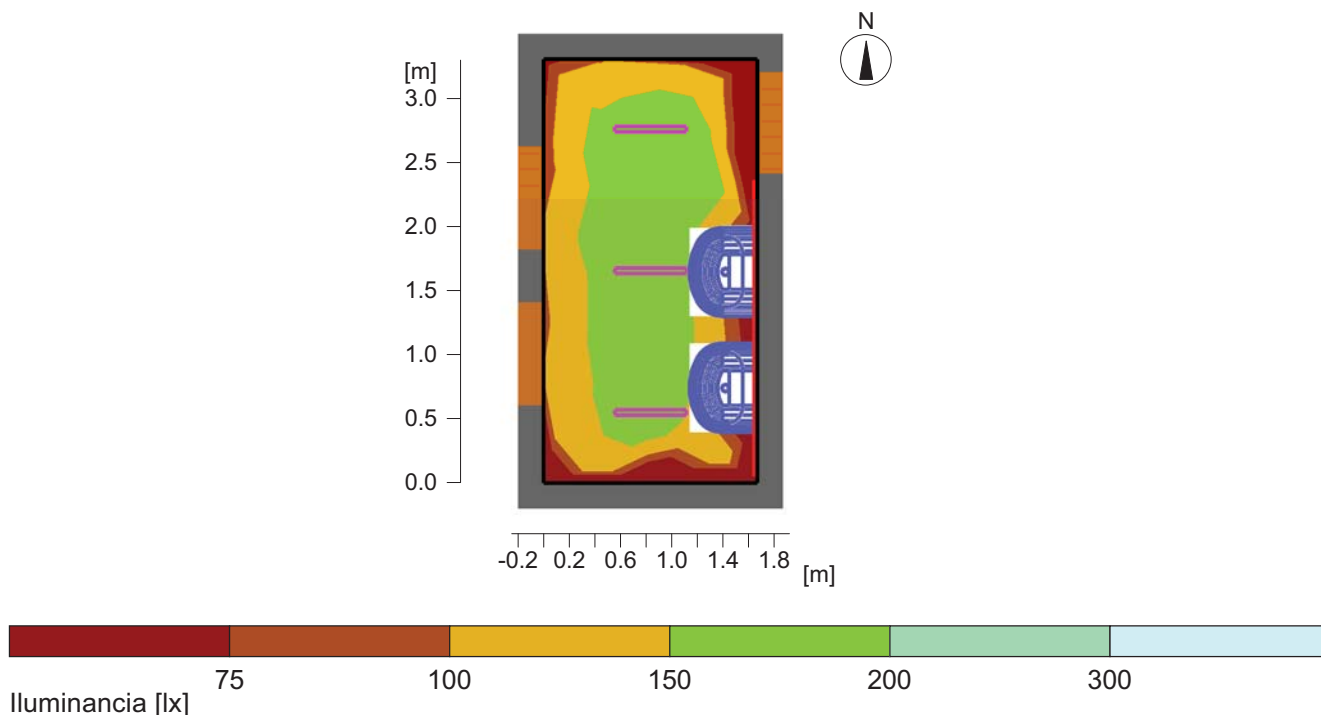
	Em	Uo
M 1.5 (Techo)	137 lx	0.69
M 1.1 (Pared)	136 lx	0.85
M 1.2 (Pared)	169 lx	0.67
M 1.3 (Pared)	140 lx	0.88
M 1.4 (Pared)	166 lx	0.66

Objeto :  
 Instalación :  
 N° del proyecto : Baño  
 Fecha : 26.10.2013

## 2 Espacio 1

### 2.2 Resumen, Espacio 1

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación 2



#### General

Algoritmia de cálculo utilizada  
 Altura del nivel de luminarias  
 Factor de mantenimiento

Porción indirecta media  
 2.80 m  
 0.80

Flujo luminoso total de todas las lámparas  
 Rendimiento global  
 Rendim. total por superficie (5.51 m²)

2910 lm  
 38.7 W  
 7.02 W/m² (5.15 W/m²/100lx)

#### Área de evaluación 2

#### Nivel útil 2.1

horizontal  
 Em  
 136 lx  
 Emin  
 78 lx  
 Emin/Em (Uo)  
 0.57  
 Emin/Emax (Ud)  
 0.45  
 UGR (1.4H 2.1H)  
 <=19.2  
 Posición  
 0.75 m

#### Superficies principales

Em  
 M 2.5 (Techo)  
 171 lx  
 M 2.1 (Pared)  
 0 lx  
 M 2.2 (Pared)  
 0 lx  
 M 2.3 (Pared)  
 164 lx  
 M 2.4 (Pared)  
 129 lx

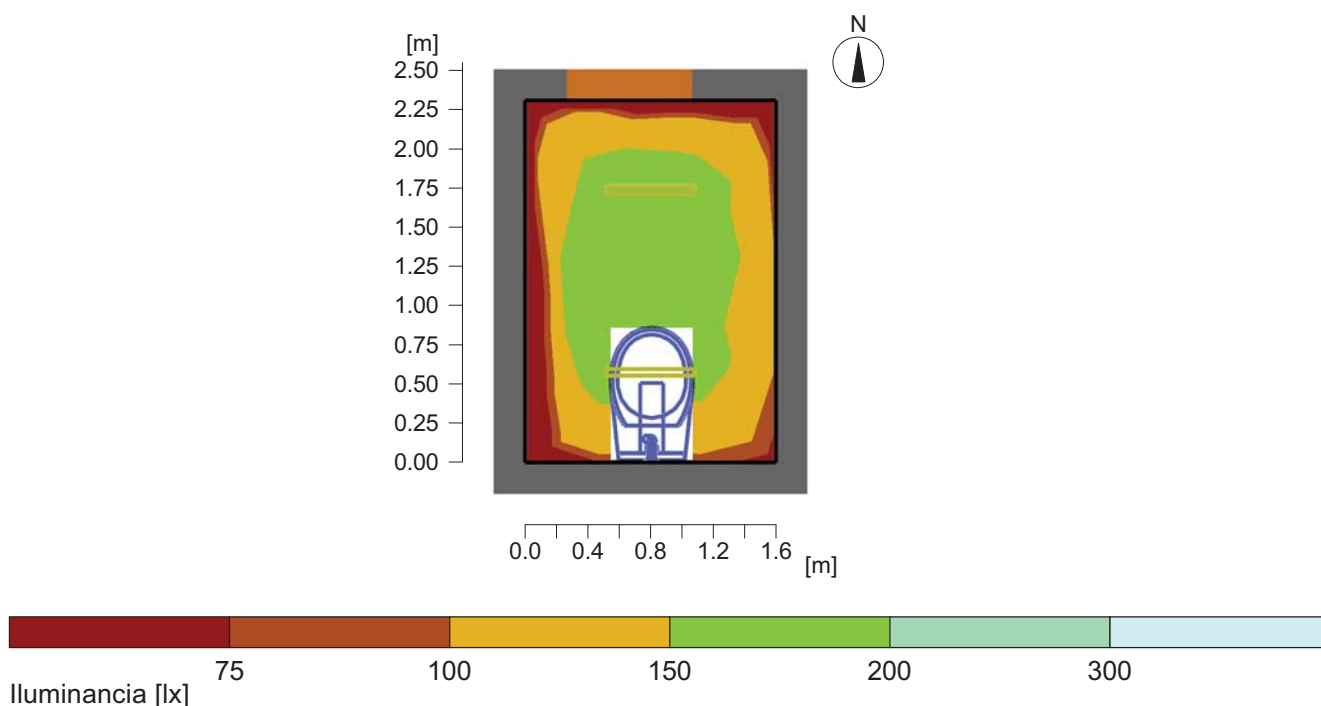
Uo  
 0.74  
 ---  
 ---  
 0.58  
 0.00

Objeto :  
 Instalación :  
 N° del proyecto : Lavabo  
 Fecha : 26.10.2013

## 2 Espacio 1

### 2.2 Resumen, Espacio 1

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación



#### General

Algoritmo de cálculo utilizada	Porción indirecta media
Altura del nivel de luminarias	2.80 m
Factor de mantenimiento	0.80
Flujo luminoso total de todas las lámparas	1940 lm
Rendimiento global	25.8 W
Rendim. total por superficie (3.68 m²)	7.01 W/m² (5.02 W/m²/100lx)

#### Área de evaluación

#### Nivel útil 2.1

	horizon
Em	140 lx
Emin	88 lx
Emin/Em (Uo)	0.63
Emin/Emax (Ud)	0.51
UGR (2.0H 2.0H)	<=18.9
Posición	0.75 m

#### Superficies principales

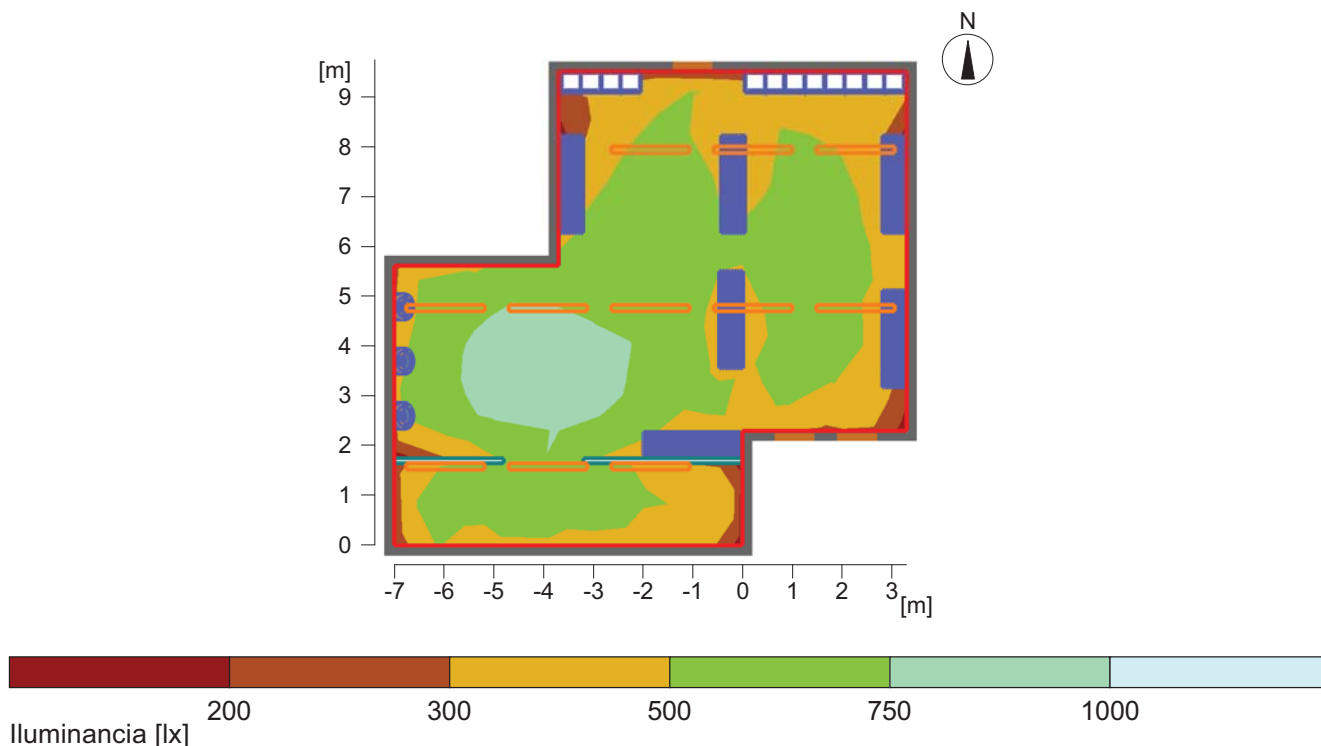
M 2.5 (Techo)	168 lx	0.87
M 2.1 (Pared)	160 lx	---
M 2.2 (Pared)	147 lx	0.50
M 2.3 (Pared)	0 lx	---
M 2.4 (Pared)	146 lx	0.50

Objeto :  
 Instalación :  
 N° del proyecto : Vestuario  
 Fecha : 26.10.2013

## 2 Espacio 1

### 2.2 Resumen, Espacio 1

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación 1



#### General

Algoritmia de cálculo utilizada  
 Altura del nivel de luminarias  
 Factor de mantenimiento

Porción indirecta media  
 2.80 m  
 0.80

Flujo luminoso total de todas las lámparas  
 Rendimiento global  
 Rendim. total por superficie (77.39 m²)

94600 lm  
 1045.0 W  
 13.50 W/m² (2.44 W/m²/100lx)

#### Área de evaluación 1

#### Nivel útil 1.1 horizontal

Em  
 Emin  
 Emin/Em (Uo)  
 Emin/Emax (Ud)  
 UGR (6.7H 6.3H)  
 Posición

553 lx  
 255 lx  
 0.46  
 0.32  
 <=24.8  
 0.00 m

#### Superficies principales

	Em	Uo
M 1.9 (Techo)	415 lx	0.59
M 1.1 (Pared)	444 lx	0.58
M 1.2 (Pared)	423 lx	0.01
M 1.3 (Pared)	499 lx	0.25
M 1.4 (Pared)	331 lx	0.02
M 1.5 (Pared)	776 lx	0.61
M 1.6 (Pared)	536 lx	0.36
M 1.7 (Pared)	592 lx	0.55

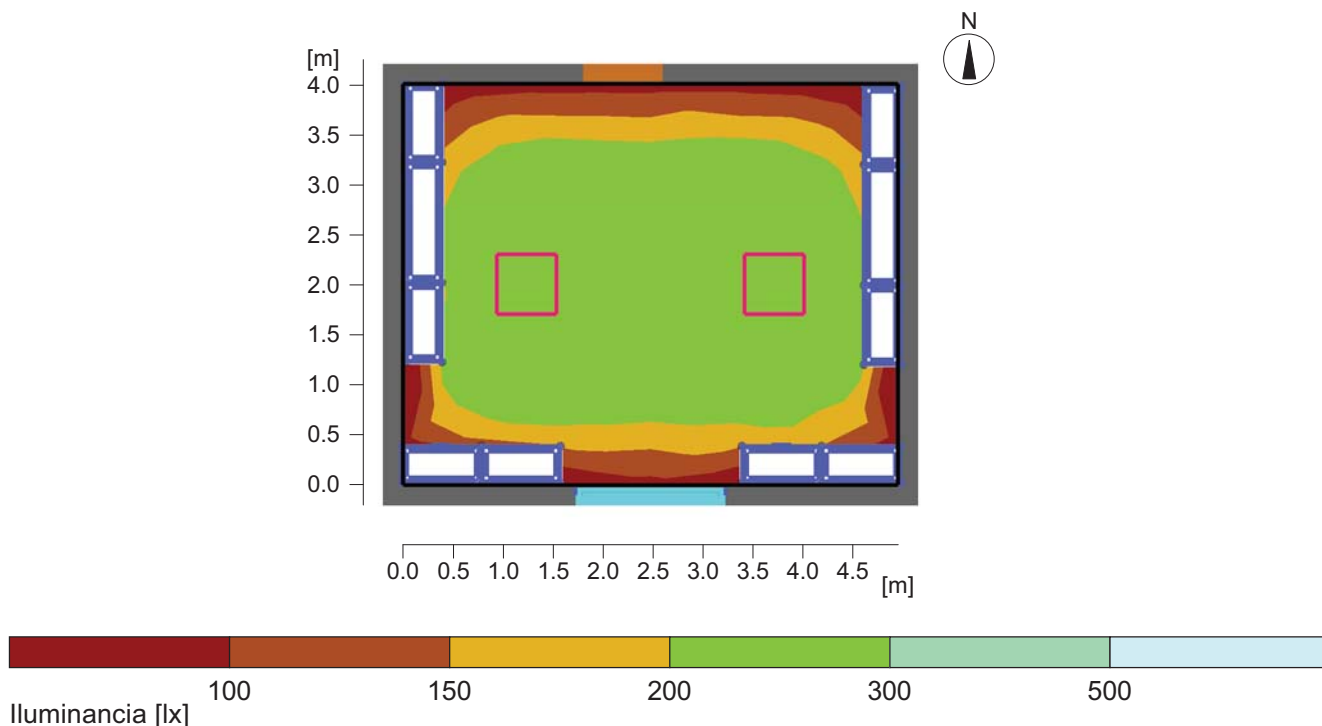


Objeto :  
 Instalación :  
 N° del proyecto : Almacén  
 Fecha : 02.11.2013

## 2 Espacio 1

### 2.2 Resumen, Espacio 1

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación



#### General

Algoritmia de cálculo utilizada  
 Altura del nivel de luminarias  
 Factor de mantenimiento

Porción indirecta media  
 2.80 m  
 0.60

Flujo luminoso total de todas las lámparas  
 Rendimiento global  
 Rendim. total por superficie (19.80 m²)

7200 lm  
 96.0 W  
 4.85 W/m² (2.07 W/m²/100lx)

#### Área de evaluación

#### Nivel útil 2.1

horizontal  
 Em  
 235 lx  
 Emin  
 133 lx  
 Emin/Em (Uo)  
 0.57  
 Emin/Emax (Ud)  
 0.45  
 UGR (2.8H 3.1H)  
 <=14.7  
 Posición  
 0.75 m

#### Superficies principales

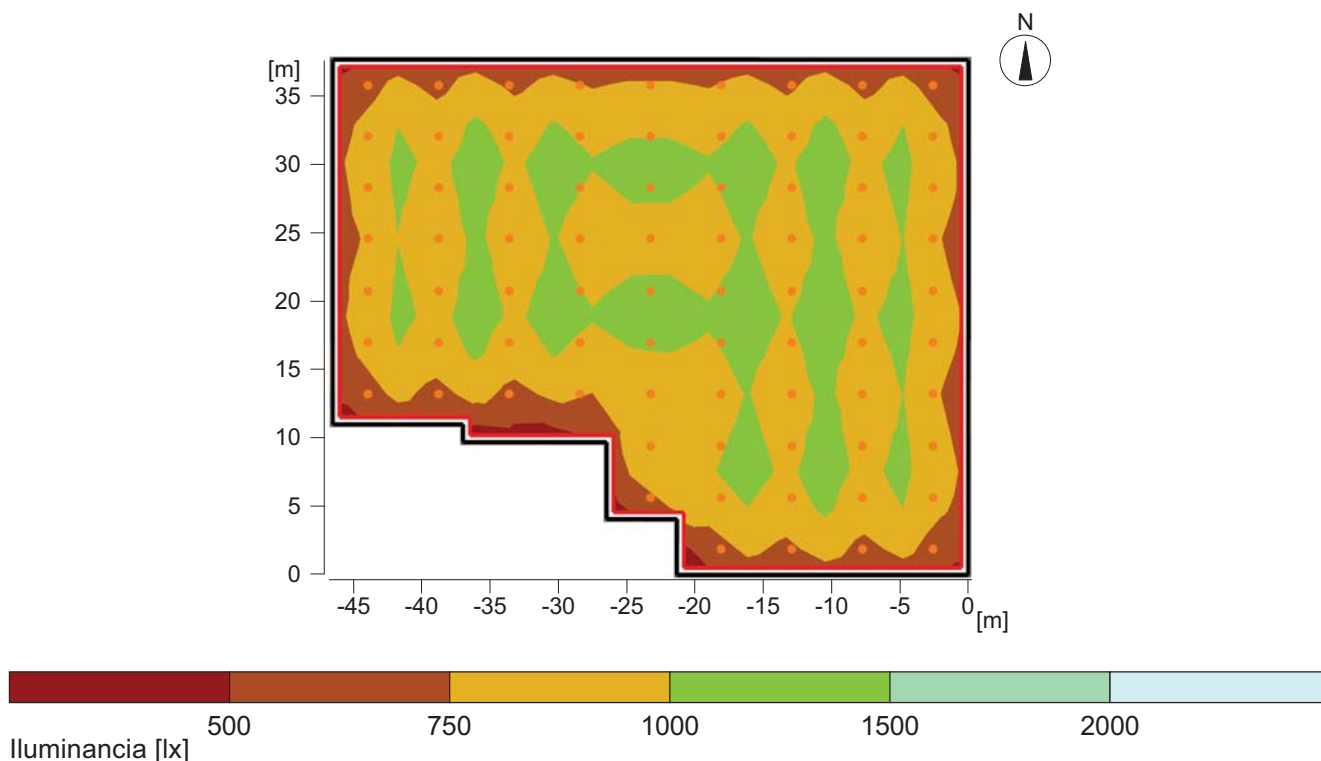
	Em	Uo
M 2.5 (Techo)	101 lx	0.72
M 2.1 (Pared)	94 lx	0.63
M 2.2 (Pared)	94 lx	0.55
M 2.3 (Pared)	102 lx	0.61
M 2.4 (Pared)	94 lx	0.63

Objeto :  
 Instalación :  
 N° del proyecto : Zona de taller  
 Fecha : 03.11.2013

## 2 Zona de taller

### 2.2 Resumen, Zona de taller

#### 2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación 1



#### General

Algoritmia de cálculo utilizada  
 Altura del nivel de luminarias  
 Factor de mantenimiento

Porción indirecta media  
 4.50 m  
 0.70

Flujo luminoso total de todas las lámparas  
 Rendimiento global  
 Rendim. total por superficie (1521.23 m²)

3080000 lm  
 33880.0 W  
 22.27 W/m² (2.45 W/m²/100lx)

#### Área de evaluación 1

#### Nivel útil 1.1

horizontal  
 Em  
 911 lx  
 Emin  
 403 lx  
 Emin/Em (Uo)  
 0.44  
 Emin/Emax (Ud)  
 0.37  
 UGR (12.0H 8.0H)  
 <=27.7  
 Posición  
 0.50 m

#### Superficies principales

	Em	Uo
M 1.10 (Techo)	144 lx	0.61
M 1.1 (Pared)	214 lx	0.36
M 1.2 (Pared)	229 lx	0.33
M 1.3 (Pared)	208 lx	0.38
M 1.4 (Pared)	202 lx	0.38
M 1.5 (Pared)	157 lx	0.00
M 1.6 (Pared)	176 lx	0.48
M 1.7 (Pared)	229 lx	0.36

---

# ANEXO II

---

Caracterización  
del  
Establecimiento  
según Riesgo de  
Incendio

---

RUBEN LUQUE GARCIA

---



# ÍNDICE

1	Caracterización de nuestro establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios.....	2
1.1	Establecimiento.....	2
1.2	Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con relación a su entorno .....	2
1.3	Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.....	3



# 1 CARACTERIZACIÓN DE NUESTRO ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

En este anexo realizaremos el estudio de la caracterización de nuestro establecimiento, con el fin de poder realizar correctamente la instalación contra incendios,

Para realizar dicho estudio seguiremos el *Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales* (en adelante RSCIEI), aprobado según el *Real Decreto 2267/2004*, de 3 de diciembre.

## 1.1 Establecimiento

Según el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI), aprobado según el Real Decreto 2269/2004, de 3 de diciembre, *“Se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de éste, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, según lo establecido en el artículo 2, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo”*.

En nuestro caso, edificio destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

Además, según el mismo RD, los establecimientos industriales se caracterizan por:

- a) Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- b) Su nivel de riesgo intrínseco

## 1.2 Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con relación a su entorno

Las muy diversas configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales se consideran reducidas a dos grupos:

- 1) Establecimientos industriales ubicados en un edificio
- 2) Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio



En nuestro caso, nos encontramos con una configuración y ubicación del grupo 1.

Además, dentro de este grupo 1, encontramos diferentes tipos, según el tipo de edificio.

Nuestro edificio industrial será considerado del tipo C.

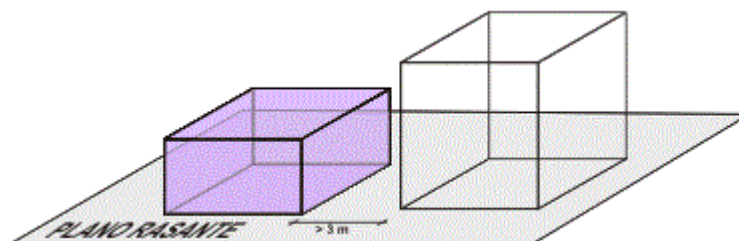


Ilustración 1. Establecimiento Industrial tipo C

### 1.3 Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco

Según el RSCIEI, los establecimientos industriales se clasifican, según su grado de riesgo intrínseco, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican a continuación.

- 1) Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. Cada una de estas configuraciones constituirá una o varias zonas (sectores o áreas de incendio) del establecimiento industrial.

Para los tipos A, B y C se considera "sector de incendio" el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Teniendo en cuenta que los elementos separadores se pueden calificar como resistentes al fuego siempre que cumplan las condiciones siguientes:

- a) Estabilidad o capacidad portante.
- b) Ausencia de emisión de gases inflamables por la cara no expuesta.
- c) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- d) Resistencia térmica suficiente para impedir que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las que se establecen en la citada norma UNE.

Además, según el mismo RSCIEI, “cuando en un establecimiento industrial coexistan con la actividad industrial otros usos con la misma titularidad, para los que sea de aplicación la Norma básica de la edificación: condiciones de protección contra incendios, o una normativa equivalente, los requisitos que deben satisfacer los espacios de uso no industrial serán los exigidos por dicha normativa cuando superen los límites indicados a continuación:

- a) Zona comercial: superficie construida superior a 250m<sup>2</sup>.
- b) Zona administrativa: superficie construida superior a 250m<sup>2</sup>.
- c) Salas de reuniones, conferencias, proyecciones: capacidad superior a 100 personas sentadas.
- d) Archivos: superficie construida superior a 250 m<sup>2</sup> o volumen superior a 750 m<sup>3</sup>.
- e) Bar, cafetería, comedor de personal y cocina: superficie construida superior a 150 m<sup>2</sup> o capacidad para servir a más de 100 comensales simultáneamente.
- f) Biblioteca: superficie construida superior a 250m<sup>2</sup>.
- g) Zonas de alojamiento de personal: capacidad superior a 15 camas.

Las zonas a las que por su superficie sean de aplicación las prescripciones de las referidas normativas deberán constituir un sector de incendios independiente”.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que nuestro edificio no cumple ninguna de las preinscripciones del RSCIEI descritas anteriormente, consideraremos todo nuestro establecimiento como un único sector de incendios.

El siguiente procedimiento según el cual se clasifican los establecimientos industriales, según el RSCIEI, es el descrito a continuación:

- 2) El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evaluará calculando la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \quad (1)$$

Dónde:

$Q_s$  = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

$G_i$  = Masa, en Kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

$q_i$  = Poder calorífico, en MJ/Kg o Mcal/Kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

$C_i$  = Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.



$R_a$  = Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

$A$  = Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en  $m^2$ .

Dicha expresión determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector o área de incendio.

Para calcular esta expresión, primero debemos clasificar los combustibles que existen en nuestro sector de incendios, según la actividad. En nuestro caso, el combustible, según la única actividad que se realiza, es el denominado: Muebles de madera.

Se estima una masa de este combustible de 24800 kg.

El poder calorífico ( $q_i$ ) lo obtendremos de la tabla 1.4 del RSCIEI, tabla que se muestra a continuación.

PODER CALORÍFICO ( $q$ ) DE DIVERSAS SUSTANCIAS								
PRODUCTO	MJ/kg	Mcal/kg	PRODUCTO	MJ/kg	Mcal/kg	PRODUCTO	MJ/kg	Mcal/kg
Aceite de algodón	37,2	9	Carbón	31,4	7,5	Leche en polvo	16,7	4
Aceite de creosota	37,2	9	Carbono	33,5	8	Lino	16,7	4
Aceite de lino	37,2	9	Cartón	16,7	4	Linoleum	2,1	05
Aceite mineral	42	10	Cartón asfáltico	21	5	Madera	16,7	4
Aceite de oliva	42	10	Celuloide	16,7	4	Magnesio	25,1	6
Aceite de parafina	42	10	Celulosa	16,7	4	Malta	16,7	4
Acetaldehído	25,1	6	Cereales	16,7	4	Mantequilla	37,2	9
Acetamida	21	5	Chocolate	25,1	6	Metano	50,2	12
Acetato de amilo	33,5	8	Cicloheptano	46	11	Monóxido de carbono	8,4	2
Acetato de polivinilo	21	5	Ciclohexano	46	11	Nitrito de acetona	29,3	7
Acetona	29,3	7	Ciclopentano	46	11	Nitrocelulosa	8,4	2
Acetileno	50,2	12	Ciclopropano	50,2	12	Octano	46	11
Acetileno disuelto	16,7	4	Cloruro de polivinilo	21	5	Papel	16,7	4
Acido acético	16,7	4	Cola celulósica	37,2	9	Parafina	46	11

**Tabla 1. Poder calorífico de diversas sustancias**

Según esta tabla, la madera, que es nuestro producto a analizar, tiene un poder calorífico de 16.7 MJ/kg o, lo que es lo mismo, 4Mcal/kg.



A continuación, para obtener el coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de nuestro combustible ( $C_i$ ), vamos a la Tabla 1.1 del catálogo CEA de Productos y Mercancías.

Según esta tabla, para la fabricación de muebles de madera, se obtiene un coeficiente adimensional de 1.6.

Para obtener ahora el coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad ( $R_a$ ), iremos a la tabla 1.2 del mismo RSCIEI.

Parte de esta tabla, se muestra seguidamente:

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	$q_s$		$R_a$	$q_v$		$R_a$
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>		MJ/m <sup>3</sup>	Mcal/m <sup>3</sup>	
artículos de						
Materias sintéticas, estampado	400	96	1,0			
Materias sintéticas, expedición	1.000	240	2,0			
Materias sintéticas, soldadura de piezas	700	168	1,5			
Mecánica de precisión, taller	200	48	1,0			
Médica, consulta	200	48	1,0			
Medicamentos, embalaje	300	72	1,0	800	192	1,5
Medicamentos, venta	800	192	1,5		0	
Melaza				5.000	1.202	2,0
Mercería, venta	700	168	1,5	1.400	337	2,0
Mermelada	800	192	1,5			
Metales preciosos	200	48	1,0			
Metales, manufacturas en general	200	48	1,0			
Metálicas, grandes construcciones	80	19	1,0			
Minerales	40	10	1,0			
Mostaza	400	96	1,0			
Motocicletas	300	72	1,0			
Motores eléctricos	300	72	1,0			
Muebles de acero	300	72	1,0			
Muebles de madera	500	120	1,5	800	192	1,5
Muebles de madera, barnizado	500	120	1,5			

**Tabla 2. Valores de densidad de carga de fuego media y riesgo de activación asociado**

Como podemos observar en la tabla, para la actividad de muebles de madera, fabricación y venta, se estima un coeficiente adimensional de 1.5.

Por último, la superficie construida de nuestro sector de incendio, según la tabla 1 de la memoria, es de 1735.58 m<sup>2</sup>.

A modo de resumen, a continuación se muestra una tabla con los valores a aplicar, según lo descrito anteriormente, para el cálculo de la densidad de carga de fuego.

Actividad	G <sub>i</sub> (kg)	q <sub>i</sub> (MJ/kg)	C <sub>i</sub>	A (m <sup>2</sup> )	R <sub>a</sub>
Muebles de madera	24800	16,7	1,6	1735,58	1,5

**Tabla 3. Tabla resumen de valores para cálculo densidad de carga**

Con estos valores y aplicando la ecuación 1, obtenemos el siguiente resultado:

$$Q_s = \frac{24800kg \cdot 16.7MJ/kg \cdot 1.6}{1735.58m^2} \cdot 1.5 = 572.7MJ/m^2 \quad (2)$$

Por lo tanto, la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de nuestro sector de incendio es de 286.35 MJ/m<sup>2</sup>.

Puesto que nuestro establecimiento solo tiene un sector de incendio y se desarrolla su actividad en un solo edificio, se toma el valor calculado anteriormente como la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de nuestro establecimiento.

Evaluada la densidad de carga de fuego ponderada, y corregida de nuestro edificio industrial según el procedimiento correspondiente, el nivel de riesgo intrínseco de nuestro sector de incendio, del establecimiento industrial, se deduce de la tabla 1.3 del RSCIEI.

Dicha tabla se muestra a continuación.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

**Tabla 4. Nivel de riesgo intrínseco**

Según esta tabla, el riesgo intrínseco de nuestro establecimiento es de nivel BAJO 2.

---

# ANEXO III

---

## Cálculo de la Instalación Eléctrica

---

RUBEN LUQUE GARCIA

---



# ÍNDICE

1	Cálculo de la instalación eléctrica.....	2
2	Previsión de cargas .....	2
3	puesta a tierra.....	4
4	batería de condensadores.....	7
5	Cálculo de los elementos de la instalación y sus líneas.....	8
5.1	Centro de transformación.....	8
5.2	Intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) .....	9
5.3	Derivación individual (DI) .....	11
5.3.1	Cálculo de la Intensidad máxima DI.....	11
5.3.2	Cálculo de la sección DI.....	12
5.4	Cuadro General de Mando y Protección (CGMP).....	18
5.5	Instalación interior.....	18
5.5.1	Distribución de la potencia por Subcuadros (SCs).....	19
5.5.2	Cálculo de la intensidad de las líneas de derivación a los SCs.....	20
5.5.3	Tabla de resultados .....	20
5.5.4	Cálculo de la sección de las líneas de derivación a los SCs.....	21
5.5.5	Tabla de resultados .....	26
5.5.6	Distribución de la potencia de cada Subcuadro (SC).....	27
5.5.7	Subcuadro 1 (SC1).....	28
5.5.8	Subcuadro 2 (SC2).....	32
5.5.9	Subcuadro 3 (SC3).....	34
5.5.10	Subcuadro 4 (SC4).....	35

# 1 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En este anexo realizaremos el cálculo de la instalación eléctrica. Se calcularán la potencia prevista además de las intensidades y secciones correspondientes a cada parte de la instalación.

Para ello nos basaremos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), aprobado según el Real Decreto 842/2002<sup>1</sup>.

## 2 PREVISIÓN DE CARGAS

La previsión de cargas se calcula diferenciando dos tipos, iluminación y fuerza.

El primero de ellos, iluminación, se calcula utilizando el programa Relux. Con este programa, introduciendo unos valores predeterminados, según el espacio del cual queramos calcular la iluminación, se obtiene el resultado de potencia necesaria para la iluminación del espacio correspondiente. El proceso del cálculo seguido para la iluminación y los resultados obtenidos del programa Relux, están reflejados en el anexo *Cálculo de luminarias*.

Para la fuerza, nos basamos en los datos facilitados por el titular del proyecto, así como por las fichas técnicas de la maquinaria y las apreciaciones correspondientes.

A la potencia resultante, se le aplicará un coeficiente de simultaneidad, para obtener la potencia máxima admisible, tal y como podemos ver en la ecuación 1.

$$P_{ma} = P_p \cdot cs \quad (1)$$

Dónde:

$P_{ma}$  = Potencia máxima admisible

$P_p$  = Potencia prevista

$cs$  = Coeficiente de simultaneidad

En la tabla siguiente observamos las potencias de cada elemento, así como la potencia total necesaria de suministro.

---

<sup>1</sup> Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Elemento	Potencia (kW)
Fuerza:	
Seccionadora 1	9,2
Seccionadora 2	9,2
Control numérico 1	7,1
Control numérico 2	7,1
Aplacadora 1	4,9
Aplacadora 2	4,9
Aplacadora 3	4,9
Compresor	10
Silo	15
Tomas de corriente taller	4,5
Tomas de corriente oficinas	4
Iluminación:	
Pasillo	0,108
Despacho 1	0,192
Despacho 2	0,192
Sala de reuniones 1	0,192
Sala de reuniones 2	0,192
Lavabo 1	0,0258
Lavabo 2	0,0258
Lavabo 3	0,0258
Lavabo 4	0,0258
Lavabo 5	0,0258
Lavabo 6	0,0258
Lavabo 7	0,0258
Lavabo 8	0,0258
Baño 1	0,0387
Baño 2	0,0387
Baño 3	0,0387
Vestuario	1,045
Almacén	0,096
Sala del compresor	0,072
Zona de taller	33,88
Alumbrado de emergencia	0,042
<b>TOTAL</b>	<b>117,14</b>

Tabla 1. Previsión de cargas

Por lo tanto la potencia prevista para la instalación es de 117,14 kW.

Se calculará la potencia máxima admisible con la *fórmula 1* aplicando un coeficiente de simultaneidad 1, tal y como dice la ITC 10 del REBT en el apartado 4.2.

$$P_{ma} = 117.14 \cdot 1 = 117.147 \text{ kW} \quad (2)$$

### 3 PUESTA A TIERRA

Tendremos como instalación de puesta a tierra un electrodo formado por un conductor enterrado de 6m de longitud reforzado con 1 piqueta vertical de 2m de longitud.

El terreno en el cual está realizada dicha instalación de puesta a tierra, se clasifica como arena arcillosa.

La resistividad del terreno la obtendremos de la tabla 18.3 de la ITC-BT-18 del REBT, la cual mostramos a continuación.

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 2. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Según esta tabla y nuestro tipo de terreno, tendremos en éste una resistividad de 50 a 500  $\Omega\cdot m$ . En este caso cogeremos el valor medio, 275  $\Omega\cdot m$ .

Una vez obtenido este dato, calcularemos la resistencia del conductor instalado, utilizando la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{2 \cdot \delta}{L_c} \quad (3)$$



Dónde:

$R_c$  = Resistencia del conductor [ $\Omega$ ]

$\delta$  = Resistividad del terreno [ $\Omega\cdot m$ ]

$L_c$  = Longitud del conductor [m]

Con la longitud del conductor y la resistividad del terreno y aplicando la *ecuación 3*, obtenemos el siguiente resultado:

$$R_c = \frac{2 \cdot 275}{6} = 91.67\Omega \quad (4)$$

A continuación calcularemos la resistencia de las piquetas, utilizando la ecuación siguiente:

$$R_p = \frac{\delta}{L_p} \quad (5)$$

Dónde:

$R_p$  = Resistencia de las piquetas [ $\Omega$ ]

$\delta$  = Resistividad del terreno [ $\Omega\cdot m$ ]

$L_c$  = Longitud de las piquetas [m]

Teniendo en cuenta que instalaremos 1 piqueta de 2m de longitud y utilizando la *ecuación 5*, obtendremos el resultado siguiente:

$$R_p = \frac{275}{2} = 137.5\Omega \quad (6)$$

Una vez tenemos la resistencia del conductor y la resistencia de las piquetas, calcularemos la resistencia de nuestra puesta a tierra, asociando las dos resistencias anteriormente calculadas. Para ello utilizaremos la ecuación siguiente:

$$R_{pat} = \frac{1}{\frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_p}} \quad (7)$$

Dónde:

$R_{pat}$  = Resistencia puesta a tierra [ $\Omega$ ]

$R_c$  = Resistencia del conductor [ $\Omega$ ]

$R_p$  = Resistencia de las piquetas [ $\Omega$ ]

Obteniendo como resultado:

$$R_{pat} = \frac{1}{\frac{1}{91.67} + \frac{1}{137.5}} = 55\Omega \quad (8)$$

Para comprobar que la resistencia de puesta a tierra es correcta, procederemos a calcular la tensión de contacto. Esta se obtendrá con la siguiente expresión:

$$V_c = R_{pat} \cdot I_d \quad (9)$$

Dónde:

$V_c$  = Tensión de contacto [V]

$R_{pat}$  = Resistencia puesta a tierra [ $\Omega$ ]

$I_d$  = Intensidad de sensibilidad del diferencial [A]

En este caso la sensibilidad del interruptor diferencial, como se muestra en la tabla 18 de la memoria, es de 30mA.

Con esta sensibilidad y la anterior ecuación, obtenemos una tensión de contacto de:

$$V_c = 55 \cdot 0.3 = 16.5V \quad (10)$$

De acuerdo con la ITC-BT-18 del REBT, la tensión de contacto no puede superar los 50V en lugar seco (local o emplazamiento no conductor), por lo tanto, al ser 16.5V inferior a 50V, consideraremos correcta la instalación de puesta a tierra.

En el plano 6 se puede consultar dicha instalación.

## 4 BATERÍA DE CONDENSADORES

Para elegir la batería de condensadores a instalar, debemos tener en cuenta el factor de potencia final deseado, en nuestro caso será de 0.95. Se partirá del factor de potencia inicial, en nuestro caso 0.85.

Para calcular la potencia de la batería de condensadores a elegir, se utilizará la ecuación siguiente:

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_i - \tan \varphi_f) \quad (11)$$

Dónde:

$Q_c$  = Potencia batería de condensadores [kVAr]

$P$  = Potencia instalación [kW]

$\tan \varphi_i$  = Tangente de  $\varphi_i$  inicial

$\tan \varphi_f$  = Tangente de  $\varphi_f$  final

Así, siguiendo la *ecuación 11*, obtendremos, teniendo en cuenta que el cálculo se realizará con el arco seno de 0.85 y 0.95 y no con dichos valores, el siguiente resultado:

$$Q_c = 117.14 \cdot (\tan 0.85 - \tan 0.95) = 34.1 \text{ kVAr} \quad (12)$$

De acuerdo con el resultado obtenido y teniendo en cuentas las baterías de condensadores normalizadas en el mercado, se instalará una de 35kVAr.

La batería escogida y sus características se describen en el apartado 5.4 de la memoria.

## 5 CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN Y SUS LÍNEAS

En este punto se procederá al cálculo de todos los elementos de la instalación y sus líneas correspondientes.

Se calculará la intensidad correspondiente a cada tramo, así como la sección adecuada para la línea.

### 5.1 Centro de transformación

Según se describe en el apartado 5.5 de la memoria, se instalará un centro de transformación para suministrar la potencia solicitada por el titular.

La potencia de dicho transformador, se calculará siguiendo la ecuación siguiente:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (13)$$

Dónde:

S = Potencia activa del transformador [kVA]

P = Potencia instalación [kW]

$\cos \varphi_i$  = factor de potencia

Con el factor de potencia establecido según el apartado 3 de este anexo y la potencia calculada según la previsión de cargas del punto 2 de este mismo anexo y utilizando la *ecuación 13*, obtenemos una potencia de transformador de:

$$S = \frac{117.14}{0.95} = 123.3 \text{ kVA} \quad (14)$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta los transformadores normalizados en el mercado y el resultado obtenido en la *ecuación 14*, se instalará como mínimo un transformador de 160kVA de potencia activa.

## 5.2 Intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ )

La intensidad de cortocircuito es la corriente que se genera en una línea a causa de un fallo en un aparato o línea eléctrica.

Se debe de conocer la corriente de cortocircuito para poder seleccionar correctamente nuestros dispositivos de protección.

Para el cálculo de la  $I_{cc}$ , primero se debe obtener la impedancia total de nuestra instalación. Para ello calcularemos tanto la impedancia del transformador como la del sistema.

La impedancia del transformador se obtendrá de la siguiente ecuación:

$$Z_{tr} = \frac{V^2}{S_{tr}} \cdot U_{cc} \quad (15)$$

Dónde:

$Z_{tr}$  = Impedancia del transformador [ $\Omega$ ]

$V$  = Tensión de la línea [V]

$S_{tr}$  = Potencia del transformador [VA]

$U_{cc}$  = Tensión de cortocircuito [tanto por uno]

Teniendo en cuenta la tensión de la línea trifásica (400V), la potencia del transformador calculada en el apartado anterior y una caída de tensión estimada en un 4%, se obtiene un resultado de:

$$Z_{tr} = \frac{400^2}{160000} \cdot 0.04\Omega \quad (16)$$

A continuación se calcula la impedancia del sistema, utilizando la siguiente expresión:

$$Z_s = \frac{V^2}{S_{cc}} \quad (17)$$

Dónde:

$Z_s$  = Impedancia del sistema [ $\Omega$ ]



$V$  = Tensión de la línea [V]

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito [VA]

En este caso, la potencia de cortocircuito nos la debe facilitar la empresa distribuidora. Al no tener este dato, hemos estipulado para el cálculo, una potencia de cortocircuito de 500MVA.

Así, aplicando la *ecuación 17*, se obtiene el siguiente resultado:

$$Z_s = \frac{400^2}{500000000} = 3.2 \times 10^{-4} \Omega \quad (18)$$

La impedancia total de la instalación ( $Z_T$ ) será la suma de las anteriores.

$$Z_T = 0.04 + 3.2 \times 10^{-4} = 0.04032 \Omega \quad (19)$$

Finalmente para obtener la intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) se utilizara la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} \quad (20)$$

Obteniendo un resultado:

$$I_{cc} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.04032} = 5727.7 A \quad (21)$$

Así pues, obtenemos una intensidad de cortocircuito de 5727.7A. Por lo tanto calibraremos nuestras protecciones a un poder de corte normalizado de 6kA.

## 5.3 Derivación individual (DI)

La Derivación Individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.

Cabe destacar que en nuestro caso no existe la línea general de alimentación, al ser una instalación para un único usuario, tal y como se establece en la ITC-BT-02 del REBT.

La derivación individual comprende la Caja de Protección y medida y los dispositivos generales de mando y protección.

### 5.3.1 Cálculo de la Intensidad máxima DI

Para proceder al cálculo de estos elementos, primero calcularemos la intensidad que circulará por dichos componentes.

La línea que circulará será una línea trifásica, por lo tanto, para calcular la corriente que circulará, utilizaremos la siguiente ecuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (22)$$

Dónde:

I = Intensidad máxima [A]

P = Carga total de la empresa [kW]

V = Tensión de la línea [V]

$\cos \varphi$  = factor de potencia

Tomando la tensión trifásica de 400V y un factor de potencia de 0.95, calculado en el apartado XXX de nuestra memoria, y siguiendo la *ecuación 22* la intensidad máxima que circulará por la línea, será:

$$I = \frac{117.14}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.95} = 178 \text{ A} \quad (23)$$

### 5.3.2 Cálculo de la sección DI

Una vez conocemos la máxima intensidad que circulará por la derivación individual, ya podemos proceder al cálculo de la sección del cable que utilizaremos.

Para ello primero escogeremos el conductor que utilizaremos para nuestra DI, en este caso, RZ1MZ1-K (AS) de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) unipolar.

En la memoria se dan los datos del conductor y se adjunta la ficha técnica del mismo.

Posteriormente elegiremos nuestro método de instalación para la derivación individual. Nos basaremos en la tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004.

Seguidamente podemos ver parte de esta tabla:

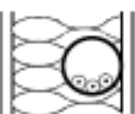
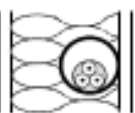
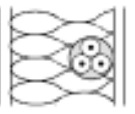

Punto n°	Métodos de instalación	Descripción	Método de instalación de referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles (véase la tabla 52-B1)
1	2	3	4
1	 local	Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en paredes térmicamente aislantes <sup>1)</sup>	A1
2	 local	Cable multiconductor en conductos empotrados en una pared térmicamente aislante <sup>1)</sup>	A2
3	 local	Cable multiconductor empotrado directamente en una pared térmicamente aislante <sup>1)</sup>	A1
4		Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería, no espaciados una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conductor de ella	B1

Tabla 3. Tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004, métodos de instalación

El método de instalación que utilizaremos para nuestra DI será el punto nº4, conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería, no espaciados una distancia inferior a 0.3 veces el diámetro del conductor de ella.

Esta tabla nos da una referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles, en nuestro caso esta referencia es el método de instalación B1.



A continuación, utilizaremos esta referencia para en la tabla 52-B1 de la norma UNE 20460-5-523:2004<sup>2</sup>, encontrar la tabla donde ver las intensidades admisibles según el método de instalación.

Podemos ver parte de la tabla nombrada anteriormente:

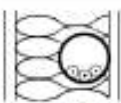



Instalación de referencia		Tabla y columna						Factor de temperatura ambiente	Factor de reducción de agrupamiento
		Intensidad admisible para los circuitos simples							
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		Aislamiento mineral			
		Número de conductores							
		2	3	2	3	1, 2 y 3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
 habitación (local)	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	52-C1 Col. 2	52-C3 Col. 2	52-C2 Col. 2	52-C4 Col. 2	—	52-D1	52-E1
 habitación (local)	Cable multiconductor en un conductor en una pared térmicamente aislante	A2	52-C1 Col. 3	52-C3 Col. 3	52-C2 Col. 3	52-C4 Col. 3	—	52-D1	52-E1
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera	B1	52-C1 Col. 4	52-C3 Col. 4	52-C2 Col. 4	52-C4 Col. 4	—	52-D1	52-E1
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera	B2	52-C1 Col. 5	52-C3 Col. 5	52-C2 Col. 5	52-C4 Col. 5	—	52-D1	52-E1

Tabla 4. Tabla 52-B1 de la norma UNE 20460-5-523:2004, métodos de instalación de referencia

En este caso, basándonos en nuestros datos iniciales, instalación de referencia B1, aislamiento XLPE y número de conductores 3, obtenemos la referencia 52-C4 Col. 4.







Además de esta referencia, también nos indica las tablas a las que consultar tanto el factor de temperatura ambiente a aplicar, tabla 52-D1, como el factor de reducción de agrupamiento, tabla 52-E1.

En el caso de la DI, solo se aplicará factor de temperatura ambiente, ya que por la canal pasará únicamente la DI y no hay agrupación de circuitos.

Con la primera referencia, vamos a la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523:2004, donde obtendremos la intensidad máxima admisible de nuestro conductor y su sección.

<sup>2</sup> Norma Española UNE 20460-5-523:2004. Instalaciones eléctricas en edificios.

Mostramos parte de la tabla mencionada anteriormente:

Secciones nominales de los conductores mm <sup>2</sup>	Método de instalación de la tabla 52 – B1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
<b>Cobre</b>						
1,5	17	16,5	20	19,5	22	22
2,5	23	22	28	26	30	29
4	31	30	37	35	40	37
6	40	38	48	44	52	46
10	54	51	66	60	71	61
16	73	68	88	80	96	79
25	95	89	117	105	119	101
35	117	109	144	128	147	122
50	141	130	175	154	179	144
70	179	164	222	194	229	178
95	216	197	269	233	278	211
120	249	227	312	268	322	240
150	285	259	–	–	371	271
185	324	295	–	–	424	304
240	380	346	–	–	500	351
300	435	396	–	–	576	396
<b>Aluminio</b>						
2,5	19	18	22	21	24	22
4	25	24	29	28	32	29
6	32	31	38	35	41	36
10	44	41	52	48	57	47
16	58	55	71	64	76	61
25	76	71	93	84	90	78
35	94	87	116	103	112	94
50	113	104	140	124	136	112
70	142	131	179	156	174	138
95	171	157	217	188	211	164
120	197	180	251	216	245	186
150	226	206	–	–	283	210
185	256	233	–	–	323	236
240	300	273	–	–	382	272
300	344	313	–	–	440	308

NOTA – En las columnas 3, 5, 6 y 7, las secciones son supuestamente circulares hasta 16 mm<sup>2</sup> inclusive. Para secciones superiores, los valores indicados se refieren a almas sectoriales y pueden ser aplicados de forma segura a las almas circulares.

Tabla 5. Tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523:2004, intensidades admisibles

Con la referencia 52-C4 Col. 4, anteriormente obtenida, y teniendo en cuenta la intensidad máxima calculada en el apartado anterior, además del material del conductor, en este caso el cobre, obtenemos una intensidad máxima admisible ( $I_z$ ) de 222A y una sección de los conductores de 70mm<sup>2</sup>.

Se tendrá en cuenta el factor de temperatura ambiente a aplicar para la intensidad máxima admisible del conductor.

En este caso no se aplica el factor de reducción de agrupamiento, al haber solo un circuito.

Siguiendo la referencia de la tabla 3 de este anexo, nos basaremos en la tabla 52-D1 de la Norma UNE 20460-5-523:2004.

Dicha tabla se muestra a continuación.

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral*	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	–	0,65	–	0,70
70	–	0,58	–	0,65
75	–	0,50	–	0,60
80	–	0,41	–	0,54
85	–	–	–	0,47
90	–	–	–	0,40
95	–	–	–	0,32

\* Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

**Tabla 6. Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30°C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables al aire libre**

Considerando la temperatura ambiente media anual de Montcada i Reixac, lugar donde se establece nuestra instalación, de 20°C, aplicaremos según la tabla anterior y teniendo en cuenta nuestro conductor, un factor de corrección de 1,08.

Por lo tanto, la intensidad máxima admisible de nuestro conductor pasa a ser de:

$$I_z = 222A \cdot 1.08 = 239.76A \quad (24)$$

Se tendrá en cuenta también, siguiendo las generalidades de los sistemas de cableado para locales con riesgo de incendio, como se especifica en el apartado 2 de la memoria, que se debe disminuir un 15% la intensidad admisible en los conductores, por lo tanto, la intensidad máxima admisible del conductor quedará como:

$$I_z = 239.76A \cdot 0.85 = 203.8A \quad (25)$$

Así pues, utilizaremos el conductor de sección igual a 70mm<sup>2</sup>.

Una vez obtenida la sección de nuestra DI, haremos las comprobaciones correspondientes para confirmar que la sección elegida es la correcta, o variarla en caso contrario.

#### Comprobación por caída de tensión

Según el apartado 3 de la ITC 15 del REBT, la caída de tensión máxima admisible será, para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación: 1.5%.

Para el cálculo de la caída de tensión, teniendo en cuenta que se trata de una instalación trifásica en baja tensión, utilizaremos la formula siguiente:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot \rho \cdot L}{S \cdot V^2} \cdot P \quad (26)$$

Dónde:

$\varepsilon$  = Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

$\rho$  = Resistividad del material [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]

$L$  = Longitud del conductor [m]

$S$  = Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

$V$  = Tensión [V]

$P$  = Potencia máxima admisible [W]

La longitud del conductor se estima en 2m, que es la distancia que recorrerá el mismo entre la Caja de Protección y Medida (CPM) y el Cuadro General de Mando y Protección (CGMP).

La resistividad del material ( $\rho$ ), en este caso el cobre, ya que es el material utilizado por el conductor elegido, RZ1MZ1-K (AS), la marca la temperatura máxima del conductor, en este caso 90°C, en la memoria se dan los datos del conductor y se adjunta la ficha técnica del mismo.

Para 90°C de temperatura máxima, la conductividad del cobre es  $1/44 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

La tensión de la línea trifásica es de 400V.

La sección del conductor y la potencia máxima admisible son las calculadas anteriormente.

Por lo tanto, con estos valores y aplicando la *expresión 26*, obtenemos la siguiente caída de tensión en la DI:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot \frac{1}{44} \cdot 2}{70 \cdot 400^2} \cdot 117140 = 0.048 \% \quad (27)$$

El porcentaje de caída de tensión en nuestra DI (0.048%) es inferior a la caída de tensión máxima admisible según el REBT (1.5%), por lo tanto, esta primera comprobación es correcta.

#### Comprobación por coordinación

Para realizar la comprobación por coordinación se deben cumplir dos condiciones:

- 1)  $I \leq I_N \leq I_Z$
- 2)  $C_{FF} \cdot I_N \leq 1.45 \cdot I_Z$

Siendo:

$I$  = Intensidad máxima que circulará por la línea (A)

$I_N$  = Intensidad nominal de la protección de la línea (A)

$I_Z$  = Intensidad máxima admisible del conductor (A)

$C_{FF}$  = Coeficiente de fusión del fusible de protección (A)

Se tiene en cuenta que la protección de la línea la realiza el fusible de seguridad situado en la Caja de Protección y Medida. Este fusible se describe en el apartado 5.9.1 de la memoria y su intensidad nominal es de 200A con un coeficiente de fusión del fusible de 1.5.

Con estos datos del fusible y las intensidades calculadas anteriormente, pasamos a comprobar la condición 1:

$$I = 178\text{A} \leq I_N = 200\text{A} \leq I_Z = 203.8\text{A}$$

Como podemos comprobar la sección elegida ( $50 \text{ mm}^2$ ) es la correcta, ya que la intensidad nominal del fusible esta entre la intensidad máxima que circulará por la DI y la intensidad máxima admisible del conductor.

Pasamos ahora a comprobar la condición 2:

$$1.5 \cdot 200A \leq 1.45 \cdot 222A$$

$$300A \leq 321.9A$$

Como observamos, se cumple también la 2ª condición.

#### Sección del conductor

Una vez realizadas todas las comprobaciones, queda justificada la sección de 70mm<sup>2</sup> para nuestro conductor en la derivación individual.

### **5.4 Cuadro General de Mando y Protección (CGMP)**

El cuadro general de mando y protección es el cuadro donde se encuentran los dispositivos generales de mando y protección.

Estos dispositivos serán, un interruptor de intensidad regulable, un interruptor general automático, un dispositivo de protección contra sobretensiones, un interruptor diferencial y por último, un interruptor magneto térmico y uno diferencial por cada línea que se derive del CGMP.

Las protecciones generales se elegirán según la intensidad calculada para la derivación individual, exceptuando las de cada línea de derivación, que se hará según la intensidad de cada línea respectivamente. La elección y características de cada dispositivo de protección pueden consultarse en el apartado 5.10 de la memoria.

### **5.5 Instalación interior**

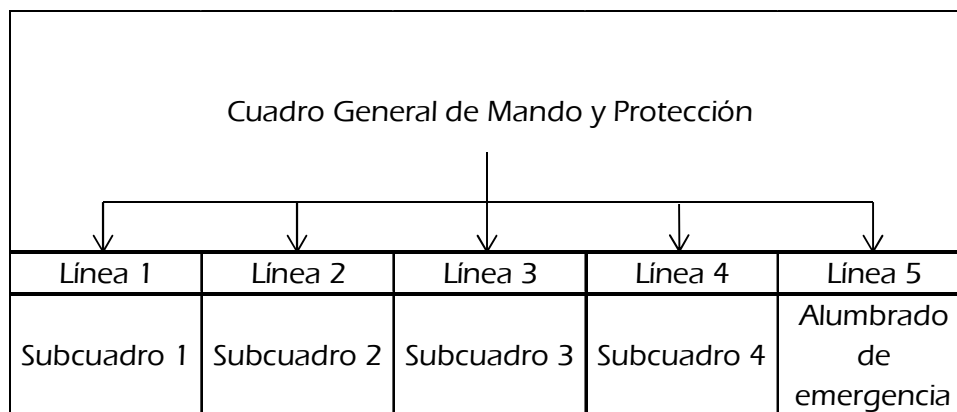
La instalación interior, es la instalación que se encuentra aguas abajo del CGMP.

En este caso, al tratarse de una industria, del CGMP se han derivado subcuadros para alimentar todos los elementos necesarios. Cada subcuadro tendrá diferentes líneas y protecciones que calcularemos a continuación.

Del CGMP se han derivado cinco líneas, las cuatro primeras para diferentes subcuadros y la última para el alumbrado de emergencia.

En la siguiente imagen, queda reflejada dicha distribución.





**Ilustración 1. Distribución del CGMP**

Cada subcuadro alimentará parte de los elementos y la iluminación de la industria.

Por lo tanto, cada subcuadro tendrá una potencia específica.

### 5.5.1 Distribución de la potencia por Subcuadros (SCs)

Seguidamente se muestra una tabla donde queda recogida la potencia que suministrará cada línea a sus elementos correspondientes.

Derivación	Línea	Potencia (kW)
Subcuadro 1	línea1	47,3
Subcuadro 2	línea 2	29,5
Subcuadro 3	línea 3	34,048
Subcuadro 4	línea 4	6,2855
AE	línea 5	0,042

**Tabla 7. Potencia de cada línea de derivación del CGMP**

A continuación, realizaremos el cálculo de la intensidad máxima y la sección de cada una de las líneas.

### 5.5.2 Cálculo de la intensidad de las líneas de derivación a los SCs

Para el cálculo de la intensidad, primero se definirá si es una línea trifásica o monofásica. En caso de tratarse de una línea trifásica, para calcular la corriente que circulará, utilizaremos la *expresión 22*.

Si por el contrario se tratara de una línea monofásica, la ecuación a utilizar sería la mostrada a continuación:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \quad (28)$$

A modo de ejemplo, se realizará únicamente el cálculo de la línea de derivación 1, ya que el procedimiento de cálculo de intensidad de todas las líneas es el mismo.

Así, la línea de derivación 1, se trata de una línea trifásica, ya que alimenta la maquinaria, por lo tanto, tomando la tensión trifásica de 400V y un factor de potencia estipulado de 1, la intensidad máxima que circulará por la línea, será, siguiendo la *ecuación 22*:

$$I = \frac{47,3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 68,3 \text{ A} \quad (29)$$

La intensidad que circulará por la línea de derivación 1, será de 68.3A.

### 5.5.3 Tabla de resultados

Siguiendo el mismo proceso de cálculo, se adjunta, a continuación, una tabla mostrando los resultados de la intensidad consumida por las diferentes líneas de derivación.

Línea de derivación	Tipo de línea	Tensión (V)	Potencia (kW)	fp	Intensidad (A)
Línea 1	Trifásica	400	47,3	1	<b>68,3</b>
Línea 2	Trifásica	400	29,5	1	<b>42,6</b>
Línea 3	Trifásica	400	34,048	1	<b>49,1</b>
Línea 4	Monofásica	230	6,2855	1	<b>27,3</b>
Línea 5	Monofásica	230	0,042	1	<b>0,2</b>

Tabla 8. Intensidades de las líneas de derivación del CGMP



Una vez obtenida la intensidad máxima de cada línea, se procederá al cálculo de la sección.

#### 5.5.4 Cálculo de la sección de las líneas de derivación a los SCs

Como se ha hecho para el cálculo de la intensidad, se realizará a modo de ejemplo, el cálculo de la sección de la línea de derivación 1, ya que el procedimiento de cálculo de la sección de todas las líneas es el mismo. Además, dicho procedimiento, es el mismo que el utilizado para calcular la sección de la derivación individual, en el apartado 5.2.2 de este mismo anexo.

Por lo tanto, lo primero a realizar para el cálculo de la sección, es escoger el conductor que utilizaremos para nuestra línea, en este caso, RZ1MZ1-K (AS) de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) unipolar.

Posteriormente elegiremos nuestro método de instalación para la línea de derivación 1. Nos basaremos en la tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004.

Seguidamente podemos ver parte de esta tabla:

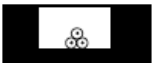

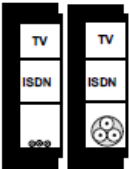


Punto n°	Métodos de instalación	Descripción	Método de instalación de referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles (véase la tabla 52-B1)
1	2	3	4
50		Conductores aislados o cable unipolar en canales empotrados en el suelo	B1
51		Cable multiconductor en canales empotrados en el suelo	B2
52		Conductores aislados o cables unipolares en conductos perfilados empotrados	B1
		Cable multiconductor en conductos perfilados empotrados	B2
54		Conductores aislados o cables unipolares en conductos, en canalizaciones no ventiladas en recorrido horizontal o vertical <sup>2)</sup>	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
55		Conductores aislados en conductos, en canalizaciones abiertas o ventiladas en el suelo <sup>1), 3)</sup>	B1

Tabla 9. Tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004, métodos de instalación

El método de instalación que utilizaremos para nuestra línea de derivación será el punto nº50, conductores aislados o cable unipolar en canales empotrados en el suelo.

Esta tabla nos da una referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles, en nuestro caso esta referencia es el método de instalación B1.

A continuación, utilizaremos esta referencia para en la tabla 4, de este mismo anexo, encontrar las intensidades admisibles según el método de instalación.

Para nuestro ejemplo, basándonos en nuestros datos iniciales, instalación de referencia B1, aislamiento XLPE y número de conductores 3, obtenemos la referencia 52-C4 Col. 4.

Además de esta referencia, también nos indica las tablas a las que consultar tanto el factor de temperatura ambiente a aplicar, tabla 52-D1, como el factor de reducción de agrupamiento, tabla 52-E1, ambas de la misma norma UNE 20460-5-523:2004.

En el caso de esta línea, solo se aplicará factor de temperatura ambiente, ya que en las canales utilizadas, se instalarán separadores para alejar a los diferentes circuitos que transcurran por la misma canal. Se interpondrá entre ellos una distancia horizontal superior al doble del diámetro del mayor conductor, por lo tanto, no se considerará la existencia de agrupamiento de varios circuitos.

Con la primera referencia, vamos a la tabla 5, donde obtendremos la intensidad máxima admisible de nuestro conductor y su sección.

Con la referencia 52-C4 Col. 4, anteriormente obtenida, y teniendo en cuenta la intensidad máxima calculada en el apartado anterior, además del material del conductor, en este caso el cobre, obtenemos una intensidad máxima admisible ( $I_z$ ) de 88A y una sección del conductor de 16mm<sup>2</sup>.

Se tendrá en cuenta el factor de temperatura ambiente a aplicar para la intensidad máxima admisible del conductor. Este coeficiente lo obtendremos de la tabla 52-D2 de la Norma UNE 20460-5-523:2004.

Dicha tabla se muestra a continuación:

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

**Tabla 10. Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes a 20°C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables en conductores enterrados**

Considerando la temperatura ambiente media anual de Montcada i Reixac, lugar donde se establece nuestra instalación, de 20°C y teniendo en cuenta la tabla anterior, no se aplicará ningún factor de corrección por temperatura ambiente.

Si se tendrá en cuenta, siguiendo las generalidades de los sistemas de cableado para locales con riesgo de incendio, como se especifica en el apartado 2 de la memoria, que se debe disminuir un 15% la intensidad admisible en los conductores, por lo tanto, la intensidad máxima admisible del conductor quedará como:

$$I_z = 88A \cdot 0.85 = 74.8A \quad (30)$$

Así pues, utilizaremos el conductor de sección igual a 16mm<sup>2</sup>.

Una vez obtenida la sección de nuestra línea, haremos las comprobaciones correspondientes para confirmar que la sección elegida es la correcta, o variarla en caso contrario.

#### Comprobación por caída de tensión

Según el apartado 2.2.2 de la ITC 19 del REBT, la caída de tensión máxima admisible de la línea, será, para instalaciones interiores no destinadas a viviendas, del 5% en el caso de no estar destinada a alumbrado.

Este 5% viene referido al tramo entre el CGMP y el punto de utilización. En este punto se calculará solo la caída de tensión des del CGMP hasta el subcuadro 1 (SC1), sin tener en cuenta la caída de tensión entre el SC1 y el punto de utilización.

Para el cálculo de la caída de tensión de nuestra línea, teniendo en cuenta que se trata de una instalación trifásica en baja tensión, utilizaremos la *expresión 26*.

En el caso de tratarse de una línea monofásica, se utilizaría la ecuación que se muestra a continuación:

$$\varepsilon = \frac{200 \cdot \rho \cdot L}{S \cdot V^2} \cdot P \quad (31)$$

La longitud del conductor se estima en 53m, que es la distancia que recorrerá el mismo entre el CGMP y el Subcuadro 1.

La resistividad del material ( $\rho$ ), en este caso el cobre, ya que es el material utilizado por el conductor elegido, RZ1MZ1-K (AS), la marca la temperatura máxima del conductor, en este caso 90°C. En la memoria se dan los datos del conductor y se adjunta la ficha técnica del mismo.

Para 90°C de temperatura máxima, la conductividad del cobre es  $1/44 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

La tensión de la línea trifásica es de 400V.

La sección del conductor es la calculada anteriormente, y la potencia de la línea de derivación 1, se puede ver en la tabla 7.

Por lo tanto, con estos valores y aplicando la *ecuación 26*, obtenemos la siguiente caída de tensión en la línea:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot \frac{1}{44} \cdot 53}{16 \cdot 400^2} \cdot 47300 = 2.23 \% \quad (32)$$

A este porcentaje de caída de tensión se le tendrá que sumar el porcentaje que se obtendrá entre el SC1 y los diferentes puntos de utilización, para comprobar que la suma no supera el 5% establecido por el REBT.

#### Comprobación por coordinación

Para realizar la comprobación por coordinación se deben cumplir dos condiciones:

- 1)  $I \leq I_N \leq I_Z$
- 2)  $C_{FF} \cdot I_N \leq 1.45 \cdot I_Z$

Se tiene en cuenta que la protección de la línea la realiza Interruptor magneto térmico correspondiente del CGMP. Este interruptor se describe en el apartado 5.10.5 de la memoria. Su intensidad nominal es de 80<sup>a</sup>, curva D, un poder de corte de 6kA y 3 polos más neutro.

Con estos datos de la protección fusible y las intensidades calculadas anteriormente, pasamos a comprobar la condición 1:

$$I = 68,3A \leq I_N = 80A \leq I_z = 74.8A$$

Como podemos comprobar la sección elegida (16 mm<sup>2</sup>) no es la correcta, según esta condición, ya que la intensidad nominal del fusible es mayor a la intensidad máxima admisible del conductor.

Por lo tanto deberemos aumentar la sección al valor posterior, en este caso 25 mm<sup>2</sup>. En este caso obtenemos una intensidad máxima admisible ( $I_z$ ) de 117A. Aplicando el 15% de disminución a dicha intensidad, debido a realizarse la instalación en un local con riesgo de incendio, la intensidad máxima admisible del conductor quedará como:

$$I_z = 117 \cdot 0.85 = 99.45 \quad (33)$$

Realizamos ahora la misma comprobación anterior:

$$I = 68,3A \leq I_N = 80A \leq I_z = 99.45A$$

Como podemos comprobar, la nueva sección elegida (25 mm<sup>2</sup>) es la correcta, según esta condición, ya que la intensidad nominal del fusible esta entre la intensidad máxima que circulará por la línea y la intensidad máxima admisible del conductor.

Al haber elegido una nueva sección, se deberá calcular de nuevo la caída de tensión de este tramo, utilizando la misma *ecuación 26*:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot \frac{1}{44} \cdot 53}{25 \cdot 400^2} \cdot 47300 = 1.43 \% \quad (34)$$

Además, en este caso, al tratarse la protección de un interruptor magneto térmico, no hace falta comprobar la segunda condición, ya que esta siempre se cumple.

### Sección del conductor

Una vez realizadas todas las comprobaciones, queda justificada la sección de 25mm<sup>2</sup> para nuestro conductor en la derivación individual.

#### 5.5.5 Tabla de resultados

Siguiendo el mismo proceso de cálculo, se adjunta, a continuación, una tabla mostrando los resultados de las secciones para las diferentes líneas de derivación.

Línea	I <sub>LINEA</sub> (A)	I <sub>N</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	ε (%)
Línea 1	68,3	80	99,45	53	25	1,43
Línea 2	42,6	50	56,1	45	10	1,89
Línea 3	49,1	50	56,1	6,5	10	0,32
Línea 4	27,3	32	40,8	9	6	0,81
Línea 5	0,2	0,3	17	31	1,5	0,08

Tabla 11. Secciones de las líneas de derivación del CGMP

### 5.5.6 Distribución de la potencia de cada Subcuadro (SC)

Cada uno de los subcuadros tendrá diferentes líneas que alimentarán los elementos correspondientes a ese subcuadro. Estas líneas las denominamos líneas de conexión.

La distribución de las líneas de conexión queda reflejada en la siguiente tabla resumen.

Derivación	Línea	Elemento	Potencia (kW)
Subcuadro 1	línea 1.1	Seccionadora 1	9,2
	línea 1.2	Seccionadora 2	9,2
	línea 1.3	Control numérico 1	7,1
	línea 1.4	Control numérico 2	7,1
	línea 1.5	Aplacadora 1	4,9
	línea 1.6	Aplacadora 2	4,9
	línea 1.7	Aplacadora 3	4,9
Subcuadro 2	línea 2.1	Tomas de Corriente taller	4,5
	línea 2.2	Compresor	10
	línea 2.3	Silo	15
Subcuadro 3	línea 3.1	Iluminación 1 taller	11,88
	línea 3.2	Iluminación 2 taller	11,88
	línea 3.3	Iluminación 3 taller	10,12
	línea 3.4	Iluminación sala compresor	0,072
	línea 3.5	Iluminación almacén	0,096
Subcuadro 4	línea 4.1	Iluminación oficinas	1,0566
	línea 4.2	Iluminación vestuario	1,1869
	línea 4.3	Tomas de corriente oficinas	2,7
	línea 4.4	Tomas de corriente vestuario	0,3
	línea 4.5	Aire acondicionado 1	0,5
	línea 4.6	Aire acondicionado 2	0,5
AE	línea 5	Alumbrado de emergencia	0,042

Tabla 12. Distribución de las líneas de conexión

A continuación se calculará la intensidad y la sección de cada una de las líneas de conexión para cada uno de los subcuadros.

### 5.5.7 Subcuadro 1 (SC1)

El subcuadro 1 distribuye la potencia a la maquinaria de la industria, así se deriva en 7 líneas de conexión como se muestra en la siguiente tabla:

Derivación	Línea	Elemento	Potencia (kW)
Subcuadro 1	línea 1.1	Seccionadora 1	9,2
	línea 1.2	Seccionadora 2	9,2
	línea 1.3	Control numérico 1	7,1
	línea 1.4	Control numérico 2	7,1
	línea 1.5	Aplacadora 1	4,9
	línea 1.6	Aplacadora 2	4,9
	línea 1.7	Aplacadora 3	4,9

Tabla 13. Líneas de conexión SC1

A continuación se procederá al cálculo de la intensidad y sección de cada una de las líneas de conexión.

#### 5.5.7.1 Cálculo de la intensidad de las líneas del SC1

Para el cálculo de la intensidad, primero se definirán las líneas correspondientes en trifásicas o monofásicas, como hemos hecho en los cálculos anteriores. En caso de tratarse de una línea trifásica, para calcular la corriente que circulará, utilizaremos la *expresión 22*. Si por el contrario se tratara de una línea monofásica, la ecuación a utilizar sería la *31*.

A modo de ejemplo, se realizará únicamente el cálculo de la línea de conexión 1.1, ya que el procedimiento de cálculo de intensidad de todas las líneas de este subcuadro es el mismo.

Así, la línea de conexión 1.1, se trata de una línea trifásica, ya que alimenta la seccionadora 1, por lo tanto, tomando la tensión trifásica de 400V y un factor de potencia estipulado de 0.85, la intensidad máxima que circulará por la línea, será, siguiendo la *ecuación 22*:

$$I = \frac{9.2}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 15.6 \text{ A} \quad (35)$$

La intensidad que circulará por la línea de conexión 1.1, será de 15.6A.



### 5.5.7.2 Tabla de resultados

Siguiendo el mismo proceso de cálculo, se adjunta, a continuación, una tabla mostrando los resultados de la intensidad consumida por las diferentes líneas de conexión del SC1.

Línea de derivación	Tipo de línea	Tensión (V)	Potencia (kW)	fp	Intensidad (A)
Línea 1.1	Trifásica	400	9,2	0,85	<b>15,6</b>
Línea 1.2	Trifásica	400	9,2	0,85	<b>15,6</b>
Línea 1.3	Trifásica	400	7,1	0,85	<b>12,1</b>
Línea 1.4	Trifásica	400	7,1	0,85	<b>12,1</b>
Línea 1.5	Trifásica	400	4,9	0,85	<b>8,3</b>
Línea 1.6	Trifásica	400	4,9	0,85	<b>8,3</b>
Línea 1.7	Trifásica	400	4,9	0,85	<b>8,3</b>

Tabla 14. Intensidades de las líneas de conexión del SC1

### 5.5.7.3 Cálculo de la sección de las líneas del SC1

Como se ha hecho para el cálculo de la intensidad, se realizará a modo de ejemplo, el cálculo de la sección de la línea de conexión 1.1, ya que el procedimiento de cálculo de la sección de todas las líneas es el mismo. Además, dicho procedimiento, es el mismo que el utilizado en los apartados 5.2.2 y 5.4.4 de este mismo anexo.

Por lo tanto, lo primero a realizar para el cálculo de la sección, es escoger el conductor que utilizaremos para nuestra línea, en este caso, RZ1MZ1-K (AS) de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) multiconductor.

Posteriormente elegiremos nuestro método de instalación para la línea de conexión 1.1. Para ello nos basaremos en la tabla 9 de este mismo anexo.

El método de instalación que utilizaremos para nuestra línea de derivación será el punto nº50, cable multiconductor en canales empotrados en el suelo.

Esta tabla nos da una referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles, en nuestro caso esta referencia es el método de instalación B2.

A continuación, utilizaremos esta referencia para en la tabla 4, de este mismo anexo, encontrar las intensidades admisibles según el método de instalación.

Para nuestro ejemplo, basándonos en nuestros datos iniciales, instalación de referencia B2, aislamiento XLPE y número de conductores 3, obtenemos la referencia 52-C4 Col. 5.

Además de esta referencia, también nos indica las tablas a las que consultar tanto el factor de temperatura ambiente a aplicar, tabla 52-D1, como el factor de reducción de agrupamiento, tabla 52-E1, ambas de la misma norma UNE 20460-5-523:2004.

En el caso de esta línea, igual que la línea de derivación 1 calculada en el punto 5.4.4 de este anexo, no se aplicará ni factor de corrección por temperatura ambiente, ni por agrupación de conductores.

Seguidamente vamos a la tabla 5 de este anexo, para obtener la intensidad máxima admisible de nuestro conductor y su sección.

Teniendo en cuenta la intensidad máxima calculada en el apartado anterior, además del material del conductor, en este caso el cobre, obtenemos una intensidad máxima admisible ( $I_z$ ) de 19.5A y una sección del conductor de 1.5mm<sup>2</sup>.

Se tendrá en cuenta, siguiendo las generalidades de los sistemas de cableado para locales con riesgo de incendio, como se especifica en el apartado 2 de la memoria y como se ha realizado en los cálculos anteriores, que se debe disminuir un 15% la intensidad admisible en los conductores, por lo tanto, la intensidad máxima admisible del conductor quedará como:

$$I_z = 19.5A \cdot 0.85 = 16.6A \quad (36)$$

Así pues, utilizaremos el conductor de sección igual a 1.5mm<sup>2</sup>.

Una vez obtenida la sección de nuestra línea, haremos las comprobaciones correspondientes para confirmar que la sección elegida es la correcta, o variarla en caso contrario.

#### Comprobación por caída de tensión

Según el apartado 2.2.2 de la ITC 19 del REBT, la caída de tensión máxima admisible de la línea, será, para instalaciones interiores no destinadas a viviendas, del 3% en el caso de estar destinada a alumbrado y de un 5% en caso contrario.

Este 5% viene referido al tramo entre el CGMP y el punto de utilización. En este punto se calculará solo la caída de tensión des del SC1 hasta el punto de conexión. Así pues, al resultado obtenido, se le sumará la caída de tensión resultante del tramo entre el CGMP y el SC1. Dicho valor se puede consultar en la tabla 11 de este anexo.

Para el cálculo de la caída de tensión de nuestra línea, teniendo en cuenta que se trata de una instalación trifásica en baja tensión, utilizaremos la *expresión 26*.

La longitud del conductor se estima en 28m, que es la distancia que recorrerá el mismo entre el SC1 y el punto de utilización o conexión.

La resistividad del material ( $\rho$ ), en este caso el cobre, ya que es el material utilizado por el conductor elegido, RZ1MZ1-K (AS), la marca la temperatura máxima del conductor, en este caso, como en los anteriores, 90°C.

Para 90°C de temperatura máxima, la conductividad del cobre es  $1/44 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

La tensión de la línea trifásica es de 400V.

La sección del conductor es la calculada anteriormente, y la potencia de la línea de conexión 1.1, se puede ver en la tabla 13.

Por lo tanto, con estos valores y aplicando la *ecuación 26*, obtenemos la siguiente caída de tensión en la línea:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot \frac{1}{44} \cdot 28}{1.5 \cdot 400^2} \cdot 9200 = 2.44 \% \quad (37)$$

A este porcentaje se le tiene que sumar el de la caída de tensión en la línea de derivación 1, para comprobar que la suma no supera el 5% establecido por el REBT. Dicho porcentaje lo obtenemos de la tabla 11, siendo 1.43%.

$$cdt = 1.43 + 2.44 = 3.87\% \quad (38)$$

Por lo tanto, al no superar el 5% de caída de tensión establecido por el REBT, se considera que se cumple esta comprobación.

#### Comprobación por coordinación

Para realizar la comprobación por coordinación se deben cumplir dos condiciones:

- 1)  $I \leq I_N \leq I_Z$
- 2)  $C_{FF} \cdot I_N \leq 1.45 \cdot I_Z$

Se tiene en cuenta que la protección de la línea la realiza Interruptor magneto térmico correspondiente del SC1. Este interruptor se describe en el apartado 5.10.5 de la memoria. Su intensidad nominal es de 16<sup>a</sup>, curva D, un poder de corte de 6kA y 3 polos más neutro.

Con estos datos de la protección fusible y las intensidades calculadas anteriormente, pasamos a comprobar la condición 1:

$$I = 15,6\text{A} \leq I_N = 16\text{A} \leq I_Z = 16,6\text{A}$$

Como podemos comprobar la sección elegida ( $1.5 \text{ mm}^2$ ) es la correcta, según esta condición, ya que la intensidad nominal del fusible esta entre la intensidad máxima que circulará por la línea y la intensidad máxima admisible del conductor.

En este caso, al tratarse la protección de un interruptor magneto térmico, no hace falta comprobar la segunda condición, ya que esta siempre se cumple.

#### Sección del conductor

Una vez realizadas todas las comprobaciones, queda justificada la sección de  $1.5 \text{ mm}^2$  para nuestro conductor en la derivación individual.

#### **5.5.7.4 Tabla de resultados**

Siguiendo el mismo proceso de cálculo, se adjunta, a continuación, una tabla mostrando los resultados de las secciones para las diferentes líneas de conexión del SC1.

Línea	$I_{LINEA} \text{ (A)}$	$I_N \text{ (A)}$	$I_z \text{ (A)}$	Longitud (m)	Sección ( $\text{mm}^2$ )	$\epsilon \text{ (\%)}$
Línea 1.1	15,6	16	16,6	28	1,5	3,87
Línea 1.2	15,6	16	16,6	39	1,5	4,83
Línea 1.3	12,1	16	16,6	27	1,5	3,25
Línea 1.4	12,1	16	16,6	33	1,5	3,65
Línea 1.5	8,3	10	16,6	13	1,5	2,04
Línea 1.6	8,3	10	16,6	20	1,5	2,36
Línea 1.7	8,3	10	16,6	27	1,5	2,69

**Tabla 15. Secciones de las líneas de conexión del SC1**

#### **5.5.8 Subcuadro 2 (SC2)**

El subcuadro 2 distribuye la potencia a las tomas de corriente del taller, el compresor y el silo, así se deriva en 3 líneas de conexión como se muestra en la siguiente tabla:

Derivación	Línea	Elemento	Potencia (kW)
Subcuadro 2	línea 2.1	Tomas de Corriente taller	4,5
	línea 2.2	Compresor	10
	línea 2.3	Silo	15

**Tabla 16. Líneas de conexión SC2**

A continuación se mostrará el resultado del cálculo de la intensidad y sección de cada una de las líneas de conexión de este subcuadro. El procedimiento de cálculo es el mismo utilizado en el SC1.

#### 5.5.8.1 Intensidad de las líneas del SC2

Se muestra, a continuación, una tabla con los resultados de la intensidad consumida por las diferentes líneas de conexión del SC2.

Línea de derivación	Tipo de línea	Tensión (V)	Potencia (kW)	fp	Intensidad (A)
Línea 2.1	Monofásica	230	4,5	0,85	<b>23</b>
Línea 2.2	Trifásica	400	10	0,85	<b>17</b>
Línea 2.3	Trifásica	400	15	0,85	<b>25,5</b>

Tabla 17. Intensidades de las líneas de conexión del SC2

#### 5.5.8.2 Sección de las líneas del SC2

Se utilizará el conductor RZ1MZ1-K (AS) de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) multiconductor.

Así pues, las secciones obtenidas para las diferentes líneas de conexión del SC2 son las siguientes:

Línea	I <sub>LINEA</sub> (A)	I <sub>N</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	ε (%)
Línea 2.1	23	25	37,4	47	<b>6</b>	4,92
Línea 2.2	17	20	22,1	10	<b>2,5</b>	2,46
Línea 2.3	25,5	32	37,4	7	<b>6</b>	2,14

Tabla 18. Secciones de las líneas de conexión del SC1

### 5.5.9 Subcuadro 3 (SC3)

El subcuadro 3 distribuye la potencia a la iluminación del taller, de la sala del compresor y del almacén, así se deriva en 5 líneas de conexión como se muestra en la siguiente tabla:

Derivación	Línea	Elemento	Potencia (kW)
Subcuadro 3	línea 3.1	Iluminación 1 taller	11,88
	línea 3.2	Iluminación 2 taller	11,88
	línea 3.3	Iluminación 3 taller	10,12
	línea 3.4	Iluminación sala compresor	0,072
	línea 3.5	Iluminación almacén	0,096

Tabla 19. Líneas de conexión SC3

A continuación se mostrará el resultado del cálculo de la intensidad y sección de cada una de las líneas de conexión de este subcuadro. El procedimiento de cálculo es el mismo utilizado anteriormente.

#### 5.5.9.1 Intensidad de las líneas del SC3

Se muestra, a continuación, una tabla con los resultados de la intensidad consumida por las diferentes líneas de conexión del SC3.

Línea de derivación	Tipo de línea	Tensión (V)	Potencia (kW)	fp	Intensidad (A)
Línea 3.1	Monofásica	230	11,88	1	51,7
Línea 3.2	Monofásica	230	11,88	1	51,7
Línea 3.3	Monofásica	230	10,12	1	44
Línea 3.4	Monofásica	230	0,072	1	0,3
Línea 3.5	Monofásica	230	0,096	1	0,4

Tabla 20. Intensidades de las líneas de conexión del SC3

#### 5.5.9.2 Sección de las líneas del SC3

Para la instalación de las 5 líneas de conexión, se utilizará el conductor RZ1MZ1-K (AS) de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) multiconductor.

Así pues, las secciones obtenidas para las diferentes líneas de conexión del SC3 son las siguientes:

Línea	ILINEA (A)	IN (A)	Iz (A)	Longitud (m)	Sección (mm2)	ε (%)
Línea 3.1	51,7	63	97,8	28	16	2,11
Línea 3.2	51,7	63	97,8	39	16	2,81
Línea 3.3	44	50	73,1	27	10	2,67
Línea 3.4	0,3	1,6	22,1	20	1,5	0,41
Línea 3.5	0,4	1,6	22,1	27	1,5	0,47

Tabla 21. Secciones de las líneas de conexión del SC3

#### 5.5.10 Subcuadro 4 (SC4)

El subcuadro 4 distribuye la potencia a la iluminación de las oficinas y del vestuario, a las tomas de corriente de las oficinas, el vestuario y los dos aires acondicionados, así se deriva en 6 líneas de conexión como se muestra en la siguiente tabla:

Derivación	Línea	Elemento	Potencia (kW)
Subcuadro 4	línea 4.1	Iluminación oficinas	1,0566
	línea 4.2	Iluminación vestuario	1,1869
	línea 4.3	Tomas de corriente oficinas	2,7
	línea 4.4	Tomas de corriente vestuarios	0,3
	línea 4.5	Aire acondicionado 1	0,5
	línea 4.6	Aire acondicionado 2	0,5

Tabla 22. Líneas de conexión SC4

A continuación se mostrará el resultado del cálculo de la intensidad y sección de cada una de las líneas de conexión de este subcuadro. El procedimiento de cálculo es el mismo utilizado anteriormente.

##### 5.5.10.1 Intensidad de las líneas del SC4

Se muestra, a continuación, una tabla con los resultados de la intensidad consumida por las diferentes líneas de conexión del SC3.

Línea de derivación	Tipo de línea	Tensión (V)	Potencia (kW)	fp	Intensidad (A)
Línea 4.1	Monofásica	230	1,0566	1	<b>4,6</b>
Línea 4.2	Monofásica	230	1,1869	1	<b>5,2</b>
Línea 4.3	Monofásica	230	2,7	1	<b>11,7</b>
Línea 4.4	Monofásica	230	0,3	1	<b>1,3</b>
Línea 4.5	Monofásica	230	0,5	1	<b>2,2</b>
Línea 4.6	Monofásica	230	0,5	1	<b>2,2</b>

**Tabla 23. Intensidades de las líneas de conexión del SC4**

#### **5.5.10.2 Sección de las líneas del SC3**

Se utilizará el conductor RZ1MZ1-K (AS) de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) multiconductor.

Así pues, las secciones obtenidas para las diferentes líneas de conexión del SC4 son las siguientes:

Línea	ILÍNEA (A)	IN (A)	Iz (A)	Longitud (m)	Sección (mm2)	ε (%)
Línea 4.1	4,6	6	22,1	18	<b>1,5</b>	1,9
Línea 4.2	5,2	6	22,1	29	<b>1,5</b>	2,79
Línea 4.3	11,7	16	22,1	14	<b>1,5</b>	2,98
Línea 4.4	1,3	1,6	22,1	27	<b>1,5</b>	1,28
Línea 4.5	2,2	3	22,1	5	<b>1,5</b>	0,96
Línea 4.6	2,2	3	22,1	6	<b>1,5</b>	0,99

**Tabla 24. Secciones de las líneas de conexión del SC3**



---

# ANEXO IV

---

Tipo de  
Conductor

---

RUBEN LUQUE GARCIA

---



# TOXFREE ZH

# RZ1MZ1-K (AS)

El cable de alta resistencia mecánica libre de halógenos

## DISEÑO

### Conductor

Cobre electrolítico, clase 5 (flexible) según EN 60228.

### Aislamiento

Polietileno reticulado (XLPE).

La identificación normalizada es la siguiente:

- 1 x..... Natural
- 2 x..... Azul + Marrón
- 3 G ..... Azul + Marrón + Amarillo/Verde
- 3 x..... Marrón + Negro + Gris
- 4 G ..... Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
- 4 x..... Marrón + Negro + Gris + Azul
- 5 G ..... Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde + Azul

### Asiento

Poliolefina ignifugada, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.

### Armadura

Armadura de alambres de acero galvanizado, colocados en hélice sobre el revestimiento interno. En los cables unipolares (tipo RZ1MAZ1-K) se utilizan alambres de aluminio para reducir las pérdidas por corrientes inducidas en la armadura.

### Cubierta

Poliolefina ignifugada, de color verde, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.

## APLICACIONES

Cable armado con una corona de alambres de acero, adecuado para instalaciones con riesgo de agresión mecánica severa, tendidos de grandes longitudes e instalación en locales con riesgo de incendio y explosión (según ITC-BT 29). En caso de un eventual incendio no emite sustancias tóxicas ni gases corrosivos, por lo que protege la salud pública y evita posibles daños a los equipos electrónicos. Por esta razón su uso se recomienda en lugares públicos, en locales con riesgo de incendio y explosión y en general en todas las instalaciones donde el cable esté sujeto a un riesgo de agresión mecánica.

## ❖ CARACTERÍSTICAS



Conductor:  
flexible clase 5



Radio de  
curvatura:  
10 x diámetro  
exterior



Libre de  
halógenos



Resistencia a los  
impactos: AG3.  
Impacto fuerte



Locales de pública  
concurcencia



Entubado



Temperatura  
mínima de servicio  
(estático con  
protección): -40°C



Marcaje:  
metro a metro



Baja emisión de  
humos.  
Transmitancia  
luminosa >60%



Instalación al  
aire libre:  
permanente



Uso industrial



Antirroedores



Temperatura  
máxima del  
conductor: 90°C



No propagación  
de la llama



Baja emisión de  
gases corrosivos



Resistencia  
al agua: AD3  
Aspersión



Intemperie



Temperatura  
máxima en  
cortocircuito:  
250°C  
(máximo 5 s)



No propagación  
del incendio



Adecuado para  
instalaciones  
antideflagrantes



Resistencia a los  
ataques químicos:  
aceptable



Enterrado

---

# ANEXO V

---

Batería de  
Condensadores

---

RUBEN LUQUE GARCIA

---



# Baterías automáticas de condensadores

## Baterías estándar Serie Pared



### Aplicaciones

Pequeños suministros (comercio, comunidades de vecinos, hostelería, oficinas.)

### Características y equipamiento

- Fácil montaje sobre pared.
- Conexión a red eléctrica por la parte superior mediante pasa cables.
- Fusibles a.p.r. para circuito de potencia y de mando.
- Regulador digital multifunción con alarmas configurables y puerto TTL-RS232.
- Contactores especiales con resistencias de preinserción (de desconexión mecánica).
- Condensadores tipo "CRM".
- Armario metálico IP31. RAL 7035.
- Ventilación natural mediante rejillas laterales.
- Termostato de máxima temperatura.
- Protección contra contactos directos incluso con la puerta abierta.
- Serie Empotrar 100: AUTOTRANSFORMADOR 400 / 230 V.A.C INTEGRADO NO NECESARIA CONEXIÓN DE NEUTRO
- Montaje del equipo vertical. No horizontal.
- Normas: UNE-EN 60831 1/2.  
UNE-EN 60439-1.  
UNE-EN 61921.  
UL 810 standard.

Potencia	Composición	Referencia	Dimensiones	Peso	Sección	Plazo
KVAr / 400V	KVAr / 50 Hz		H x A x P	Kg.	mm <sup>2</sup>	Semanas
7,5	2,5+5	ES2:4RY0007-2NP40	604x372x260	20	4	1
12,5	2,5+2x5	ES2:4RY0012-2NP40	604x372x260	20	4	1
15	3x5	ES2:4RY0015-2NP40	604x372x260	20	4	1
20	2x5+10	ES2:4RY0020-2NP40	604x372x260	24	6	1
25	5+2x10	ES2:4RY0025-2NP40	604x372x260	24	10	1
30	5+10+15	ES2:4RY0030-2NP40	604x372x260	25	16	1
35	5+10+20	ES2:4RY0035-2NP40	604x372x260	25	16	1
40	4x10	ES2:4RY0040-2NP40	604x372x260	26	16	1
45	5+2x10+20	ES2:4RY0045-2NP40	604x372x260	27	25	1
50	10+2x20	ES2:4RY0050-2NP40	604x372x260	28	25	1
60	2x10 + 2x20	ES2:4RY0060-3NP40	705x710x260	40	35	1
70	10 + 3x20	ES2:4RY0070-3NP40	705x710x260	41	50	1
80	4 x 20	ES2:4RY0080-3NP40	705x710x260	41	50	1
90	10 + 4x20	ES2:4RY0090-3NP40	705x710x260	42	70	1
100	10 + 20 + 30 + 40	ES2:4RY0100-3NP40	705x710x260	43	70	1

Otras tensiones y frecuencias bajo consulta