



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**  
Facultad Regional Concepción del Uruguay  
**INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA  
(P F C)**

**REINGENIERÍA EN INDUSTRIA  
METALÚRGICA DE LA ZONA  
(TOMO II)**

Proyecto N°:    Proj. Inst. Industriales 001    ó    P. I. I. 001/04

**Autores:**

**Esteva Manuel  
Martin Leandro Miguel**

**Tutor:**

**Ing. García Néstor Aníbal Emilio**

**Dirección de Proyectos:**

**Ing. Puente Gustavo  
Ing. De Marco Luis**

**AÑO 2012**

Ing. Pereira 676 –C. del Uruguay (3260) – Entre Ríos – Argentina  
Tel. / Fax: 03442 – 425541 / 423803 - Correo Electrónico: [frcu@frcu.utn.edu.ar](mailto:frcu@frcu.utn.edu.ar)



**ÍNDICE GENERAL**

*TOMO I: PROYECTO EJECUTIVO.*

***TOMO II: MEMORIA DE CÁLCULO.***

*TOMO III: ANEXOS.*



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Introducción.</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Metodología de cálculo.</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Instalación de aire comprimido.</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Introducción.</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Consumos.</b>	<b>8</b>
<b>3.3</b>	<b>Pérdidas en la línea.</b>	<b>9</b>
<b>3.4</b>	<b>Ampliaciones futuras.</b>	<b>9</b>
<b>3.5</b>	<b>Capacidad del compresor.</b>	<b>9</b>
<b>3.6</b>	<b>Selección del compresor.</b>	<b>10</b>
<b>3.7</b>	<b>Tratamiento de aire.</b>	<b>11</b>
3.7.1	Secador de aire.	11
3.7.2	Selección de filtros.	12
<b>3.8</b>	<b>Depósito de aire.</b>	<b>12</b>
3.8.1	Volumen del depósito de aire a presión.	12
3.8.2	Envolvente cilíndrica.	13
3.8.3	Cabezales toriesféricos.	16
3.8.4	Elementos de seguridad del depósito de aire comprimido.	17
<b>3.9</b>	<b>Línea neumática.</b>	<b>18</b>
3.9.1	Material de la tubería y accesorios.	18
3.9.2	Consideraciones principales.	19
<b>3.10</b>	<b>Procedimiento de cálculo de la línea neumática.</b>	<b>19</b>
3.10.1	Determinación del diámetro por velocidad.	19
3.10.2	Cálculo del número de Reynolds (Re).	20
3.10.3	Determinación del factor Darcy ( $f$ ).	20
3.10.4	Cálculo de la longitud equivalente.	20
3.10.5	Pérdida de carga ( $h_f$ ).	21
3.10.6	Pérdida de presión en la tubería.	21
3.10.7	Presión en el nuevo punto de análisis.	21
<b>3.11</b>	<b>Calculo de los diferentes tramos de la instalación.</b>	<b>21</b>
<b>3.12</b>	<b>Verificación del diámetro de tuberías.</b>	<b>29</b>
<b>3.13</b>	<b>Verificación del espesor de tubería.</b>	<b>31</b>



<b>3.14</b>	<b>Señalización.</b>	<b>34</b>
<b>3.15</b>	<b>Ménsula de apoyo.</b>	<b>34</b>
<b>3.16</b>	<b>Tomas de aire.</b>	<b>35</b>
<b>3.17</b>	<b>Bajadas de alimentación alimentaciones.</b>	<b>35</b>
<b>3.18</b>	<b>Colectores de condensado.</b>	<b>36</b>
<b>3.19</b>	<b>Presupuesto.</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>Instalación eléctrica.</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>Instalación eléctrica Taller.</b>	<b>38</b>
4.1.1	Descripción de los componentes.	38
4.1.2	Relevamiento de carga de la instalación.	43
4.1.3	Coeficiente de simultaneidad.	45
4.1.4	Factor de utilización.	46
4.1.5	Factor de agrupamiento.	46
4.1.6	Descripción de la instalación.	47
4.1.7	Distribución de tableros seccionales.	47
4.1.8	Dimensionamiento de conductores.	50
4.1.9	Cálculo de conductores.	51
4.1.10	Canalización.	54
4.1.11	Accesorios.	55
<b>4.2</b>	<b>Protecciones.</b>	<b>57</b>
4.2.1	Corrientes de cortocircuito.	57
4.2.2	Interruptores termomagnéticos.	67
4.2.3	Protección de línea frente a corrientes de cortocircuito máximas.	73
4.2.4	Verificación de la longitud máxima.	78
4.2.5	Selectividad.	80
4.2.6	Seccionadores.	84
4.2.7	Interruptores diferenciales.	84
<b>4.3</b>	<b>Instalación eléctrica oficinas técnicas.</b>	<b>86</b>
4.3.1	Grado de electrificación.	87
4.3.2	Puntos de utilización.	88
4.3.3	Número de bocas por circuito.	90
4.3.4	Consideraciones generales para circuitos.	91
4.3.5	Demanda de potencia máxima simultánea.	93
4.3.6	Sección nominal de los conductores.	94



4.3.7	Conductos.....	97
<b>4.4</b>	<b>Esquema de conexión.....</b>	<b>98</b>
<b>4.5</b>	<b>Instalación de puesta a tierra.....</b>	<b>98</b>
4.5.1	Consideraciones generales.....	98
4.5.2	Componentes de la malla.....	99
4.5.3	Resistencia de la puesta a tierra.....	103
<b>4.6</b>	<b>Estudio del cuadro tarifario.....</b>	<b>103</b>
<b>4.7</b>	<b>Corrección del factor de potencia.....</b>	<b>104</b>
<b>4.8</b>	<b>Presupuesto.....</b>	<b>105</b>
<b>5</b>	<b>Iluminación.....</b>	<b>110</b>
<b>5.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>110</b>
<b>5.2</b>	<b>Selección de luminarias y lámparas del proyecto.....</b>	<b>110</b>
5.2.1	Tipo de luminaria.....	110
5.2.2	Tipo de lámpara.....	111
<b>5.3</b>	<b>Iluminación media (<math>E_m</math>).....</b>	<b>113</b>
<b>5.4</b>	<b>Factor de mantenimiento (<math>f_m</math>).....</b>	<b>114</b>
<b>5.5</b>	<b>Factor de reflexión (<math>\rho</math>).....</b>	<b>114</b>
<b>5.6</b>	<b>Rendimiento del local (<math>\eta_R</math>).....</b>	<b>115</b>
5.6.1	Índice del local (K).....	115
<b>5.7</b>	<b>Flujo luminoso total (<math>\Phi_T</math>).....</b>	<b>117</b>
<b>5.8</b>	<b>Número de puntos de luz (<math>N_L</math>).....</b>	<b>117</b>
<b>5.9</b>	<b>Calculo de iluminación para cada sector.....</b>	<b>118</b>
<b>5.10</b>	<b>Verificación del cálculo mediante software.....</b>	<b>118</b>
<b>5.11</b>	<b>Presupuesto.....</b>	<b>119</b>



## **1 INTRODUCCIÓN.**

Esta parte del proyecto se orienta al cálculo y la selección de los componentes a utilizar.

Todas las selecciones realizadas en el presente tomo se respaldan en base a diferentes conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera.

Para la toma de ciertas decisiones se consulto diferente bibliografía y software, que luego nos servirán como fundamento de los resultados hallados.

## **2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.**

Para el desarrollo ingenieril de las diferentes instalaciones llevadas a cabo en el presente proyecto se procede de la siguiente manera:

1. Realizar un relevamiento de los diferentes equipos de consumo dentro del establecimiento.
2. Considerar las futuras ampliaciones proyectadas por el sector gerencial de la institución.
3. En base a lo anterior, hacer el desarrollo analítico de la instalación en cuestión.
4. Verificar el desarrollo mediante software, nomogramas, diagramas, etc.
5. Seleccionar los diferentes componentes de la instalación cuyos parámetros se encuentren fundamentados mediante lo desarrollado.
6. Presupuestar la instalación.



### 3 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

#### 3.1 Introducción.

Para una mejor interpretación de la problemática planteada, se dividió la línea en tres sectores fundamentales (Figura 1). El primer sector se ubica en el lateral izquierdo de la nave principal, el segundo sector se encuentra en el ala derecha, y el último sector es el galpón de la sección inoxidable.

También se puede observar donde se sitúa el compresor y el recipiente de almacenamiento de aire.

En el dimensionamiento de la línea se tuvo en cuenta la ampliación de la nave correspondiente a la sección inoxidable.

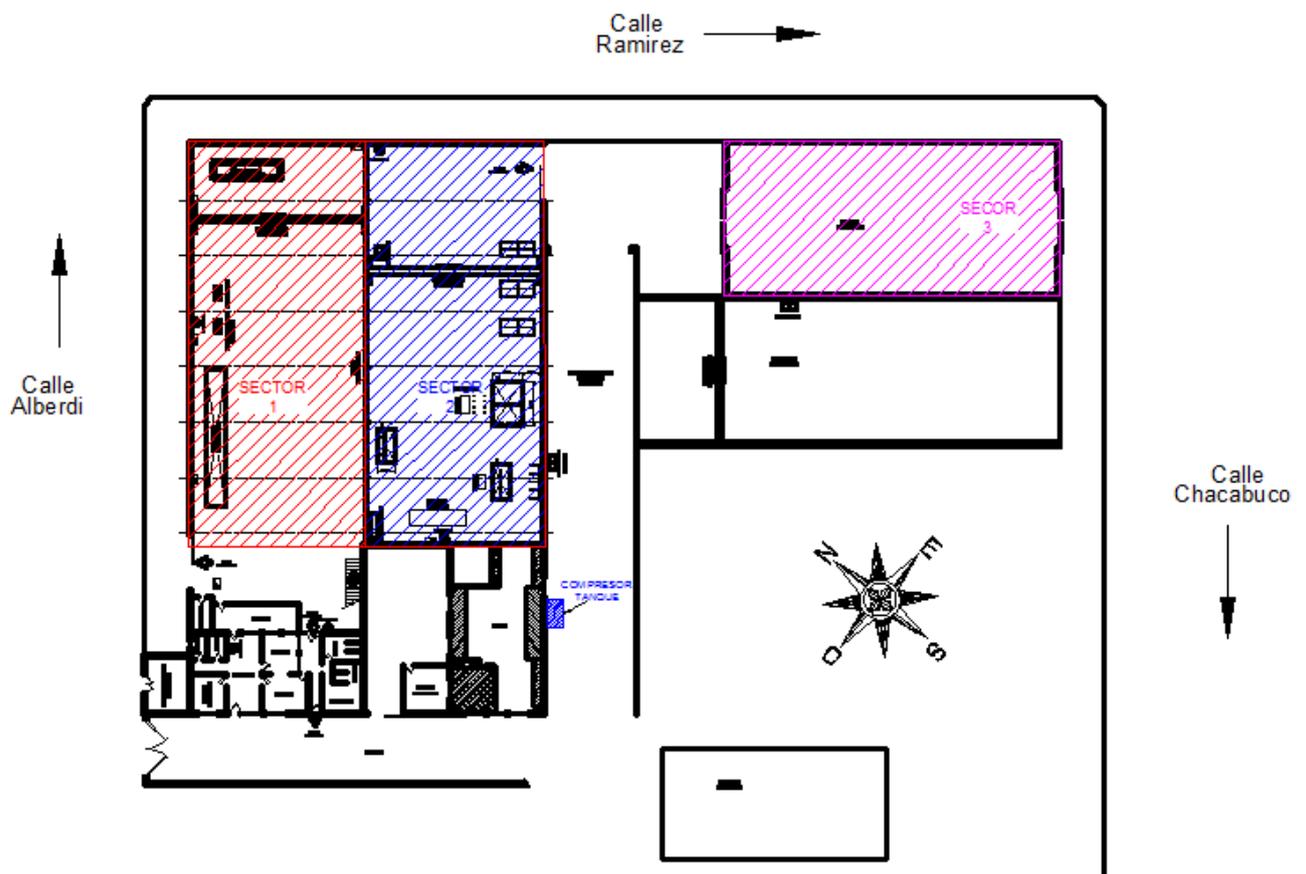


Figura 1: Plano en planta de la instalación.



### 3.2 Consumos.

Para determinar los puntos de consumos, en primer lugar se debe conocer las características de las máquinas que se encuentran conectadas a la línea neumática.

En la siguiente tabla se numeran las maquinarias conectadas a la línea de suministro neumático.

IDENTIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Plasma Powermax 1650
2	Plasma Tauro PAC 80
3	Plasma Tauro LM 80
4	Pistola Soplante
5	Plegadora
6	Soldadora de Columnas

A continuación se detallan los aspectos fundamentales de cada artefacto.

1. Plasma Powermax: es una máquina cortadora de plasma diseñada para cortar como máximo chapas de  $1^{1/2}$ " de espesor. El caudal máximo de consumo es de  $260\text{lt} / \text{min}$  a  $5,1\text{bar}$  de presión.
2. Plasma Tauro PAC 80: cortadora de plasma de mediano porte. Corta espesores de chapa de hasta  $7/8$ ". El flujo máximo de aire es  $100\text{lt} / \text{min}$  a  $7\text{bar}$  de presión.
3. Plasma Tauro LM 80: los requerimientos de esta máquina son iguales al plasma Tauro PAC 80.
4. Pistola soplante: el consumo de aire de una pistola soplante es de  $0,15\text{Nm}^3 / \text{min}$ .<sup>1</sup>
5. Plegadora: el aire utilizado por la plegadora es exclusivamente para accionar el freno neumático. El consumo de esta máquina es de  $0,15\text{Nm}^3 / \text{min}$ .
6. Soldadora de columna: la máquina utilizada para soldar columnas fue armada y diseñada por Metalúrgica ALBACE S. A. La misma utiliza trece pulmones de camión para sujetar dos perfiles conformados "U" en la posición de soldado. Como el

<sup>1</sup> Recomendación adoptada del libro "Aire comprimido – Teoría y cálculo de las instalaciones" de E. Carnicer Royo.



consumo de aire es insignificante en comparación de otras maquinarias, se supuso, para determinar el consumo, que dos de los trece pulmones se encuentran dañados perdiendo continuamente aire ( $0,3Nm^3 / \text{min}$ ).

A continuación se tabula la cantidad y utilidad de cada uno de los consumos.

Sección	Tipo de máquina	Cant.	Consumo específico [ $Nm^3/\text{min}$ ]	Coefficiente de utilización	Consumo total [ $Nm^3/\text{min}$ ]	Suma [ $Nm^3/\text{min}$ ]
Soldadora de columna	Soldadora continua	1	0,61	0,45	0,2753	0,2753
Armado de elevadores	Pistola Soplante	2	0,306	0,10	0,0612	0,8987
	Plasma Powermax 1650	1	1,861	0,45	0,8375	
Electricidad	Pistola soplante	1	0,306	0,10	0,0306	0,0306
Pañol	Pistola soplante	1	0,306	0,10	0,0306	0,0306
Corte - Plegado	Pistola soplante	1	0,306	0,10	0,0306	0,0306
Armado de plataforma	Pistola soplante	1	0,306	0,10	0,0306	0,3935
	Plasma Tauro PAC 80	1	0,81	0,45	0,3629	
Depósito	Pistola Soplante	1	0,306	0,10	0,0306	0,0306
Inoxidable	Pistola soplante	1	0,306	0,10	0,0306	0,3935
	Plasma Tauro LM 80	1	0,806	0,45	0,3629	
					<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>2,0834</b>

Realizando la sumatoria de los consumos se obtiene un total de  $2,083Nm^3 / \text{min}$ .

### 3.3 Pérdidas en la línea.

Las pérdidas de aire en una línea no deben superar 5 a 10% del consumo total. En este caso por tratarse de una instalación extensa se considera un 10% de pérdidas.<sup>2</sup>

$$Perdidas = \frac{10\% \cdot C_{total}}{100\%} = 0,1 \cdot 2,083Nm^3 / \text{min} = \boxed{0,2083Nm^3 / \text{min}}$$

### 3.4 Ampliaciones futuras.

Se considera un factor de ampliación de la planta de un 25%. Este valor fue consultado con los responsables técnicos de la empresa.

$$Ampliacion = \frac{25\% \cdot C_{total}}{100\%} = 0,25 \cdot 2,083Nm^3 / \text{min} = 0,5208Nm^3 / \text{min}$$

### 3.5 Capacidad del compresor.

El caudal mínimo que debe suministrar el compresor es igual a la sumatoria del consumo total, las perdidas y futuras ampliaciones.

<sup>2</sup> Recomendación adoptada del libro "Aire comprimido – Teoría y cálculo de las instalaciones" de E. Carnicer Royo.



$$C_{\min, \text{compresor}} = C_{\text{total}} + \text{Perdidas} + \text{Ampliacion}$$

$$C_{\min, \text{compresor}} = 2,083Nm^3 / \text{min} + 0,2083Nm^3 / \text{min} + 0,5208Nm^3 / \text{min} \Rightarrow C_{\min, \text{compresor}} = 2,8121Nm^3 / \text{min}$$

Este es el mínimo caudal que el compresor debe ser capaz de suministrar a la instalación.

### 3.6 Selección del compresor.

Según el cálculo anterior, el compresor debe suministrar como mínimo un caudal de aire libre de 2,812Nm<sup>3</sup>/min.

Con el fin de aumentar el rendimiento y la fiabilidad del suministro, se adopta un compresor a tornillo de la firma Atlas Copco.

Se decide por un compresor a tornillos en vez de un compresor alternativo por las siguientes consideraciones:

- La gran ventaja a favor del compresor a tornillos empieza a producirse cuando comienzan los desgastes normales de los compresores alternativos.
- El compresor a tornillos debido a que prácticamente no posee roces mecánicos, no sufre desgaste y mantiene su eficiencia durante su período de vida útil.
- Por el contrario los compresores alternativos generan desgastes, aumentando sus tolerancias entre pistón y camisa, así como el deterioro de los aros.
- También las válvulas van perdiendo efectividad incrementando sus fugas, por lo que estos factores hacen disminuir su eficiencia y es así que bajan su producción pero no su consumo energético, lo que redundaría en una menor eficiencia a medida que van cumpliendo su ciclo entre reparaciones.
- Asimismo otra ventaja de los compresores a tornillos es su bajo costo de mantenimiento, ya que bajo condiciones normales de funcionamiento sus desgastes se limitan a los cojinetes de trabajo radial y axial, siendo los únicos elementos a reemplazar. Estos trabajos implican un costo muy bajo y en un tiempo muy breve, evitándose tener la máquina fuera de servicio por un período prolongado.
- Lo contrario ocurre con un compresor alternativo debido a la gran cantidad de piezas que lo compone, obliga a reparaciones que demandan un tiempo prolongado y un costo importante, ya que son muchos los elementos a reparar o reemplazar.



Se adopta un compresor a tornillo de la firma Atlas Copco. Es escogida esta firma, porque la empresa tiene buena experiencias con estos equipos.

El modelo de compresor a tornillo seleccionado es el **GX 7<sup>3</sup>** (montado sobre bancadas, con secador frigorífico, sin depósito).

Este modelo es el que actualmente posee metalúrgica ALBACE S.A.

Las principales características de esta máquina son:

- Presión máxima de trabajo: 7,5bar(109Psi)
- Capacidad: 70,6m<sup>3</sup> / h(9,89Nm<sup>3</sup> / min)
- Potencia instalada: 7,5KW(10CV)
- Nivel sonoro: 65dB
- Peso: 314Kg
- Largo, ancho y alto: (1205×590×1085)mm

*Como se observa, este compresor posee más de tres veces la capacidad que requiere la instalación. Esto se debe a que dicha máquina fue pensada para abastecer la próxima planta instalada en el parque industrial de San José, donde el caudal requerido es ampliamente superior al actual.*

### **3.7 Tratamiento de aire.**

Los nuevos equipos incorporados exigen gran calidad de aire para garantizar su correcto y prolongado funcionamiento. El aire comprimido contiene impurezas que pueden producir perturbaciones en el funcionamiento y un rápido deterioro de las instalaciones neumáticas. Estas impurezas están formadas por agua, polvo, escoria, óxido y aceite procedente de la lubricación del Compresor.

Para poder entregar aire en condiciones óptimas en los diferentes puntos de consumo, se seleccionan los siguientes equipos.

#### **3.7.1 Secador de aire.**

Para extraer la humedad atrapada en el aire se adopta un compresor con un secador frigorífico incorporado. Este equipo proporciona una solución fiable, rentable y simple a un gran problema.

---

<sup>3</sup> Ver anexo N-C005.



### 3.7.2 Selección de filtros.

El secador frigorífico de aire necesita un pre-filtro para retener partículas que puedan dañar el secador, y un post-filtro para lograr una filtración al final del tratamiento.

El pre-filtro garantiza:

- Elimina el agua libre en el aire.
- Elimina partículas de hasta  $1\text{ micra}$  .
- Elimina aceite disuelto en el aire hasta  $0,1\text{mg} / \text{m}^3$  .

El post-filtro garantiza:

- Elimina partículas de hasta  $0,01\text{micra}$  .
- Elimina aceites hasta  $0,001\text{mg} / \text{m}^3$  .

Según la tabla de selección<sup>4</sup>, el pre-filtro adoptado es el DD32, y el post-filtro PD32.

### 3.8 Depósito de aire.

La instalación de aire comprimido cuenta con un depósito a presión entre el compresor y la red de distribución.

La función del depósito de aire es:

- Equilibrar las pulsaciones de aire procedente del compresor.
- Acumular aire comprimido.
- Actuar de separador de los períodos de regulación: carga-vacio.
- Refrigerar el aire; recoger el aceite y el agua condensada.

#### 3.8.1 Volumen del depósito de aire a presión.

En este caso el compresor es de regulación automática, la capacidad del depósito en  $\text{m}^3$  no debe ser inferior al caudal del compresor en  $\text{m}^3/\text{min}$ . Esta norma se adopta si la variación de presión es de  $1,5\text{m}^3/\text{min}$ , para una diferencia de presión más pequeña o más grande, se puede calcular la capacidad del depósito proporcionalmente a la diferencia de presión.

---

<sup>4</sup> Ver anexo N-C006.



Excepto en casos especiales, el compresor no debe arrancar más de diez veces por hora y, en ningún caso, más de quince veces por hora.<sup>5</sup>

El depósito fue dimensionado para el compresor adoptado (Atlas Copco GX 7). El caudal entregado por el compresor es de  $1,18\text{m}^3/\text{min}$ , por lo cual se realizó un recipiente vertical con una capacidad aproximada de  $1,1\text{m}^3$  con las siguientes características:

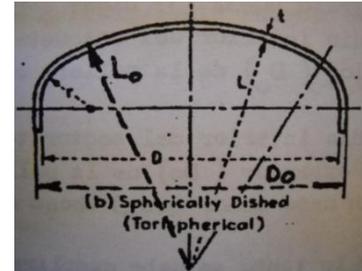
Dos cabezas toriesféricas:

$$D_0 = 711\text{mm}; r = 71\text{mm}; L_0 = D_0$$

Envolvente cilíndrica:

$$D_0 = 711\text{mm}; L = 2500\text{mm}$$

El depósito se dispone verticalmente próximo al compresor,



esto permite un mejor aprovechamiento del espacio físico, una mejor decantación de la suciedad, humedad y aceite que pueda presentar el aire.

Las dimensiones del recipiente se encuentran detalladas en el anexo N-P003.

### 3.8.2 Envolverte cilíndrica.

Para la realización de la envolvente se utiliza chapa SEA 1010. Esta se realizó en dos tramos, uno de 1500mm y otro de 1000mm, con un diámetro exterior de 711mm.

Datos del material:

- Tensión de rotura:  $\sigma_R = 3900 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$  (a temperatura ambiente).<sup>6</sup>
- Tensión de fluencia:  $\sigma_f = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$  (a temperatura ambiente).

Determinación de las presiones.

**Presión de operación ( $P_0$ ):** se identifica como la presión de trabajo y es la presión manométrica a la cual está sometido el equipo en condiciones de operaciones normales.

El recipiente trabaja con una presión de operación de  $7,5\text{bar}$ .

$$P_0 = 7,65 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

<sup>5</sup> Recomendación adoptada del libro "Aire comprimido – Teoría y cálculo de las instalaciones" de E. Carnicer Royo.

<sup>6</sup> Valor extraído de la tabla de propiedades físicas de los aceros SAE, del autor Roberto C. Castagno.



**Presión de diseño ( $P$ ):** es la presión utilizada en el diseño de un recipiente con el propósito de determinar el mínimo espesor permisible o características físicas de las diferentes partes del recipiente. Por lo tanto se toma como presión de diseño el siguiente valor.

$$\text{Si } P_0 \leq 300 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$P = 1,1.P_0 = 1,1.7,65 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P = 8,42 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

En la determinación de la presión de diseño se desprecia la presión ejercida por la columna de fluido, debido a la baja densidad del aire y la despreciable altura del recipiente.

#### Determinación de la tensión admisible.

La tensión admisible de un determinado acero es una fracción de su tensión de rotura o de fluencia. Los valores de tensión admisible se suponen que deben estar dentro del rango elástico del material, es decir, el rango donde el acero después de haber sido sometido a una carga que genera un alargamiento, este vuelve a un valor cero cuando la carga desaparece.

Dado que la temperatura ambiente y la temperatura de trabajo se las puede considerar prácticamente iguales ( $< 50^\circ\text{C}$ ), y que nunca alcanzarán el valor de  $343^\circ\text{C}$ , la tensión admisible la determinamos en función de la tensión de rotura. Es decir:

$$S = 0,25.\sigma_R = 0,25.3900 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \Rightarrow S = 975 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad ^7$$

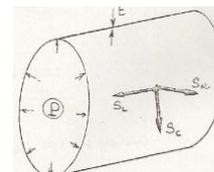
#### Espesor de la envolvente cilíndrica.

Cuando un recipiente cilíndrico es de espesor  $t$ , es sometido a una presión interna  $P$  se generan en cada punto de su superficie las siguientes tensiones:

Tensión circunferencial:  $s_c$

Tensión longitudinal:  $s_l$

Tensión radial:  $s_r$



<sup>7</sup> Recomendación adoptada del código ASME: Sección VII, división I, edición 1977.



Como el espesor del recipiente es relativamente fino, las tensiones circunferenciales y longitudinales son respectivamente uniforme a través del espesor de la pared y son las únicas tensiones presentes, siendo la tensión radial despreciable.

El espesor de la envolvente cilíndrica se halla a partir de la tensión circunferencial de la siguiente manera:

$$t = \frac{P.R_0}{S.E + 0,4.P}$$

Debiendo cumplirse estos requisitos:  $\begin{cases} t \leq 0,5.R \\ P \leq 0,385.S.E \end{cases}$

Donde:

$t$  = Espesor de la envolvente.

$R$  = Radio interior de la envolvente.

$R_0$  = Radio exterior de la envolvente.

$S$  = Tensión admisible.

$E$  = Eficiencia de la soldadura, se adopta 0,6 para juntas soldadas a tope no radiografiadas.<sup>8</sup>

Reemplazando valores en la ecuación del espesor mínimo necesario:

$$t = \frac{P.R_0}{S.E + 0,4.P} = \frac{8,42 \frac{Kg}{cm^2} \cdot \frac{71,1cm}{2}}{975 \frac{Kg}{cm^2} \cdot 0,6 + 0,4 \cdot 8,42 \frac{Kg}{cm^2}} \Rightarrow \boxed{t = 0,509cm}$$

A este espesor se debe sumarle un sobre-espesor por corrosión. Se toma 1/6 del valor hallado por cálculo, es decir, el valor final del espesor es:

$$t_f = t + \frac{t}{6} = \left( 0,509 + \frac{0,509}{6} \right) cm \Rightarrow \boxed{t_f = 0,594cm}$$

Se adopta un espesor comercial de chapa de un ¼".

Se verifica el cumplimiento de los requisitos mencionados previamente:

$$t \leq 0,5.R \Rightarrow \boxed{0,635cm \leq 17,46cm} \rightarrow \text{Verifica.}$$

$$P \leq 0,385.S.E \Rightarrow \boxed{8,42 \frac{Kg}{cm^2} \leq 225,23 \frac{Kg}{cm^2}} \rightarrow \text{Verifica.}$$

<sup>8</sup> Recomendación adoptada del código ASME: Sección VII, división I, edición 1977.



Con este espesor adoptado se halla la presión resistida por la envolvente “nueva y fría”, esto significa la presión máxima permisible, cuando se encuentra en las siguientes condiciones:

El recipiente no está corroído.

La temperatura no afecta la resistencia del material (temperatura ambiente, frío).

No se consideran los efectos producidos por la acción del viento, presión hidrostática, etc.

El valor de presión soportado en estas condiciones es el siguiente:

$$P_{nf} = \frac{S.E.t}{R_0 - 0,4.t} = \frac{975 \frac{Kg}{cm^2} \cdot 0,60,635cm}{\frac{71,1cm}{2} - 0,40,635cm} \Rightarrow P_{nf} = 10,52 \frac{Kg}{cm^2}$$

Se verifica que la tensión longitudinal no supere la tensión admisible aplicando la siguiente ecuación:

$$S_L = \frac{P \cdot (R_0 - 1,4.t)}{2.t.E} = \frac{8,42 \frac{Kg}{cm^2} \cdot \left( \frac{71,1cm}{2} - 1,40,635cm \right)}{2 \cdot 0,635cm \cdot 0,6} \Rightarrow S_L = 383 \frac{Kg}{cm^2} \rightarrow \text{Verifica.}$$

Como se puede observar la tensión longitudinal es inferior a la tensión admisible del material.

### 3.8.3 Cabezales toriesféricos.

Los cabezales son las partes del recipiente que cierran los extremos de la envolvente cilíndricas. Este cierre se realiza por medio de una junta circunferencial soldada.

Para hallar el espesor del cabezal toriesféricos se utiliza la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P \cdot 0,885 \cdot L}{S.E - 0,1 \cdot P}$$

Donde:

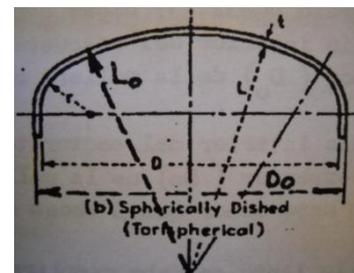
$t$  = Espesor del cabezal.

$L$  = Radio interior del cabezal.

$E$  = Eficiencia de soldadura, se la considera igual a 1, ya que el cabezal no tiene costuras.

Para determinar el valor de  $L$  consideramos que el espesor del cabezal es igual al espesor de la envolvente, es decir  $\frac{1}{4}$ ".

Los demás valores se hallaron anteriormente.





Reemplazando valores:

$$t = \frac{P \cdot 0,885 \cdot L}{S \cdot E - 0,1 \cdot P} = \frac{8,42 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 0,885 \cdot (71,1\text{cm} - 0,635\text{cm})}{\frac{975\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 1 - 0,1 \cdot 8,42 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} \Rightarrow \boxed{t = 0,539\text{cm}}$$

A este espesor se debe sumarle un sobre-espesor por corrosión. Se toma 1/6 del valor hallado por cálculo, es decir, el valor final del espesor es:

$$t_f = t + \frac{t}{6} = \left( 0,539 + \frac{0,539}{6} \right) \text{cm} \Rightarrow \boxed{t_f = 0,629\text{cm}}$$

Se adopta un espesor comercial de  $\frac{1}{4}$ ".

### 3.8.4 Elementos de seguridad del depósito de aire comprimido.

El depósito de aire si bien cumple con todos los pasos establecidos en el código ASME tanto en diseño y construcción, referente a materiales, espesores de los mismos, procesos de soldaduras, tratamientos térmicos, ensayos no destructivos, etc., deberá contar con los siguientes elementos de seguridad:

- **Válvula de seguridad:** debe ser regulada a no más de un 10% por encima de la presión de operación y ser capaz de descargar el total del caudal generado por el compresor. Debe contar con un dispositivo de accionamiento para poder verificar periódicamente su funcionamiento.
- **Presostato:** produce el arranque del compresor cuando la presión en el depósito baja de un cierto valor preestablecido y produce la parada del mismo cuando la presión alcanza la de operación del sistema. El presostato está incluido en el equipo compresor seleccionado.
- **Manómetro:** permite observar la presión desarrollada dentro del depósito de aire comprimido, debe poseer una escala adecuada a la presión de operación correspondiente del sistema.
- **Sistema de drenaje manual o automático:** en el caso de drenaje manual las válvulas serán de paso recto con el objetivo de minimizar los residuos que puedan quedar retenidos y llegar a inutilizar la válvula de drenaje. En el caso de drenaje automático, tendrán la capacidad de descarga según la cantidad de líquido a eliminar, estando diseñadas para minimizar los residuos retenidos así como contar con un dispositivo manual para su comprobación.



- **Filtro:** la disposición de un filtro inmediatamente antes de la válvula de entrada ayuda a eliminar eficazmente la presencia de residuos en la misma.
- **Placa de diseño:** en la que figura la presión de diseño y en su caso la máxima de servicio, el número de registro del aparato, y la fecha de la primera prueba y revisión.
- **Placa de identificación:** en la que consta entre otros datos, el nombre y razón social del fabricante, contraseña y fecha de registro, si procede, número de fabricación, características principales.

El depósito se ubica en un lugar fresco y seco, lo más cerca posible del compresor preferentemente fuera del edificio donde puede eliminar parte del calor producido por el compresor. El depósito es anclado firmemente al piso para eliminar vibraciones producidas por las pulsaciones del aire.

Todos los elementos de seguridad se disponen de manera que tengan un fácil acceso.

### **3.9 Línea neumática.**

La línea neumática consta de dos anillos que alimentan la nave principal, y una ramificación que provee de aire al depósito de materia prima y al sector inoxidable.

Los anillos poseen válvulas esféricas colocadas estratégicamente, de manera tal que los puntos de suministros más importantes tenga la posibilidad de ser alimentados por ambos lado. Esta distribución neumática se puede observar en anexo N-P011.

La ejecución de la línea neumática se divide en tres etapas. La primera etapa se extiende desde el compresor hasta la alimentación del pantógrafo, con las respectivas bajadas. En la segunda fase se alimenta el depósito y la sección inoxidable. La última etapa de la obra une los dos anillos y se realizan las bajadas centrales y lateral izquierda.

#### **3.9.1 Material de la tubería y accesorios.**

- La línea neumática estará realizada con tubos de acero ASTM A53 grado A (Schedule 40).
- Los accesorios serán de acero al carbono ASTM A53 grado A (ASME B16.9-2007).



### 3.9.2 Consideraciones principales.

Antes de comenzar con el desarrollo se enuncian los parámetros adoptados.

- Presión de suministro: 7,5bar (7,65Kg / cm<sup>2</sup>)
- Velocidad máxima del aire en los conductos principales: 8m / s
- Velocidad máxima del aire en los conductos secundarios: 8m / s
- Velocidad máxima del aire en conductos de servicio: 15m / s

### 3.10 Procedimiento de cálculo de la línea neumática.

Para determinar las diferentes secciones de la línea neumática, se procede sectorizando los anillos estratégicamente por medio de las válvulas esféricas dispuestas en el diseño. Se parte del consumo más alejado y se retrocede hacia el punto de generación, incrementando el caudal al encontrarse con nuevos puntos de demanda.

A continuación se realizará un desarrollo teórico del procedimiento de cálculo.

#### 3.10.1 Determinación del diámetro por velocidad.

Para determinar el diámetro teórico se debe conocer el caudal que se tiene que suministrar y la velocidad a la cual se desea que el fluido viaje por el conducto. Con la siguiente expresión se determina el diámetro teórico de la tubería:

$$\dot{Q} = v_t \times A \rightarrow A = \frac{\dot{Q}}{v_t}$$

Donde:

$$A = \frac{\pi \times d_t^2}{4}, \text{reemplazando}$$

$$d_t = \sqrt{\frac{\dot{Q} \times 4}{v_t \times \pi}}$$

Una vez obtenido el diámetro teórico, se procede a determinar el diámetro comercial inmediato superior.

Seleccionado el diámetro comercial a emplear, se calcula la nueva velocidad real del aire en la tubería.



$$v_r = \frac{\dot{Q}}{A}$$

Donde:

$$A = \frac{\pi \times d_c^2}{4}, \text{reemplazando}$$

$$v_r = \frac{\dot{Q} \times 4}{\pi \times d_c^2}$$

### 3.10.2 Cálculo del número de Reynolds (Re).

El número de Reynolds esta dado según la siguiente expresión:

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v_r \times d_c}{\mu}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad del aire a 20°C.

$\mu$  = Viscosidad dinámica del aire a 20°C.

### 3.10.3 Determinación del factor Darcy ( $f$ ).

Para determinar el factor  $f$ , se debe ingresar al diagrama de Moody<sup>9</sup> con el valor de la rugosidad relativa de la tubería a utilizar y el  $N_{Re}$  antes calculado.

### 3.10.4 Cálculo de la longitud equivalente.

Para obtener la longitud equivalente del tramo en estudio, se debe saber la cantidad de cada tipo de accesorio que utilizamos en dicho recorrido. Dependiendo del tipo y dimensión del accesorio en cuestión, se obtiene un factor  $K$ , que se empleara para determinar la longitud equivalente.

La expresión que determina los metros de tubería equivalente es:

$$L_{equivalente} = K \cdot \frac{v_r^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

$v_r$  = Velocidad real del aire 20°C.

$g$  = Aceleración de la gravedad (9,81m/s<sup>2</sup>).

---

<sup>9</sup> Ver anexo N-D001.



La longitud equivalente total es igual a la suma de las longitudes equivalentes de cada accesorio y la longitud de los tramos rectos, es decir:

$$L_{eq,Total} = L_{eq,Accesorios} + L_{tramos\ rectos} = K \cdot \frac{v_r^2}{2 \cdot g} + L_{tramos\ rectos}$$

### 3.10.5 Pérdida de carga ( $h_f$ ).

Utilizando los valores calculados anteriormente determinamos la pérdida de carga originada por la fricción del aire contra las paredes de la tubería.

La expresión que rige a  $h_f$  en una tubería es:

$$h_f = F \cdot \frac{L_{eq,Total} \cdot v_r^2}{2 \cdot g \cdot \phi_{int.}} \left[ \frac{Kg \cdot m}{Kg} \right]$$

### 3.10.6 Pérdida de presión en la tubería.

El producto de la pérdida de carga y la densidad del fluido a la temperatura de trabajo arroja la caída de presión del tramo en cuestión.

$$\Delta P_i = h_f \cdot \delta_{aire, 20^\circ C} \left[ \frac{Kg}{m^3} \right] \text{ o bien } \left[ \frac{Kg}{cm^3} \right]$$

### 3.10.7 Presión en el nuevo punto de análisis.

El nuevo punto de análisis se encuentra aguas arriba del punto antes analizado, entonces la presión de este tendrá que ser igual a la suma de la presión requerida en el final de la línea más la caída de presión producida en el tramo anterior.

$$P_{ii} = P_i + \Delta P_i = \left[ \frac{Kg}{cm^2} \right]$$

## 3.11 Cálculo de los diferentes tramos de la instalación.

Siguiendo el procedimiento de cálculo antes mencionado, se desarrolló una tabla en el Software Excel para agilizar el procedimiento.



Situación v2-v3-v6-v7 cerrada:

TRAMO 2 - 1			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,024	m
Caudal punto a	$Q_a$	0,004	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,500	in
Diámetro exterior		0,048	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,041	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	2,803	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	7676,549	
Rugosidad relativa		0,004	
Factor Darcy $f$		0,037	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Codo 90° ( $K.(v^2 / 2.g)$ )	1	0,200	0,2003
Válvula Esférica ( $K.(v^2 / 2.g)$ )	1	0,120	0,120157
Tubería	1	18,000	18,00
Longitud Total Equivalente			18,3204
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	6,632	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,001	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 1	$P_1 = 6Kg / cm^2 + \Delta P$	6,001	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 2	$Q_2 = Q_a + Q_b$	0,004	m <sup>3</sup> / s

TRAMO 3 - 2			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,026150313	m
Caudal punto 2	$Q_2$	0,0042967	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	3,2640	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	8938,197	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy, $f$		0,0360	



	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Tubería	1	13,35	13,35
Longitud Total Equivalente			13,35
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f \cdot L_e \cdot v^2) / (2 \cdot g \cdot D)$	6,37	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00077	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 2	$P_2 = P_1 + \Delta P$	6,00157	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 3	$Q_3 = Q_2 + Q_c$	0,00551	m <sup>3</sup> / s

<b>TRAMO 4 - 3</b>			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4 \cdot Q) / (\pi \cdot v)}$	0,029612	m
Caudal punto 3	$Q_3$	0,00551	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4 \cdot Q) / (\pi \cdot D^2)$	4,1854	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta \cdot v \cdot D) / \mu$	11461,494	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0360	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Válvula Esférica ( $K \cdot (v^2 / 2 \cdot g)$ )	1	0,267855822	0,268
Codo 45° ( $K \cdot (v^2 / 2 \cdot g)$ )	2	0,402	0,803567467
Codo 90° ( $K \cdot (v^2 / 2 \cdot g)$ )	1	0,4464	0,4464
Tubería	1	52,62	52,62
Longitud Total Equivalente			54,138
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f \cdot L_e \cdot v^2) / (2 \cdot g \cdot D)$	42,50	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00512	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 4	$P_4 = P_2 + \Delta P$	6,00668	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 5	$Q_5 = Q_3 + Q_d$	0,00612	m <sup>3</sup> / s

<b>TRAMO 5 - 4</b>			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>



Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,0312	m
Caudal punto 5	$Q_5$	0,00612	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	4,6461	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	12723,143	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0350	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Codo 45° ( $K.(v^2 / 2.g)$ )	2	0,495	0,990
Tubería	1	19,21	19,21
Longitud Total Equivalente			20,20
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	19,00	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00229	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 5	$P_D = P_F + \Delta P$	6,00897	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 5			

Situación v2-v4-v5-v7 cerrada:

TRAMO 1 - 11			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,024234549	m
Caudal punto a	$Q_a$	0,003690	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	2,80327	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	7676,55	
Rugosidad relativa		0,003723	
Factor Darcy $f$		0,0380	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Codo 90° ( $K.(v^2 / 2.g)$ )	2	0,2003	0,4005



Tee (1") $(K.(v^2 / 2.g))$	1	0,60079	0,6008
Válvula Esférica $(K.(v^2 / 2.g))$	1	0,120157424	0,120157
Tubería	1	25,38	25,38
Longitud Total Equivalente			26,5015
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	80,27	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00967	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 11	$P_{11} = 6Kg / cm^2 + \Delta P$	6,00967	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 11	$Q_{11} = Q_a + Q_h$	0,0052891	m <sup>3</sup> / s

TRAMO 10 - 11			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,029013524	m
Caudal punto 11	$Q_{11}$	0,0052891	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	4,0179	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	11002,645	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0360	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Tubería	1	10,00	10,00
Longitud Total Equivalente			10
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	7,24	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00087	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 10	$P_{10} = P_{11} + \Delta P$	6,01054	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 10	$Q_{10} = Q_{11} + Q_g$	0,00590	m <sup>3</sup> / s

TRAMO 9 - 10			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,030632	m
Caudal punto 10	$Q_{10}$	0,00590	m <sup>3</sup> / s



Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	4,4786	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	12264,293	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0360	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Tubería	1	5,00	5,00
Longitud Total Equivalente			5,000
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	4,49	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00054	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 9	$P_9 = P_{10} + \Delta P$	6,01108	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 9	$Q_9 = Q_{10} + Q_f$	0,00650	m <sup>3</sup> / s

TRAMO 8 - 9			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,0322	m
Caudal punto 9	$Q_9$	0,00650	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	4,9393	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	13525,942	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0350	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Tubería	1	5,00	5,00
Longitud Total Equivalente			5,00
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	5,32	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00064	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 8	$P_8 = P_9 + \Delta P$	6,01172	Kg / cm <sup>2</sup>



Caudal punto 8	$Q_8 = Q_9 + Q_e$	0,00711	$m^3 / s$
----------------	-------------------	---------	-----------

TRAMO 6 - 8			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,0336	$m$
Caudal punto 8	$Q_8$	0,00711	$m^3 / s$
Diámetro comercial		1,500	$in$
Diámetro exterior		0,0483	$m$
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	$m$
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	5,4000	$m / s$
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	14787,591	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0350	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Tubería	1	5,00	5,00
Longitud Total Equivalente			5,00
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	6,35	$Kgfm / Kg$
Caída de presión $\Delta P$		0,00076	$Kg / cm^2$
Presión punto 6	$P_6 = P_8 + \Delta P$	6,01248	$Kg / cm^2$
Caudal punto 6	$Q_6 = Q_8 + Q_d$	0,0077150	$m^3 / s$

TRAMO 5 - 6			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,0350	$m$
Caudal punto 6	$Q_6$	0,00772	$m^3 / s$
Diámetro comercial		1,500	$in$
Diámetro exterior		0,0483	$m$
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	$m$
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	5,8607	$m / s$
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	16049,239	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0340	



	Cantidad	Equivalencia [pie]	Longitud Equivalente [m]
Tee (1 1/4") $(K.(v^2 / 2.g))$	1	2,626	2,63
Codo 45° $(K.(v^2 / 2.g))$	2	0,7878	1,58
Tubería	1	19,21	19,21
Longitud Total Equivalente			23,41
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	34,04	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00410	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 5	$P_5 = P_6 + \Delta P$	6,01658	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 5			

Ramal:

TRAMO 17 - 16			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q) / (\pi.v)}$	0,015952155	m
Caudal punto 11	$Q_{11}$	0,0015989	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q) / (\pi.D^2)$	1,2146	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D) / \mu$	3326,096	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0460	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Tee (1") $(K.(v^2 / 2.g))$	1	0,11279	0,1128
Tubería	1	19,00	19,00
Longitud Total Equivalente			19,11279
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2) / (2.g.D)$	1,61	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00019	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 10	$P_{16} = P_{17} + \Delta P$	6,00019	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 10	$Q_{16} = Q_{17} + Q_k$	0,00221	m <sup>3</sup> / s



TRAMO 14 - 16			
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Diámetro interior ideal	$D = \sqrt{(4.Q)/(\pi.v)}$	0,018735	m
Caudal punto 10	$Q_{10}$	0,00221	m <sup>3</sup> / s
Diámetro comercial		1,50	in
Diámetro exterior		0,0483	m
Diámetro interior real (por tabla)		0,04094	m
Velocidad real	$V_r = (4.Q)/(\pi.D^2)$	1,6753	m / s
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Número de RE	$N_{Re} = (\delta.v.D)/\mu$	4587,745	
Rugosidad relativa		0,0037	
Factor Darcy $f$		0,0420	
	<b>Cantidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Longitud Equivalente [m]</b>
Codo 90° ( $K.(v^2/2.g)$ )	2	0,0715	0,1431
Tubería	1	24,25	24,25
Longitud Total Equivalente			24,393
	<b>Ecuaciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Perdida de carga $h_f$	$h_f = (f.L_e.v^2)/(2.g.D)$	3,58	Kgfm / Kg
Caída de presión $\Delta P$		0,00043	Kg / cm <sup>2</sup>
Presión punto 9	$P_9 = P_{10} + \Delta P$	6,00063	Kg / cm <sup>2</sup>
Caudal punto 9			

### 3.12 Verificación del diámetro de tuberías.

Para la verificación del diámetro de la tubería se utiliza el nomograma que se muestra en la figura 3<sup>10</sup>.

Se verifica el tramo **1 – 2**, considerando que la válvula **V2, V3, V6 y V7** se encuentra cerrada.

Los datos necesarios son:

- Caudal: 111m<sup>3</sup> / h
- Longitud equivalente de la tubería: 19m
- Presión de trabajo: 7,5bar
- Caída de presión: 0,001bar

<sup>10</sup> Nomograma extraído del “Manual de Neumática – FMA POKORNY-FRANCFORT”.



Para efectuar la verificación, en primer lugar se traza la recta A uniendo los puntos formados por la longitud de la tubería y el caudal a transportar por la misma. Luego se unen los puntos formados por la presión de trabajo y la caída de presión que se pretende (recta C). Al unir el punto formado por la intersección de la recta B (continuación del eje 1) y la recta A con el punto formado por el eje 2 y la recta C, se obtiene la recta D. El corte de la recta D con el eje de diámetros, se halla el diámetro nominal de la tubería necesaria.

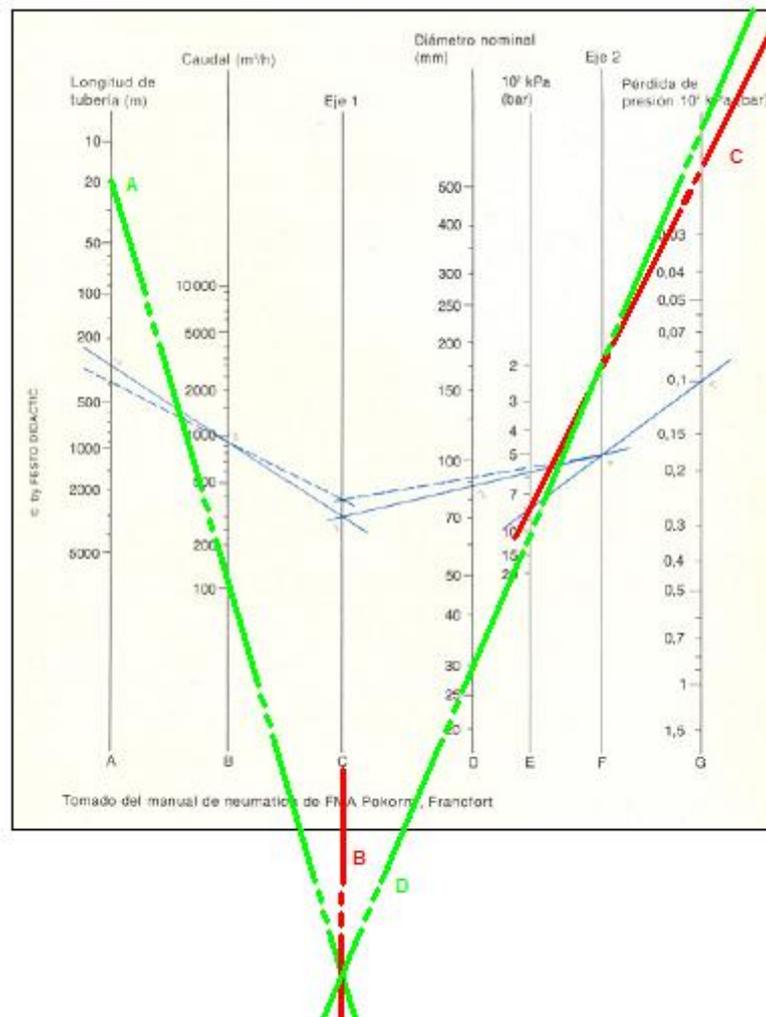


Figura 2

Como se observa el diámetro nominal obtenido es 30mm . Dado que el diámetro nominal por cálculo dio  $32mm(1^{1/4"})$  , se puede decir que la tubería verifica correctamente. En la red se instalo una tubería de diámetro  $38mm(1^{1/2"})$  .



### 3.13 Verificación del espesor de tubería.

Tratándose de redes de distribución de aire es necesario hacer referencia a la norma ANSI B.31.3 para poder hallar el espesor mínimo necesaria para los diferentes sectores de la instalación, teniendo en consideración la siguiente ecuación:

$$t_{nec} = \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E} + C \right) \cdot M \quad \text{Para } t < \frac{D}{6}$$

Donde:

$t_c$  = Espesor mínimo necesario.

$P$  = Presión interna de diseño [ $Psig$ ].

$D$  = Diámetro exterior de la tubería [ $in$ ].

$S$  = Tensión máxima admitida por el material a la temperatura de proyecto [ $Psig$ ].<sup>11</sup>

$E$  = Eficiencia de soldadura, se toma la misma que para el cálculo del recipiente a presión.

$M$  = Tolerancia de fabricación, 1,12 para tubos de aceros.

$C$  = Tolerancia o sobre-espesor por corrosión, más profundidad de roscado en caso de tubos roscados, este depende del tipo de poseso, generalmente para diámetros mayores a 2" se toma un valor de 3mm. En aceros aleados resistentes a la corrosión no se suele adoptar sobre-espesor por corrosión, a menos que se especifique lo contrario.

#### 3.13.1.1 Verificación del tubo SCH 40 de diámetro ½":

Datos:

$$P = \frac{8Kg}{cm^2} \Rightarrow P = 113,79Psig$$

$$D = 21,3mm \cdot \frac{in}{25,4mm} \Rightarrow D = 0,839in$$

$$S = 13600Psig \Rightarrow S = 13600Psig$$

$$E = 0,60$$

$$M = 1,12$$

$$C = \frac{t}{6} = \frac{2,77mm}{6} \cdot \frac{in}{25,4mm} \Rightarrow C = 0,0182in$$
<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Valor adoptado del libro "Equipos para la industria química y alimentaria" de J. Baquero y V. Llorente.

<sup>12</sup> Recomendación adoptada del código ASME: Sección VII, división I, edición 1977.



Se verifica que el espesor del tubo sea inferior a un sexto del diámetro exterior:

$$2,77 < \frac{21,3}{6} \Rightarrow 2,77 < 3,55 \text{ ¡Verifica!}$$

Reemplazando los datos en la ecuación antes mencionadas verificamos que el espesor del tubo sea menor o igual al que especifica el fabricante:

$$t = \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot SE} + C \right) \cdot M = \left[ \left( \frac{113,79 \text{Psig} \cdot 0,839 \text{in}}{2 \cdot 13600 \text{Psig}} + 0,0182 \text{in} \right) \cdot 1,12 \right] \cdot \frac{25,4 \text{mm}}{\text{in}}$$

$$t = 0,618 \text{mm}$$

Como se puede observar el espesor de este tubo verifica satisfactoriamente. Los accesorios (codos, tapas, te, etc.) de este diámetro exterior que se seleccionan para conformar la instalación deben tener un espesor mayor a este último.

### 3.13.1.2 Verificación del tubo SCH 40 de diámetro 1”:

Datos:

$$P = \frac{8 \text{Kg}}{\text{cm}^2} \Rightarrow P = 113,79 \text{Psig}$$

$$D = 33,4 \text{mm} \cdot \frac{\text{in}}{25,4 \text{mm}} \Rightarrow D = 1,315 \text{in}$$

$$S = 13600 \text{Psig} \Rightarrow S = 13600 \text{Psig}$$

$$E = 0,60$$

$$M = 1,12$$

$$C = \frac{t}{6} = \frac{3,38 \text{mm}}{6} \cdot \frac{\text{in}}{25,4 \text{mm}} \Rightarrow C = 0,0222 \text{in}$$

Se verifica que el espesor del tubo sea inferior a un sexto del diámetro exterior:

$$3,38 < \frac{33,4}{6} \Rightarrow 3,38 < 5,57 \text{ ¡Verifica!}$$

Reemplazando los datos en la ecuación antes mencionadas verificamos que el espesor del tubo sea menor o igual al que especifica el fabricante:

$$t = \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot SE} + C \right) \cdot M = \left[ \left( \frac{113,79 \text{Psig} \cdot 1,315 \text{in}}{2 \cdot 13600 \text{Psig}} + 0,0222 \text{in} \right) \cdot 1,12 \right] \cdot \frac{25,4 \text{mm}}{\text{in}}$$

$$t = 0,788 \text{mm}$$

Como se puede observar el espesor de este tubo verifica satisfactoriamente. Los accesorios (codos, tapas, te, etc.) de este diámetro exterior que se seleccionan para conformar la instalación deben tener un espesor mayor a este último.



### 3.13.1.3 Verificación del tubo SCH 40 de diámetro 1<sup>1/2</sup>” :

Datos:

$$P = \frac{8Kg}{cm^2} \Rightarrow P = 113,79Psig$$

$$D = 48,3mm \cdot \frac{in}{25,4mm} \Rightarrow D = 1,902in$$

$$S = 13600Psig \Rightarrow S = 13600Psig$$

$$E = 0,60$$

$$M = 1,12$$

$$C = \frac{t}{6} = \frac{3,68mm}{6} \cdot \frac{in}{25,4mm} \Rightarrow C = 0,0241in$$

Se verifica que el espesor del tubo sea inferior a un sexto del diámetro exterior:

$$3,68 < \frac{48,3}{6} \Rightarrow 3,68 < 8,05 \text{ ¡Verifica!}$$

Reemplazando los datos en la ecuación antes mencionadas verificamos que el espesor del tubo sea menor o igual al que especifica el fabricante:

$$t = \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot SE} + C \right) \cdot M = \left[ \left( \frac{113,79Psig \cdot 1,902in}{2 \cdot 13600Psig} + 0,0241in \right) \cdot 1,12 \right] \cdot \frac{25,4mm}{in}$$

$$\boxed{t = 0,912mm}$$

Como se puede observar el espesor de este tubo verifica satisfactoriamente. Los accesorios (codos, tapas, te, etc.) de este diámetro exterior que se seleccionan para conformar la instalación deben tener un espesor mayor a este último.

### 3.13.1.4 Verificación del tubo SCH 40 de diámetro 2”:

Datos:

$$P = \frac{8Kg}{cm^2} \Rightarrow P = 113,79Psig$$

$$D = 60,3mm \cdot \frac{in}{25,4mm} \Rightarrow D = 2,374in$$

$$S = 13600Psig \Rightarrow S = 13600Psig$$

$$E = 0,60$$

$$M = 1,12$$

$$C = \frac{t}{6} = \frac{3,91mm}{6} \cdot \frac{in}{25,4mm} \Rightarrow C = 0,02571in$$



Se verifica que el espesor del tubo sea inferior a un sexto del diámetro exterior:

$$3,91 < \frac{60,3}{6} \Rightarrow 3,91 < 10,05 \text{ ¡Verifica!}$$

Reemplazando los datos en la ecuación antes mencionadas verificamos que el espesor del tubo sea menor o igual al que especifica el fabricante:

$$t = \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot SE} + C \right) \cdot M = \left[ \left( \frac{113,79 \text{Psig} \cdot 2,374 \text{in}}{2 \cdot 13600 \text{Psig}} + 0,0257 \text{in} \right) \cdot 1,12 \right] \cdot \frac{25,4 \text{mm}}{\text{in}}$$

$$t = 1,014 \text{mm}$$

Como se puede observar el espesor de este tubo verifica satisfactoriamente. Los accesorios (codos, tapas, te, etc.) de este diámetro exterior que se seleccionan para conformar la instalación deben tener un espesor mayor a este último.

### 3.14 Señalización.

De acuerdo con las norma que rigen los colores de seguridad y su significado, la línea neumática (incluyendo los accesorios, bridas, recipiente a presión, etc.) en toda su longitud se deberá pintar con el color de seguridad que se detalla a continuación<sup>13</sup>.

Fluido a transportar	Color fundamental <sup>14</sup>
Aire comprimido	Azul 08-1-070

Antes de pintar se debe preparar la superficie correctamente, es decir, se debe limpiar la misma con la ayuda de algún producto desengrasante para retirar restos de grasa y suciedad, y luego aplicar como fondo pintura anti-óxido para garantizar la correcta adherencia del esmalte e impedir la oxidación.

### 3.15 Ménsula de apoyo.

El diseño de las ménsulas se realizó de acuerdo a la traza de la línea neumática, ya que en su recorrido se debió eludir diferentes obstáculos.

En el anexo N-P001, N-P006, N-P007 y N-P008, se detallan las dimensiones y cantidad de cada tipo de ménsula.

<sup>13</sup>Según norma IRAM 10.005 parte 1 y 2

<sup>14</sup>Según norma IRAM DEF D 1054.



La distancia entre ménsulas de apoyo se adopto en función al diámetro de la tubería a soportar.

En la siguiente tabla se presenta la distancia entre apoyos para diferentes diámetros de tubería.

Diámetro de la tubería [in]	Distancia entre ménsulas [m]
2"	3,0
1 ½"	2,7
1"	2
½"	2

### 3.16 Tomas de aire.

La toma de aire para alimentar los diferentes equipos de la instalación se efectúan en función del tipo de máquina conectada a la línea.

En la siguiente tabla se detallan las conexiones para las diferentes aplicaciones.

Aplicación	Conexión
Plasma Powermax 1650	Válvula / Conjunto FR / Racor
Plasma Tauro PAC 80	Válvula / Acople rápido
Plasma Tauro LM 80	Válvula / Acople rápido
Pistola soplante	Válvula / Acople rápido
Plegadora	Válvula / Racor
Soldadora de Columnas	Válvula / Unión doble

### 3.17 Bajadas de alimentación alimentaciones.

Las tomas de aire se realizan de la parte superior del conducto principal. Para evitar, en el caso que existiera, que el agua condensada pueda ser llevada hacia los distintos equipos neumáticos conectados.

Esto se realiza con curvas de 180 grados con caños de ½" de diámetro<sup>15</sup>.

La unión del conducto principal con la tubería de servicio es efectuada por soldadura.

Antes de efectuar la unión por soldadura, en la tubería de bajada se realiza la boca de pescado para que la misma copie el perímetro exterior del conducto principal.

<sup>15</sup> Ver anexos N-P002, N-P004, N-P005.



### 3.18 Colectores de condensado.

Como vimos, la nave principal se encuentra abastecida mediante dos anillos conectados entre sí por la línea central. Como no conocemos en qué dirección circulará el aire para llegar a un punto dado, y como consecuencia el condensado, optamos por ubicar estratégicamente colectores de condensado. Estos permiten evacuar el agua acumulada mediante una válvula ubicada en su parte inferior.

Los colectores se encuentran ubicados en los puntos 12 y 14 de la instalación.<sup>16</sup>

En los anexos N-P009 y N-P010, podemos observar las dimensiones de los mismos.

### 3.19 Presupuesto.

A continuación se expone una tabla resumen del cálculo de presupuesto de los componentes a utilizar en la línea neumática.

CÁLCULO DE PRESUPUESTO – LÍNEA NEUMÁTICA						
ID	DESIGNACIÓN	MEDIDA COMERCIAL	LONGITUD [m]	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [€]	PRECIO TOTAL [€]
1	CAÑO SCH 40	3"	0,296	2	308,47	182,62
2	CAÑO SCH 40	2"	8,01	2	151,11	2.468,84
3	CAÑO SCH 40	1 1/2"	238,81	48	212,89	10.218,96
4	CAÑO SCH 40	1"	12,2	2	86,82	173,64
5	CAÑO SCH 40	1/2"	58,4	18	70,96	1.277,37
6	CODO 45°	1 1/2"	-	4	6,80	27,20
7	CODO 90°	2"	-	4	21,90	87,60
8	CODO 90°	1 1/2"	-	10	16,90	169,00
9	CODO 90°	1"	-	9	14,47	130,23
10	CODO 90°	1/2"	-	19	7,60	144,40
11	CODO 180°	1/2"	-	10	16,20	162,00
12	TEE	1 1/2"	-	3	70,43	211,29
13	TEE	1/2"	-	1	32,00	32,00
14	TEE REDUCCIÓN	2" a 1 1/2"	-	2	38,46	76,92
15	VÁLVULA ESFERICA	2"	-	1	65,00	65,00
16	VÁLVULA ESFERICA	1 1/2"	-	8	60,00	480,00
17	VÁLVULA ESFERICA	1"	-	2	50,00	100,00
18	VÁLVULA ESFERICA	1/2"	-	13	19,50	253,50
19	MEDIO NIPLE	2"	-	2	16,30	32,60
20	MEDIO NIPLE	1 1/2"	-	16	12,2	195,20
21	MEDIO NIPLE	1"	-	2	17,4	34,80
22	MEDIO NIPLE	1/2"	-	16	10,5	168,00
23	BRIDA SLIP ON	2"	-	2	37,35	74,70
24	BRIDA SLIP ON	1 1/2"	-	16	31,5815	505,30
25	BRIDA SLIP ON	1/2"	-	2	13,612	27,22
26	CASQUETE	3"	-	4	40,7	162,80
27	CASQUETE	1 1/2"	-	1	20	20,00
28	PURGADOR AUTOMÁTICO	1/2"	-	3	680,00	680,00
29	RACOR	1/2"	-	1	16,23	16,23
30	ACOPLE RAPIDO	1"	-	3	75,00	224,00
31	ACOPLE RAPIDO	1/2"	-	9	75,00	675,00
					<b>COSTO TOTAL</b>	<b>19076,42</b>

<sup>16</sup> Ver anexo N-P012.



Como se puede observar, las dos últimas columnas corresponden al precio unitario y precio total de cada artículo.

Los precios encontrados en el cálculo de presupuesto antes visto están sujetos a modificaciones, ya que fueron relevados en el momento que se llevó a cabo la instalación (mayo de 2011).



## 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

### 4.1 Instalación eléctrica Taller.

Para determinar el consumo total de la metalúrgica, se sectorizó la planta y luego se realizó un relevamiento de cargas donde se involucraron los componentes eléctricos activos de la instalación.

A continuación se muestra un esquema donde se detalla la ubicación de cada sector.

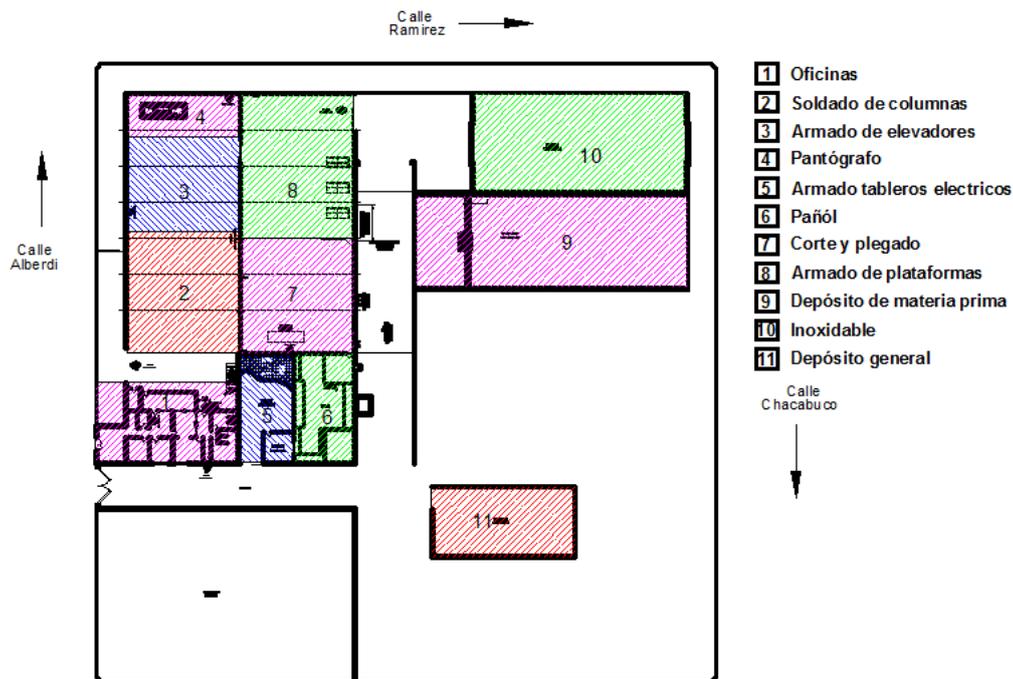


Figura 3

#### 4.1.1 Descripción de los componentes.

##### 4.1.1.1 Conductores.

- Se utilizaron para alimentar los diferentes tableros de potencia conductores de la firma PRYSMIAN el modelo RETENAX VALIO. Cables diseñados para alimentación de potencia o distribución de energía en baja tensión en edificios e instalaciones industriales, en tendidos subterráneos o sobre bandejas. Especialmente aptos para instalaciones donde se requiera amplia maniobrabilidad y máxima capacidad de potencia. Aislación polietileno reticulado silanizado (XLPE), soportando temperaturas de hasta 90°C.



Dichos conductores se encuentran fabricados bajo la norma IRAM 2178, IEC 60502-1 u otras bajo pedido.

- Se utilizaron para alimentar los diferentes tableros de iluminación conductores de la firma PRYSMIAN el modelo SINTENAX VALIO. Cables diseñados para distribución de energía en baja tensión en edificios e instalaciones industriales, en tendidos subterráneos o sobre bandejas. Especialmente aptos para instalaciones en industrias y empleos donde se requiera amplia maniobrabilidad y seguridad ante la propagación de incendios. Aislación PVC especial, de elevadas prestaciones eléctricas y mecánicas, soportando una temperatura de hasta 70°C.

Dichos conductores se encuentran fabricados bajo la norma IRAM 2178, IEC 60502-1 u otras bajo pedido.

#### **4.1.1.2 Protecciones.**

Se seleccionaron interruptores termomagnéticos de la firma SCHNEIDER, seleccionados en función de la corriente admisible que soportan (A) y su capacidad de interrupción (KA).<sup>17</sup>

Para proteger a la instalación y a los operarios de descargas se utilizan interruptores diferenciales de 30mA y 300mA (según corresponda) de la firma SCHNEIDER<sup>18</sup>, estos se colocan en los tableros seccionales.

En el tablero principal se ubica como accesorio del interruptor termomagnético general con un módulo VIGI.

#### **4.1.1.3 Tableros eléctricos.**

Lo referente a tableros eléctricos se encuentra especificado en el “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES”.

##### **Aspectos generales.**

- Los tableros se instalan en lugares secos, ambientes normales, de fácil acceso y alejados de otras instalaciones.
- Delante de la superficie frontal del tablero habrá un espacio libre suficiente para facilitar la realización de trabajos y operaciones, el que no será menor que 1

---

<sup>17</sup> Ver anexo E-C008.

<sup>18</sup> Ver anexo E-C009.



metro. Para tableros con puerta se adopta una distancia, con puertas abiertas, no menor a 0,5 metros.

- El recinto donde se ubica el tablero debe disponer de iluminación artificial, con una intensidad luminosa de 200lx, medido a un metro del nivel del piso sobre el frente del tablero.
- La puerta del local debe abrirse hacia afuera.

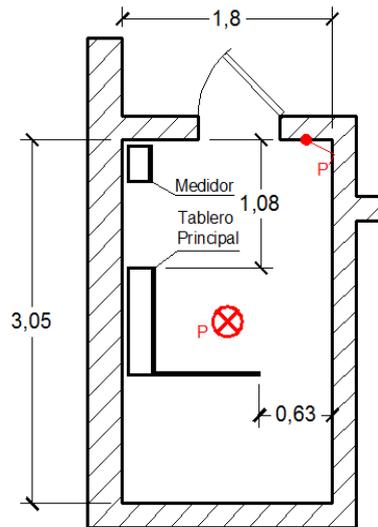


Figura 4: Local 9 (Recinto Tablero Principal).

- El tablero principal debe instalarse dentro de la propiedad, a una distancia de la caja de medidor individual no superior a los 2 metros.
- Los tableros seccionales deben instalarse en lugares de fácil localización, con buen nivel de iluminación y a una altura adecuada.

Los gabinetes seleccionados en el presente proyecto son de la firma GENROD.<sup>19</sup>

### **Tablero principal.**

Según lo dispuesto por la norma tenemos:

- El tablero principal debe poseer un dispositivo en su cabecera que actúe como corte general.
- Los elementos de maniobra y protección deben ser interruptores automáticos tetrapolares con todos los polos protegidos.

<sup>19</sup> Ver anexo E-C001.



### Gabinete tablero principal:

Como tablero principal se adoptó un gabinete de la serie 9000.

La serie 9000 es un sistema compuesto por un cuerpo monoblock, una puerta ciega con burlete de poliuretano y una bandeja galvanizada de uso múltiple.

Los gabinetes son fabricados bajo las normativas vigentes especificadas en IRAMIEC 60670:2002.



Las características del gabinete seleccionado son:

- Código de producto: 09 9214.
- Ancho: 750 mm.
- Alto: 1200 mm.
- Profundidad: 225 mm.

### Tableros seccionales.

La norma dispone:

- Debe poseer un dispositivo en su cabecera que actúe como corte general.
- Como aparato de maniobra se utiliza un interruptor automático tetrapolar.



### Gabinete tablero seccional I:

Los gabinetes adoptados para los tableros seccionales se encuentran detallados en la siguiente tabla.

GABINETES					
TABLEROS		MARCA	CÓDIGO PRODUCTO	MODELO	DESIGNACIÓN
NOMBRE	REFERENCIA				
SECCIONAL A	GABINETE	GENROD	09 958	SERIE 9000	300 X 300 X 100 MM
SECCIONAL B	GABINETE	GENROD	09 9209	SERIE 9000	600 X 750 X 225 MM
SECCIONAL C	GABINETE	GENROD	09 9209	SERIE 9000	600 X 750 X 150 MM
SECCIONAL D	GABINETE	GENROD	09 959	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM
SECCIONAL E	GABINETE	GENROD	09 9103	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM
SECCIONAL F	GABINETE	GENROD	09 9103	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM
SECCIONAL G	GABINETE	GENROD	09 9103	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM
SECCIONAL H	GABINETE	GENROD	09 956	SERIE 9000	200 X 200 X 100 MM
SECCIONAL I	GABINETE	GENROD	09 9103	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM
SECCIONAL J	GABINETE	GENROD	09 9103	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM

### Gabinete tableros seccionales II y III:

Los gabinetes utilizados para los tableros de cada sector, se detallan en la siguiente tabla.

GABINETES					
TABLEROS		MARCA	CÓDIGO PRODUCTO	MODELO	DESIGNACIÓN
NOMBRE	REFERENCIA				
SA-1	GABINETE	GENROD	09 956	SERIE 9000	200 X 200 X 100 MM
SA-2	GABINETE	GENROD	09 956	SERIE 9000	200 X 200 X 100 MM
TS2	GABINETE	GENROD	09 990	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM
TS3	GABINETE	GENROD	09 9107	SERIE 9000	450 X 600 X 100 MM
TS4	GABINETE	GENROD	09 990	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM
TS5	GABINETE	GENROD	09 989	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM
TS6A	GABINETE	GENROD	09 989	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM
TS6B	GABINETE	GENROD	09 9102	SERIE 9000	200 X 300 X 100 MM
TS7A	GABINETE	GENROD	09 9111	SERIE 9000	250 X 300 X 100 MM
TS7B	GABINETE	GENROD	09 989	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM
TS7C	GABINETE	GENROD	09 989	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM
TS8A	GABINETE	GENROD	09 9107	SERIE 9000	450 X 600 X 100 MM
TS8B	GABINETE	GENROD	09 9107	SERIE 9000	450 X 600 X 100 MM



TS9	GABINETE	GENROD	09 989	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM
TS10	GABINETE	GENROD	09 9107	SERIE 9000	450 X 600 X 100 MM
TS11	GABINETE	GENROD	09 989	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM

#### 4.1.2 Relevamiento de carga de la instalación.

El relevamiento de carga fue llevado a cabo por medio de un código<sup>20</sup> que identifica el tipo de máquina y el número de serie de la misma dentro de la instalación.

A partir de la codificación de las máquinas involucradas en la instalación, se identificó que códigos correspondían a cada sector, para luego determinar el consumo máximo de los mismos.

La siguiente tabla muestra los valores medidos en el campo.

TABLEROS	SECTORES	ID	POTENCIA [KW]	CORRIENTE [A]	POTENCIA TOTAL [KW]
TABLERO A	SECTOR 1	OFICINA	--	--	13,7*
	SECTOR 2	S-001	37,00	62,20	52,20
S-007		13,00	22,00		
EXTRA**		2,20	10,00		
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 3	P-001	10,50	19,00	57,00
		ME-001	1,50	3,80	
		ME-002	1,50	3,80	
		ME-003	1,50	3,80	
		S-002	13,00	22,00	
		ME-004	1,80	10,20	
		S-003	25,00	42,00	
		EXTRA	2,20	10,00	
	SECTOR 4	P-002	14,50	26,00	16,70
		EXTRA	2,20	10,00	
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	EXTRA	2,20	10,00	3,10
	SECTOR 6	ME-020	7,50	14,20	11,20
		ME-015	1,50	3,80	
		EXTRA	2,20	10,00	
	SECTOR 7	ME-011	11,00	28,00	41,70
		ME-012	15,00	28,00	
		ME-013	4,00	6,80	
		ME-022	5,50	10,45	
		ME-014	4,00	9,00	
EXTRA		2,20	10,00		

<sup>20</sup> Ver ítem 1.6.



	SECTOR 8A	S-004	19,50	33,00	33,20
		ME-007	1,10	2,80	
		P-003	8,00	14,40	
		ME-006	4,60	8,20	
		EXTRA	2,20	10,00	
	SECTOR 8B	S-005	28,50	48,20	72,40
		S-006	18,50	35,00	
		ME-008	1,50	3,80	
		ME-009	1,80	10,20	
		P-004	19,50	35,00	
		ME-010	1,50	3,80	
		ME-005	1,10	2,80	
		EXTRA	2,20	10,00	
	TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 9	ME-016	1,10	2,80
EXTRA			2,20	10,00	
SECTOR 10		S-008	13,00	22,00	29,40
		ME-017	1,50	3,80	
		P-005	10,50	19,20	
		ME-018	1,10	2,80	
		ME-019	1,10	5,20	
EXTRA		2,20	10,00		
SECTOR 11		EXTRA	2,20	10,00	2,20

\* Las unidades de este valor son en KVA, puesto que es determinada según normativas de la AEA.

\*\* Extra: se refiere al valor de potencia adoptado para herramientas eléctricas de uso personal.

El consumo de las luminarias fue extraído del cálculo de iluminación realizado en el presente proyecto. Los valores de potencia se detallan a continuación.

TABLEROS	FASE	UNIDADES	POTENCIA UNI [W]	CORRIENTE UNI[A]	POTENCIA TOTAL [W]	CORRIENTE TOTAL [A]
TABLERO SECCIONAL E	R	10	280	1,53	2800	15,3
	S	10	280	1,53	2800	15,3
	T	10	280	1,53	2800	15,3
TABLERO SECCIONAL F	R	7	280	1,53	1960	10,71
	S	7	280	1,53	1960	10,71
	T	7	280	1,53	1960	10,71
TABLERO SECCIONAL G	R	4	280	1,53	1120	6,12
	S	4	280	1,53	1120	6,12
	T	4	280	1,53	1120	6,12
TABLERO SECCIONAL H	R	4	280	1,53	1120	6,12
TABLERO SECCIONAL I	R	5	70	3,4	350	17
	S	3	70	3,4	210	10,2



	T	3	70	3,3	210	9,9
TABLERO SECCIONAL J	S	3	280	1,53	840	4,59
	T	2	280	1,53	560	3,06

#### 4.1.3 Coeficiente de simultaneidad.

El coeficiente de simultaneidad es un valor importante a la hora de determinar la sección de los conductores a utilizar. Este valor depende principalmente del tipo de actividad que realiza la empresa.

Para industrias metalúrgicas se aconseja que el valor global del coeficiente de simultaneidad no supere 0,6 (solo considerando los tableros de potencia).

Para determinar el coeficiente de simultaneidad se establece por sector un valor teniendo en consideración las maquinarias que normalmente trabajan en simultáneo. Por otro lado, para calcular los conductores del tablero seccional, se adopta un nuevo coeficiente de simultaneidad, pero ahora teniendo en cuenta los sectores vinculados.

A continuación se muestra una tabla con los valores que se adoptaron por sector y por tablero seccional.

TABLEROS	SECTORES	POTENCIA TOTAL [KW]	FACTOR DE SIMULTANEIDAD SECTORIAL	FACTOR DE SIMULTANEIDAD SECCIONAL
TABLERO A	SECTOR 1*	OFICINA	--	--
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 2	52,20	0,80	0,70
	SECTOR 3	57,00	0,40	
	SECTOR 4	16,70	1,00	
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	3,10	0,50	0,45
	SECTOR 6	11,20	0,80	
	SECTOR 7	41,70	0,80	
	SECTOR 8A	33,20	0,50	
	SECTOR 8B	72,40	0,50	
TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 9	3,30	1,00	0,70
	SECTOR 10	29,40	0,60	
	SECTOR 11	2,20	0,50	

\*Ver ítem 4.4 – “Instalación eléctrica oficina técnica”.

Se debe verificar que el promedio de los coeficientes de simultaneidad correspondiente a los tableros seccionales no supera el valor de 0,60.



$$f_{s(TOTAL)} = \frac{\sum f_{s(SECCIONAL)}}{n^{\circ} \text{ tableros seccionales}} = \frac{0,70 + 0,45 + 0,70}{3,00} = 0,62 \approx 0,60 \Rightarrow \text{Verifaica!!}$$

Entonces;

$$P_{afectada} = \sum P_i \times 0,62 = 320,2 \text{ KW} \times 0,62 = 198,52 \text{ KW}$$

El coeficiente de simultaneidad para los tableros de iluminación es **1,00**. Esto se debe a que los índices de iluminación calculados se logran con el total de las lámparas encendidas.

#### 4.1.4 Factor de utilización.

El régimen de trabajo de un receptor puede ser tal que su potencia utilizada sea menor que su potencia nominal, lo que da lugar al factor de utilización.

En instalaciones industriales, se puede utilizar un factor de utilización de<sup>21</sup>:

- $F_u=0,75$ ; para motores.
- $F_u=1$ ; para alumbrado industrial y calefacción.

#### 4.1.5 Factor de agrupamiento.

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

En la tabla siguiente se indican los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares, de acuerdo con el tipo de instalación.

<sup>21</sup> Recomendación adoptada del libro "Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales" del autor Ángel Lagunas Marquéz.



Cantidad de circuitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	Métodos de Instalación
Agrupados en aire, sobre una superficie, embutidos o encerrados	1	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A1, A2, B1, B2, D1 y D2
Una sola capa, sobre pared, piso o bandeja no perforada	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	C
Una sola capa fijada debajo de cielorraso	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	C
Una sola capa sobre bandeja perforada horizontal o vertical	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	E y F
Una sola capa sobre bandeja tipo escalera o engrampada	1	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	E y F

Para la obtención del factor de agrupamiento se considero el tramo principal de bandejas con un total de 10 circuitos transportados, en una sola capa sobre bandeja perforada horizontal. Por lo que se adopta un factor de agrupamiento de 0,72.

#### 4.1.6 Descripción de la instalación.

La instalación consta de un tablero principal ubicado en el local 9. El tablero principal alimenta los tableros seccionales, que se encuentran ubicados estratégicamente en función del consumo de cada sector y su accesibilidad. También nos encontramos con tableros seccionales que alimentan las maquinarias vinculadas al sector.

El anexo E-P044 nos muestra el diagrama unifilar de la instalación, donde se puede apreciar claramente la sectorización de la red.

#### 4.1.7 Distribución de tableros seccionales.

Para realizar el cálculo de los conductores eléctricos se partió de la distribución de los tableros seccionales correspondientes a cada sector, y de la sala del talero principal (local 9, este sector se considera el punto cero del origen de coordenadas para el momento eléctrico). En función de la disposición de estos tableros se calculo el momento eléctrico para la ubicación de los diferentes tableros seccionales B, C y D.

Los tableros seccionales de cada sector se distribuyeron de forma conveniente a la actividad desarrollada en cada uno de los lugares de trabajo.

A continuación se realiza el cálculo del momento eléctrico para cada tablero seccional.



#### 4.1.7.1 Tablero seccional B.

La potencia de los tableros terminales viene dada por:

$$P_{Tn} = f_{SS} \times \sum \text{consumos}$$

Siendo:

$P_{Tn}$  : potencia total del sector n.

$f_{SS}$  : factor de simultaneidad del sector n.

Reemplazando valores, obtenemos la potencia de los tableros terminales:

$$P_{T2} = 0,8.52,2KW \Rightarrow 41,76KW$$

$$P_{T3} = 0,4.57KW \Rightarrow 22,8KW$$

$$P_{T4} = 1.16,7KW \Rightarrow 16,7KW$$

#### **Determinación de las longitudes:**

Longitud desde los tableros terminales al tablero principal. Como punto de referencia se elige el tablero principal.

$$L_{T2y} = 12m / L_{T2x} = 0m$$

$$L_{T3y} = 25m / L_{T3x} = 0m$$

$$L_{T4y} = 37m / L_{T4x} = 0m$$

Esta distancia es en el plano. Para la realización del cálculo eléctrico se debe sumar las subidas y bajadas correspondientes.

#### **Determinación del centro de carga con el momento eléctrico:**

$$y_c = \frac{P_{T2} \cdot L_{T2y} + P_{T3} \cdot L_{T3y} + P_{T4} \cdot L_{T4y}}{P_{T2} + P_{T3} + P_{T4}} = \frac{(41,76 \cdot 12 + 22,8 \cdot 25 + 16,7 \cdot 37)KWm}{(41,76 + 22,8 + 16,7)KW} \Rightarrow \boxed{y_c \approx 21m}$$

$$\boxed{x_c = 0m}$$

El tablero seccional B se dispuso a  $x=0m$  e  $y=21m$  desde el tablero principal.

#### 4.1.7.2 Tablero seccional C.

Para el tablero C empleamos el mismo procedimiento de cálculo que el tablero B.

#### **Potencia de los tableros terminales:**

$$P_{T5} = 0,5.3,1KW \Rightarrow 1,55KW$$

$$P_{T6} = 0,8.11,2KW \Rightarrow 8,96KW$$

$$P_{T7} = 0,8.41,7KW \Rightarrow 33,36KW$$

$$P_{T8A} = 0,5.32,2KW \Rightarrow 16,1KW$$



$$P_{T8B} = 0,5.72,4KW \Rightarrow 36,2KW$$

**Determinación de las longitudes:**

$$L_{T5y} = 6,14m / L_{T5x} = 16,7m$$

$$L_{T6y} = 6,3m / L_{T6x} = 27,6m$$

$$L_{T7y} = 21,6m / L_{T7x} = 31,75m$$

$$L_{T8Ay} = 42,3m / L_{T8Ax} = 16,9m$$

$$L_{T8By} = 32m / L_{T8Bx} = 31,4m$$

**Determinación del centro de carga con el momento eléctrico:**

$$y_c = \frac{P_{T5} \cdot L_{T5y} + P_{T6} \cdot L_{T6y} + P_{T7} \cdot L_{T7y} + P_{T8A} \cdot L_{T8Ay} + P_{T8B} \cdot L_{T8By}}{P_{T5} + P_{T6} + P_{T7} + P_{T8A} + P_{T8B}}$$

$$y_c = \frac{(1,55 \cdot 6,14 + 8,96 \cdot 6,3 + 33,36 \cdot 21,6 + 16,1 \cdot 42,3 + 36,2 \cdot 32) KWm}{(1,55 + 8,96 + 33,36 + 16,1 + 36,2) KW} = \frac{2625,97m}{96,17} \Rightarrow y_c \approx 27m$$

$$x_c = \frac{P_{T5} \cdot L_{T5x} + P_{T6} \cdot L_{T6x} + P_{T7} \cdot L_{T7x} + P_{T8A} \cdot L_{T8Ax} + P_{T8B} \cdot L_{T8Bx}}{P_{T5} + P_{T6} + P_{T7} + P_{T8A} + P_{T8B}}$$

$$x_c = \frac{(1,55 \cdot 16,7 + 8,96 \cdot 27,6 + 33,36 \cdot 31,75 + 16,1 \cdot 16,9 + 36,2 \cdot 31,4) KWm}{(1,55 + 8,96 + 33,36 + 16,1 + 36,2) KW} = \frac{2739,48m}{96,17} \Rightarrow x_c \approx 28m$$

El tablero seccional C se dispuso a  $x=31,4m$  e  $y=21,6m$  desde el tablero principal, se ubico de esta forma por impedimentos físico.

**4.1.7.3 Tablero seccional D:**

**Potencia de los tableros terminales:**

$$P_{T9} = 1.3,3KW \Rightarrow 3,3KW$$

$$P_{T10} = 0,6.29,4KW \Rightarrow 17,64KW$$

$$P_{T11} = 0,5.2,2KW \Rightarrow 1,1KW$$

**Determinación de las longitudes:**

$$L_{T9y} = 28,4m / L_{T9x} = 57,5m$$

$$L_{T10y} = 32,6m / L_{T10x} = 48m$$

$$L_{T11y} = -12,3m / L_{T11x} = 43,3m$$



### Determinación del centro de carga con el momento eléctrico:

$$y_c = \frac{P_{T9} \cdot L_{T9y} + P_{T10} \cdot L_{T10y} + P_{T11} \cdot L_{T11y}}{P_{T9} + P_{T10} + P_{T11}}$$

$$y_c = \frac{(3,3 \cdot 28,4 + 17,64 \cdot 32,6 + 1,1 \cdot (-12,3)) \text{ KWm}}{(3,3 + 17,64 + 1,1) \text{ KW}} = \frac{655,25 \text{ m}}{22,04} \Rightarrow \boxed{y_c \approx 30 \text{ m}}$$

$$x_c = \frac{P_{T9} \cdot L_{T9x} + P_{T10} \cdot L_{T10x} + P_{T11} \cdot L_{T11x}}{P_{T9} + P_{T10} + P_{T11}}$$

$$x_c = \frac{(3,3 \cdot 57,5 + 17,64 \cdot 48 + 1,1 \cdot 43,3) \text{ KWm}}{(3,3 + 17,64 + 1,1) \text{ KW}} = \frac{1084,1 \text{ m}}{22,04} \Rightarrow \boxed{x_c \approx 49 \text{ m}}$$

El tablero seccional D se dispuso a  $x=50\text{m}$  e  $y=28,4\text{m}$  desde el tablero principal.

#### 4.1.8 Dimensionamiento de conductores.

Antes de seleccionar los conductores a utilizar debemos conocer las protecciones de cada circuito<sup>22</sup>.

La determinación de la sección parte de conocer la calibración de la protección adoptada (cumpliendo con la intensidad máxima admisible).

Luego de pre-seleccionar el conductor se realiza la verificación por máxima caída de tensión.

Los valores de máxima caída de tensión establecido son<sup>23</sup>:

- Líneas de circuitos para iluminación: **3%**.
- Líneas que alimenten circuitos de fuerza motriz (régimen): **5%**.
- Líneas que alimenten fuerza motriz (durante el arranque): **10 – 15%**.

Por último debemos verificar al conductor por las solicitaciones térmicas en relación con las sobrecargas y los cortocircuitos.

<sup>22</sup> Ver ítem 4.2 Protecciones.

<sup>23</sup> Según "REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES" – Página 52.



### 4.1.9 Cálculo de conductores.

Ingresando a la tabla de selección se debe considerar que los conductores se encuentran sobre bandeja perforada.

Conductores RETENAX VALIO.

Datos Eléctricos						
Intensidad admisible en amperes para cables con conductores de cobre						
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Método B1 y B2 Caño embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada O de fondo sólido		Método E Bandeja perforada Bandeja tipo escalera	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	20	18	22	20	24	21
2,5	27	24	30	27	33	29
4	36	32	41	36	45	38
6	46	40	53	47	57	49
10	63	55	73	65	78	68
16	83	73	97	87	105	91
25	108	96	126	108	136	116
35	133	116	156	134	168	144
50	-	140	190	163	205	175
70	-	176	245	208	263	224
95	-	212	298	253	320	271
120	-	244	348	293	373	315
150	-	-	401	338	430	363
185	-	-	460	386	493	415
240	-	-	545	455	583	490
300	-	-	631	524	674	565

Conductores SITENAX VALIO.

Datos Eléctricos					
Intensidad admisible en amperes para cables con conductores de cobre.					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Método D1 Caño enterrado	Método D1 Caño enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado
	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1,5	25	20	28	29	25
2,5	33	27	37	39	34
4	43	35	47	51	44
6	53	44	59	65	55
10	71	58	80	88	74
16	91	75	104	112	95
25	117	96	134	137	117
35	140	115	162	164	140
50	-	137	198	-	173
70	-	169	240	-	211
95	-	201	280	-	254
120	-	228	324	-	290
150	-	258	363	-	325
185	-	289	405	-	369
240	-	333	475	-	428
300	-	377	533	-	484



Luego de pre-seleccionar la sección ( $S_c$ ) del cable a utilizar, se debe extraer del catálogo las características resistivas ( $r$ ) e inductivas ( $x$ ) del mismo.

Con estos valores se verifica el conductor a la máxima caída de tensión. La expresión que define la caída de tensión es:

$$\Delta U = k \times I \times L \times (r \times \cos \varphi + x \times \text{sen} \varphi)$$

Donde:

$\Delta U$ : caída de tensión, en V.

$k$ : monofasico = 2, trifasico =  $\sqrt{3}$ .

$L$ : longitud del conductor, en Km.

$r$ : resistencia de conductor, en  $\Omega/\text{Km}$ .

$x$ : reactancia de conductor, en  $\Omega/\text{Km}$ .

Para determinar si el conductor es el adecuado, se debe realizar la sumatoria de la caída de tensión parcial, correspondiente a los tramos en serie de un mismo ramal, obteniendo como resultado un valor menor al establecido anteriormente.

En la siguiente tabla se exponen los resultados obtenidos del cálculo de los conductores para la distribución de energía dentro de las naves de la empresa de acuerdo a la distribución preestablecida anteriormente.

TABLEROS	SECTORES	POTENCIA TOTAL [KW]	FAC. DE SIMULT. SECTORIAL	FAC. DE SIMULT. SECCIONAL	CORRIENTE DE CARGA AFECTADA [A]	SECCIÓN [mm <sup>2</sup> ]	LONGITUD [m]	CAIDA DE TENSIÓN [%]	CORRIENTE DE CARGA [A]	SECCIÓN [mm <sup>2</sup> ]	LONGITUD [m]	CAIDA DE TENSIÓN [%]
TABLERO A	SECTOR 1	11,00	1,00	1,00	62,00	10,00	4,00	0,23	62,00	10,00	1,00	0,06
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 2	52,20	0,80	0,70	75,36	16,00	13,75	0,60	110,04	35,00	26,00	0,79
	SECTOR 3	57,00	0,40		45,84	6,00	8,80	0,63				
	SECTOR 4	16,70	1,00		36,00	4,00	21,30	1,78				
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	3,10	0,50	0,45	5,00	2,50	35,00	0,66	91,41	25,00	64,00	2,28
	SECTOR 6A	3,70	0,80		11,07	4,00	24,00	1,26				
	SECTOR 6B	22,50	0,80		33,76	6,00	24,00	0,62				
	SECTOR 7A	16,50	0,80		32,64	6,00	11,30	0,57				
	SECTOR 7B	6,20	0,80		13,44	4,00	11,30	0,35				
	SECTOR 7C	7,70	0,80		16,36	4,00	29,30	1,11				
	SECTOR 8A	33,20	0,50		35,60	6,00	34,00	1,77				
SECTOR 8B	71,30	0,40	58,40	16,00	9,00	0,36						
TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 9	3,30	1,00	0,70	12,80	2,50	13,50	0,61	38,92	10,00	82,50	2,93
	SECTOR 10	29,40	0,60		37,80	6,00	19,00	1,05				
	SECTOR 11	2,20	0,50		5,00	2,50	59,00	1,04				



Como se puede observar en la tabla anterior, sumando las caídas de tensiones sucesivas de un ramal del circuito, esta no supera una caída de tensión mayor a 5% (correspondiente a fuerza motriz).

Como por ejemplo:

$$\Delta V_{TOTAL\%} = \Delta V_{TABLERO\ C\%} + \Delta V_{SECTOR\ 8A\%} \leq 5\%$$

$$\Delta V_{TOTAL\%} = 2,28\% + 1,77\% = 4,05\%$$

$$\Delta V_{TOTAL\%} \leq 5\%$$

La siguiente tabla muestra la caída de tensión para los circuitos eléctricos destinados a iluminación:

TABLEROS	FASE	POTENCIA TOTAL [W]	CORRIENTE TOTAL [A]	SECCIÓN [mm <sup>2</sup> ]	LONGITUD [m]	CAIDA DE TENSIÓN [%]	POTENCIA TOTAL [W]	CORRIENTE TOTAL [A]	SECCIÓN [mm <sup>2</sup> ]	LONGITUD [m]	CAIDA DE TENSIÓN [%]
TABLERO SECCIONAL E	R	2800	15,3	4,00	15,00	1,00	8400	45,9	10,00	7,00	0,28
	S	2800	15,3	4,00	23,00	1,53					
	T	2800	15,3	4,00	37,00	2,47					
TABLERO SECCIONAL F	R	1960	10,71	2,50	22,00	1,65	5880	32,13	16,00	57,00	0,99
	S	1960	10,71	2,50	19,00	1,42					
	T	1960	10,71	2,50	9,00	0,67					
TABLERO SECCIONAL G	R	1120	6,12	2,50	7,50	0,32	3360	18,36	10,00	85,00	1,34
	S	1120	6,12	2,50	17,00	0,73					
	T	1120	6,12	2,50	26,50	1,14					
TABLERO SECCIONAL H	R	1120	6,12	2,50	11,00	0,47	1120	6,12	4,00	75,50	2,01
TABLERO SECCIONAL I	R	350	17	2,50	3,00	0,36	770	37,1	10,00	30,00	0,96
	S	210	10,2	2,50	5,00	0,36					
	T	210	9,9	2,50	7,50	0,52					
TABLERO SECCIONAL J	S	840	4,59	2,50	5,00	0,16	1400	7,65	2,50	43,00	2,30
	T	560	3,06	2,50	4,00	0,09					

Como se puede observar en la tabla anterior, sumando las caídas de tensiones sucesivas de un ramal del circuito, no supera el valor de 3% (correspondiente a iluminación).

Como por ejemplo:

$$\Delta V_{TOTAL\%} = \Delta V_{TABLERO\ G\%} + \Delta V_{FASE\ T\%} \leq 3\%$$

$$\Delta V_{TOTAL\%} = 1,34\% + 1,14\% = 2,48\%$$

$$\Delta V_{TOTAL\%} \leq 3\%$$



#### 4.1.10 Canalización.

Para poder alimentar los diferentes sectores de las naves de la empresa los conductores son colocados en bandejas perforadas, las mismas sostenidas mediante ménsulas atornilladas a las paredes de las naves.

Las bandejas perforadas que se utilizan en la distribución de energía son de la marca SAMET, el espesor de las bandejas es de 0,89 (Chapa galvanizada calibre Nº 20).

La sección de bandeja necesaria para contener a los conductores en un determinado tramo se puede determinar con la siguiente expresión:

$$S = \frac{K \cdot 100 + e}{100} \cdot \sum n$$

Donde:

S= Sección útil en mm<sup>2</sup> de la bandeja.

K= Coeficiente de apilamiento de los cables (> 2,5mm<sup>2</sup> K=1,4 y < 2,5mm<sup>2</sup> K=1,2).

e= Reserva de espacio en % para futuras ampliaciones (entre 15 y 30%).

n= Secciones de los cables a instalar en la bandeja.

Se adopta K=1,4 y e=25%. Una vez obteniendo la sección necesaria, se adopta el valor inmediato superior, de las tablas de selección, de acuerdo al tipo de bandeja a colocar.

En la siguiente tabla se detallan las secciones comerciales para las diferentes secciones halladas con la anterior expresión.

TRAMO	SECCIÓN MÍN. [mm <sup>2</sup> ]	ALA [mm]	AxB [mm]	CÓDIGO	SECCIÓN [mm <sup>2</sup> ]
TP	4779,4	50	50x100	TRP-100-Z	4900
TS1	2309,5	50	50x50	TRP-50-Z	2450
TS2	4071,7	50	50x100	TRP-100-Z	4900
TS3	1236,3	50	50x50	TRP-50-Z	2450
TS4	5471,1	50	50x150	TRP-150-Z	7350
TS5	1358,3	50	50x50	TRP-50-Z	2450
TS6	405,6	50	50x50	TRP-50-Z	2450
Bajada B	2641,3	20	20x150	TRP-150-B-Z	2850
Bajada C	3749,1	20	20x200	TRP-200-B-Z	3800
Bajada D	1125	20	20x100	TRP-100-B-Z	1900
Bajada E	420	20	20x50	TRP-50-B-Z	900
Bajada F	627,2	20	20x50	TRP-50-B-Z	900
Bajada G	751,7	20	20x50	TRP-50-B-Z	900
Bajada H	405,6	20	20x50	TRP-50-B-Z	900



Bajada I	606,5	20	20x50	TRP-50-B-Z	900
Bajada J	510,5	20	20x50	TRP-50-B-Z	900

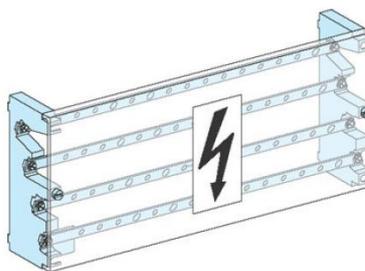
Para disminuir costos y facilitar el montaje en obra se seleccionan las siguientes bandejas para los diferentes tramos.

TRAMO	ALA [mm]	AxB [mm]	CÓDIGO	SECCIÓN [mm <sup>2</sup> ]
TP	50	50x150	TRP-150-Z	7350
TS2				
TS4				
TS1	50	50x50	TRP-50-Z	2450
TS3				
TS5				
TS6				
Bajada B	20	20x200	TRP-200-B-Z	3800
Bajada C				
Bajada D				
Bajada E	20	20x50	TRP-50-B-Z	900
Bajada F				
Bajada G				
Bajada H				
Bajada I				
Bajada J				

#### 4.1.11 Accesorios.

Los accesorios mencionados pertenecen a la firma Schneider Electric®.

##### 4.1.11.1 Juego de barras.



- Tablero principal: se propuso un juego de barras de cobre con las siguientes características.
  - N° de barras por fase: 1.
  - Dimensiones: 5 x 32 x 300 mm.
  - Corriente nominal: 400 A.
  - Referencia: 04054.



- Tablero seccional B y C: se propuso un juego de barras de cobre con las siguientes características.
  - N° de barras por fase: 1.
  - Dimensiones: 5 x 15 x 300 mm.
  - Corriente nominal: 160 A.
  - Referencia: 04052.

Por más información consultar el anexo E-C010.

#### 4.1.11.2 Repartidores.

En aquellos tableros donde la densidad de componentes es alta se propuso utilizar repartidores según corresponda.

A continuación se tabulan los repartidores seleccionados para los tableros en cuestión.

REPARTIDORES						
TABLEROS		IDENTIFICACIÓN	MARCA	CÓDIGO PRODUCTO	MODELO	DESIGNACIÓN
NOMBRE	REFERENCIA					
SECCIONAL A	REPARTIDOR	Rta	BRC	BRC41007	BRC4	4 x 100 A
TS3	REPARTIDOR	Rts3	BRC	BRC412511	BRC4	4 X 125 A
TS8A	REPARTIDOR	Rts8a	BRC	BRC412511	BRC4	4 X 125 A
TS8B	REPARTIDOR	Rts8b	BRC	BRC412511	BRC4	4 X 125 A
SECCIONAL D	REPARTIDOR	Rtd	BRC	BRC41007	BRC4	4 X 100 A

Por más información dirigirse al anexo E-C011.



## 4.2 Protecciones.

Todas las protecciones propuestas en el presente proyecto pertenecen a la firma Schneider Electric®.

Los componentes seleccionados se verificaron mediante el software Ecodial3<sup>24</sup>.

### 4.2.1 Corrientes de cortocircuito.

Cualquier instalación eléctrica debe de estar protegida contra los cortocircuitos. La intensidad de la corriente de cortocircuito debe calcularse para cada uno de los diversos niveles de la instalación para poder determinar las características de los componentes que deberán soportar o cortar la corriente de defecto.

#### 4.2.1.1 Características de los cortocircuitos.

- Duración: auto-extinguible, fugaz, permanente.
- Origen:
  - Originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales).
  - Debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico.
  - Causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
- Localización: dentro o fuera de una máquina o un cuadro eléctrico. Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser:
  - Monofásicos: 80% de los casos.
  - Bifásicos: 15% de los casos. Los de este tipo, suelen degenerar en trifásicos.
  - Trifásicos: en origen, sólo el 5% de los casos.

#### 4.2.1.2 Consecuencia de los cortocircuitos.

Depende de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad.

- Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:

---

<sup>24</sup> Ver anexo E-V0XX (según tablero en análisis).



- Degradar los aislantes.
- Fundir los conductores.
- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.
- Según el circuito afectado, pueden presentarse:
  - Sobreesfuerzos electrodinámicos: deformación de los juegos de barras, arrancado o desprendimiento de los cables.
- Sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.
- Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o de redes próximas:
  - Bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, de algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos;
  - Desconexión de una parte más o menos importante de la instalación, según el esquema y la selectividad de sus protecciones.
  - Inestabilidad dinámica y/o pérdida de sincronismo de las máquinas.
  - Perturbaciones en los circuitos de mando y control.

#### 4.2.1.3 Establecimiento de la intensidad de cortocircuito.

Una red simplificada se reduce a una fuente de tensión alterna constante, un interruptor, una impedancia  $Z_{cc}$ , que representa todas las impedancias situadas aguas arriba del cortocircuito, y una impedancia  $Z_s$  de la carga.

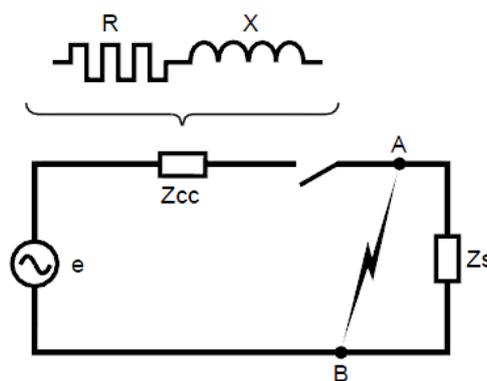


Figura 5

En realidad, la impedancia del generador está compuesta de todo lo que hay aguas arriba del cortocircuito, incluidas las redes de las diversas tensiones (AT, BT) y el conjunto de conductores serie, con sus diferentes secciones y longitudes.



En el esquema de la Figura 5, con el interruptor cerrado, circula por la red la intensidad de servicio  $I_s$ .

Cuando se produce un defecto de impedancia despreciable entre los puntos A y B, aparece una intensidad de cortocircuito  $I_{cc}$ , muy elevada, limitada únicamente por la impedancia  $Z_{cc}$ .

La intensidad  $I_{cc}$  se establece siguiendo un régimen transitorio en función de las reactancias  $X$  y de las resistencias  $R$  que son las componentes de la impedancia  $Z_{cc}$ :

$$Z_{cc} = \sqrt{(X^2 + R^2)}$$

En una distribución de potencia, la reactancia  $X = L\omega$  es generalmente mucho mayor que la resistencia  $R$ , y la razón  $R/X$  está entre 0,10 y 0,3. Este valor sigue siendo prácticamente igual para valores bajos del  $\cos \varphi$  (factor de potencia durante el cortocircuito), o sea:

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{X^2 + R^2}}$$

Sin embargo, el régimen transitorio de establecimiento de una corriente de cortocircuito depende normalmente de la distancia del punto de defecto a los alternadores. Esta distancia no implica necesariamente una distancia geográfica, sino que se sobreentiende que las impedancias de los alternadores son inferiores a las de las conexiones entre ellos y el punto de defecto.

#### **Defecto alejado de los alternadores.**

Es el caso más frecuente. Entonces, el régimen transitorio es el resultante de la aplicación a un circuito auto-inductivo de una tensión:

$$e = E \cdot \text{sen}(wt + \alpha)$$

Así, la intensidad  $i$  es la suma de dos componentes:  $i = ia + ic$

- La primera ( $ia$ ) es alterna y sinusoidal:

$$ia = I \cdot \text{sen}(wt + \alpha)$$

En donde:

- Intensidad máxima  $I = \frac{E}{Z_{cc}}$
- $\alpha$  = ángulo eléctrico que caracteriza el desfase en el tiempo entre el instante inicial del defecto y el origen de la onda de tensión.



- La segunda ( $i_c$ ) es una componente unidireccional:

$$i_c = -I \cdot \text{sen} \alpha \cdot e^{-\frac{R}{L}t}$$

Su valor inicial depende de  $\alpha$ , y su amortiguamiento es tanto más rápido cuanto mayor es la relación  $R/L$ .

En el instante inicial del cortocircuito,  $i$  es nula por definición (puesto que el valor de la intensidad de servicio  $I_s$  es despreciable), por lo que:

$$i = i_a + i_c = 0$$

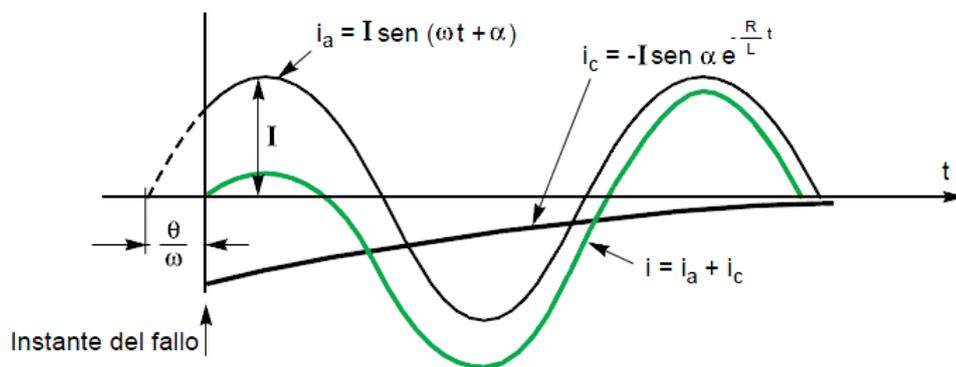


Figura 6

La Figura 6 nos muestra la representación gráfica de  $i$  mediante la suma algebraica de los valores de las ordenadas de sus dos componentes  $i_a$  e  $i_c$ .

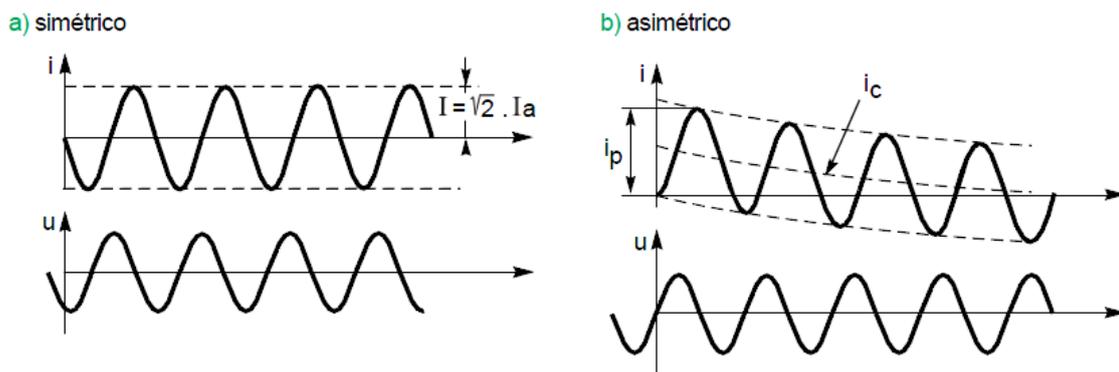


Figura 7

La Figura 7 presenta los dos casos extremos posibles de establecimiento de una corriente de cortocircuito  $I_{cc}$ , que, para facilitar la comprensión, se representan con una tensión alterna monofásica.

El factor exponencial es tanto mayor cuanto menor es el amortiguamiento de la componente unidireccional, es decir, la razón  $R/L$  o  $R/X$ . Es pues necesario calcular  $i_p$  para



determinar el poder de cierre de los interruptores automáticos a instalar y también para definir los esfuerzos electrodinámicos que deberá soportar el conjunto de la instalación. Su valor se deduce del valor eficaz de la corriente de cortocircuito simétrica la mediante la relación:

$i_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_a$ , en la que el coeficiente K viene dado por la curva de la figura 4 en función de la razón R/X.

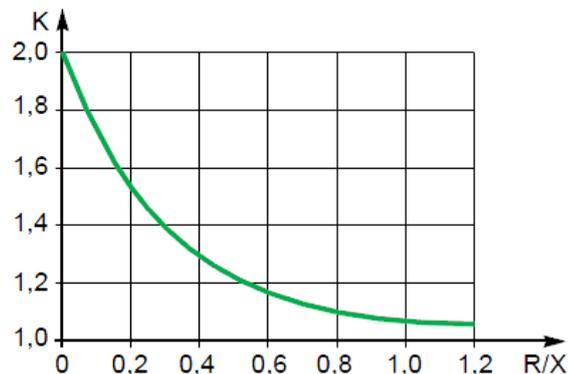


Figura 8

#### 4.2.1.4 Método de impedancia.

El método de las “impedancias”, permite calcular las corrientes de defecto en cualquier punto de una instalación, con una precisión aceptable. Consiste en sumar separadamente las diferentes resistencias y reactancias del bucle del defecto, hasta el punto considerado, calculando también la impedancia correspondiente.

La  $I_{cc}$  se obtiene aplicando la ley de Ohm:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sum(Z)}$$

Para aplicar este método es imprescindible conocer todas las características de los diferentes elementos del bucle de defecto (fuentes y conductores).

Es interesante por la precisión que permite obtener y por su aspecto didáctico puesto que necesita que se tengan en cuenta la casi totalidad de las características del circuito considerado.

#### 4.2.1.5 Hipótesis de partida.

Para estos cálculos de corrientes de cortocircuito se necesitan hipótesis que justifiquen la validez de las expresiones empleadas. Normalmente, estas hipótesis, simplificadoras y



que introducen aproximaciones justificadas, hacen más comprensibles los fenómenos físicos y, por tanto, el cálculo de las corrientes de cortocircuito, manteniendo una precisión aceptable y por exceso.

Las hipótesis empleadas son:

- La red considerada es radial y su tensión nominal está comprendida entre la BT y la AT (sin rebasar los 230 KV, límite impuesto por la norma CEI 909).
- La corriente de cortocircuito, al producirse un cortocircuito trifásico, se supone establecida simultáneamente en las tres fases.
- Durante el cortocircuito, el número de fases afectadas no se modifica: un defecto trifásico sigue siendo trifásico y un defecto fase-tierra sigue siendo fase-tierra.
- Durante todo el tiempo del cortocircuito, tanto las tensiones que han provocado la circulación de corriente como la impedancia de cortocircuito no varían de forma significativa.
- Los reguladores o conmutadores de tomas de los transformadores se suponen situados en posición intermedia (en el caso de un cortocircuito alejado de los alternadores, podemos ignorar las posiciones reales de los conmutadores de tomas de los transformadores).
- No se tienen en cuenta las resistencias de arco.
- Se desprecian todas las capacidades de las líneas.
- Se desprecian las corrientes de carga.
- Se tienen en cuenta todas las impedancias homopolares.

#### 4.2.1.6 Icc según los diferentes tipos de cortocircuitos.

##### **Cortocircuito trifásico.**

Es el defecto que corresponde a la unión de las tres fases. La intensidad de cortocircuito  $I_{cc3}$  es:

$$I_{cc_3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}}$$

Siendo U (tensión compuesta entre fases) la que corresponde a la tensión de vacío del transformador, cuyo valor es superior entre un 3% y 5% a la tensión en bornes de la carga.



Por ejemplo, en las redes a 380V, la tensión compuesta que se considera es  $U = 400V$ , y como tensión simple,  $U/\sqrt{3} = 230V$ .

El cálculo de la intensidad de cortocircuito se reduce entonces al cálculo de la impedancia  $Z_{cc}$ , impedancia equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas) recorridas por  $I_{cc}$  desde el generador hasta el punto de defecto (Figura 9). Es, de hecho, la impedancia “directa” por fase:

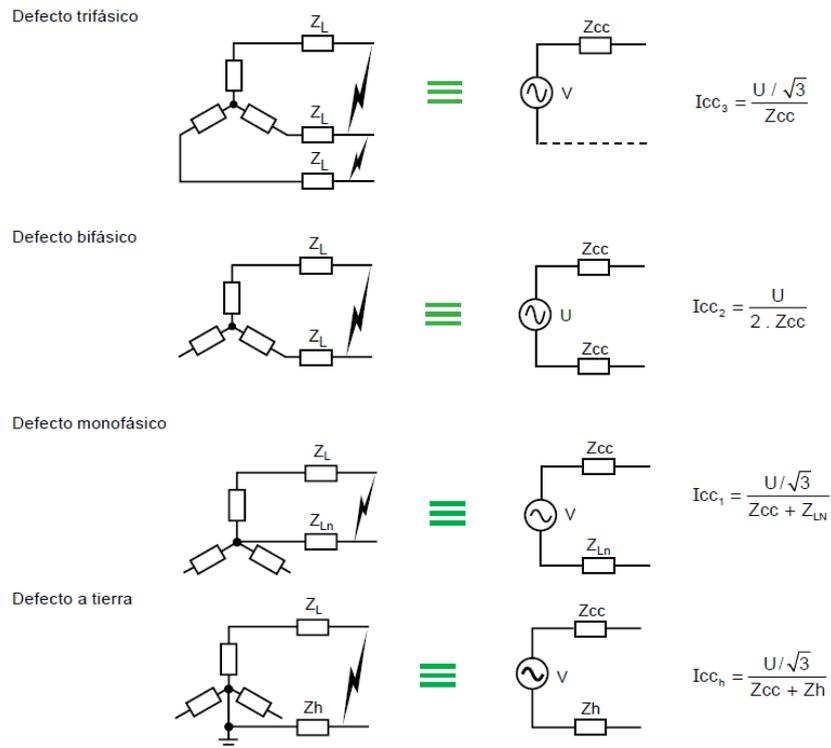


Figura 9

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

Donde:

$\sum R^2 =$  Suma de todas las resistencias en serie

$\sum X^2 =$  Suma de todas las reactancias en serie

Se considera normalmente que el defecto trifásico es el que provoca las corrientes más elevadas. En efecto, la corriente de defecto, en el esquema equivalente a un sistema polifásico, sólo está limitada por la impedancia de una fase bajo la tensión simple de la red.



El cálculo de  $I_{cc3}$  es pues indispensable para elegir los materiales (intensidades y esfuerzos electrodinámicos máximos a soportar).

#### **Cortocircuito bifásico aislado.**

Corresponde a un defecto entre dos fases, alimentado por una tensión compuesta  $U$ .

La intensidad  $I_{cc2}$  que circulará es inferior a la provocada por un defecto trifásico:

$$I_{cc_2} = \frac{U}{2 \cdot Z_{cc}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{cc_3} \approx 0,86 I_{cc_3}$$

#### **Cortocircuito monofásico aislado.**

Corresponde a un defecto entre una fase y el neutro, alimentado por una tensión simple:

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

La intensidad  $I_{cc1}$ , que circulará en este caso será:

$$I_{cc_1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_{cc} + Z_n)}$$

En algunos casos concretos de defecto monofásico, la impedancia homopolar del generador es menor que  $Z_{cc}$  (por ejemplo, en los bornes de un transformador en conexión estrella-zig zag o de un alternador en régimen subtransitorio). En este caso, la intensidad monofásica puede llegar ser mayor que la de un defecto trifásico.

#### **Cortocircuito a tierra.**

Este tipo de defecto provoca la intervención de la impedancia homopolar  $Z_0$ . Salvo en presencia de máquinas rotativas, en las que la impedancia homopolar se encuentra reducida, la intensidad  $I_{cch}$  que circulará es siempre inferior a la del defecto trifásico.

El cálculo de esta intensidad puede ser necesario según el régimen de neutro (esquema de conexión a tierra) para la elección de los niveles de regulación de los dispositivos de protección homopolar (AT) o diferencial (BT).

#### **4.2.1.7 Determinación de las diversas impedancias de cortocircuitos.**

El principio de este método está basado en determinar las corrientes de cortocircuito a partir de la impedancia que representa el "circuito" recorrido por la corriente del defecto. Esta impedancia se calcula una vez se han totalizado separadamente las diferentes resistencias y reactancias del circuito del defecto, incluida la fuente de alimentación, hasta el punto considerado.



### Impedancia de la red.

*Impedancia de la red aguas arriba:*

En la mayor parte de los cálculos no se va más allá del punto de suministro de energía. El conocimiento de la red aguas arriba se limita generalmente a las indicaciones facilitadas por el distribuidor, es decir, únicamente a la potencia de cortocircuito  $S_{cc}$  (en MVA) en el punto de conexión a la red. La impedancia equivalente a la red aguas arriba es:

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

Siendo  $U$  la tensión compuesta de la red, en vacío.

La resistencia y la reactancia del circuito aguas arriba se deducen a partir de  $R_a/Z_a$  en AT, mediante:

$$R_a / Z_a = 0,3 \text{ en } 0,6KV$$

Ahora bien:

$$X_a = \sqrt{(Z_a)^2 - (R_a)^2}$$

Donde:

$$\frac{X_a}{Z_a} = \sqrt{(1)^2 - \left(\frac{R_a}{Z_a}\right)^2}$$

Para 0,6KV, se tiene por tanto que:

$$\frac{X_a}{Z_a} = \sqrt{(1)^2 - (0,3)^2}$$

$$\boxed{X_a = 0,95Z_a}$$

*Impedancia interna del transformador.*

Esta impedancia se calcula a partir de la tensión de cortocircuito  $u_{cc}$  expresada en %:

$$Z_T = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_n}$$

Siendo:

$U$  = tensión compuesta, en vacío, del transformador.

$S_n$  = potencia aparente del transformador.

$U_{ucc}$  = tensión que debemos aplicar al primario del transformador para que el secundario sea recorrido por la intensidad nominal  $I_n$ , estando los bornes del secundario BT en cortocircuito.



En general  $R_T \ll X_T$ , del orden de 0,2  $X_T$  y la impedancia interna de los transformadores puede asimilarse a la reactancia  $X_T$ . Para pequeñas potencias, es necesario el cálculo de  $Z_T$  ya que la relación  $R_T/X_T$  es mayor.

Entonces, esta resistencia se calcula a partir de las pérdidas por efecto Joule (W) en los arrollamientos:

$$W = 3.R_T.I_n^2 \Rightarrow R_T = \frac{W}{3.I_n^2}$$

*Impedancias de los conductores.*

Las resistencias y reactancias de los conductores dispuestos en la instalación se encuentran tabuladas en la información técnica aportada en los catálogos PRYSMIAN.

#### 4.2.1.8 Tabla resumen del cálculo de las diferentes corrientes de cortocircuito.

En el esquema unifilar se encuentran señalizados los diferentes puntos A, B, C, etc. donde se calcularon las corrientes de cortocircuito.

En la siguiente tabla de resumen se presentan las diferentes corrientes de cortocircuito siguiendo una ramificación específica desde el tablero principal hacia los demás tableros que se encuentra aguas abajo.

Ramificación	Punto de defecto	$\Sigma X[\Omega]$	$\Sigma R[\Omega]$	$Z[\Omega]$	$\Sigma R/\Sigma X$	k	I'cc	Icc=k*I'cc
Tablero Principal	A	0,02590	0,00522	0,02642	0,20	1,52	8739,81	13284,51
	B	0,026099	0,005236205	0,02662	0,20	1,52	8675,73	13187,12
Tablero Principal/ T. Seccional A/ Tablero SA-2	C	0,0265678	0,014996205	0,03051	0,56	1,2	7569,84	9083,80
	D	0,0270754	0,040196205	0,04846	1,48	1,05	2382,57	2501,70
Tablero Principal/ T. Seccional B/ Tablero S3	E	0,028121	0,023618205	0,03672	0,84	1,05	6288,63	6603,06
	F	0,029019	0,060578205	0,06717	2,09	1	3438,14	3438,14
	F'	0,029019	0,060578205	0,06717	2,09	1	1719,07	1719,07
Tablero Principal/ T. Seccional C/ Tablero S8B	G	0,030985	0,068916205	0,07556	2,22	1,05	3056,33	3209,14
	H	0,03181	0,082776205	0,08868	2,60	1	2604,26	2604,26
	H'	0,03181	0,082776205	0,08868	2,60	1	1302,13	1302,13
Tablero Principal/ T. Seccional D/ Tablero S9	I	0,03282425	0,206536205	0,20913	6,29	1	1104,30	1104,30
	J	0,0342662	0,344236205	0,34594	10,05	1	667,58	667,58
	J'	0,0342662	0,344236205	0,34594	10,05	1	333,79	333,79
Tablero Principal/ T. Seccional E	K	0,026851	0,021266205	0,03425	0,79	1,05	6742,30	7079,42
	K'	0,026851	0,021266205	0,03425	0,79	1,05	3371,15	3539,71
Tablero Principal/ T. Seccional F	L	0,0308831	0,087886205	0,09315	2,85	1	2479,11	2479,11
	L'	0,0308831	0,087886205	0,09315	2,85	1	1239,55	1239,55



Tablero Principal/ T. Seccional G	M	0,033559	0,199886205	0,20268	5,96	1	1139,41	1139,41
	M'	0,033559	0,199886205	0,20268	5,96	1	569,71	569,71
Tablero Principal/ T. Seccional H	N'	0,03373105	0,452196205	0,45345	13,41	1	220,53	220,53
Tablero Principal/ T. Seccional I	O	0,028829	0,073936205	0,07936	2,56	1	2910,11	2910,11
	O'	0,028829	0,073936205	0,07936	2,56	1	1455,05	1455,05
Tablero Principal/ T. Seccional J	P	0,0305275	0,415886205	0,41701	13,62	1	553,81	553,81
	P'	0,0305275	0,415886205	0,41701	13,62	1	276,90	276,90

Los puntos señalizados con un tilde (') significa que en ese lugar se considero un cortocircuito monofásico, en todo lo demás puntos se consideraron defectos trifásicos. Esta tabla resumen es la que se tiene en cuenta para la selección de la capacidad de ruptura de los diferentes interruptores termomagnéticos y protecciones diferenciales.

#### 4.2.2 Interruptores termomagnéticos.

En todas las instalaciones, deben ser provistos dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores de un circuito antes que ella pueda provocar un daño por calentamiento a la aislación, a las conexiones, a los terminales o al ambiente que rodea a los conductores.

Las características de funcionamiento u operación de un dispositivo de protección de un cable o de un conductor contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes<sup>25</sup>:

1.  $I_p \leq I_n \leq I_c$
2.  $I_f \leq 1,45 I_c$

Donde:

- $I_p$ = Corriente de proyecto.
- $I_c$ = Intensidad de corriente admisible en régimen permanente por los conductores a proteger.
- $I_n$ = Corriente nominal del dispositivo de protección.
- $I_f$ = Intensidad de corriente que asegura el efectivo funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo convencional en las condiciones definidas (60min para  $I_n \leq 63A$  y 120min para  $I_n \geq 63A$ ); la intensidad de corriente  $I_f$  que asegura el

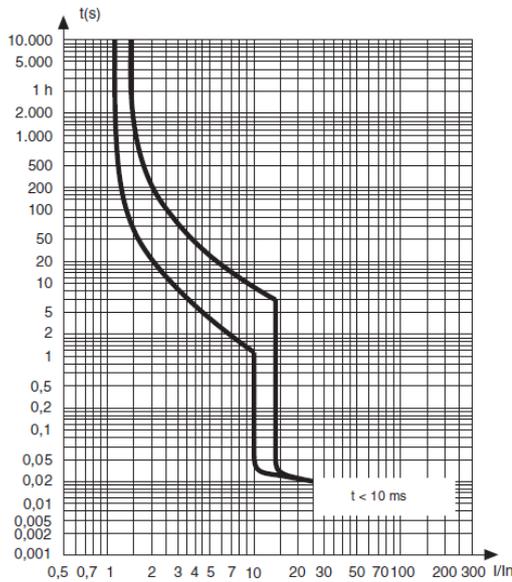
<sup>25</sup> Según AEA Parte 7, Sección 771.



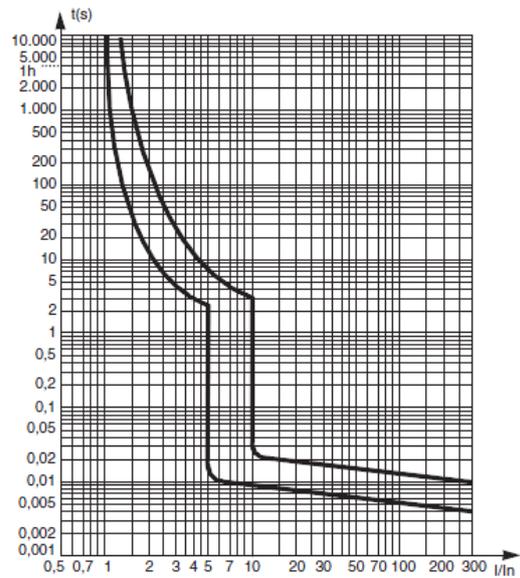
funcionamiento del dispositivo de protección está definida en la norma del producto o puede ser definida del fabricante.

Curvas de disparo de los interruptores C60N, H (curvas C y D):

**C60N, H curva D**

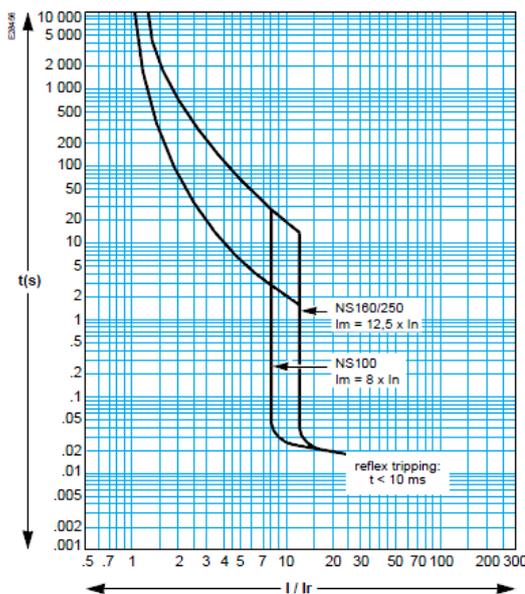


**C60N, H curva C**

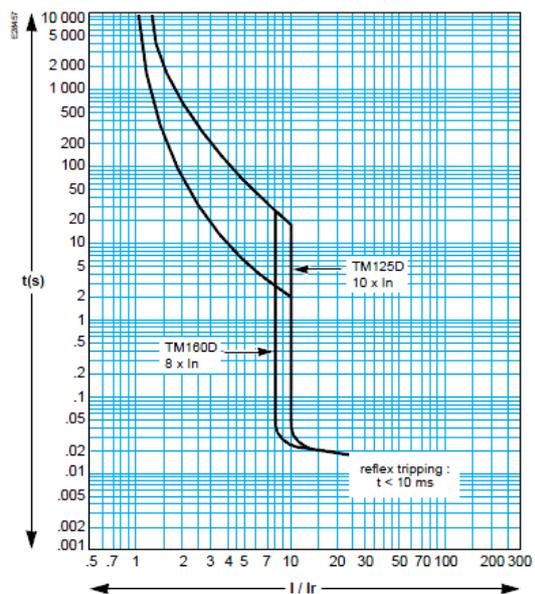


Curvas de disparo de Compact NS (curvas D):

**TM80D / TM100D**



**TM125D / TM160D**





En la siguiente tabla se presenta la verificación del primer criterio:

TABLEROS DE POTENCIA							
TABLEROS	SECTORES	CORRIENTE DE CARGA AFECTADA [A]	INTENSIDAD NOMINAL DE LA PROTECCIÓN [A]	INTENSIDAD NOMINAL DEL CONDUCTOR [A]	CORRIENTE DE CARGA AFECTADA [A]	INTENSIDAD NOMINAL DE LA PROTECCIÓN [A]	CORRIENTE DE CARGA AFECTADA [A]
TABLERO A	SECTOR 1	--	--	--	62,00	63	68
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 2	75,36	100	91	110,04	125	144
	SECTOR 3	45,84	50	49			
	SECTOR 4	36,00	40	38			
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	5,00	10	29	91,41	100	116
	SECTOR 6A	11,07	25	38			
	SECTOR 6B	33,76	40	49			
	SECTOR 7A	32,64	40	49			
	SECTOR 7B	13,44	16	38			
	SECTOR 7C	16,36	16	38			
	SECTOR 8A	35,60	40	49			
SECTOR 8B	58,40	63	91				
TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 9	12,80	16	29	38,92	63	68
	SECTOR 10	37,80	40	49			
	SECTOR 11	5,00	10	29			

TABLEROS	FASE	CORRIENTE DE CARGA AFECTADA [A]	INTENSIDAD NOMINAL DE LA PROTECCIÓN [A]	INTENSIDAD NOMINAL DEL CONDUCTOR [A]	CORRIENTE DE CARGA AFECTADA [A]	INTENSIDAD NOMINAL DE LA PROTECCIÓN [A]	CORRIENTE DE CARGA AFECTADA [A]
TABLERO SECCIONAL E	R	15,3	16	30	45,9	50	52
	S	15,3	16	30			
	T	15,3	16	30			
TABLERO SECCIONAL F	R	10,71	16	22	32,13	40	70
	S	10,71	16	22			
	T	10,71	16	22			
TABLERO SECCIONAL G	R	6,12	10	22	18,36	20	52
	S	6,12	10	22			
	T	6,12	10	22			
TABLERO SECCIONAL H	R	--	--	--	6,12	10	30
TABLERO SECCIONAL I	R	17	20	22	37,1	40	52
	S	10,2	16	22			
	T	9,9	10	22			
TABLERO SECCIONAL J	S	4,59	6	22	7,65	10	22
	T	3,06	4	22			

Como podemos observar en todos los casos se cumple la primera condición citada.



A continuación se verifica el segundo criterio.

TABLEROS ILUMINACIÓN					
TABLEROS	SECTORES	1,45xI <sub>c</sub> [A]	I <sub>f</sub> [A]	1,45xI <sub>c</sub> [A]	I <sub>f</sub> [A]
TABLERO A	SECTOR 1	--	--	98,6	80
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 2	131,9	120	208	160
	SECTOR 3	71,05	60		
	SECTOR 4	55,1	50		
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	42,05	15	168,2	150
	SECTOR 6A	55,1	50		
	SECTOR 6B	71,05	60		
	SECTOR 7A	71,05	60		
	SECTOR 7B	55,1	50		
	SECTOR 7C	55,1	50		
	SECTOR 8A	71,05	60		
SECTOR 8B	131,0	120			
TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 9	42,05	15	98,6	80
	SECTOR 10	71,05	60		
	SECTOR 11	42,05	15		

TABLEROS ILUMINACIÓN					
TABLEROS	FASE	1,45xI <sub>c</sub> [A]	I <sub>f</sub> [A]	1,45xI <sub>c</sub> [A]	I <sub>f</sub> [A]
TABLERO SECCIONAL E	R	43,5	20	75,4	60
	S	43,5	20		
	T	43,5	20		
TABLERO SECCIONAL F	R	31,9	20	101,5	50
	S	31,9	20		
	T	31,9	20		
TABLERO SECCIONAL G	R	31,9	15	75,4	25
	S	31,9	15		
	T	31,9	15		
TABLERO SECCIONAL H	R	--		43,5	15
TABLERO SECCIONAL I	R	31,9	25	75,4	50
	S	31,9	20		
	T	31,9	15		
TABLERO SECCIONAL J	S	31,9	7,5	31,9	15
	T	31,9	5,0		

Como se puede observar todos los valores verifican el segundo criterio.

La selección de los aparatos de protección se realiza mediante la corriente nominal, que se ubica entre la corriente proyectada y la máxima que soportan los conductores a proteger.



Los resultados obtenidos de la selección se vuelcan en la siguiente tabla.

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS										
NOMBRE	TABLEROS		ID	MARCA	CÓDIGO PROD.	MODELO	CORRIENTE DE CHOQUE	RELÉ	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
	REFERENCIA									
PRINCIPAL	PROTECCIÓN TP	Qtp	SCHNEIDER	32700	NS 400	N - 45KA	STR53 UE	4 X 400A	1,00	
	PROTECCIÓN TA	Qa	SCHNEIDER	25019	C60	N - 10KA	C	4 X 63A	1,00	
	PROTECCIÓN TB	Qb	SCHNEIDER	30641	NS 160	N - 36KA	TM-D	4 X 125A	1,00	
	PROTECCIÓN TC	Qc	SCHNEIDER	29630	NS 100	N - 25KA	TM-D	4 X 100A	1,00	
	PROTECCIÓN TD	Qd	SCHNEIDER	25019	C60	N - 10KA	C	4 X 63A	1,00	
	PROTECCIÓN TE	Qe	SCHNEIDER	24368	C60	H - 15KA	C	4 X 50A	1,00	
	PROTECCIÓN TF	Qf	SCHNEIDER	24367	C60	H - 15KA	C	4 X 40A	1,00	
	PROTECCIÓN TG	Qg	SCHNEIDER	25014	C60	H - 15KA	C	4 X 20A	1,00	
	PROTECCIÓN TH	Qh	SCHNEIDER	24362	C60	N - 10KA	C	4 X 10A	1,00	
	PROTECCIÓN TI	Qi	SCHNEIDER	25017	C60	H - 15KA	C	4 X 40A	1,00	
PROTECCIÓN TJ	Qj	SCHNEIDER	25012	C60	H - 15KA	C	4 X 10A	1,00		
SECCIONAL A	PROTECCIÓN TUE	Qa1	SCHNEIDER	24337	C60	N - 10KA	C	2 X 16A	1,00	
	PROTECCIÓN TSA-1	Qa2	SCHNEIDER	24338	C60	N - 10KA	C	2 X 20A	1,00	
	TUG - PLANTA BAJA	Qa3	SCHNEIDER	24340	C60	N - 10KA	C	2 X 32A	1,00	
	IUG - PLANTA BAJA	Qa4	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00	
	PROTECCIÓN TSA-2	Qa5	SCHNEIDER	24342	C60	N - 10KA	C	2 X 50A	1,00	
SA-1	TUG - SECTOR 8	Qa2.1	SCHNEIDER	24338	C60	N - 10KA	C	2 X 20A	1,00	
	IUG - SECTOR 8	Qa2.2	SCHNEIDER	24335	C60	N - 10KA	C	2 X 6A	1,00	
SA-2	TUG - SECTOR 9 (PA)	Qa5.1	SCHNEIDER	24340	C60	N - 10KA	C	2 X 32A	1,00	
	IUG - SECTOR 9 (PA)	Qa5.2	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00	
SECCIONAL B	PROTECCIÓN TS2	Qb1	SCHNEIDER	29641	NS100	N - 25KA	TM-D	4 X 80A	1,00	
	PROTECCIÓN TS3	Qb2	SCHNEIDER	24369	C60	N - 10KA	C	4 X 63A	1,00	
	PROTECCIÓN TS4	Qb3	SCHNEIDER	24367	C60	N - 10KA	C	4 X 40A	1,00	
TS2	PROTECCIÓN	Qb2.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00	
TS3	PROTECCIÓN	Qb3.1	SCHNEIDER	24339	C60	N - 10KA	C	2 X 25A	1,00	
TS4	PROTECCIÓN	Qb4.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00	
SECCIONAL C	PROTECCIÓN TS5	Qc5	SCHNEIDER	24362	C60	N - 10KA	C	4 X 10A	1,00	
	PROTECCIÓN TS6A	Qc6a	SCHNEIDER	24365	C60	N - 10KA	D	4 X 40A	1,00	
	PROTECCIÓN TS6B	Qc6b	SCHNEIDER	24367	C60	N - 10KA	C	4 X 40A	1,00	
	PROTECCIÓN TS7A	Qc7a	SCHNEIDER	24367	C60	N - 10KA	D	4 X 40A	1,00	
	PROTECCIÓN TS7B	Qc7b	SCHNEIDER	24363	C60	N - 10KA	C	4 X 16A	1,00	
	PROTECCIÓN TS7C	Qc7c	SCHNEIDER	24363	C60	N - 10KA	C	4 X 16A	1,00	
	PROTECCIÓN TS8A	Qc8a	SCHNEIDER	24367	C60	N - 10KA	C	4 X 40A	1,00	



	PROTECCIÓN TS8B	Qc8b	SCHNEIDER	24369	C60	N - 10KA	C	4 X 63A	1,00
TS5	PROTECCIÓN	Qc5.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00
TS6A	PROTECCIÓN	Qc6.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00
TS6B	GUARDAMOTOR	Qc6.1	SCHNEIDER		GV2	150KA	P20	3 X 18A	1,00
	GUARDAMOTOR	Qc6.2	SCHNEIDER		GV2	150KA	P14	3 X 10A	1,00
TS7A	GUARDAMOTOR	Qc7a.1	SCHNEIDER		GV2	150KA	P14	3 X 10A	1,00
	GUARDAMOTOR	Qc7a.2	SCHNEIDER		GV2	150KA	P22	3 X 25A	1,00
	GUARDAMOTOR	Qc7a.3	SCHNEIDER		GV2	150KA	P08	3 x 4A	1,00
TS7B	PROTECCIÓN	Qc7B.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00
TS7C	PROTECCIÓN	Qc7B.1	SCHNEIDER	24350	C60	N - 10KA	C	3 X 16A	1,00
	PROTECCIÓN	Qc7B.2	SCHNEIDER	24337	C60	N - 10KA	C	2 X 16A	1,00
TS8A	PROTECCIÓN	Qc8A.1	SCHNEIDER	24343	C60	N - 10KA	C	2 X 63A	1,00
TS8B	PROTECCIÓN	Qc8B.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 X 10A	1,00
SECCIONAL D	PROTECCIÓN TS9	Qd9	SCHNEIDER	24363	C60	N - 10KA	C	4 x 16A	1,00
	PROTECCIÓN TS10	Qd10	SCHNEIDER	24367	C60	N - 10KA	C	4 x 40A	1,00
	PROTECCIÓN TS11	Qd11	SCHNEIDER	24362	C60	N - 10KA	C	4 X 10A	1,00
TS9	PROTECCIÓN	Qd9.1	SCHNEIDER	24349	C60	N - 10KA	C	3 x 10A	1,00
	PROTECCIÓN	Qd9.2	SCHNEIDER	24335	C60	N - 10KA	C	2 x 6A	1,00
TS10	PROTECCIÓN	Qd10.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 x 10A	1,00
TS11	PROTECCIÓN	Qd11.1	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 x 10A	1,00
SECCIONAL E	PROTECCIONES	Qe1, Qe2, Qe3	SCHNEIDER	24337	C60	N - 10KA	C	2 x 16A	3,00
SECCIONAL F	PROTECCIONES	Qf1, Qf2, Qf3	SCHNEIDER	24337	C60	N - 10KA	C	2 x 16A	3,00
SECCIONAL G	PROTECCIONES	Qg1, Qg2, Qg3	SCHNEIDER	24336	C60	N - 10KA	C	2 x 10A	3,00
SECCIONAL I	PROTECCIONES	Qi1, Qi2, Qi3	SCHNEIDER	24338	C60	N - 10KA	C	2 x 20A	3,00
SECCIONAL J	PROTECCIONES	Qj1	SCHNEIDER	24335	C60	N - 10KA	C	2 x 6A	1,00
	PROTECCIONES	Qj2	SCHNEIDER	24334	C60	N - 10KA	C	2 x 4A	1,00

En el anexo E-C008 podemos observar las características de cada modelo seleccionado.



### 4.2.3 Protección de línea frente a corrientes de cortocircuito máximas.

Todas corrientes causadas por cortocircuito que ocurre en cualquier punto de cortocircuito deben ser interrumpidas en un tiempo que no exceda de aquel que lleva el conductor a su temperatura límite admisible. Para esto se deberá cumplir la siguiente condición, utilizando limitadores de corriente de cortocircuito<sup>26</sup>.

$$k^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

Siendo:

$I^2 \cdot t$  = máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección.

S = sección nominal de los conductores, en mm<sup>2</sup>.

K = 115; para conductores de cobre aislados en PVC de secciones menores o iguales a 300mm<sup>2</sup>.

K = 143; para conductores de cobre aislados en XLPE.

A continuación se presentan las graficas de  $I^2 \cdot t$  en función de las máximas corrientes de cortocircuitos.

---

<sup>26</sup> Según AEA Parte 7, Sección 771.



**C60N, H, L curva C 240/415 V**

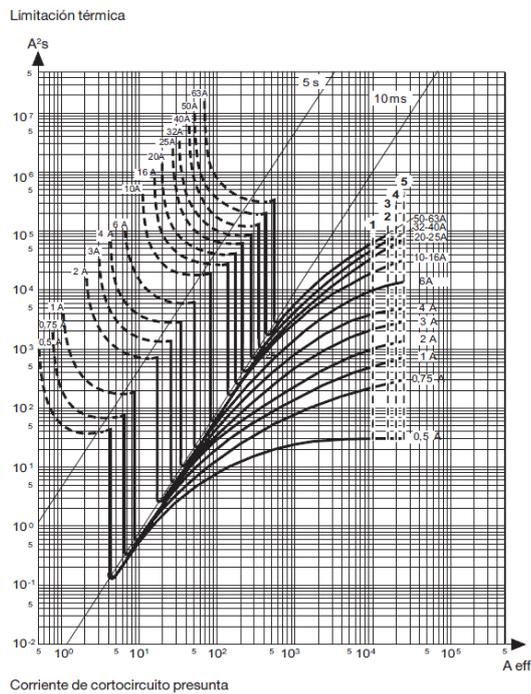
Ue:

240 V con 1P

415 V con 2, 3, 4P.

Tipo de dispositivo según su comportamiento:

- 1: C60N
- 2: C60H
- 3: C60L (50-63 A)
- 4: C60L (32-40 A)
- 5: C60L (0,5-25 A)





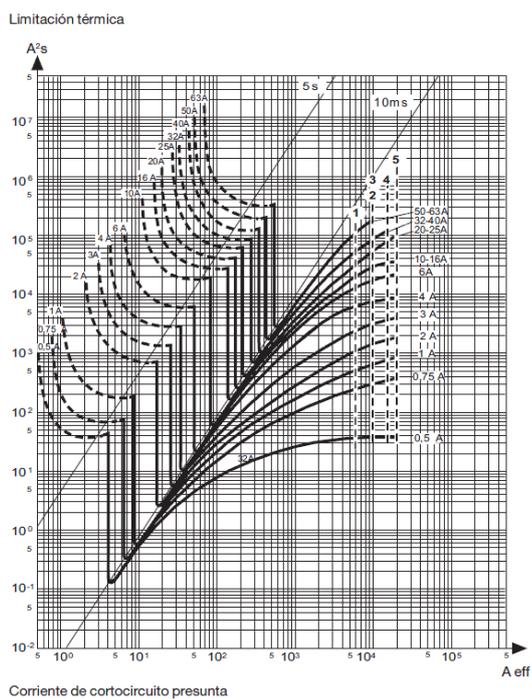
**C60N, H, L curva C 440 V**

Ue:

440 V con 2, 3, 4P.

Tipo de dispositivo según su comportamiento:

- 1: C60N
- 2: C60H
- 3: C60L (50-63 A)
- 4: C60L (32-40 A)
- 5: C60L (0,5-25 A)





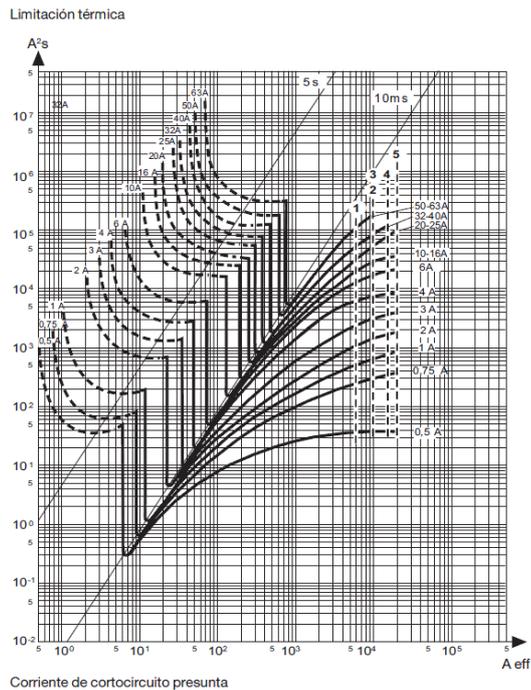
**C60N, H, L curvas D/K 440 V**

Ue:

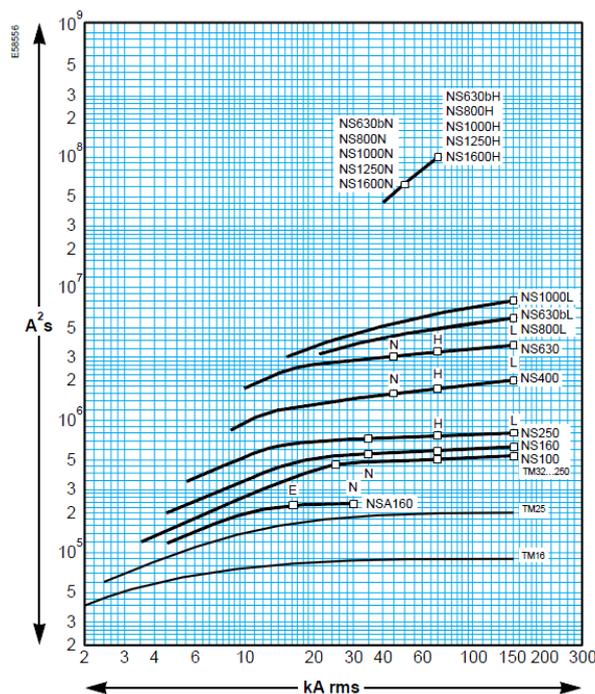
440 V con 2, 3, 4P.

Tipo de dispositivo según su comportamiento:

- 1: C60N
- 2: C60H
- 3: C60L (50-63 A)
- 4: C60L (32-40 A)
- 5: C60L (0,5-25 A)



**Voltage 380/415 V AC**





En la siguiente tabla se presenta la verificación de las secciones de los conductores.

INTERRUPTOR	MODELO	CALIBRACIÓN [A]	CURVAS	S [mm <sup>2</sup> ]	K	K <sup>2</sup> .S <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> .t [A <sup>2</sup> .s]	S <sub>min</sub> [mm <sup>2</sup> ]
Qtp	NS400N	400,00	D	150,00	143,00	460102500,00	1200000,00	7,66
Qa	C60H	63,00	C	10,00	143,00	2044900,00	180000,00	2,97
Qb	NS160N	125,00	D	35,00	143,00	25050025,00	450000,00	4,69
Qc	NS100N	100,00	D	25,00	143,00	12780625,00	350000,00	4,14
Qd	C60H	63,00	C	10,00	143,00	2044900,00	180000,00	2,97
Qe	C60H	50,00	C	10,00	115,00	1322500,00	180000,00	3,69
Qf	C60H	40,00	C	16,00	115,00	3385600,00	100000,00	2,75
Qg	C60H	20,00	C	10,00	115,00	1322500,00	70000,00	2,30
Qh	C60H	10,00	C	4,00	115,00	211600,00	25000,00	1,37
Qi	C60H	40,00	C	10,00	115,00	1322500,00	100000,00	2,75
Qj	C60H	10,00	C	2,50	115,00	82656,25	30000,00	1,51
Qa2	C60N	25,00	C	4,00	143,00	327184,00	70000,00	1,85
Qb1	NS100N	80,00	D	16,00	143,00	5234944,00	180000,00	2,97
Qb2	C60N	50,00	C	6,00	143,00	736164,00	100000,00	2,21
Qb3	C60N	40,00	C	4,00	143,00	327184,00	50000,00	1,56
Qc5	C60N	10,00	C	2,50	143,00	127806,25	10000,00	0,70
Qc6A	C60N	25,00	C	6,00	143,00	736164,00	15000,00	0,86
Qc6B	C60N	40,00	D	4,00	143,00	327184,00	25000,00	1,11
Qc7A	C60N	40,00	D	6,00	143,00	736164,00	25000,00	1,11
Qc7B	C60N	16,00	C	4,00	143,00	327184,00	10000,00	0,70
Qc7C	C60N	16,00	C	4,00	143,00	327184,00	10000,00	0,70
Qc8A	C60N	40,00	C	6,00	143,00	736164,00	25000,00	1,11
Qc8B	C60N	63,00	C	16,00	143,00	5234944,00	45000,00	1,48
Qd9	C60N	16,00	C	2,50	143,00	127806,25	3000,00	0,38
Qd10	C60N	40,00	C	6,00	143,00	736164,00	5000,00	0,49
Qd11	C60N	10,00	C	2,50	143,00	127806,25	3000,00	0,38
Qe1	C60N	16,00	C	4,00	115,00	211600,00	15000,00	1,06
Qe2	C60N	16,00	C	4,00	115,00	211600,00	15000,00	1,06
Qe3	C60N	16,00	C	4,00	115,00	211600,00	15000,00	1,06
Qf1	C60N	16,00	C	2,50	115,00	82656,25	8000,00	0,78
Qf2	C60N	16,00	C	2,50	115,00	82656,25	8000,00	0,78
Qf3	C60N	16,00	C	2,50	115,00	82656,25	8000,00	0,78
Qg1	C60N	10,00	C	2,50	115,00	82656,25	2500,00	0,43
Qg2	C60N	10,00	C	2,50	115,00	82656,25	2500,00	0,43
Qg3	C60N	10,00	C	2,50	115,00	82656,25	2500,00	0,43
Qi1	C60N	20,00	C	2,50	115,00	82656,25	13000,00	0,99
Qi2	C60N	16,00	C	2,50	115,00	82656,25	9000,00	0,82
Qi3	C60N	10,00	C	2,50	115,00	82656,25	9000,00	0,82
Qj1	C60N	6,00	C	2,50	115,00	82656,25	700,00	0,23
Qj2	C60N	4,00	C	2,50	115,00	82656,25	400,00	0,17



Como se puede observar en la tabla anterior todas las secciones de los conductores verifican correctamente a la máxima energía específica que el interruptor deja pasar aguas abajo.

#### 4.2.4 Verificación de la longitud máxima.

La intensidad de cortocircuito mínima (cortocircuito monofásico al final de la línea) debe ser mayor a la intensidad de regulación del disparo electromagnético de los interruptores automáticos, es decir:

$$I_{cc\text{mín.}} \geq I_{m2}$$

Donde:

- $I_{cc\text{mín.}}$  = corriente de cortocircuito mínima.
- $I_{m2}$  = Mínimo valor de cortocircuito, que hace intervenir certeramente la bobina del interruptor para el disparo electromagnético.

En la siguiente tabla se realiza la verificación de estos valores.

INTERRUPTOR	MODELO	CALIBRACIÓN [A]	CURVAS	$I_{cc\text{mín.}}$ [A]	$I_{m2}$ [A]
Qtp	NS400N	400,00	D	7504	900
Qa	C60H	63,00	C	5405	630
Qb	NS160N	125,00	D	3626	2000
Qc	NS100N	100,00	D	1350	800
Qd	C60H	63,00	C	570	630
Qe	C60H	50,00	C	4668	500
Qf	C60H	40,00	C	1271	400
Qg	C60H	20,00	C	556	200
Qh	C60H	10,00	C	207	100
Qi	C60H	40,00	C	1493	400
Qj	C60H	10,00	C	279	100
Qa2	C60N	25,00	C	524	250
Qb1	NS100N	80,00	D	2281	640
Qb2	C60N	50,00	C	1800	500
Qb3	C60N	40,00	C	747	400
Qc5	C60N	10,00	C	277	100
Qc6A	C60N	25,00	C	643	250
Qc6B	C60N	40,00	D	509	400
Qc7A	C60N	40,00	D	891	400
Qc7B	C60N	16,00	C	760	160
Qc7C	C60N	16,00	C	447	160



Qc8A	C60N	40,00	C	527	400
Qc8B	C60N	63,00	C	1692	630
Qd9	C60N	16,00	C	349	160
Qd10	C60N	40,00	C	416	400
Qd11	C60N	10,00	C	151	100
Qe1	C60N	16,00	C	1037	160
Qe2	C60N	16,00	C	728	160
Qe3	C60N	16,00	C	478	160
Qf1	C60N	16,00	C	657	160
Qf2	C60N	16,00	C	427	160
Qf3	C60N	16,00	C	386	160
Qg1	C60N	10,00	C	414	100
Qg2	C60N	10,00	C	313	100
Qg3	C60N	10,00	C	251	100
Qi1	C60N	20,00	C	1095	200
Qi2	C60N	16,00	C	928	160
Qi3	C60N	10,00	C	780	100
Qj1	C60N	6,00	C	250	60
Qj2	C60N	4,00	C	255	40

Como se puede observar en la tabla anterior la longitud de conductor protegida por el interruptor automático “Qd” es demasiado para la sección que esta posee. Por lo que se debe aumentar su sección y verificar nuevamente el criterio, como resultado de esto disminuye la impedancia del conductor y aumenta la corriente de cortocircuito mínima.

A continuación se extrae el fragmento de tabla corregido:

INTERRUPTOR	MODELO	CALIBRACIÓN [A]	CURVAS	$I_{cc\min.}$ [A]	$I_{m2}$ [A]
Qd	C60H	63,00	C	890	630

De un conductor de  $10\text{mm}^2$  se paso a uno de  $16\text{mm}^2$ .

Ahora podemos decir que todas las longitudes de conductores protegidos por interruptores automáticos verifican el criterio de corriente de cortocircuito mínima.



#### 4.2.5 Selectividad.

La selectividad de las protecciones es un parte esencial que debe tenerse en cuenta desde la concepción de una instalación de baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía.

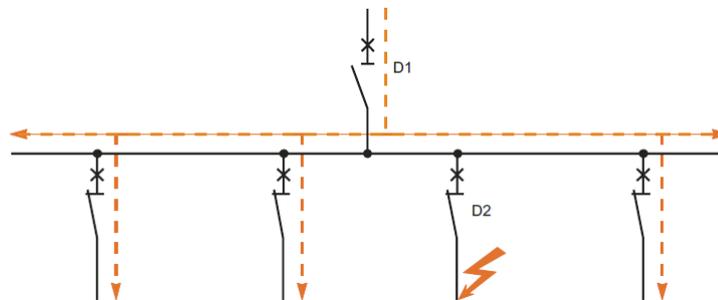
La selectividad es importante en todas las instalaciones que alimentan procesos industriales de fabricación.

Una instalación no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad como cortes de producción no programados, parada de elementos de seguridad (bombas de lubricación, extractores de humo, etc.), ruptura de fabricación, entre otros.

La selectividad es la coordinación de los dispositivos de corte automático para que un defecto, ocurrido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el interruptor automático colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo por él.

- **Selectividad total.**

Para todos los valores de defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la distribución es totalmente selectiva si D2 se abre y D1 permanece cerrado.



- **Selectividad parcial.**

La selectividad es parcial si la condición anterior no se cumple hasta la máxima corriente de cortocircuito, sino solamente hasta un valor inferior. Este valor se conoce como límite de sensibilidad.

- **Sin selectividad.**

En caso de defecto el interruptor automático D1 puede abrirse.



#### 4.2.5.1 Tipos de selectividad.

- **Selectividad amperométrica (protección contra sobrecargas).**

La protección es selectiva si el radio entre los umbrales de regulación es superior a 1,6. Esto se puede observar en el **punto 1** de la figura 10.

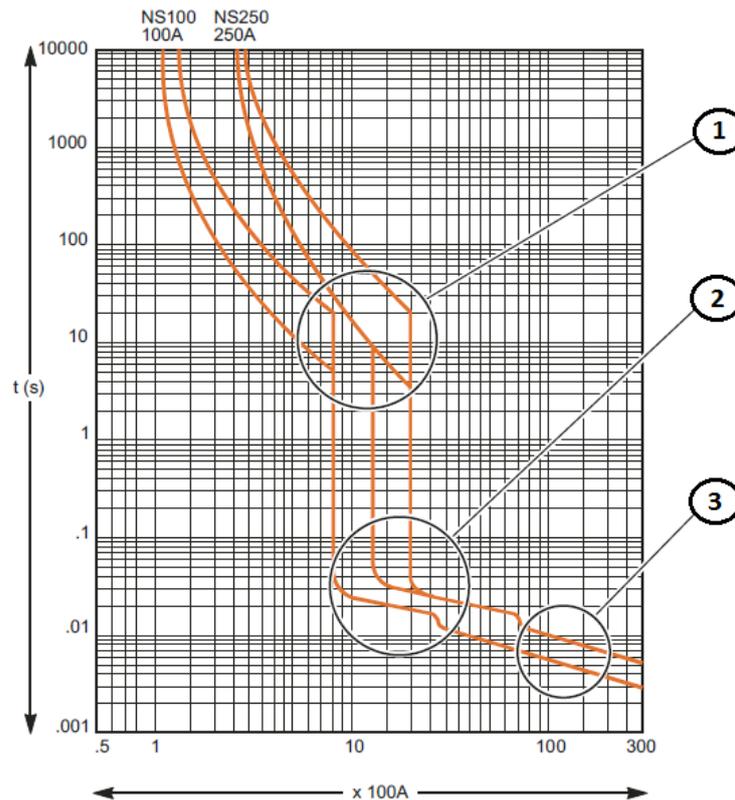


Figura 10

- **Selectividad cronométrica (protección contra los cortocircuitos).**

El disparo del aparato de aguas arriba está ligeramente temporizado; el del aparato de aguas abajo es más rápido.

La protección es selectiva si el radio entre los umbrales de protección contra los cortocircuitos es superior o igual a 1,5 (ver **punto 2** de la figura 10).

- **Selectividad energética (protección contra los cortocircuitos elevados).**

Este principio combina el poder de limitación excepcional de los Compact NS y el accionamiento reflejo, sensible a la energía disipada por el cortocircuito en el aparato. Cuando un cortocircuito es muy elevado, si es visto por dos aparatos, el aparato de aguas abajo lo limita muy fuertemente. La energía disipada en el



aparato de aguas arriba es insuficiente para provocar su disparo: hay selectividad cualquiera que sea el valor del cortocircuito.

La protección es selectiva si el radio entre los calibres de los interruptores automáticos es superior a 2 (**punto 3**).

También existe la **selectividad lógica**, donde hay una transferencia de información entre los relé de los interruptores automáticos de los diferentes niveles.

**4.2.5.2 Utilización de las tablas de selectividad (anexo E-T004).**

- **Entre dos interruptores automáticos de distribución.**

Las tablas de selectividad indican, para cada asociación de dos interruptores automáticos, si la selectividad es total (zona de color o símbolo T sobre fondo de color).

Cuando la selectividad es parcial, la tabla indica el valor máximo de corriente de defecto para la cual la selectividad está asegurada. Para las corrientes de defecto superiores a este valor, los dos aparatos disparan simultáneamente.

- **Entre un interruptor automático y un conjunto de protecciones y mando de motor.**

Cuando la selectividad es parcial, la tabla indica el valor máximo de corriente de defecto para la cual la selectividad está asegurada. Para las corrientes de defecto superiores a este valor, los dos aparatos disparan simultáneamente.

En la siguiente tabla se realiza el estudio de selectividad para los diferentes tableros.

TABLEROS DE POTENCIA													
TABLEROS	SECTORES	TABLERO SECTORIAL (TS)		TABLERO PRINCIPAL ( TP)		CLASE DE SELECTIVIDAD TS/TP (ANEXO E-T004)	INTERRUPTOR GENERAL (IG)		CLASE DE SELECTIVIDAD TP/IG (ANEXO E-T004)				
		I <sub>N</sub> [A]	TIPO DE PROTECCIÓN	I <sub>N</sub> [A]	TIPO DE PROTECCIÓN		I <sub>N</sub> [A]	TIPO DE PROTECCIÓN					
TABLERO A	SECTOR 1 (TSA1)	25	C60N (CURVA C)	63	C60H (CURVA C)	SELECTIVIDAD TOTAL	400	NS400N (CLASE STR)	SELECTIVIDAD TOTAL				
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 2	80	NS100N (CLASE TM-D)	125	NS160N (CLASE TM-D)	SELECTIVIDAD PARCIAL (2KA*)			400	NS400N (CLASE STR)	SELECTIVIDAD TOTAL		
	SECTOR 3	50	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL							
	SECTOR 4	40	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL							
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	10	C60N (CURVA C)	100	NS100N (CLASE TM-D)	SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)					400	NS400N (CLASE STR)	SELECTIVIDAD TOTAL
	SECTOR 6A	25	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)							
	SECTOR 6B	40	C60N (CURVA D)			SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)							



	SECTOR 7A	40	C60N (CURVA D)			SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)		
	SECTOR 7B	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)		
	SECTOR 7C	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)		
	SECTOR 8A	40	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)		
	SECTOR 8B	63	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD PARCIAL (0,8KA)		
	SECTOR 9	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL		
TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 10	40	C60N (CURVA C)	63	C60H (CURVA C)	SIN SELECTIVIDAD		SELECTIVIDAD TOTAL
	SECTOR 11	10	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL		

\*Máxima corriente de defecto para obtener selectividad.

TABLEROS ILUMINACIÓN															
TABLEROS	FASE	TABLEROS SECCIONAL (TS)		TABLERO PRINCIPAL (TP)		CLASE DE SELECTIVIDAD TS/TP (ANEXO E-T004)	INTERRUPTOR GENERAL (IG)		CLASE DE SELECTIVIDAD TP/IG (ANEXO E-T004)						
		I <sub>n</sub> [A]	TIPO DE PROTECCIÓN	I <sub>n</sub> [A]	TIPO DE PROTECCIÓN		I <sub>n</sub> [A]	TIPO DE PROTECCIÓN							
TABLERO SECCIONAL E	R	16	C60N (CURVA C)	50	C60N (CURVA C)	SELECTIVIDAD TOTAL	400	NS400N (CLASE STR)	SELECTIVIDAD TOTAL						
	S	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
	T	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
TABLERO SECCIONAL F	R	16	C60N (CURVA C)	40	C60N (CURVA C)	SELECTIVIDAD TOTAL			400	NS400N (CLASE STR)	SELECTIVIDAD TOTAL				
	S	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
	T	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
TABLERO SECCIONAL G	R	10	C60N (CURVA C)	20	C60H (CURVA C)	SELECTIVIDAD TOTAL					400	NS400N (CLASE STR)	SELECTIVIDAD TOTAL		
	S	10	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
	T	10	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
TABLERO SECCIONAL H	R	--	--	10	C60N (CURVA C)	--							400	NS400N (CLASE STR)	SELECTIVIDAD TOTAL
TABLERO SECCIONAL I	R	20	C60N (CURVA C)	40	C60H (CURVA C)	SELECTIVIDAD TOTAL	400	NS400N (CLASE STR)							SELECTIVIDAD TOTAL
	S	16	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
	T	10	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									
TABLERO SECCIONAL J	S	6	C60N (CURVA C)	10	C60H (CURVA C)	SELECTIVIDAD TOTAL			400	NS400N (CLASE STR)					SELECTIVIDAD TOTAL
	T	4	C60N (CURVA C)			SELECTIVIDAD TOTAL									

Como se observa en la tabla de tableros de potencia existe, para algunos tableros, selectividad parcial. En la celda se encuentra el valor máximo de corriente de cortocircuito para el cual la instalación es selectiva.

Por otro lado, en los tableros de iluminación se logró selectividad total.

En los anexos E-V012 hasta E-V021, nos encontramos con las curvas de disparo de los diferentes tableros arrojadas por el software Ecodial.



#### 4.2.6 Seccionadores.

Son instalados para realizar la apertura y cierre de circuitos bajo carga, sin protección contra sobrecargas y corto-circuitos.

Son ubicados en la entrada de aquellos tableros que poseen tomacorrientes para la alimentación de diferentes equipos.<sup>27</sup>

Los seccionadores son tetrapolares, y se adoptaron mediante la corriente nominal de entrada al tablero, verificando que admitan la corriente de choque.

En la siguiente tabla se puede apreciar los modelos seleccionados para cada tablero.

INTERRUPTOR EN CARGA							
TABLEROS		ID	MARCA	CÓDIGO PROD.	MODELO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
NOMBRE	REFERENCIA						
TS2	INTERRUPTOR	lb2	SCHNEIDER	15093	I	4 X 100A	1,00
TS3	INTERRUPTOR	lb3	SCHNEIDER	15016	I	4 X 63A	1,00
TS4	INTERRUPTOR	lb4	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	1,00
TS5	INTERRUPTOR	lc5	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	1,00
TS6A	INTERRUPTOR	lc6a	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	1,00
TS7B	INTERRUPTOR	lc7b	SCHNEIDER	15008	I	4 X 20A	1,00
TS8A	INTERRUPTOR	lc8a	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	1,00
TS8B	INTERRUPTOR	lc8b	SCHNEIDER	15016	I	4 X 63A	1,00
TS9	INTERRUPTOR	ld9	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	1,00
TS10	INTERRUPTOR	ld10	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	1,00
TS11	INTERRUPTOR	ld11	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	1,00

Por más información dirigirse al anexo E-C012.

#### 4.2.7 Interruptores diferenciales.

La sensibilidad de los aparatos seleccionados depende de la aplicación en cuestión.

Para bajadas donde se alimentan tableros con tomacorriente, se utilizó una sensibilidad de 30mA. Para tableros que alimentan cargas de fuerza motriz, la sensibilidad adoptada fue de 300mA.

La corriente que soporta el disyuntor depende de la potencia de las cargas a alimentar.

<sup>27</sup> Ver anexo E-P044.



Se debe verificar que la corriente de choque ( $I_{cc}$ ) de la instalación no supere la  $I_{cc}$  admisible del aparato de protección.

En la siguiente tabla se especifican los valores de capacidad de ruptura que soportan los interruptores diferenciales en función de la protección termomagnética ubicada aguas arriba.

Asociación de ID y automático - $I_{cc}$ en kA rms (IEC 60947-3)										
Disyuntor multi 9		DPN	DPN N	C60N	C60H	C60L	C120N C120H	NG125N	NG125H	NG125L
<b>Interruptor diferencial ID<sub>c</sub></b>										
2P (230 V)	25 A	6	10	10	15	20		10	10	10
	40 A	6	10	10	15	20		10	10	10
<b>Interruptor diferencial ID</b>										
2P (230 V)	25 A	6	10	20	30	50	10	15	15	15
	40 A	6	10	20	30	45	10	15	15	15
	63 A			20	30	30	10	15	15	15
	80 A						10	15	15	15
	100 A						10	7		
4P (400 V)	25 A	6	10	10	15	25	7	15	15	15
	40 A	6	10	10	15	20	7	15	15	15
	63 A			10	15	15	7	15	15	15
	80 A						7	15	15	15
	100 A						7	7		10
<b>Interruptor diferencial NG125NA + Vigi</b>										
4P (400 V)	63-125 A							25	25	25

En aquellos tableros donde convive el interruptor termomagnético con el interruptor diferencial, se adoptaron módulos VIGI por simplicidad de montaje.

Los disyuntores seleccionados para cada tablero se detallan en la siguiente tabla.

INTERRUPTOR DIFERENCIAL								
TABLEROS		IDENTIFICACIÓN	MARCA	CÓDIGO PRODUCTO	MODELO	SENSIBILIDAD	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
NOMBRE	REFERENCIA							
PRINCIPAL	DISYUNTOR TP	iDtp	SCHNEIDER	32456	MODULO VIGI MB	300mA	4 X 400A	1,00
SECCIONAL A	DISYUNTOR TA	iDa	SCHNEIDER	23530	ID (CLASE A)	30mA	4 X 63A	1,00
SECCIONAL B	DISYUNTOR TS2	iDb1	SCHNEIDER	29211	MODULO VIGI MH	30mA	4 X 100A	1,00
	DISYUNTOR TS3	iDb2	SCHNEIDER	26799	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 63A	1,00
	DISYUNTOR TS4	iDb3	SCHNEIDER	26767	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 40A	1,00
SECCIONAL C	DISYUNTOR TS5	iDc5	SCHNEIDER	26756	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 25A	1,00
	DISYUNTOR TS6A	iDc6a	SCHNEIDER	26756	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 25A	1,00
	DISYUNTOR TS6B	iDc6b	SCHNEIDER	26731	MODULO VIGI C60 SiE	300mA	4 X 63A	1,00
	DISYUNTOR TS7A	iDc7a	SCHNEIDER	26731	MODULO VIGI C60 SiE	300mA	4 X 63A	1,00
	DISYUNTOR TS7B	iDc7b	SCHNEIDER	26747	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 25A	1,00
	DISYUNTOR TS7C	iDc7c	SCHNEIDER	26747	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 25A	1,00



	DISYUNTOR TS8A	iDc8a	SCHNEIDER	26767	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 40A	1,00
	DISYUNTOR TS8B	iDc8b	SCHNEIDER	26799	MODULO VIGI C60 "si"	30mA	4 X 63A	1,00
SECCIONAL D	DISYUNTOR	iDd	SCHNEIDER	16254	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 40A	1,00
SECCIONAL E	DISYUNTOR	iDe	SCHNEIDER	16258	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 63A	1,00
SECCIONAL F	DISYUNTOR	iDf	SCHNEIDER	16254	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 40A	1,00
SECCIONAL G	DISYUNTOR	iDg	SCHNEIDER	16251	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 25A	1,00
SECCIONAL H	DISYUNTOR	iDh	SCHNEIDER	16201	ID (CLASE AC)	30mA	2 X 25A	1,00
SECCIONAL I	DISYUNTOR	iDi	SCHNEIDER	16254	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 40A	1,00
SECCIONAL J	DISYUNTOR	iDj	SCHNEIDER	16251	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 25A	1,00

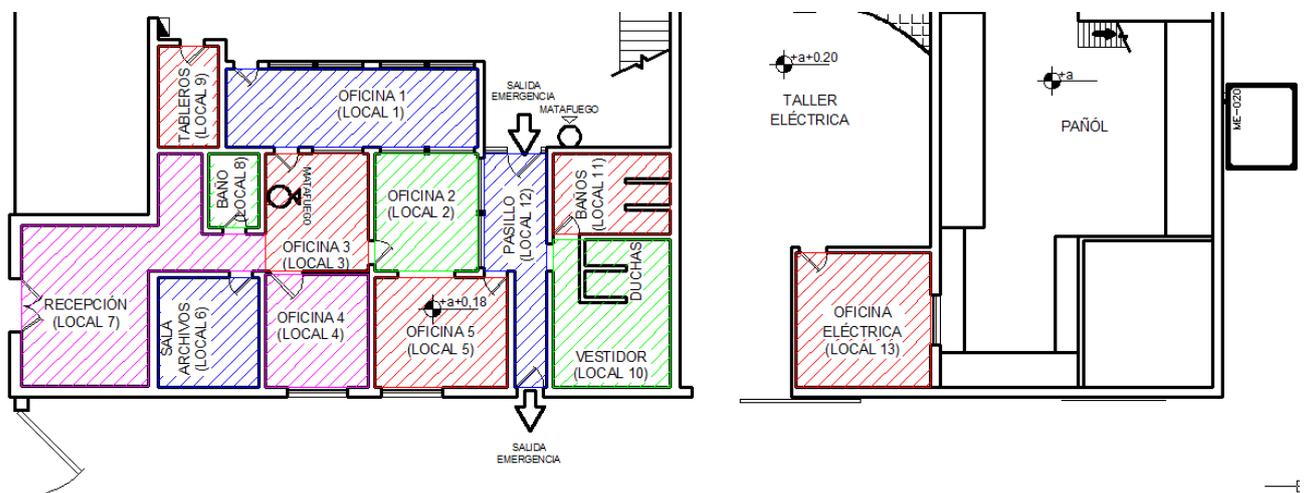
Como se puede observar, los disyuntores diferenciales adoptados pertenecen a la gama "si" (super-inmunizados). Esto se debe a las perturbaciones de la red causada por los componentes electrónicos de diferentes aparatos de consumo (plasma, TIG, MIG, etc). El sistema super-inmunizado evita los problemas de disparo intempestivos y el bloqueo o no disparo del dispositivo diferencial ante defectos de aislamiento. La gama es de clase A, lo que asegura la desconexión tanto para corrientes alternas senoidales como para corrientes continuas pulsantes.

En el anexo E-C009 podemos observar las características de los aparatos seleccionados.

### 4.3 Instalación eléctrica oficinas técnicas.

Los sectores 8 y 9 tiene la particularidad de pertenecer al área de administración y o diseño.

Para entender la problemática, sub-dividimos dichos sectores de la siguiente manera.



- Local 1: Oficina 1.
- Local 2: Oficina 2.
- Local 3: Oficina 3.
- Local 4: Oficina 4.
- Local 5: Oficina 5.
- Local 6: Sala de archivos.
- Local 7: Recepción.
- Local 8: Baño (oficinas).
- Local 9: Sala tableros.
- Local 10: Vestidor / Duchas.
- Local 11: Baños (personal taller).
- Local 12: Pasillo.
- Local 13: Oficina eléctrica.

### 4.3.1 Grado de electrificación.

Para lograr una mejor distribución de los circuitos, se determinó el grado de electrificación por sector.

En función de la superficie de cada uno de estos, es el grado de electrificación que le corresponde<sup>28</sup>.

Sumando las superficies cubiertas y semi-cubiertas e ingresando a la tabla 771.8.III<sup>29</sup> determinamos el grado en cuestión.

#### 4.3.1.1 Sector 8:

$$S_{\text{sector 8}} = S_{\text{Local13}} = 16,2m^2$$

Según la tabla corresponde a un grado de electrificación **“Mínima”**.

No debe superar una demanda de potencia máxima simultánea de 3,7KVA.

#### 4.3.1.2 Sector 9:

$$S_{\text{sector 9}} = S_{\text{Local1}} + S_{\text{Local2}} + S_{\text{Local3}} + \dots + S_{\text{Local12}}$$

Donde:

$S =$  superficie del local en  $m^2$ .

$$S_{\text{sector 9}} = 17,63m^2 + 10,68m^2 + 10,68m^2 + 10,37m^2 + 13,04m^2 + 9,90m^2 + 25,88m^2 + 3,30m^2 + 4,85m^2 + 15,58m^2 + 8,40m^2 + 9,80m^2 = 140,11m^2$$

Ingresando a la tabla con este valor, podemos determinar que el grado de electrificación del sector 9 es **“Elevada”**.

Según lo expuesto por la norma, este grado no puede superar una demanda de potencia máxima simultánea de 10KVA.

<sup>28</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 26.

<sup>29</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 26.



### 4.3.2 Puntos de utilización.

El número mínimo de punto de utilización depende del grado de electrificación, y por consecuencia del sector.

A continuación analizaremos los locales de cada sector, haciendo mención de los puntos mínimos de utilización.

#### 4.3.2.1 Sector 8.

El local 13 es utilizado como oficina de programación y pruebas referidas a la actividad, de la sección electricidad.

Según la norma, para “salones generales” exige como mínimo:

- Una boca para tomacorriente de uso general (TUG) por cada  $9 \text{ m}^2$ , o fracción, de superficie (como mínimo dos bocas). Dichas bocas serán para tomacorrientes de  $2 \times 10 + T^{30}$ , con dos tomacorrientes para cada una de ellas.
- Una boca para iluminación de uso general (IUG) por cada  $9 \text{ m}^2$ , o fracción, de superficie (como mínimo una boca), siempre y cuando cumpla con los valores mínimos de iluminación media establecida por las normas de seguridad e higiene laboral<sup>31</sup>.

#### 4.3.2.2 Sector 9.

Los locales pertenecientes al sector 9 son utilizados como oficinas administrativas, baño, sala de archivos, etc.

Según la norma debemos cumplir como mínimo:

- Salones generales:
  - Una boca para TUG por cada  $9 \text{ m}^2$ , o fracción, de superficie (como mínimo dos bocas). Dichas bocas serán para tomacorrientes de  $2 \times 10 + T$ , con dos tomacorrientes para cada una de ellas.
  - Una boca para IUG por cada  $9 \text{ m}^2$ , o fracción, de superficie (como mínimo una boca), siempre y cuando cumpla con los valores mínimos de

---

<sup>30</sup> Conforme a norma IRAM 2071.

<sup>31</sup> Ver ítem 5.3.



iluminación media establecida por las normas de seguridad e higiene laboral.

- Una boca para tomacorriente de uso especial por cada 9 m, o fracción, de perímetro de salón general.
- Salas de reuniones:
  - Una boca para TUG por cada 9 m<sup>2</sup>, o fracción, de superficie (como mínimo dos bocas). Dichas bocas serán para tomacorrientes de 2x10+T, con dos tomacorrientes para cada una de ellas.
  - Una boca para IUG o especial por cada 9 m<sup>2</sup>, o fracción, de superficie (como mínimo una boca), siempre y cuando cumpla con los valores mínimos de iluminación media establecida por las normas de seguridad e higiene laboral.
- Despacho privado:
  - Dos bocas para TUG. Dichas bocas serán para tomacorrientes de 2x10+T, con dos tomacorrientes para cada una de ellas.
  - Una boca para IUG, siempre y cuando cumpla con los valores mínimos de iluminación media establecida por las normas de seguridad e higiene laboral.
  - Una boca para tomacorriente de uso especial.
- Baño:
  - Dos bocas para TUG. Dichas bocas serán para tomacorrientes de 2x10+T, con un tomacorriente para cada una de ellas.
  - Una boca para IUG por cada 18 m<sup>2</sup>, o fracción, de superficie.
- Vestíbulo o recepción:
  - Una boca para TUG por cada 18 m<sup>2</sup>, o fracción, de superficie (como mínimo una boca). Dichas bocas serán para tomacorrientes de 2x10+T, con dos tomacorrientes para cada una de ellas.
  - Una boca para IUG por cada 9 m<sup>2</sup>, o fracción, de superficie (como mínimo una boca).



- Pasillo:
  - Una boca para TUG por cada 5 m de longitud, o fracción, de longitud (como mínimo una boca). Dichas bocas serán para tomacorrientes de 2x10+T.
  - Una boca para IUG por cada 5 m de longitud, o fracción, de longitud (como mínimo una boca), siempre y cuando cumpla con los valores mínimos de iluminación media establecida por las normas de seguridad e higiene laboral.

#### 4.3.2.3 Puntos de utilización establecidos.

El número de puntos de utilización adoptados fue obtenido considerando los artefactos que forman parte de cada local, sin perder de vista lo mencionado anteriormente.

La siguiente tabla expresa el número de bocas adoptadas en cada local.

TABLA RESUMEN – PUNTOS DE UTILIZACIÓN <sup>32</sup>					
SECTOR	LOCAL	TIPO DE LOCAL	N° BOCAS TUG ADOPTADOS	N° BOCAS IUG ADOPTADOS	N° BOCAS TUE ADOPTADOS
8	13	SALÓN GENERAL	2	6	2
	1	SALÓN GENERAL	2	6	2
9	2	SALA DE REUNIÓN	4	4	0
	3	SALÓN GENERAL	2	4	0
	4	DESPACHO PRIVADO	2	4	1
	5	SALA DE REUNIÓN	3	3	0
	6	SALÓN GENERAL	2	2	1
	7	RECEPCIÓN	3	4	0
	8	BAÑO	2	1	0
	9	SALÓN GENERAL	2	1	1
	10	VESTÍBULO	1	2	0
	11	BAÑO	2	1	0
	12	PASILLO	1	2	0

#### 4.3.3 Número de bocas por circuito.

Conforme a la tabla 771.7.1<sup>33</sup>, tenemos:

- Iluminación de uso general: el número máximo de bocas por circuito es 15.
- Tomacorriente de uso general: el número máximo de bocas por circuito es 15.
- Tomacorriente de uso especial: el número máximo de bocas por circuito es 8.

<sup>32</sup> Ver anexo E-T001.

<sup>33</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 22.



En el plano adjunto E-P013 y E-P014 podemos observar la distribución de las bocas de iluminación y tomacorrientes en cuestión.

La siguiente tabla muestra el número de bocas adoptadas por circuito.

TOMACORRIENTE DE USO GENERAL (TUG)				
SECTOR	CIRCUITO N°	LOCAL		N° DE BOCAS TOTALES
		NÚMERO	N° DE BOCAS	
8	1	13	2	2
9	2	1	2	11
		6	2	
		7	3	
		8	2	
		9	2	
	3	2	4	15
		3	2	
		4	2	
		5	3	
		10	1	
ILUMINACIÓN DE USO GENERAL (IUG)				
SECTOR	CIRCUITO N°	LOCAL		N° DE BOCAS TOTALES
		NÚMERO	N° DE BOCAS	
8	1	13	6	6
9	2	1	6	14
		6	2	
		7	4	
		8	1	
		9	1	
	3	2	4	15
		3	4	
		4	4	
		5	3	
	4	10	2	5
		11	1	
		12	2	
TOMACORRIENTE DE USO ESPECIAL (TUE)				
SECTOR	CIRCUITO N°	LOCAL		N° DE BOCAS TOTALES
		NÚMERO	N° DE BOCAS	
8	1	13	2	2
9	2	1	2	5
		4	1	
		6	1	
		9	1	

En la tabla expuesta anteriormente podemos observar que hay tres circuitos para TUG, cuatro circuitos para IUG y dos circuitos para TUE.

#### 4.3.4 Consideraciones generales para circuitos.

Lo referente a los circuitos está especificado de acuerdo a lo establecido en el “Reglamento para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles”.

- Los conductores cumplirán con la norma IRAM 62267.



- Todos los conductores pertenecientes a un mismo circuito, incluyendo el conductor de protección, se instalarán dentro de la misma canalización.
- Para agrupamiento de más de 4 conductores se utilizará bornera de conexionado.<sup>34</sup>
- Todos los tomacorrientes tendrán una pantalla de protección a la inserción de cuerpos extraños.<sup>35</sup>
- Los conductores se identificarán con los siguientes colores:
  - Línea 1(fase R): castaño.
  - Línea 2(fase S): negro.
  - Línea 3(fase T): rojo.
  - Neutro: celeste.
  - Conductor de protección (PE): verde – amarillo.
- Los conductos se unirán entre sí mediante accesorios que no disminuyan su sección interna.
- Las uniones entre conductos y cajas deberán efectuarse mediante conectores o tuerca y boquilla.<sup>36</sup>
- En tramos rectos y horizontales sin derivación se colocará como mínimo una caja cada 12m, y en tramos verticales un mínimo de una caja cada 15m.
- Los caños a utilizar serán de acero liviano.<sup>37</sup>
- Las cajas de embutido rectangulares serán del tipo 50x100 mm.
- Las cajas de embutidos octogonales serán del tipo “chicas”.
- Los interruptores, se instalarán en cajas cuya arista más cercana al marco mantendrá una distancia no mayor a 0,15 metros del borde exterior del marco que aloja la cerradura en el que penetra el pestillo y cuyo centro estará ubicado a 1,1 metro del nivel del piso terminado.
- En todos los casos se respetará la cantidad máxima de tres curvas entre bocas, cajas o gabinetes.

---

<sup>34</sup> Conforme norma IRAM 2441.

<sup>35</sup> De acuerdo a norma IEC 60884-1 o IRAM NM 60884-1.

<sup>36</sup> Según normas IRAM 2224/73 o 2005/72.

<sup>37</sup> Según norma IRAM 62224.



- Toda cañería terminará en una boca, caja, gabinete o elemento de transición o terminación.
- Las cañerías serán embutidas de manera que su parte más externa quede a no menos de 50 mm de las superficies terminadas del tabique o pared.
- Se garantizará la continuidad eléctrica de las cañerías entre sus partes y el conductor de protección.

#### 4.3.5 Demanda de potencia máxima simultánea.

La potencia máxima simultánea depende del gradado de electrificación. Para su cálculo se utilizan las **tablas 771.9.I y 771.9.II.**<sup>38</sup>

Los valores obtenidos del cálculo de la demanda máxima simultánea por circuito se detallan en la siguiente tabla.

DEMANDA DE POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA PARA TUG							
SECTOR	CIRCUITO N°	N° DE BOCAS TOTALES	EXPRESIÓN	COEF. DE SIMUL.	VALOR MÍNIMO [VA]	VALOR ADOPTADO [VA]	CORRIENTE [A]
8	1	2	2200 VA x CIRCUITO	1	2200	2200	9,6
9	2	11	2200 VA x CIRCUITO	0,9	1980	1980	8,6
	3	15	2201 VA x CIRCUITO	0,9	1980	1980	8,6

DEMANDA DE POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA PARA IUG							
SECTOR	CIRCUITO N°	N° DE BOCAS TOTALES	EXPRESIÓN	COEF. DE SIMUL.	VALOR MÍNIMO [VA]	VALOR ADOPTADO [VA]	CORRIENTE [A]
8	1	6	150 VA x N° BOCAS	1	900	900	4,1
9	2	14	151 VA x N° BOCAS	0,9	1890	1890	8,6
	3	15	152 VA x N° BOCAS	0,9	2025	2025	9,2
	4	5	153 VA x N° BOCAS	0,9	675	675	3,1

DEMANDA DE POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA PARA TUE							
SECTOR	CIRCUITO N°	N° DE BOCAS TOTALES	EXPRESIÓN	COEF. DE SIMUL.	VALOR MÍNIMO [VA]	VALOR ADOPTADO [VA]	CORRIENTE [A]
8	1	2	3300 VA x CIRCUITO	1	3300	3300	14,4
9	2	5	3300 VA x CIRCUITO	0,9	2970	2970	13,0

<sup>38</sup> Según "REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES" – Página 32.



Para obtener la demanda potencia máxima simultánea total por sector hacemos la suma de las potencias parciales de cada circuito.

$$DPMS_{TOTAL} = \sum DPMS_{TUG} + \sum DPMS_{IUG} + \sum DPMS_{TUE}$$

donde:

$DPMS$  = demanda de potencia maxima simultanea.

- Sector 8:

$$DPMS_{TOTAL(SECTOR\ 8)} = (2200VA) + (900VA) + (3300VA) = 6400VA$$

- Sector 9:

$$DPMS_{TOTAL(SECTOR\ 9)} = (1980VA + 1980VA) + (1890VA + 2025VA + 675VA) + (2970VA) = 11520VA$$

En el ítem 4.4.1 fue establecido que según el grado de electrificación, la demanda de potencia máxima simultánea no puede superar ciertos valores.

Como podemos observar, en los dos sectores superamos la demanda máxima simultánea propuesta anteriormente. Entonces, los valores de demanda adoptados serán los máximos propuesto por el reglamento.

- Sector 8:  $DPMS_{TOTAL(SECTOR\ 8)} = 3700VA$
- Sector 9:  $DPMS_{TOTAL(SECTOR\ 9)} = 10000VA$

#### 4.3.6 Sección nominal de los conductores.

La sección máxima de los conductores deberá calcularse en función de su intensidad de corriente máxima admisible y su posterior verificación a la caída de tensión. Independientemente de los resultados de cálculo las secciones no podrán ser menores a las especificadas en la siguiente tabla.

Líneas principales	4,00 mm <sup>2</sup>
Líneas seccionales	2,50 mm <sup>2</sup>
Líneas de circuito para iluminación de uso general	2,50 mm <sup>2</sup>
Líneas de circuito para tomacorrientes de uso general	2,50 mm <sup>2</sup>
Líneas de circuito para uso especial	2,50 mm <sup>2</sup>
Alimentación de interruptores de efecto	2,50 mm <sup>2</sup>
Retorno de los interruptores de efecto	1,50 mm <sup>2</sup>
Conductor de protección	2,50 mm <sup>2</sup>



Para realizar el cálculo se consideran las siguientes hipótesis:

- La carga se encuentra concentrada en el extremo más lejano del circuito.
- Como carga se adopta la demanda máxima simultánea calculada en el ítem 4.4.5 para cada circuito.
- Se realiza el cálculo sobre el circuito más sobrecargado de cada tipo, tomando como consideración que la longitud de los conductores, es la mayor de las longitudes de los circuitos en cuestión.
- Se considera que el conductor se encuentra canalizado en una cañería que contiene tres (3) conductores cargados.
- La temperatura ambiente es de 40° C.

La caída de tensión entre los bornes de salida del tablero principal y cualquier punto de utilización no debe superar los valores establecidos en el ítem 4.1.6 del presente tomo.

A los efectos del cálculo, los circuitos de iluminación y tomacorrientes se considerarán cargados con su demanda de potencia máxima simultánea en el extremo más alejado del tablero seccional.

#### **4.3.6.1 Tomacorriente de uso general.**

El cálculo es realizado sobre el circuito número 1<sup>39</sup>.

Datos:

Corriente (I)=9,6A.

Potencia Aparente (S)= 2200VA.

Tension (V)= 220V.

Longitud del circuito=16 m.

Se adopta un conductor de la firma PRYSMIAN®, tipo SUPERASTIC FLEX bajo normas IRAM NM 147-3.<sup>40</sup>

Seleccionamos el conductor según la corriente admisible que soporta.

---

<sup>39</sup> Ver tabla ítem 4.4.5.

<sup>40</sup> Ver anexo E-C002.



Características técnicas del cable:

Sección= 2,5 mm<sup>2</sup>.

Díametro exterior aproximado= 3,6 mm.

Peso aproximado= 31 Kg/km.

Intensidad de corriente admisible= 18 A.

Caida de tensión ( $\Delta u$ )=15 V/A.km

**Verificación por caída de tensión:**

$$\Delta U = \Delta u \times I \times L$$

Donde:

$I$  = intensidad de corriente del circuito en cuestión.

$L$  = longitud de la instalación.

Reemplazando:

$$\Delta U = 15 \text{ V/A.km} \times 9,6 \text{ A} \times 0,016 \text{ km} = 2,3 \text{ V} (1,05\%)$$

Como se observa la caída de tensión se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

Entonces, podemos decir que la sección adoptada es correcta.

**4.3.6.2 Iluminación de uso general.**

El cálculo es realizado sobre el circuito número 3.

Datos:

Corriente ( $I$ )=9,2A.

Potencia Aparente ( $S$ )= 2025 VA.

Tensión ( $V$ )= 220V.

Longitud del circuito=20 m.

Se selecciona el mismo conductor utilizado para los tomacorrientes de uso general.

**Verificación por caída de tensión:**

$$\Delta U = 15 \text{ V/A.km} \times 9,2 \text{ A} \times 0,020 \text{ km} = 2,76 \text{ V} (1,25\%) \text{ Verifica!!}$$

**4.3.6.3 Iluminación de uso específico.**

El cálculo es realizado sobre el circuito número 3.

Datos:

Corriente ( $I$ )=9,2A.

Potencia Aparente ( $S$ )= 3300 VA.

Tensión ( $V$ )= 220V.

Longitud del circuito=26,5m.

Se selecciona el mismo conductor utilizado para los tomacorrientes de uso general.

**Verificación por caída de tensión:**



$$\Delta U = 15 \frac{V}{A.km} \times 9,2 A \times 0,0265 km = 3,66 V (1,66\%) \text{ Verifica!!}$$

Para los tres tipos de circuitos (TUG, IUG y TUE), la sección de los conductores, en los casos más desfavorables, es igual el mínimo recomendado por la norma, es decir **2,5mm<sup>2</sup>**.

### **4.3.7 Conductos.**

Las canalizaciones que se utilizan en el presente proyecto son del tipo acero liviano, según norma IRAM-IAS U500 – 2224, esmaltadas.

#### **4.3.7.1 Medida mínima de conducto y cajas.**

Para caños de sección circular, el diámetro interno mínimo se determina en función de la cantidad, sección y diámetro (incluido la aislación) de los conductores, de acuerdo con la tabla 771.12.VI.<sup>41</sup>

Para circuitos que alojen circuitos principales o seccionales, el diámetro interno mínimo de los caños de sección circular será de 15mm (RL<sup>42</sup> 19).

Para conductos que alojen circuitos terminales, usos generales o especiales, el diámetro interior mínimo de los caños de sección circular será de 13mm (RL 16).

Las medidas mínimas de las cajas por utilizar quedan fijadas por la cantidad y sección de los conductores y dispositivos que van dentro de ellas, conforme se indica en las tablas 771.12.VII, 771.12.VIII y 771.12.IX.

No está permitida la instalación de un solo conductor aislado o un cable unipolar por dentro de un caño metálico.

Según la tabla 771.12.VI, se adopta el siguiente conducto:

- Caño RL 16: 3 conductores 2,5 mm<sup>2</sup> + PE.

En el anexo E-P013 y E-P014, se puede apreciar la sección de los conductos para los diferentes locales.

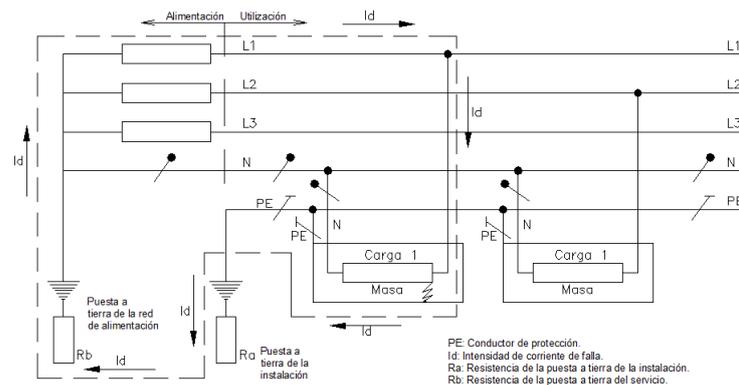
<sup>41</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 42.

<sup>42</sup> RL: acero liviano



#### 4.4 Esquema de conexión.

El esquema de conexión que se utiliza es el denominado **TT** (esquema de conexión a tierra). Este esquema tiene un punto del sistema de alimentación (conductor neutro) conectado directamente a tierra por el proveedor de energía eléctrica, y la masa eléctrica de la instalación conectada a través de un conductor de protección **PE**.



#### Neutro de alimentación a (T)ierra – Masa de la instalación a una (T)ierra independiente

La toma de tierra de la instalación deberá tener característica de “tierra independiente” frente a la toma de servicio de la red de alimentación.

Para cumplir con esta condición la toma de tierra de la instalación deberá situarse a una distancia mayor a diez veces el radio equivalente de la jabalina de mayor longitud.

La sección del conductor de protección (**PE**) para el sector de oficinas es de **2,5mm<sup>2</sup>**, mientras que la sección para los demás sectores se establece más adelante.

#### 4.5 Instalación de puesta a tierra.

Lo referente a la instalación de la puesta a tierra está especificado de acuerdo a lo establecido en la norma IRAM 2281.

##### 4.5.1 Consideraciones generales.

La instalación de puesta a tierra se realizará mediante una malla que interconecte cuatro jabalinas hincadas, según la figura 11, con una separación entre ellas de 15m. Esta malla será directamente conectada a una barra equipotencial principal (BEP) de puesta a tierra que se encontrará a nivel del suelo. De esta barra deberán conectarse los siguientes elementos:



- Conductor de protección de puesta a tierra, es el conductor de interconexión con la barra de puesta a tierra (BPT) ubicada en el tablero principal.
- Conductores equipotenciales principales, estos son conectados a todos los elementos conductores extraños a la instalación eléctrica existentes incluyendo elementos metálicos de construcción.

En la siguiente figura podemos observar la ubicación de la malla dentro de la plana.

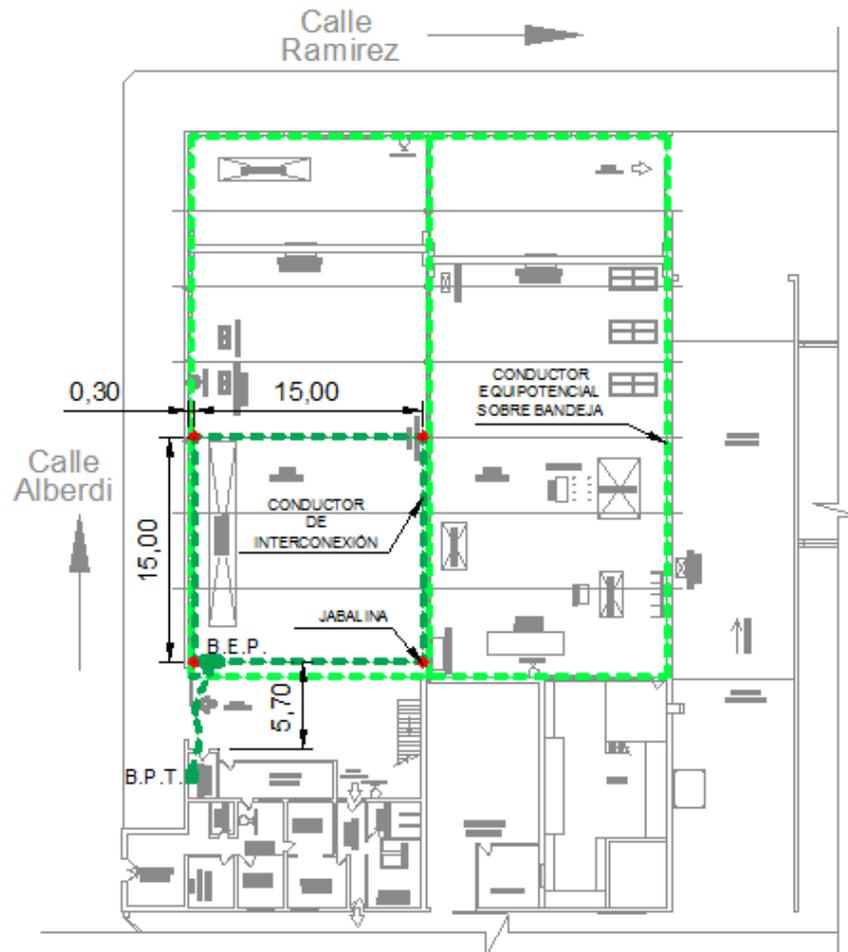


Figura 12: Instalación - Puesta a tierra

## 4.5.2 Componentes de la malla.

### 4.5.2.1 Selección del electrodo.

Los electrodos de tierra deben cumplir con la norma IRAM 2281 – Parte 1.

Según la tabla 5 de la norma antes mencionada, el electrodo que mejor se adecúa para el presente proyecto es el que se detalla a continuación.



- Material: Acero – Cobre.
- Tipo de electrodo: Jabalina redonda.
- Diámetro mínimo: 12,6 mm.
- Observaciones: Jabalina JL14 x 3000.
- Norma IRAM aplicable: 2309.

Adoptamos una jabalina de la firma GENROD, de acero trefilado al carbono SAE 1010 a 1020 revestida de cobre electrolítico con un 98% de pureza.

Características:

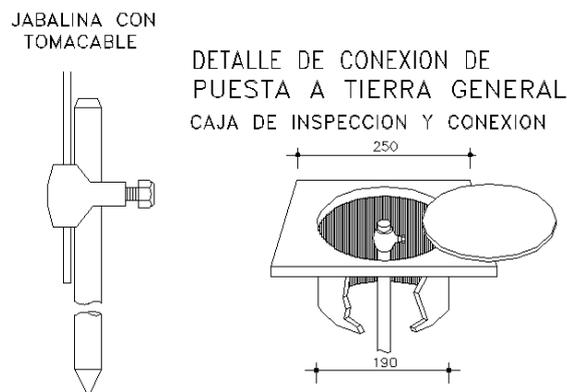
- Marca: GENROD.
- Material: Acero – Cobre.
- Tipo de electrodo: Jabalina redonda.
- Descripción: jabalina 1/2" x 3000 mm.
- Denominación: L1430.
- Código de producto: **JC 1230**.<sup>43</sup>

La jabalina será hincada sobre el terreno de forma vertical, donde el extremo superior de la jabalina estará a una distancia de 50 centímetros con respecto al nivel del piso.

#### 4.5.2.2 Selección de la cámara de Inspección.

Se utilizan para indicar el sitio donde está instalada la jabalina y, a su vez, proteger el punto de medición para verificar la resistencia de la puesta a tierra de la instalación.

Adoptamos una cámara de inspección de la firma GENROD, que la identifica el código Ci1<sup>44</sup> (25 cm x 25 cm).



<sup>43</sup> Ver anexo E-C003.

<sup>44</sup> Ver anexo E-C004.



#### 4.5.2.3 Selección del conductor de protección entre la BEP y la BPT.

La disposición de este conductor será directamente enterrado (50 centímetros), y su sección viene determinada en función de la corriente de cortocircuito presunta en el lugar de la instalación.

Según la norma antes mencionada el conductor tendrá una sección no menor al valor determinado por la siguiente expresión:

$$S = \frac{I \times \sqrt{t}}{K} = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{K}$$

Donde:

*S* = sección real del conductor de protección.

*I* = valor eficaz de corriente máxima de falla a tierra.

*t* = tiempo de actuación del dispositivo de protección.

*K* = valor que depende de la naturaleza del metal de conducción.

El valor de *K* para los conductores de protección se indica en la tabla 6<sup>45</sup> de la norma IRAM 2281 (página 24).

Entonces, el valor de *K* para condiciones normales vale 92.

El producto del cuadrado de la corriente por el tiempo de actuación depende del límite de energía que pasa por el interruptor. En el anexo E-D001 se exponen las curvas del comportamiento de los diferentes interruptores automáticos.

Ingresando a la curva del interruptor automático (NS 400N), determinamos que el valor es 1.200.000 A<sup>2</sup>.s.

Reemplazando:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{K} = \frac{\sqrt{1.200.000}}{92} \approx 12 \text{ mm}^2$$

También la norma establece que la sección no debe ser inferior a la sección del conductor de protección. Entonces adoptamos un conductor de la firma GENROD con las siguientes características:

- Código de producto: **AC C25**.<sup>46</sup>
- Descripción: cable de 25 mm<sup>2</sup> – 3 N° 8.
- Peso: 0,206 Kg/m.

Este cable responde a la norma IRAM 2467.

<sup>45</sup> Ver anexo E-T002.

<sup>46</sup> Ver anexo E-C005.



La longitud de dicho cable es aproximadamente de **7 metros**.

#### 4.5.2.4 Sección de los conductores equipotenciales.

Se dispone sobre bandeja porta-cable como se muestra en la figura. Este conductor se ramificará a las partes metálicas de la planta.

La norma IEC 62305 expone que la sección mínima de los conductores debe ser la especificada por la siguiente tabla.

Tabla 9 – Dimensiones mínimas de los conductores que conectan las instalaciones metálicas internas a las barras equipotenciales

Clase del SPCR	Material	Sección mm <sup>2</sup>
I a IV	Cobre	5
	Aluminio	8
	Acero	16

Se selecciona un conductor unipolar de la firma PRYSMIAN, modelo SINTENAX VALIO de **6mm<sup>2</sup>** de sección nominal.<sup>47</sup>

Dicho conductor posee una longitud aproximada de **175 metros**.

#### 4.5.2.5 Selección de conductores de interconexión de la malla.

Según lo especificado por la norma, se adaptó un conductor acero-cobre de 50mm<sup>2</sup> de diámetro correspondiente a la firma GENROD.

Sus características son:

- Código de producto: **AC C50**.
- Descripción: cable de 50 mm<sup>2</sup> – 7 N° 8.
- Peso: 0,482 Kg/m.

La longitud aproximada del conductor es **62 metros**.

#### 4.5.2.6 Selección de barras equipotencial principal.

Las BEP se diseñan para que soporten la corriente de cortocircuito presunta en el lugar de la instalación.

Aplicando la expresión antes vista y tomamos un valor de K para conductor de cobre en condiciones normales.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{K} = \frac{\sqrt{1.200.000}}{159} \approx 7\text{mm}^2$$

<sup>47</sup> Ver anexo E-C002.



Ingresando al catálogo de GENROD seleccionamos un barra de 60 mm<sup>2</sup> de sección, cuyo código de producto es **40 0320**<sup>48</sup> (3mm x 20 mm X 300 mm).

La unión de la BEP con los conductores se realiza mediante conectores **FBC** de la firma ERICO.

El modelo seleccionado es **553510**.<sup>49</sup>

#### **4.5.3 Resistencia de la puesta a tierra.**

Según Resolución N° 206/08 EPRE, expone que la resistencia de puesta a tierra de protección debe ser menor a 10 ohm. Este valor es adoptado para la verificación de la resistencia de la malla.

El valor, determinado por cálculo, de la resistencia total de la malla vale **1,020 ohm**.

Este valor es ampliamente inferior al exigido por la norma. Sin embargo, este resultado puede diferir considerablemente en la realidad, y es por esto que se aconseja realizar una medición de resistencia de puesta a tierra una vez finalizada la obra.

#### **4.6 Estudio del cuadro tarifario.**

Dado que en muchas ocasiones se pagan montos por suministro de energía contratada que exceden el consumo real de la planta, el tipo de tarifa que se debe contratar para el suministro de energía es de gran importancia.

Actualmente el costo de energía de Metalúrgica ALBACE S.A. se rige bajo la **tarifa contratada T3**.

El consumo de energía discriminado de la última factura<sup>50</sup> de suministro de energía es:

- Potencia activa en punta: 1280KW-mes.
- Potencia activa en resto: 4080KW-mes.
- Potencia activa en valle nocturno: 1600KW-mes.
- Potencia contratada en hora de punta: 50KW.
- Potencia contratada en hora fuera de punta: 90KW.
- Potencia adquirida: 70KW.

---

<sup>48</sup> Ver anexo E-C006.

<sup>49</sup> Ver anexo E-C007.

<sup>50</sup> Ver anexo E-T003.



El costo de la factura **T3**, sin tener en cuenta los recargos ajenos al consumo, se tabulan a continuación.

TARIFA 3 – GRANDES DEMANDAS (>= 50 Kw)					
VINCULACIÓN INFERIOR EN BAJA TENSIÓN (380 V)	VALOR FIJADO POR ENERSA		VALOR MEDIDO		COSTO
Cargo fijo	285,86	\$/mes			285,86
Por capacidad de suministro contratada en horas de punta	22,35	\$/kw.mes	50	kw	1117,5
Por capacidad de suministro contratada en horas fuera de punta	18,28	\$/kw.mes	90	kw	1645,2
Cargo fijo por potencia adquirida	2,84	\$/mes	70	kw	198,8
Periodo de horas restantes (6 a 18hs)	0,0854	\$/KWh	4080	Kwh/mes	348,432
Periodo de horas de valle(23 a 6hs)	0,0773	\$/KWh	1600	Kwh/mes	123,68
Periodo de horas punta (18 a 23hs)	0,0985	\$/KWh	1280	Kwh/mes	126,08
				<b>Total</b>	<b>3845,552</b>

Si determinamos el costo de la factura considerando que el tipo de tarifa es **T2**, obtenemos:

TARIFA 2 – MEDIANA DE MANDAS (10 A 49 Kw)					
	VALOR FIJADO POR ENERSA		VALOR MEDIDO		COSTO
Por capacidad de suministro contratada	13,89	\$/kW-mes	31	kw	430,59
Cargo Variable por energía	0,2231	\$/kWh	6960	Kwh*mes	1552,776
				<b>Total</b>	<b>1983,366</b>

El ahora de energía lograda, para la factura en estudio, por cambiar a la tarifa **T2** es igual a **\$1862, 186**.

#### 4.7 Corrección del factor de potencia.

Si analizamos la factura que se encuentra en el anexo E-T003, se puede observar que la empresa no se encuentra penalizada por tener bajo factor de potencia (fp). Por lo que podemos concluir que el mismo se encuentra corregido adecuadamente y no requiere estudio alguno.



### 4.8 Presupuesto.

El cálculo de presupuesto comprende el costo de los componentes utilizados para llevar a cabo la instalación.

Dicho cálculo no contempla la mano de obra, como también gastos administrativos.

A continuación se listan los materiales por rubro, con su correspondiente costo.

LISTA DE MATERIALES								
ID	DESCRIPCIÓN	MARCA	CÓDIGO	MODELO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNI	PRECIO TOTAL
<b>INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS</b>								
1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	32700	NS 400N (CLASE STR53 UE)	4 X 400 A	1,00	\$ 6.690,99	\$ 6.690,99
2	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	30641	NS 160N (CLASE TM-D)	4 X 125 A	1,00	\$ 1.171,09	\$ 1.171,09
3	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	29630	NS 100N (CLASE TM-D)	4 X 100 A	1,00	\$ 944,72	\$ 944,72
4	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	29641	NS 100N (CLASE TM-D)	4 X 80 A	1,00	\$ 809,39	\$ 809,39
5	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	25019	C60H (CURVA C)	4 X 63 A	2,00	\$ 647,26	\$ 1.294,52
6	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	25017	C60H (CURVA C)	4 X 40 A	1,00	\$ 369,84	\$ 369,84
7	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	25014	C60H (CURVA C)	4 X 20 A	1,00	\$ 304,47	\$ 304,47
8	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	25012	C60H (CURVA C)	4 X 10 A	1,00	\$ 290,11	\$ 290,11
9	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24369	C60N (CURVA C)	4 X 63 A	2,00	\$ 568,95	\$ 1.137,90
10	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24368	C60N (CURVA C)	4 X 50 A	1,00	\$ 536,33	\$ 536,33
11	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24367	C60N (CURVA C)	4 X 40 A	4,00	\$ 234,63	\$ 938,52
12	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24692	C60N (CURVA D)	4 X 40 A	2,00	\$ 437,80	\$ 875,60
13	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24365	C60N (CURVA C)	4 X 25 A	1,00	\$ 138,65	\$ 138,65
14	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24363	C60N (CURVA C)	4 X 16 A	3,00	\$ 136,44	\$ 409,32
15	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24362	C60N (CURVA C)	4 X 10 A	3,00	\$ 136,44	\$ 409,32
16	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24350	C60N (CURVA C)	3 x 16 A	1,00	\$ 123,34	\$ 123,34
17	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24349	C60N (CURVA C)	3 x 10 A	1,00	\$ 102,24	\$ 102,24
18	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24343	C60N (CURVA C)	2 X 63 A	1,00	\$ 204,38	\$ 204,38
19	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24342	C60N (CURVA C)	2 X 50 A	1,00	\$ 204,38	\$ 204,38
20	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24340	C60N (CURVA C)	2 X 32 A	2,00	\$ 78,63	\$ 157,26
21	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24339	C60N (CURVA C)	2 X 25 A	1,00	\$ 62,06	\$ 62,06
22	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24338	C60N (CURVA C)	2 X 20 A	5,00	\$ 62,06	\$ 62,06
23	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24337	C60N (CURVA C)	2 X 16 A	8,00	\$ 62,06	\$ 496,48
24	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24336	C60N (CURVA C)	2 X 10 A	9,00	\$ 62,06	\$ 558,54
25	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24335	C60N (CURVA C)	2 X 6 A	2,00	\$ 66,47	\$ 132,94
26	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	24334	C60N (CURVA C)	2 x 4 A	1,00	\$ 170,67	\$ 170,67
<b>INTERRUPTORES EN CARGA</b>								
27	INTERRUPTOR	SCHNEIDER	15093	I	4 X 100A	1,00	\$ 201,92	\$ 201,92
28	INTERRUPTOR	SCHNEIDER	15016	I	4 X 63A	2,00	\$ 158,76	\$ 317,52



29	INTERRUPTOR	SCHNEIDER	15019	I	4 X 40A	7,00	\$ 150,97	\$ 1.056,79
30	INTERRUPTOR	SCHNEIDER	15008	I	4 X 20A	1,00	\$ 71,34	\$ 71,34
<b>INTERRUPTORES DIFERENCIALES</b>								
28	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	32456	MODULO VIGI MB	4 X 400 A - 300mA	1,00	\$ 5.361,16	\$ 5.361,16
29	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	26731	MODULO VIGI C60 SiE	4 X 63 A - 300 mA	3,00	\$ 1.843,00	\$ 5.529,00
30	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	29211	MODULO VIGI MH	4 X 100 A - 30 mA	1,00	\$ 2.709,19	\$ 2.709,19
31	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	26799	MODULO VIGI C60 "si"	4 X 63 A - 30 mA	2,00	\$ 1.789,59	\$ 3.579,18
32	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	26767	MODULO VIGI C60 "si"	4 X 40 A - 30 mA	2,00	\$ 1.694,87	\$ 3.389,74
33	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	26756	MODULO VIGI C60 "si"	4 X 25 A - 30 mA	4,00	\$ 788,55	\$ 3.154,20
34	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	23530	ID (CLASE A)	4 X 63 A - 30 mA	1,00	\$ 329,07	\$ 329,07
35	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	16254	ID (CLASE AC)	4 X 40 A - 30mA	3,00	\$ 229,48	\$ 688,44
36	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	16201	ID (CLASE AC)	2 X 25 A - 30 mA	2,00	\$ 129,26	\$ 258,52
<b>JUEGO DE BARRAS</b>								
37	BARRA	GENROD	40 0320	3 X 20 X 300	1 x 200 A	1	\$ 530,69	\$ 530,69
38	JUEGO DE BARRAS	SCHNEIDER	4054	5 X 32 X 300	4 X 400 A	1,00	\$ 1.415,17	\$ 1.415,17
39	JUEGO DE BARRAS	PRYSMIAN	4052	5 X 15 X 300	4 x 160 A	2,00	\$ 684,14	\$ 1.368,28
40	REPARTIDOR	BRC	BRC41007	BRC4	4 X 100 A	2,00	\$ 78,58	\$ 157,16
41	REPARTIDOR	BRC	BRC412511	BRC4	4 X 125 A	3,00	\$ 88,01	\$ 264,03
<b>GUARDAMOTORES</b>								
42	GUARDAMOTOR	SCHNEIDER		GV2 (CLASE P22)	3 X 25 A	2,00	\$ 557,35	\$ 1.114,70
43	GUARDAMOTOR	SCHNEIDER		GV2 (CLASE P20)	3 X 18 A	1,00	\$ 557,35	\$ 557,35
44	GUARDAMOTOR	SCHNEIDER		GV2 (CLASE P14)	3 X 10 A	2,00	\$ 490,91	\$ 981,82
45	GUARDAMOTOR	SCHNEIDER		GV2 (CLASE P08)	3 X 4 A	1,00	\$ 473,58	\$ 473,58
<b>CONTACTORES</b>								
46	CONTACTOR	SCHNEIDER		LC1-D25	3 x 25 A	2,00	\$ 360,99	\$ 721,98
47	CONTACTOR	SCHNEIDER	15959	CT (24 VOLT)	2 X 25 A	14,00	\$ 180,39	\$ 2.525,46
48	BLOQUE ADAPTACIÓN	SCHNEIDER		LC1K		4,00	\$ 50,25	\$ 201,00
49	CONTACTOR	SCHNEIDER		LC1-D18	3 x 18 A	2,00	\$ 248,34	\$ 496,68
<b>TELERRUPTORES</b>								
50	TELERRUPTOR	SCHNEIDER	15523	TL (24 VOLT)	2 X 16 A	14,00	\$ 425,92	\$ 5.962,88
<b>TOMAS</b>								
51	TOMA	SCAME		BASE EMBUTIDA (P/ TABLERO)	3P 32A + T	12,00	\$ 52,99	\$ 635,88
52	TOMA	SCAME		BASE EMBUTIDA (P/ TABLERO)	3P 16A + T	18,00	\$ 32,84	\$ 591,12
53	TOMA	SCAME		BASE EMBUTIDA (P/ TABLERO)	2P 16A + T	22,00	\$ 28,68	\$ 630,96
<b>CABLES</b>								
54	CONDUCTOR DESNUDO	GENROD	AC C50	N° 8	1 X 50 MM <sup>2</sup> - 7	62,00	\$ 35,50	\$ 2.201,00
55	CONDUCTOR DESNUDO	GENROD	AC C25	N° 8	1 X 23 MM <sup>2</sup> - 3	7,00	\$ 17,83	\$ 124,81
56	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	4 X 35/16 MM <sup>2</sup>	32,00	\$ 93,25	\$ 2.984,00
57	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	4 X 25/16 MM <sup>2</sup>	64,00	\$ 70,93	\$ 4.539,52
58	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	4 X 16 MM <sup>2</sup>	71,50	\$ 54,34	\$ 3.885,31



59	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	4 X 10 MM <sup>2</sup>	237,50	\$ 34,05	\$ 8.193,75
60	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	4 X 6 MM <sup>2</sup>	111,50	\$ 19,30	\$ 2.229,15
61	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	4 X 4 MM <sup>2</sup>	86,50	\$ 14,10	\$ 1.219,65
62	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	4 X 2,5 MM <sup>2</sup>	108,00	\$ 9,01	\$ 973,08
63	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	2 X 6 MM <sup>2</sup>	9,00	\$ 11,18	\$ 100,62
64	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	2 X 4 MM <sup>2</sup>	113,50	\$ 8,78	\$ 996,53
65	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	1 X 16 MM <sup>2</sup>	17,00	\$ 12,85	\$ 218,45
66	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	1 X 10 MM <sup>2</sup>	16,00	\$ 8,65	\$ 138,40
67	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	1 X 6 MM <sup>2</sup>	187,00	\$ 6,83	\$ 1.277,21
68	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	1 X 4 MM <sup>2</sup>	40,00	\$ 4,56	\$ 182,40
69	CONDUCTOR	PRYSMIAN		RETENAX VALIO	1 X 2,5 MM <sup>2</sup>	18,00	\$ 1,97	\$ 35,41
<b>GABINETES</b>								
70	GABINETE	GENROD	09 9214	SERIE 9000	750 X 1200 X 225	1,00	\$ 1.967,97	\$ 1.967,97
71	GABINETE	GENROD	09 958	SERIE 9000	300 X 300 X 100 MM	1,00	\$ 314,67	\$ 314,67
72	GABINETE	GENROD	09 956	SERIE 9000	200 X 200 X 100 MM	3,00	\$ 249,68	\$ 749,04
73	GABINETE	GENROD	09 9209	SERIE 9000	600 X 750 X 225 MM	2,00	\$ 1.328,47	\$ 2.656,94
74	GABINETE	GENROD	09 990	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM	2,00	\$ 430,36	\$ 860,72
75	GABINETE	GENROD	09 9107	SERIE 9000	450 X 600 X 100 MM	4,00	\$ 755,38	\$ 3.021,52
76	GABINETE	GENROD	09 989	SERIE 9000	250 X 360 X 70 MM	6,00	\$ 430,36	\$ 2.582,16
77	GABINETE	GENROD	09 9102	SERIE 9000	200 X 300 X 100 MM	1,00	\$ 307,62	\$ 307,62
78	GABINETE	GENROD	09 9111	SERIE 9000	250 X 300 X 100 MM	1,00	\$ 350,43	\$ 350,43
79	GABINETE	GENROD	09 959	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM	1,00	\$ 450,50	\$ 450,50
80	GABINETE	GENROD	09 9103	SERIE 9000	300 X 450 X 100 MM	5,00	\$ 400,90	\$ 2.004,50
<b>JABALINA</b>								
81	JABALINA	GENROD	JC 1230	ACERO - COBRE	1/2" X 3000MM	4,00	\$ 85,83	\$ 343,32
<b>CAJA DE INSPECCIÓN</b>								
82	CAJA DE INSPECCIÓN	GENROD	CI1		250 X 250MM	4,00	\$ 189,70	\$ 758,80
<b>CONECTOR</b>								
83	CONECTOR	ERICO	553510	FBC		4,00	\$ 17,69	\$ 70,76
<b>BANDEJAS PERFORADAS</b>								
84	BANDEJA	SEMAT	TRP-150-Z	CHAPA GALV. 3000MM	50x150MM	13	\$ 73,73	958,49
85	BANDEJA	SEMAT	TRP-50-Z	CHAPA GALV. 3000MM	50x50MM	50	\$ 49,73	2486,5
86	BANDEJA	SEMAT	TRP-200-B-Z	CHAPA GALV. 3000MM	20x200MM	3	\$ 74,56	223,68
87	BANDEJA	SEMAT	TRP-50-B-Z	CHAPA GALV. 3000MM	20x50	6	\$ 35,68	214,08
							<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 113.490,92</b>

Para disminuir el costo debido a los materiales, se llevó a cabo un relevamiento de los componentes eléctricos que se encuentran en buen estado como para reutilizarlos.

Los resultados obtenidos fueron:



LISTA DE MATERIALES EXISTENTES					
ID	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	NH 400H (RELÉ STR23SE)	4 X 400 A	1,00
2	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	NR 160F (CLASE TM125D)	4 X 125 A	1,00
3	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	GENERAL ELECTRIC	G63	3 X 50 A	2,00
4	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	C60N (CURVA C)	4 X 40 A	3,00
5	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER		4 X 63 A	1,00
6	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	1 X 10 A	2,00
7	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	2 X 16 A	2,00
8	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER		3 X 63 A	2,00
9	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	C60N (CURVA C)	2 X 63 A	1,00
10	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	2 X 32 A	2,00
11	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	2 X 20 A	5,00
12	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER		4 X 50 A	2,00
13	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	2 X 6 A	1,00
14	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	4 X 63 A	2,00
15	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SIEMENS		3 X 32 A	1,00
16	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	3 X 32 A	2,00
17	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	2 X 25 A	1,00
18	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SICA		3 X 25 A	1,00
19	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SICA		3 X 40 A	1,00
20	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SICA		2 X 25 A	1,00
21	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	GENERAL ELECTRIC	G 63	3 X 25 A	1,00
22	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	C60N (CURVA C)	3 X 25 A	1,00
23	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	4 X 16 A	2,00
24	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	4 X 25 A	1,00
25	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	GENERAL ELECTRIC		4 X 63	1,00
26	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SCHNEIDER	P60	2 x 40 A	2,00
27	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	SIMENS		4 X 40 A	1,00
28	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	ID	4 X 63 A - 30 mA	8,00
29	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	GENERAL ELECTRIC	ID	4 X 63 A - 30 mA	2,00
30	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	ID	4 X 25 A - 30 mA	4,00
31	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	ID	4 X 40 A - 30mA	2,00
32	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	SCHNEIDER	ID	2 X 40 A - 30 mA	3,00
33	FUSILERA	SIEMENS	PARA FUSIBLES NT		1,00
34	FUSIBLE	SIEMENS	NT	80 A	3,00
35	FUSIBLE	SICA	NH2	315 A	3,00
36	VARLOGIC	SCHNEIDER	R6		1,00
37	TELERRUPTOR	SCHNEIDER	TL	1 X 16 A (24 V)	2,00
38	TELERRUPTOR	SCHNEIDER	ETL	2 X 16 A (24 V)	2,00



39	TELERRUPTOR	SCHNEIDER	TLI	2 X 16 A (24 V)	2,00
40	JUEGO DE BARRAS	SCHNEIDER	8 X 40 X 900		1,00
41	JUEGO DE BARRAS		3 X 15 X 200		1,00
42	CONTACTOR	TELEMECANIQUE	CL1-K16		4,00
43	CONTACTOR	TELEMECANIQUE	CL1 - DK		4,00
44	TRAFO			220/24 V - 150 VA	1,00
45	TOMA		BASE EMBUTIDA (P/ TABLERO)	3P 32A + T	24,00
46	TOMA		BASE EMBUTIDA (P/ TABLERO)	2P 10A + T	22,00
47	TOMA		BASE EMBUTIDA (P/ TABLERO)	2P 16A + T	1,00



## 5 ILUMINACIÓN.

### 5.1 Introducción.

En la industria metal mecánica el cálculo de iluminación es de gran importancia debido al tipo de actividad que se efectúa dentro de la planta.

En esta sección del proyecto se busca cumplir con los índices establecidos de iluminación, sin perder de vista el rendimiento y la distribución, logrando reducir al mínimo el número de luminarias y por consecuencia el consumo eléctrico.

Para realizar el cálculo de iluminación, se adoptó la distribución de los sectores detallados en la Figura 4.

### 5.2 Selección de luminarias y lámparas del proyecto.

Para la selección del tipo de luminaria se tuvo en cuenta el campo de aplicación de la luminaria y el tipo de iluminación que se desea lograr. También se busco obtener un alto rendimiento luminoso acompañado de estética y un bajo costo de mantenimiento e instalación.

#### 5.2.1 Tipo de luminaria.

En los sectores 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se utilizaron reflectores industriales **AL 500**.<sup>51</sup> Estas luminarias están diseñadas para lograr un alto rendimiento luminoso y generar ambientes con mayor sensación de luz mediante iluminación directa e indirecta.

El reflector consta de un refractor parabólico facetado de acrílico resistente a la radiación ultra violeta.

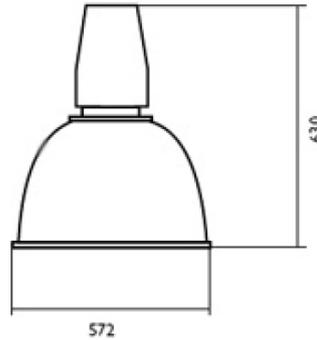
Según lo establecido por el fabricante<sup>52</sup>, este tipo de reflector posee un rendimiento de  $\eta_L = 0,74$ .

En la siguiente figura se expone las dimensiones del reflector industrial adoptado.

---

<sup>51</sup> Ver anexo I-C001.

<sup>52</sup> PHILIPS®.



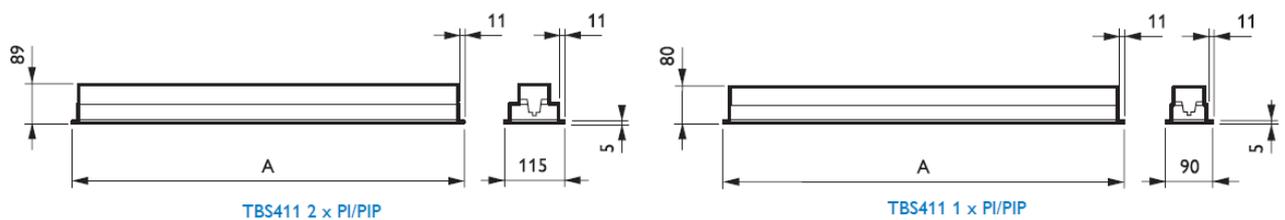
Dimensiones – Reflector Industrial.

Los sectores 7, 8 y 9 que requieren un flujo luminoso más focalizado se utilizan luminarias TBS 411.<sup>53</sup>

Es un tipo de luminaria de montaje empotrado para lámparas fluorescentes TL5 MASTER O ECO, para techos de perfilera vista u oculta, de modulación estándar en longitud. Un reflector principal de aluminio mate se encarga de optimizar la distribución asimétrica para crear altas iluminancias verticales.

El rendimiento de este tipo de luminaria es  $\eta_l = 0,85$ .

Las dimensiones se muestran en la siguiente figura.



### 5.2.2 Tipo de lámpara.

Las lámparas utilizadas en los reflectores industriales son de mercurio de alta presión. El modelo de la misma es SON – SODIO 250W.<sup>54</sup> Estas poseen una eficiencia luminosa de hasta 120 lm/W.

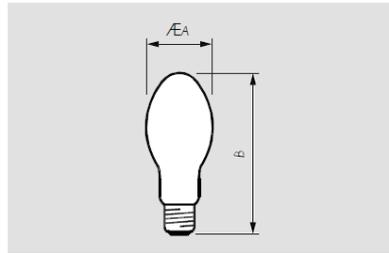
Las lámparas SON Standard son eficientes en costo y una mejor alternativa en vías y en grandes áreas urbanas e industriales, que necesitan el uso continuo de iluminación por largos periodos de tiempo.

<sup>53</sup> Ver anexo I-C002.

<sup>54</sup> Ver anexo I-C003.



En la siguiente figura se representa las dimensiones fundamentales y las características luminosas de esta lámpara.



Dimensões em mm

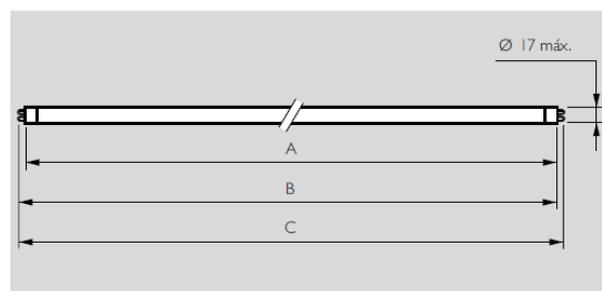
Tipo	A máx.	B máx.
Base E27		
SON 70W	71.0	156.0
Base E40		
SON 150W, 250W	91.0	226.0

**Dimensiones – Lámpara SON.**

Tipo	W	Ignitor externo interno	Base	Acabado	Potencia de la lámpara	Tensión de la lámpara	Corriente de la lámpara	Flujo luminoso
					W	V	A	lm
SON								
SON	70W	E	E27	ARGENTA	70	90	0.98	5600
SON	70W	I CLARA	E27	CLARA	70	90	0.98	6000
SON	70W	I	E27	ARGENTA	70	90	0.98	5600
SON	150W	E	E40	ARGENTA	147	100	1.80	14500
SON	250W	E	E40	ARGENTA	250	100	3.00	27000
SON	400W	E	E40	ARGENTA	400	105	4.45	48000

**Lámpara SON - 250 W**

Para las luminarias TBS 411 se adopta un lámpara fluorescente tipo 'TL'5 35W HE y 'TL'5 28W HE.<sup>55</sup> Estas poseen una alta eficiencia (arriba de 104 lm/W). Las lámparas 'TL' 5 HE fueron especialmente desarrolladas para funcionar con balasto electrónico.



Dimensiones en mm

Tipo	A máx.	B mín.	B máx.	C máx.
'TL'5 14W HE	549.0	553.7	556.1	563.2
'TL'5 21W HE	849.0	853.7	856.1	863.2
'TL'5 28W HE	1149.0	1153.7	1156.1	1163.2
'TL'5 35W HE	1449.0	1453.7	1456.1	1463.2

**Dimensiones – Lámpara 'TL'5 HE.**

<sup>55</sup> Ver anexo I-C004.



Tipo	Base	Tensión de la lámpara V	Corriente de la lámpara A	Definición de Color	Flujo Luminoso lm
TL'S 28W HE	G5	167	170	BLANCO CÁLIDO	2900
TL'S 28W HE	G5	167	170	BLANCO NEUTRO	2900
TL'S 28W HE	G5	167	170	BLANCO FRÍO	2900
TL'S 28W HE	G5	167	170	LUZ DÍA	2750
TL'S 28W HE	G5	167	170	LUZ DÍA FRÍO	2700
TL'S 35W HE	G5	209	170	BLANCO CÁLIDO	3650
TL'S 35W HE	G5	209	170	BLANCO NEUTRO	3650
TL'S 35W HE	G5	209	170	BLANCO FRÍO	3650
TL'S 35W HE	G5	209	170	LUZ DÍA	3500
TL'S 35W HE	G5	209	170	LUZ DÍA FRÍO	3400

Lámpara Fluorescente 'TL'S

Como se observa, el flujo luminoso para las lámparas de sodio adoptada vale 2700lm, y para los tubos fluorescentes a utilizar es 2900lm (28W) y 3650lm (35W).

### 5.3 Iluminación media ( $E_m$ ).

Para adoptar la iluminación media en cada sector, se recurrió a la norma DIN 5035<sup>56</sup>.

Esta última recomienda para actividades metalúrgicas una iluminancia media de 250 Lux. Por otro lado, en los sectores donde se ubican pasillos, rampas de carga y descarga recomienda una  $E_m$  de 60 Lux.

En lugares donde se acopia materia prima la norma propone 120 Lux.

En los sectores de oficina en el que se desarrollan actividades mecanográficas, la norma recomienda una iluminancia media de 500 Lux.

La tabla indica el valor adoptado de iluminancia media para cada sector.

SECTOR	DENOMINACIÓN	$E_m$ [Lux]
1	Nave principal	200
2	Depósito materia prima	200
3	Pasillo – compresor	60
4	Sector inoxidable	250
5	Depósito (lechuga)	120
6	Pañol	250
7	Sector instalación eléctrica	250
8	Oficina eléctrica	500
9	Oficinas administrativas	500

Como se puede ver en la nave principal se adoptó un valor de luminancia media de 200lux. Esto se debe que en dicha región se encuentran pasillos, zona de acopio de material, etc. Esto hace que las luminarias se encuentren ubicadas en las zonas de trabajo. Por otro

<sup>56</sup> Manual de Luminotecnia – OSRAM – páginas 282, 284, 286



lado, para el depósito de materia prima se tomó una iluminancia media de 200lux, cuando la norma recomienda 120lux. Esto se debe porque en esta zona de la metalúrgica también se efectúan trabajos de corte de materia prima, soldadura, montaje, etc.

#### 5.4 Factor de mantenimiento ( $f_m$ ).

Este indicador tiene en cuenta la depreciación de las características fotométricas de las luminarias y el envejecimiento de las lámparas. Varía según el tipo de luminaria utilizada, las condiciones ambientales y la forma en que se efectúa el mantenimiento.

Para los sectores que utilizan reflectores industriales, el tipo de mantenimiento se resume a continuación.

TIPO DE MANTENIMIENTO	FACTOR DE MANTENIMIENTO CON RELACIÓN A LA LUMINARIA
	
Bueno	0,75
Medio	0,65
Pésimo	0,55

Por el tipo de actividad desarrollada en la planta, se adopta un factor de mantenimiento medio 0,65.

Para aquellas regiones que se utilizan luminarias TBS 411 el  $f_m$  es más elevado con respecto al anterior, dado que el ambiente se encuentra menos afectado por la contaminación.

El factor de mantenimiento adoptado es 0,70.

#### 5.5 Factor de reflexión ( $\rho$ ).

En la siguiente tabla<sup>57</sup> se puede apreciar los valores de reflexión que adoptan los diferentes colores y superficies.

Color	Reflexión	Material	Reflexión
Blanco	0,70 – 0,85	Hormigón claro	0,30 – 0,50
Gris oscuro	0,40 – 0,50	Hormigón oscuro	0,15 – 0,25
Gris claro	0,10 – 0,20	Ladrillo claro	0,30 – 0,40
Marrón claro	0,30 – 0,40	Ladrillo oscuro	0,15 – 0,25
Marrón oscuro	0,10 – 0,20	Granito	0,15 – 0,25

<sup>57</sup> Manual de Luminotecnia – OSRAM – Tabla 20.3.



Los valores seleccionados para los sectores industriales (1, 2, 3, 4, 5 y 6) son:

- Techo ( $\rho_1$ ): 0,3.
- Paredes ( $\rho_2$ ): 0,3.
- Suelo ( $\rho_3$ ): 0,1.

Par los demás sectores (7, 8 y 9) se propusieron los siguientes valores:

- Techo ( $\rho_1$ ): 0,5.
- Paredes ( $\rho_2$ ): 0,5.
- Suelo ( $\rho_3$ ): 0,3.

## 5.6 Rendimiento del local ( $\eta_R$ ).

Para el cálculo del rendimiento del local se debe conocer las dimensiones del mismo, el tipo de luminaria a utilizar y la altura que se encontrará la misma con respecto al plano de trabajo.

Todos los cálculos de iluminación realizados se efectuaron con una altura de plano de trabajo de 0,85 metros.

### 5.6.1 Índice del local (K).

El índice del local depende de las dimensiones del mismo, y de la altura del plano de trabajo hasta la luminaria a utilizar. Para calcularlo se debe conocer si la luminaria es directa, semi-directa e indirecta.

Las alturas de la luminaria varían según el sector.

Las luminarias que se adoptaron en el presente proyecto son del tipo directas.

La expresión que rige el índice del local para este tipo de luminaria es:

$$K = \frac{a \times b}{h_{pt} \times (a + b)}$$

Donde:

ayb: dimensiones del local.

$h_{pt}$ : altura de la luminaria desde el plano de trabajo.

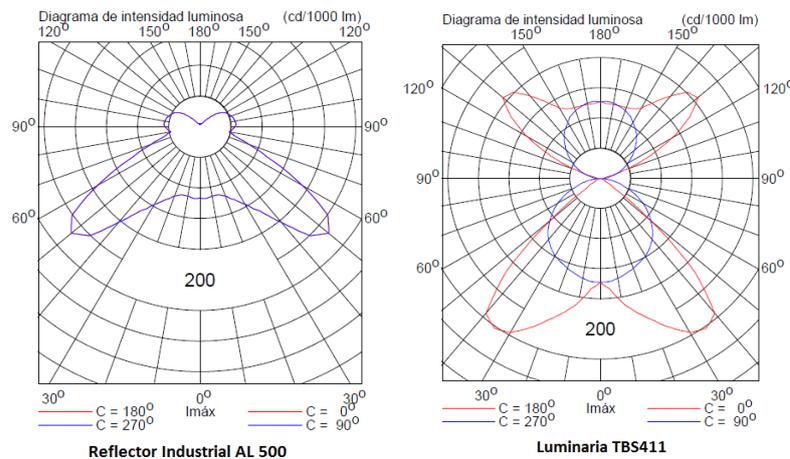


En la presente tabla se expone las diferentes alturas.

SECTOR	ALTURA DEL PLANO DE TRABAJO [m]	ALTURA DE LA LUMINARIA $h_{pt}$ [m]
1	0,85	9
2	0,85	9
3	0,85	6
4	0,85	6
5	0,85	6
6	0,85	6
7	0,85	3
8	0,85	3
9	0,85	3

Luego de calcular el índice del local, se ingresa con los valores de reflexión a la tabla 20-4<sup>58</sup>, y de acuerdo a la curva de distribución luminosa<sup>59</sup> se obtiene el rendimiento del local buscado.

Las curvas de distribución luminosas de las luminarias utilizadas son:



Curva de distribución luminosa.

Los resultados obtenidos se encuentran en la siguiente tabla.

RENDIMIENTO DEL LOCAL

Sector	a [m]	b [m]	S [m <sup>2</sup> ]	h [m]	$h_{pt}$ [m]	$h_m$ [m]	$f_m$	K	$\rho_1$	$\rho_2$	$\rho_3$	$\eta_R$
1	31,4	36,0	1130,4	9,0	0,85	8,15	0,65	2,06	0,3	0,3	0,1	0,64
2	13,0	46,0	598,0	9,0	0,85	8,15	0,65	1,24	0,3	0,3	0,1	0,52
3	8,0	24,5	194,4	6,0	0,85	5,15	0,65	1,17	0,3	0,3	0,1	0,41
4	13,7	29,4	402,8	6,0	0,85	5,15	0,65	1,81	0,3	0,3	0,1	0,59
5	9,4	19,4	182,4	6,0	0,85	5,15	0,65	1,23	0,3	0,3	0,1	0,44
6	8,1	15,0	121,5	6,0	0,85	5,15	0,65	1,02	0,3	0,3	0,1	0,35
7	7,45	14,8	110,6	3,0	0,85	2,15	0,7	2,31	0,5	0,5	0,3	0,9

<sup>58</sup> Manual de Luminotecnia – OSRAM – páginas 287 y 288.

<sup>59</sup> Según DIN 5040.



8-Loc.13	4	4,05	16,2	3,0	0,85	2,15	0,7	0,94	0,5	0,5	0,3	0,65
9-Loc.1	2,35	7,5	17,63	3,0	0,85	2,15	0,7	0,83	0,5	0,5	0,3	0,60
9-Loc.2	3,05	3,5	10,68	3,0	0,85	2,15	0,7	0,76	0,5	0,5	0,3	0,57
9-Loc.3	3,05	3,5	10,68	3,0	0,85	2,15	0,7	0,76	0,5	0,5	0,3	0,57
9-Loc.4	3,05	3,4	10,37	3,0	0,85	2,15	0,7	0,76	0,5	0,5	0,3	0,57
9-Loc.5	3,3	3,95	13,04	3,0	0,85	2,15	0,7	0,84	0,5	0,5	0,3	0,61
9-Loc.6	3	3,3	9,9	3,0	0,85	2,15	0,7	0,73	0,5	0,5	0,3	0,55
9-Loc.7	3,8	4,85	18,43	3,0	0,85	2,15	0,7	1	0,5	0,5	0,3	0,67
9-Loc.8	1,5	2,2	3,3	3,0	0,85	2,15	0,7	0,41	0,5	0,5	0,3	0,36
9-Loc.9	1,8	3,05	5,49	3,0	0,85	2,15	0,7	0,53	0,5	0,5	0,3	0,43
9-Loc.10	3,5	4,45	15,58	3,0	0,85	2,15	0,7	0,91	0,5	0,5	0,3	0,63
9-Loc.11	2,45	3,5	5,95	3,0	0,85	2,15	0,7	0,47	0,5	0,5	0,3	0,39
9-Loc.12	1,85	7,2	13,32	3,0	0,85	2,15	0,7	0,68	0,5	0,5	0,3	0,52

En la última columna podemos observar los valores de rendimiento calculados para cada sector.

### 5.7 Flujo luminoso total ( $\phi_T$ ).

El flujo luminoso total se determina con los parámetros antes mencionados.

Este valor nos indica la cantidad de lúmenes que necesitamos para lograr la luminancia media adoptada.<sup>60</sup>

La expresión que rige el cálculo de flujo luminoso total es:

$$\phi_T = \frac{E_m \times S}{\eta \times f_m}$$

Donde:

S: superficie a iluminar.

### 5.8 Número de puntos de luz ( $N_L$ ).

Cada lámpara posee un flujo luminoso que la caracteriza.

Para la determinación del número de puntos luminosos debemos conocer el tipo de lámpara que se utiliza en cada sector, y por consecuencia el flujo luminoso de las mismas.

Para hallar el número de lámparas en cada sector, se aplica la siguiente expresión:

$$N_L = \frac{\phi_T}{\phi_L} \text{ (numero entero)}$$

<sup>60</sup> Manual de Luminotecnia – OSRAM – páginas 282, 284, 286



### 5.9 Cálculo de iluminación para cada sector.

En la siguiente tabla se exponen los resultados obtenidos del cálculo de iluminación de cada sector de la planta.

**CÁLCULO DE ILUMINACIÓN**

Sector	a [m]	b [m]	S [m <sup>2</sup> ]	h [m]	h <sub>pt</sub> [m]	h <sub>m</sub> [m]	f <sub>m</sub>	K	ρ <sub>1</sub>	ρ <sub>2</sub>	ρ <sub>3</sub>	η <sub>R</sub>	η <sub>L</sub>	Cu	Em [lux]	Φ <sub>T</sub> [lm] x10 <sup>3</sup>	Φ <sub>L</sub> [lm] x10 <sup>3</sup>	N <sub>L</sub>
1	31,4	36,0	1130,4	9,0	0,85	8,15	0,65	2,06	0,3	0,3	0,1	0,64	0,74	0,47	200,0	734,4	27,0	30
2	13,0	46,0	598,0	9,0	0,85	8,15	0,65	1,24	0,3	0,3	0,1	0,52	0,74	0,38	200,0	478,2	27,0	18
3	8,0	24,5	194,4	6,0	0,85	5,15	0,65	1,17	0,3	0,3	0,1	0,41	0,74	0,30	60,0	59,8	27,0	3
4	13,7	29,4	402,8	6,0	0,85	5,15	0,65	1,81	0,3	0,3	0,1	0,59	0,74	0,44	250,0	354,8	27,0	12
5	9,4	19,4	182,4	6,0	0,85	5,15	0,65	1,23	0,3	0,3	0,1	0,44	0,74	0,33	120,0	103,4	27,0	4
6	8,1	15,0	121,5	6,0	0,85	5,15	0,65	1,02	0,3	0,3	0,1	0,35	0,74	0,26	250,0	180,4	27,0	5
7	7,45	14,8	110,6	3,0	0,85	2,15	0,7	2,31	0,5	0,5	0,3	0,9	0,85	0,77	250,0	51,6	7,3	5
8-Loc.13	4	4,05	16,2	3,0	0,85	2,15	0,7	0,94	0,5	0,5	0,3	0,65	0,85	0,55	500,0	20,9	2,9	6
9-Loc.1	2,35	7,5	17,63	3,0	0,85	2,15	0,7	0,83	0,5	0,5	0,3	0,60	0,85	0,51	500,0	24,9	3,65	6
9-Loc.2	3,05	3,5	10,68	3,0	0,85	2,15	0,7	0,76	0,5	0,5	0,3	0,57	0,85	0,48	500,0	15,74	3,65	4
9-Loc.3	3,05	3,5	10,68	3,0	0,85	2,15	0,7	0,76	0,5	0,5	0,3	0,57	0,85	0,48	500,0	15,74	3,65	4
9-Loc.4	3,05	3,4	10,37	3,0	0,85	2,15	0,7	0,76	0,5	0,5	0,3	0,57	0,85	0,48	500,0	15,74	3,65	4
9-Loc.5	3,3	3,95	13,04	3,0	0,85	2,15	0,7	0,84	0,5	0,5	0,3	0,61	0,85	0,52	500,0	18,07	3,65	3
9-Loc.6	3	3,3	9,9	3,0	0,85	2,15	0,7	0,73	0,5	0,5	0,3	0,55	0,85	0,47	250,0	7,52	3,65	2
9-Loc.7	3,8	4,85	18,43	3,0	0,85	2,15	0,7	1	0,5	0,5	0,3	0,67	0,85	0,57	250,0	11,55	3,65	4
9-Loc.8	1,5	2,2	3,3	3,0	0,85	2,15	0,7	0,41	0,5	0,5	0,3	0,36	0,85	0,31	500,0	1,8	2,9	1
9-Loc.9	1,8	3,05	5,49	3,0	0,85	2,15	0,7	0,53	0,5	0,5	0,3	0,43	0,85	0,37	250,0	5,3	2,9	2
9-Loc.10	3,5	4,45	15,58	3,0	0,85	2,15	0,7	0,91	0,5	0,5	0,3	0,63	0,85	0,54	120,0	4,9	2,9	2
9-Loc.11	2,45	3,5	5,95	3,0	0,85	2,15	0,7	0,47	0,5	0,5	0,3	0,39	0,85	0,33	120,0	3,1	2,9	2
9-Loc.12	1,85	7,2	13,32	3,0	0,85	2,15	0,7	0,68	0,5	0,5	0,3	0,52	0,85	0,44	60,0	2,6	2,9	2

Como se puede observar, la última columna nos muestra el número de puntos luminosos adoptado para cada sitio.

En los planos adjuntos I-P014 y I-P015, observamos la disposición de las luminarias en cada sector.

### 5.10 Verificación del cálculo mediante software.

Todos los cálculos de iluminación realizados sobre cada sector se verifican mediante el software Calculux 4.0a.<sup>61</sup>

<sup>61</sup> Software de la firma PHILIPS®, ver anexo I-V.



### 5.11 Presupuesto.

El cálculo de presupuesto comprende el costo de los componentes utilizados para llevar a cabo la instalación.

Dicho cálculo no contempla la mano de obra, como también gastos administrativos.

En la siguiente tabla se expone la lista de materiales con su correspondiente costo.

CÁLCULO DE PRESUPUESTO – ILUMINACIÓN						
ID	DENOMINACIÓN	TIPO	MARCA	CANTIDAD	PRESIO UNI. [\$]	SUB-TOTAL [\$]
1	Luminaria	AL 500	PHILIPS	72	1.000,00	72.000,00
		ARTEFACTO TCW 2X36W	PHILIPS	27	324,45	8.760,15
		ARTEFACTO TCW 2X28W	PHILIPS	14	324,45	4.542,30
2	Lámpara	SON 250	PHILIPS	72	54,23	3.904,56
		TL'5 35W HE	PHILIPS	27	47,63	1.286,01
		TL'5 28W HE	PHILIPS	15	47,63	714,45
3	Balasto	AL 758	WAMCO	72	124,18	8.941,03
		E, 1X14,21,28,35W	PHILIPS	27	95,15	2.569,05
		E, 2X14,21,28,35W	PHILIPS	14	105,47	1.476,58
4	Telerruptor	TL 2P16A 230VCA	SCHNEIDER ELECTRIC	12	372,71	4.472,50
5	Contactador	AUX, 32A, 3NA, 2NC, 220V 50/60HZ	SCHNEIDER ELECTRIC	12	286,53	3.438,41
6	Pulsador	PULSADOR LUMINOSO NA (VERDE)	SCHNEIDER ELECTRIC	12	161,08	1.932,96
7	Cable	UNIPOLAR 2,5MM <sup>2</sup>	PRYSMIAN	375	1,967	737,63
		BIPOLAR 2,5MM <sup>2</sup>	PRYSMIAN	520	5,852	3.043,04
		BIPOLAR 4MM <sup>2</sup>	PRYSMIAN	463	8,782	4.066,066
		TETRAPOLAR 10MM <sup>2</sup>	PRYSMIAN	140	34,049	4.766,86
		TETRAPOLAR 16MM <sup>2</sup>	PRYSMIAN	68	54,335	3.694,78
					<b>COSTO TOTAL</b>	<b>130.346,376</b>