



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**  
Facultad Regional Concepción del Uruguay  
**INGENIERIA ELECTROMECHANICA**

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

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

**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**



**Abstract.**

This project consists of the complete resizing of compressed air systems, electrical installation and lighting of a metallurgical plant located in Colón (E. Ríos). It seeks to achieve greater flexibility and reliability of essential services to this industry, as well as other means of energy saving, without disregarding the laws in our country. Some of the topics dealt with are: the type of air compressor to be used that is most suitable in this case, the design of pressure vessel and the expansion of the compressed air line, relocation of electrical panels, the study of recruitment power supply, the selection of protective devices and maneuver, the sizing of the ground system. It was also taken into account a possible expansion of the plant in the future. It is important to mention that the installation of the pneumatic system developed was carried out with satisfactory results from the operational and functional standpoint.



**Resumen.**

El presente proyecto consiste en el redimensionamiento completo de las instalaciones de *aire comprimido, instalación eléctrica e iluminación* de una planta metalúrgica ubicada en la zona de Colón (E. Ríos).

Se busca lograr una mayor flexibilidad y confiabilidad de los servicios fundamentales para este tipo de industria, sin perder de vista las normas vigentes en nuestro país, como también los posibles ahorros energéticos.

Dentro de los principales temas abordados nos encontramos con el estudio de conveniencia del tipo de compresor de aire a utilizar, el diseño del recipiente de aire comprimido, la ampliación de la línea de aire comprimido, la reubicación de los tableros eléctricos, el estudio de la contratación del suministro eléctrico, la selección de dispositivos de protección y maniobra, el dimensionamiento del sistema de puesta a tierra.

También se tuvo en cuenta las posibles futuras ampliaciones de la planta.

Cabe destacar, que la instalación neumática desarrollada fue llevada a cabo con resultados satisfactorios desde el punto de vista operativo, como también funcional.



***Agradecimientos:***

- Ing. García Néstor Aníbal Emilio.
- Ing. Puente Gustavo.
- Ing. De Marco Luis.
- Ing. Roberto Jacquet.
- Ing. Goyeneche Emilio Rubén.
- Ing. González Martín Darío.
- Ing. De Benedetti Ariel.
- Ing. Schroeder Celso Aníbal.
- Ing. Fabián López.



**ÍNDICE GENERAL**

***TOMO I: PROYECTO EJECUTIVO.***

*TOMO II: MEMORIA DE CÁLCULO.*

*TOMO III: ANEXOS.*



**ÍNDICE**

<b>1</b>	<b><i>Introducción.</i></b> .....	<b>10</b>
1.1	<b>Planteo de la problemática.</b> .....	<b>10</b>
1.2	<b>Objetivos.</b> .....	<b>10</b>
1.3	<b>Alcances.</b> .....	<b>10</b>
1.3.1	Instalación de Aire Comprimido. ....	10
1.3.2	Instalación eléctrica. ....	11
1.3.3	Iluminación.....	11
1.4	<b>No se incluye en el presente PFC.</b> .....	<b>12</b>
1.5	<b>Metodología general.</b> .....	<b>12</b>
1.6	<b>Impacto.</b> .....	<b>12</b>
1.7	<b>Códigos.</b> .....	<b>13</b>
1.7.1	Anexos. ....	13
1.7.2	Planos. ....	13
1.7.3	Aparatos de consumo. ....	14
<b>2</b>	<b><i>Estudio de la problemática.</i></b> .....	<b>14</b>
2.1	<b>Aspectos generales.</b> .....	<b>14</b>
2.2	<b>Alcances del estudio.</b> .....	<b>15</b>
2.3	<b>Restricciones.</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b><i>Instalación de aire comprimido.</i></b> .....	<b>18</b>
3.1	<b>Introducción.</b> .....	<b>18</b>
3.2	<b>Consumos.</b> .....	<b>19</b>
3.3	<b>Pérdidas en la línea.</b> .....	<b>19</b>
3.4	<b>Ampliaciones futuras.</b> .....	<b>20</b>
3.5	<b>Capacidad del compresor.</b> .....	<b>20</b>
3.6	<b>Selección del compresor.</b> .....	<b>20</b>
3.7	<b>Tratamiento de aire.</b> .....	<b>21</b>
3.7.1	Secador de aire.....	21



3.7.2	Selección de filtros.....	21
<b>3.8</b>	<b>Depósito de aire.....</b>	<b>22</b>
3.8.1	Volumen del depósito de aire comprimido.....	22
3.8.2	Envoltente cilíndrica.....	23
3.8.3	Cabezales toriesféricos. ....	24
3.8.4	Elementos de seguridad del depósito de aire comprimido.....	25
<b>3.9</b>	<b>Línea neumática. ....</b>	<b>25</b>
3.9.1	Material de la tubería y accesorios.....	25
3.9.2	Consideraciones principales.....	26
<b>3.10</b>	<b>Procedimiento de cálculo de la línea neumática. ....</b>	<b>26</b>
<b>3.11</b>	<b>Calculo de los diferentes tramos de la instalación. ....</b>	<b>27</b>
<b>3.12</b>	<b>Verificación del diámetro de tuberías. ....</b>	<b>27</b>
<b>3.13</b>	<b>Verificación del espesor de tubería. ....</b>	<b>27</b>
<b>3.14</b>	<b>Señalización. ....</b>	<b>28</b>
<b>3.15</b>	<b>Ménsula de apoyo.....</b>	<b>28</b>
3.15.1	Distancia entre apoyo.....	29
<b>3.16</b>	<b>Tomas de aire.....</b>	<b>29</b>
<b>3.17</b>	<b>Bajadas de alimentación. ....</b>	<b>29</b>
<b>3.18</b>	<b>Colectores de condensado. ....</b>	<b>30</b>
<b>3.19</b>	<b>Presupuesto. ....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>Instalación eléctrica. ....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Instalación eléctrica taller. ....</b>	<b>32</b>
4.1.1	Descripción de los componentes.....	32
4.1.2	Relevamiento de carga de la instalación.....	35
4.1.3	Coeficiente de simultaneidad.....	37
4.1.4	Factor de utilización.....	37
4.1.5	Factor de agrupamiento.....	37
4.1.6	Descripción de la instalación. ....	38
4.1.7	Distribución de tableros seccionales. ....	38
4.1.8	Dimensionamiento de conductores.....	39



4.1.9	Cálculo de conductores.....	39
4.1.10	Canalización. ....	40
4.1.11	Accesorios. ....	41
<b>4.2</b>	<b>Protecciones.....</b>	<b>43</b>
4.2.1	Corrientes de cortocircuito. ....	43
4.2.2	Interruptor termomagnético.....	45
4.2.3	Protección de línea frente a corrientes de cortocircuito máximas. ....	48
4.2.4	Verificación de la longitud máxima.....	49
4.2.5	Selectividad. ....	49
4.2.6	Seccionadores. ....	50
4.2.7	Interruptores diferenciales. ....	51
<b>4.3</b>	<b>Instalación eléctrica oficinas técnicas. ....</b>	<b>52</b>
4.3.1	Grado de electrificación.....	53
4.3.2	Puntos de utilización.....	53
4.3.3	Número máximo de bocas por circuito.....	54
4.3.4	Consideraciones generales para circuitos. ....	55
4.3.5	Demanda de potencia máxima simultanea.....	55
4.3.6	Sección nominal de los conductores.....	55
4.3.7	Conductos. ....	56
<b>4.4</b>	<b>Esquema de conexión. ....</b>	<b>56</b>
<b>4.5</b>	<b>Instalación de puesta a tierra.....</b>	<b>56</b>
4.5.1	Componentes de la malla.....	57
4.5.2	Resistencia de la puesta a tierra.....	59
<b>4.6</b>	<b>Estudio del cuadro tarifario.....</b>	<b>59</b>
<b>4.7</b>	<b>Corrección del factor de potencia. ....</b>	<b>60</b>
<b>4.8</b>	<b>Presupuesto. ....</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>Iluminación.....</b>	<b>64</b>
<b>5.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>64</b>
<b>5.2</b>	<b>Selección de luminarias y lámparas del proyecto.....</b>	<b>64</b>
5.2.1	Tipo de luminaria.....	64
5.2.2	Tipo de lámpara.....	64
<b>5.3</b>	<b>Iluminación media (<math>E_m</math>). ....</b>	<b>65</b>





<b>5.4</b>	<b>Factor de mantenimiento (<math>f_m</math>)</b> .....	<b>65</b>
<b>5.5</b>	<b>Factor de reflexión (<math>\rho</math>)</b> .....	<b>65</b>
<b>5.6</b>	<b>Rendimiento del local (<math>\eta_R</math>)</b> .....	<b>66</b>
5.6.1	Índice del local (K).....	66
<b>5.7</b>	<b>Flujo luminoso total (<math>\Phi_T</math>)</b> .....	<b>66</b>
<b>5.8</b>	<b>Número de puntos de luz (<math>N_L</math>)</b> .....	<b>67</b>
<b>5.9</b>	<b>Cálculo de iluminación para cada sector</b> .....	<b>67</b>
<b>5.10</b>	<b>Verificación del cálculo mediante software</b> .....	<b>67</b>
<b>5.11</b>	<b>Presupuesto</b> .....	<b>68</b>



## **1 INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 Planteo de la problemática.**

Metalúrgica ALBACE S.A. es una empresa destinada a la fabricación y montaje de grandes equipos.

La creciente demanda de la producción, hizo que las instalaciones de la planta no sean el adecuado para el correcto funcionamiento de la misma.

También, por la incorporación de nuevos equipos surgió la necesidad de mejorar las instalaciones para el correcto funcionamiento de los mismos.

### **1.2 Objetivos.**

- Estudio de la problemática.
- Rediseñar las principales instalaciones de servicio para asegurar confiabilidad y capacidad de la nueva demanda.
- Mejorar y ampliar los puntos de suministros y calidad de servicio de dichas instalaciones.
- Análisis técnico económico.

### **1.3 Alcances.**

#### **1.3.1 Instalación de Aire Comprimido.**

##### Ingeniería básica:

- Ubicación de los puntos de consumo.
- Sistema de alimentación de los puntos de consumo.
- Futuras ampliaciones.

##### Ingeniería de detalle:

- Estudio de Consumos.
- Trazado de la red y suministros.
- Cálculo de la línea.



- Unidad de compresión.
- Depósitos de aire comprimido.
- Accesorios de la instalación.
- Presupuesto.

### **1.3.2 Instalación eléctrica.**

#### Ingeniería básica:

- Ubicación de los puntos de consumo.
- Distribución de tableros seccionales.
- Futuras ampliaciones.

#### Ingeniería de detalle:

- Relevamiento del consumo.
- Revisión y adecuación del cuadro tarifario.
- Compensación del factor de potencia.
- Trazado eléctrico.
- Cálculo eléctrico.
- Selectividad.
- Selección de componentes.
- Verificación del cálculo mediante software.
- Planos.
- Presupuesto.

### **1.3.3 Iluminación.**

#### Ingeniería básica:

- Sectores de la planta a iluminar.
- Distribución de tableros.
- Futuras ampliaciones.

#### Ingeniería de detalle:

- Cálculo de iluminación.



- Selección de componentes.
- Planos.
- Verificación del cálculo mediante software.
- Presupuesto.

#### **1.4 No se incluye en el presente PFC.**

- Los Procesos Productivos.
- Cuestiones de adjudicación.
- Cuestiones de Compra.
- Cuestiones de Montaje.

#### **1.5 Metodología general.**

Primero: evaluar las necesidades y problemas primordiales de la planta en los temas presentados.

Segundo: estudio de opciones y soluciones posibles.

Tercero: presentación a la dirección de la empresa la alternativa estudiada.

Cuarto: desarrollo del proyecto.

#### **1.6 Impacto.**

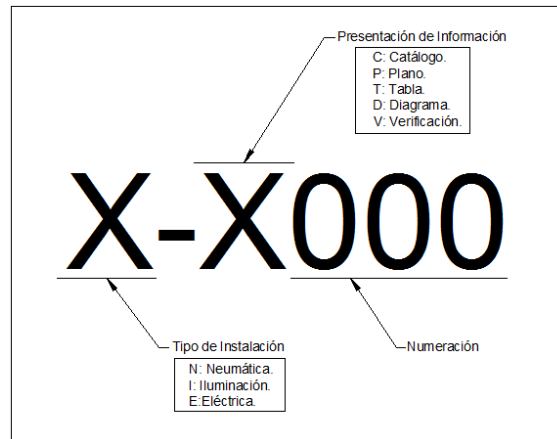
- Mejoras en el rendimiento de la planta.
- Aumento de la calidad de trabajo.
- Flexibilidad de los servicios.
- Ahorro de energía.



## 1.7 Códigos.

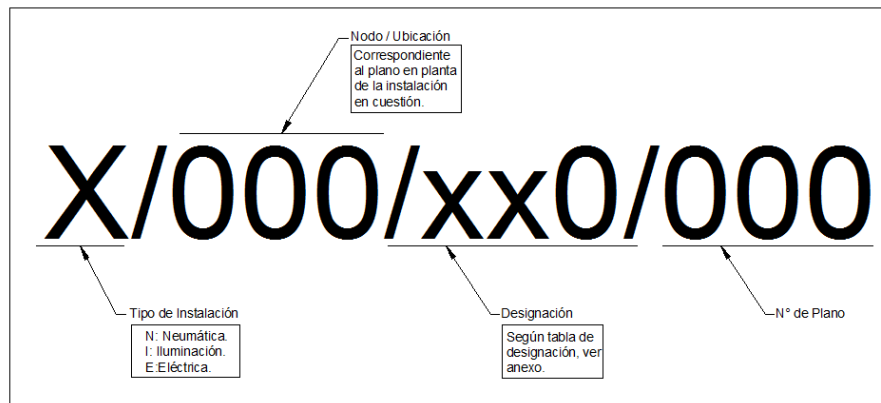
### 1.7.1 Anexos.

Para identificar la información referente a cada instalación (Neumática, Iluminación y Eléctrica) se emplea la siguiente codificación.



### 1.7.2 Planos.

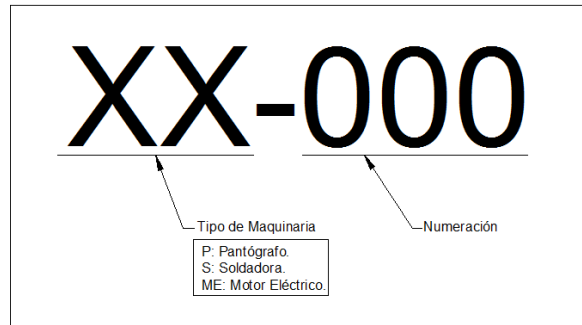
Para identificar claramente cada sector o tramo de las instalaciones se implemento un código exclusivo para los planos, con la siguiente codificación.





### 1.7.3 Aparatos de consumo.

Codificación implementada para registrar los aparatos de consumo en el relevamiento de cargas.



## 2 ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA.

### 2.1 Aspectos generales.

Metalúrgica ALBACE S.A. se encuentra ubicada en la ciudad de Colón (Entre Ríos) con una superficie cubierta de 1500m<sup>2</sup>, y un área de maniobra exterior de 2000m<sup>2</sup>.



La empresa nace como desprendimiento del sector frigorífico avícola junto con la experiencia de 18 años de trabajo en mantenimiento y construcciones de máquinas.

En sus comienzos se dedicaban fundamentalmente a la fabricación de túneles de congelado “Cartoon Freezer”. Luego de un tiempo en el mercado, la firma comenzó a desarrollar nuevos equipos como “Giro Freezer”, “Chiller de Frío”, “Flotador por Aire Disuelto (D.A.F.)”, “Escaldador”, “Peladoras”, “Cernidor”, “Sistemas de Pesaje en Línea”, “Cintas Transportadoras”.



## 2.2 Alcances del estudio.

El estudio de la problemática tiene como objetivo la identificación de la falta de suministro de servicios en los distintos sectores de la planta, como también lograr el adecuado funcionamiento de las instalaciones sin perder de vista el rendimiento y el costo de operatividad de las mismas.

Sectores de la planta en estudio:

- Nave principal (1).
- Depósito materia prima (2).
- Pasillo – compresor (3).
- Sector inoxidable (4).
- Depósito (5).
- Pañol (6).
- Sector instalación eléctrica (7).
- Oficina eléctrica (8).
- Oficinas administrativas (9).

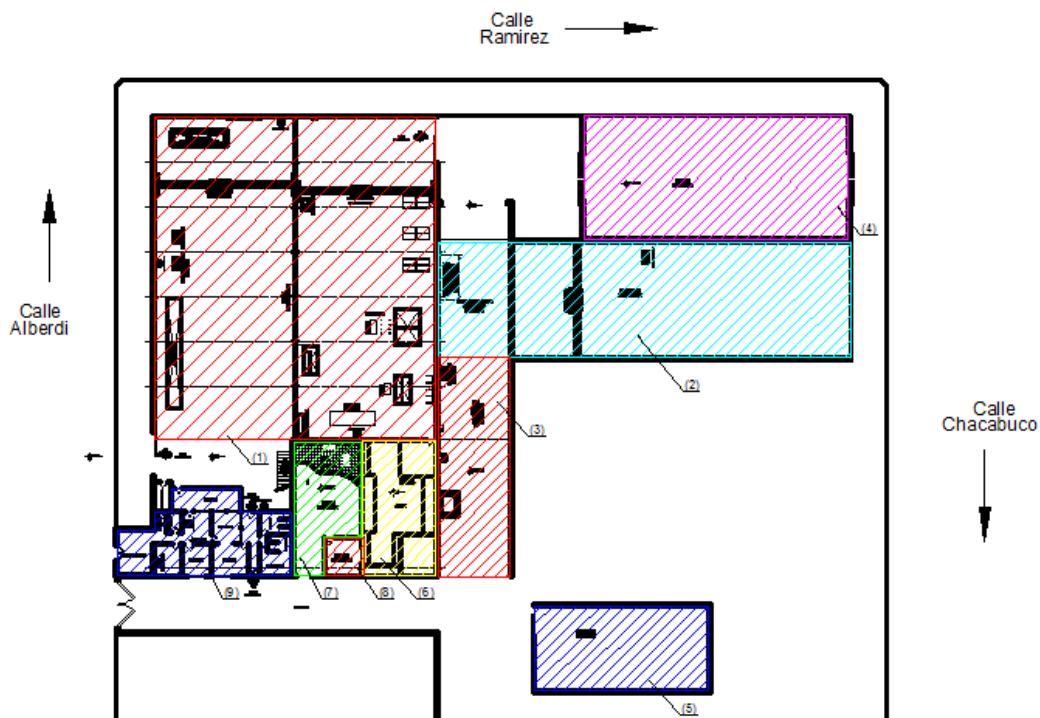


Figura 1: Plano en planta – distribución de sectores.



## 2.3 Restricciones.

Las restricciones que condicionan el estudio de cada sector, se mencionan a continuación:

1. Nave principal:

- Concentración de la producción.
- Altura de la nave.
- Control de calidad.
- Trabajos de precisión.
- Movimiento de objetos pesados.
- Pruebas de funcionamiento.

2. Depósito de materia prima:

- Altura de la nave.
- Excesivo acopio de materia prima.
- Circulación de vehículos pesados.

3. Pasillo – Compresor:

- Zona de la planta semi-cubierta.
- Altura de la nave.
- Instalación de equipos (compresor, recipiente a presión).

4. Sector Inoxidable:

- Trabajos de precisión.
- Altura de la nave.
- Acopio de material.

5. Depósito:

- Altura de la nave.
- Ubicación.
- Acopio de moto-reductores.





6. Pañol:

- Acopio de insumos y materia prima.
- Altura de la nave.
- Ubicación.

7. Sector Instalación eléctrica:

- Trabajos de precisión.
- Control de calidad.
- Pruebas de funcionamiento.
- Altura del cielorraso.

8. Oficina eléctrica:

- Acopio de material eléctrico.
- Trabajos en computadora.
- Altura del cielorraso.

9. Oficina administrativa:

- Trabajos en computadora.
- Altura del cielorraso.



### 3 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

#### 3.1 Introducción.

Para poder desarrollar todo lo referido a la instalación de aire comprimido se tomo la decisión de sectorizar la planta como se puede observar en la Figura 3. 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 (futura ampliación).

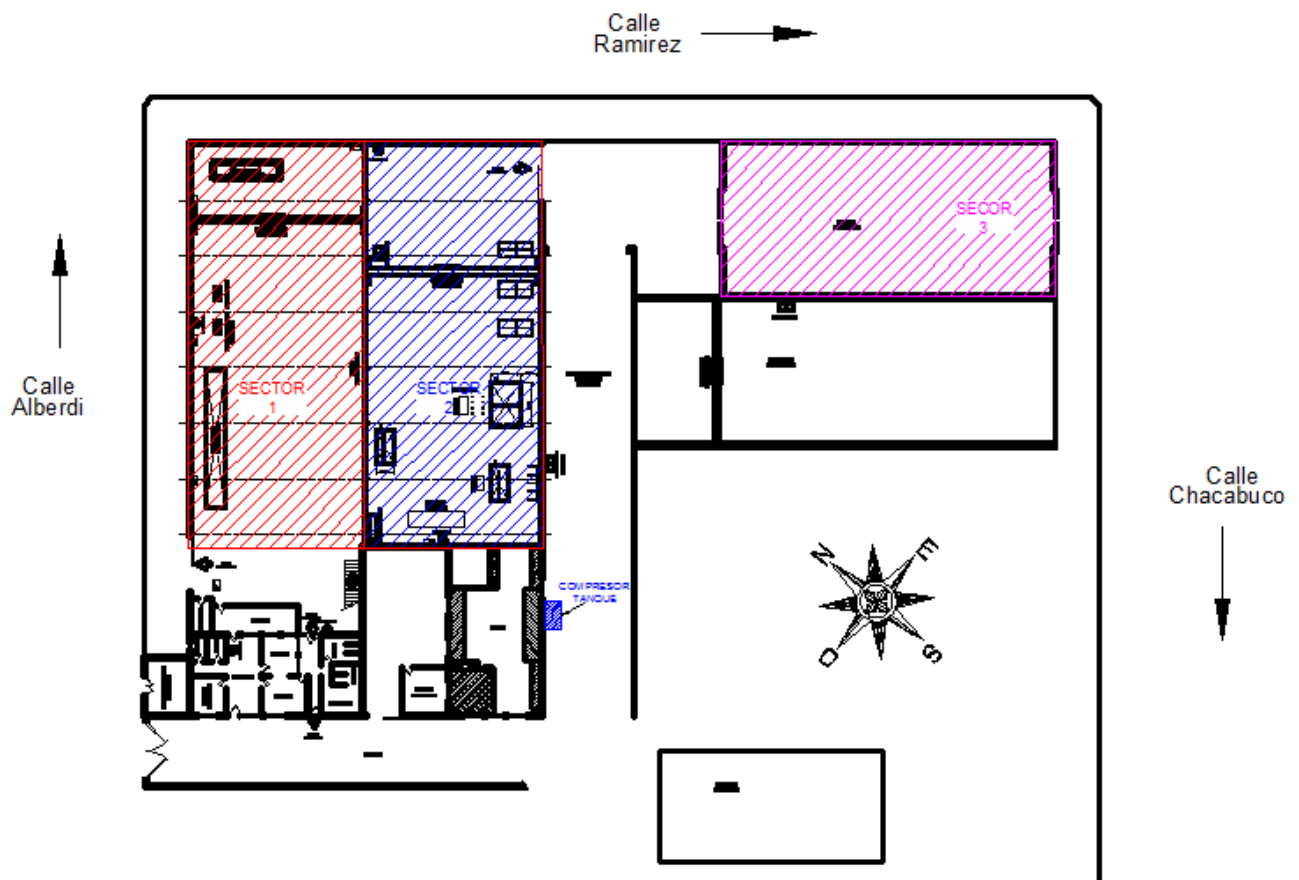


Figura 2: Plano en planta de la instalación.

En la figura también se puede observar donde se sitúan el compresor y el recipiente de almacenamiento de aire comprimido.

Para realizar el abastecimiento de los sectores identificados en la figura como 1 y 2 se realiza dos redes en anillo copiando el perímetro de los mismos. Diferentes sectores de los anillos son capaces de inhabilitarse para reparación mediante válvulas dispuestas estratégicamente, esto permite anular diferentes lugares de la red garantizando el suministro a equipos importantes para la producción de la empresa.



Para la alimentación del sector 3 (sector inoxidable) se decide por una red radial en vez de anillada ya que el caudal consumido por este sector no es importante y se encuentra separado de la concentración del consumo de aire comprimido.

### 3.2 Consumos.

Para poder dimensionar los diferentes componentes de la línea neumática (diámetros de tuberías, capacidad del compresor, capacidad del recipiente de almacenamiento, etc.) se debió realizar un relevamiento de los equipos que se conectan a la línea neumática.

En base a este relevamiento se confecciona la siguiente tabla resumen donde se puede observar la cantidad de equipos con sus respectivos consumos en cada puesto de trabajo identificado dentro de las naves de la empresa.

Sección	Tipo de máquina	Cantidad	Consumo específico [Nm <sup>3</sup> /min]	Coefficiente de utilización	Consumo total [Nm <sup>3</sup> /min]	Suma [Nm <sup>3</sup> /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>TOTAL</b>						<b>2,0834</b>

En cada sección de trabajo se considero un coeficiente de utilización para hallar el caudal consumido en Nm<sup>3</sup>/min. Para determinar este coeficiente se tuvieron en cuenta datos aportados por el personal encargado en cada sección, en base a observaciones realizadas y recomendaciones del libro “Aire comprimido – Teoría y cálculo de las instalaciones” de E. Carnicer Royo.

Como síntesis podemos decir que el caudal aproximado consumido por la instalación es de 2,083Nm<sup>3</sup>/min.

### 3.3 Pérdidas en la línea.

Se adopta un porcentaje por pérdidas de aire comprimido en la instalación. Estas pérdidas suceden generalmente en tramos realizados con conductos flexibles para vincular el equipo a alimentar con la red de suministro.



Estas se pueden dar en el racor de conexión, por daños en los conductos flexibles, por un débil apriete de abrazaderas, por desgaste del equipo, etc.

El caudal es incrementado en un 10%<sup>1</sup>, afectando el consumo de la instalación por este porcentaje obtenemos 0,2083 Nm<sup>3</sup>/min.

### 3.4 Ampliaciones futuras.

Para prever futuras ampliaciones de la empresa, se incremento el caudal en un 25%. Este porcentaje fue analizado y consultado con la persona responsable de las oficinas técnicas da la empresa y las autoridades de las mismas.

Afectando el consumo de la instalación por este porcentaje obtenemos 0,5208 Nm<sup>3</sup>/min.

### 3.5 Capacidad del compresor.

Para determinar la capacidad que debe poseer el compresor, se realiza un estudio de los puntos de consumo y su coeficiente de utilización.

También se tiene presente el porcentaje de pérdida admitida y futuras ampliaciones de la instalación.

Teniendo en cuenta todas estas cuestiones se determina un caudal mínimo para el compresor de 2,8121Nm<sup>3</sup>/min.

### 3.6 Selección del compresor.

Según lo anterior el compresor debe tener la capacidad de poder suministrar un caudal mínimo de 2,8121Nm<sup>3</sup>/min.

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>2</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)

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

<sup>2</sup> Ver anexo N-C005.



- Capacidad:  $70,6m^3 / h$  ( $9,89Nm^3 / min$ )
- Potencia instalada:  $7,5kW$  (10CV)
- Nivel sonoro:  $65dB$
- Peso:  $314Kg$
- Largo, ancho y alto:  $(1205 \times 590 \times 1085)mm$

*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.**

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 optimas 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 adoptó un compresor que posee incorporado un secador frigorífico. Este equipo proporciona una solución fiable, rentable y simple a un gran problema.

#### **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  $1micra$  .
- Elimina aceite disuelto en el aire hasta  $0,1mg / m^3$  .

El post-filtro garantiza:



- Elimina partículas de hasta 0,01micra .
- Elimina aceites hasta 0,001mg / m<sup>3</sup> .

Según la tabla de selección<sup>3</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 comprimido.

Por tratarse de un compresor con regulación automática, la capacidad del depósito en m<sup>3</sup> no debe ser inferior al caudal del compresor en m<sup>3</sup>/min (si la variación de presión es de 1,5m<sup>3</sup>/min).

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>4</sup>

El depósito fue dimensionado para el compresor adoptado anteriormente (Atlas Copco GX 7). El caudal entregado por el compresor es de 1,18 m<sup>3</sup>/min, por lo cual se realizó un recipiente vertical con una capacidad aproximada de 1,1m<sup>3</sup>.

El depósito de aire comprimido está conformado por una envolvente cilíndrica y dos cabezales toriesféricos.

El este 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.

---

<sup>3</sup> Ver anexo N-C006.

<sup>4</sup> Recomendación adoptada del libro "Aire comprimido – Teoría y cálculo de las instalaciones" de E. Carnicer Royo.



### 3.8.2 Envolverte cilíndrica.

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

Datos del material:

- Tensión de rotura:  $\sigma_R = 3900 \frac{Kg}{cm^2}$  (a temperatura ambiente).<sup>5</sup>
- Tensión de fluencia:  $\sigma_f = 2500 \frac{Kg}{cm^2}$  (a temperatura ambiente).

Determinación de las presiones.

**Presión de operación ( $P_0$ ):**

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

**Presión de diseño ( $P$ ):**

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

$$P = 1,1 \cdot P_0 = 1,1 \cdot 7,65 \frac{Kg}{cm^2}$$

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

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.

Se considera el siguiente valor de tensión admisible:

$$S = 0,25 \cdot \sigma_R = 0,25 \cdot 3900 \frac{Kg}{cm^2} \Rightarrow S = 975 \frac{Kg}{cm^2} \quad ^6$$

La temperatura de trabajo del recipiente es prácticamente igual a la temperatura ambiente, es decir no supera en ninguna circunstancia los 50C°.

**Espesor de la envolverte 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:

<sup>5</sup> Valor extraído de la tabla de propiedades físicas de los aceros SAE, del autor Roberto C. Castagno.

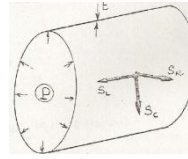
<sup>6</sup> Recomendación adoptada del código ASME: Sección VII, división I, edición 1977.



Tensión circunferencial:  $s_c$

Tensión longitudinal:  $s_l$

Tensión radial:  $s_r$



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, a este espesor se debe sumarle un sobre-espesor por corrosión (se toma 1/6 del valor hallado por cálculo).

**Teniendo presente todo lo descrito anteriormente se adopta un espesor comercial de chapa de un  $\frac{1}{4}$ " (6,35mm).**

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 de:

$$P_{nf} = 10,52 \frac{Kg}{cm^2}$$

La envolvente cilíndrica fue realizada por personal clasificado de la empresa.

### 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.

Al espesor hallado por cálculo, teniendo en cuenta la tensión admisible, se debe sumarle un sobre-espesor por corrosión (1/6 del valor hallado).

**Para los cabezales toriesféricos se adopta un espesor comercial de  $\frac{1}{4}$ " (6,35mm).**

Estos cabezales fueron comprados a la empresa STOCCO, siendo esta una industria dedicada a la producción de tanques de almacenamiento.





### **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.***
- ***Presostato.***
- ***Manómetro.***
- ***Sistema de drenaje manual o automático.***
- ***Filtro.***
- ***Placa de diseño.***
- ***Placa de identificación.***

El depósito se ubica en un lugar fresco y seco, lo más cerca posible del compresor 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.

#### **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.

Para desarrollar el dimensionado de la línea neumática fue necesario adoptar las siguientes consideraciones:

- Presión de suministro:  $7,5\text{bar}$  ( $7,65\text{Kg} / \text{cm}^2$ )
- Velocidad máxima del aire en los conductos principales:  $8\text{m} / \text{s}$
- Velocidad máxima del aire en los conductos secundarios:  $8\text{m} / \text{s}$
- Velocidad máxima del aire en conductos de servicio:  $15\text{m} / \text{s}$

Recomendaciones adoptadas del libro “Aire comprimido – Teoría y cálculo de las instalaciones” de E. Carnicer Royo.

### 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.

Teniendo esto presente se calculan los siguientes valores:

1. Determinación del diámetro por velocidad, luego de esto se selecciona un diámetro comercial y se halla la velocidad real por la tubería.
2. Con el valor real de velocidad, el diámetro de la tubería y la densidad del aire se halla el número de Reynolds (Re).
3. Se obtiene el factor Darcy (f), ingresando al diagrama de Moody<sup>7</sup> con el valor de la rugosidad relativa de la tubería a utilizar y el número de Reynolds antes calculado.
4. Se calcula la longitud total teniendo en cuenta las longitudes de los tramos rectos y las longitudes equivalentes de los accesorios (codos, válvulas, bridas, derivaciones, etc.) involucrados en el tramo considerado.
5. Con estos datos se halla la pérdida de carga (hf), 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.

---

<sup>7</sup> Ver anexo N-D001.



6. 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.

Con esta última podemos hallar la presión mínima del depósito de aire comprimido para garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas con mayores requerimientos de presión.

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

En el “Tomo II-Memoria de cálculo” del presente proyecto se detallan las verificaciones de las caídas de presión en los diferentes sectores de la instalación neumática mediante tablas realizadas en el software Excel, teniendo en cuenta el procedimiento antes mencionado.

### 3.12 Verificación del diámetro de tuberías.

Esta verificación se realiza en base a un monograma extraído del libro “Manual de Neumática – FMA POKORNY-FRANCFORT” para confirmar los diámetros hallados analíticamente.

En el “Tomo II-Memoria de cálculo” se puede observar el procedimiento hallado para verifica el tramo **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 [ $P_{sig}$ ].

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



$s$  = Tensión máxima admitida por el material a la temperatura de proyecto [ $Psig$ ].<sup>8</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.

Todos los espesores hallados des esta forma fueron significativamente inferior a los espesores comerciales de los tubos seleccionados para la distribución de aire comprimido<sup>9</sup>.

### 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>10</sup>.

Fluido a transportar	Color fundamental <sup>11</sup>
Aire comprimido	Azul 08-1-070

Antes de pintar se debe preparar la superficie correctamente.

### 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 los anexos N-P001, N-P006, N-P007 y N-P008, se detallan las dimensiones y cantidad de cada tipo de ménsula.

<sup>8</sup> Valor adoptado del libro "Equipos para la industria química y alimentaria" de J. Baquero y V. Llorente.

<sup>9</sup> Ver ítem 3.13 "Tomo II-Memoria de cálculo".

<sup>10</sup> Según norma IRAM 10.005 parte 1 y 2

<sup>11</sup> Según norma IRAM DEF D 1054.



### 3.15.1 Distancia entre apoyo.

La distancia entre ménsulas de apoyo se encuentra 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.

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

Esto se realiza con curvas de 180 grados de caños de ½" de diámetro<sup>12</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>12</sup> Ver anexo 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, y como consecuencia el condensado, para llegar a un punto dado, 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 situados en los puntos 12 y 14 de la instalación.<sup>13</sup>

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

### 3.19 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.

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

<sup>13</sup> Ver anexo N-P012.



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>

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).

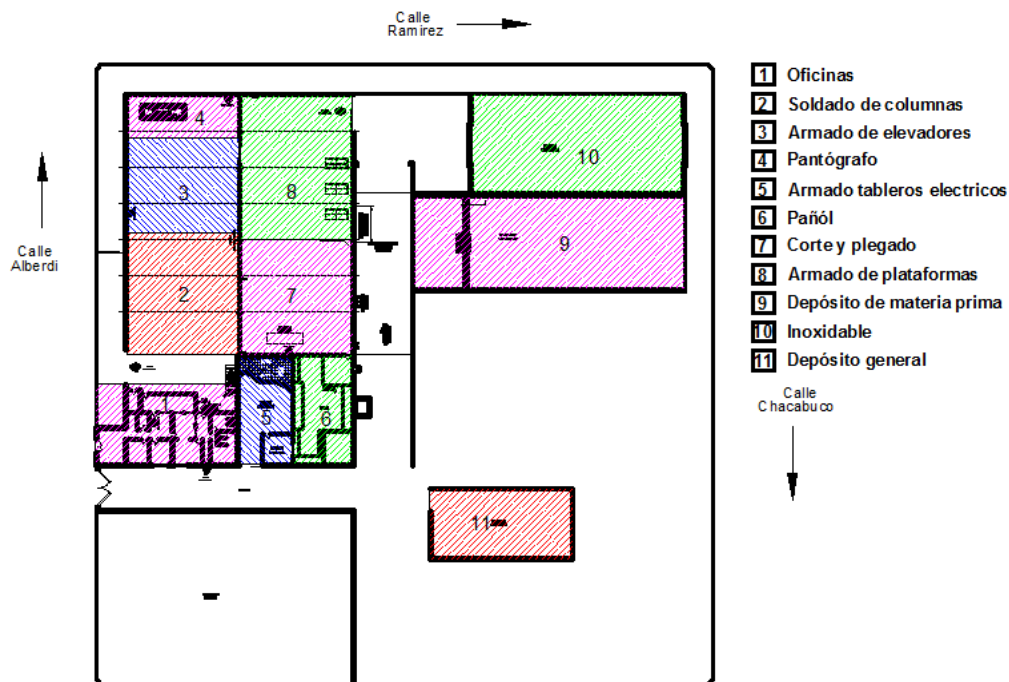


## 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

### 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.



#### 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 del 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 del 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 e interruptores diferenciales de la firma SCHNEIDER, adoptados en función de la corriente admisible que soportan (A) y en función de su capacidad de interrupción (KA).

#### **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”.

Los gabinetes seleccionados en el presente proyecto son de la firma GENROD.<sup>14</sup>

#### **Tablero principal.**

##### *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.

---

<sup>14</sup> Ver anexo E-C001.



Las características del gabinete seleccionado son:

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

### **Tableros seccionales.**

#### 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 seccionales, 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.**

Se realizo un relevamiento de carga dentro de los diferentes sectores identificando la potencia de cada uno de los equipos.

Hallando la potencia total de cada sector se puede proceder al dimensionado de los componentes que forman parte de la instalación eléctrica (cables, protecciones, tableros, etc.).



La siguiente tabla muestra la potencia total consumida por cada sector de las naves.

TABLEROS	SECTORES	POTENCIA TOTAL [KW]
TABLERO A	SECTOR 1	13,7*
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 2	52,2
	SECTOR 3	57,00
	SECTOR 4	16,70
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	3,10
	SECTOR 6	11,2
	SECTOR 7	41,70
	SECTOR 8A	33,20
	SECTOR 8B	72,40
TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 9	3,30
	SECTOR 10	29,40
	SECTOR 11	2,20

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

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

TABLEROS	FASE	POTENCIA TOTAL [W]
TABLERO SECCIONAL E	R	2800
	S	2800
	T	2800
TABLERO SECCIONAL F	R	1960
	S	1960
	T	1960
TABLERO SECCIONAL G	R	1120
	S	1120
	T	1120
TABLERO SECCIONAL H	R	1120
TABLERO SECCIONAL I	R	350
	S	210
	T	210
TABLERO SECCIONAL J	S	840
	T	560

En la columna central se puede observar la distribución de fase adoptada, en relación a los consumos de cada línea de iluminación.



### 4.1.3 Coeficiente de simultaneidad.

El coeficiente de simultaneidad es un valor importante a la hora de determinar la sección de los conductores. 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 superior a 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.

***El coeficiente de simultaneidad obtenido para los tableros de potencia es 0,62.***

***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>15</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.

---

<sup>15</sup> Recomendación adoptada del libro "Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales" del autor Ángel Lagunas Marqués.



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 dispuestos estratégicamente en función del consumo de cada sector y de 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 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 presenta una tabla resumen de la ubicación de los tableros seccionales de potencia en función de los momentos eléctricos.

TABLERO SECCIONAL	DISTANCIA	
	Xc [m]	Yc [m]
B	0	21
C	31,4	21,6
D	50	28,4



#### 4.1.8 Dimensionamiento de conductores.

Antes de seleccionar los conductores a utilizar debemos conocer las protecciones de cada circuito.

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>16</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.

#### 4.1.9 Cálculo de conductores.

Todos los conductores utilizados por el presente proyecto son de la firma PRYSMIAN<sup>®17</sup>.

Los resultados obtenidos del cálculo realizado en el ítem 4.1.7 “TOMO II - Memoria de cálculo” son los tabulados a continuación.

CONDUCTORES – TABLEROS DE POTENCIA			
TABLEROS SECCIONAL	TABLERO SECTORIAL	TABLERO SECCIONAL / TABLERO SECTORIAL [mm <sup>2</sup> ]	TABLERO PRINCIPAL / TABLERO SECCIONAL [mm <sup>2</sup> ]
TABLERO A	SECTOR 1*	S4 x 10 + 1 x 10T	S4 x 10 + 1 x 10T
TABLERO SECCIONAL B	SECTOR 2	S4 x 16 + 1 x 16T	S4 x 35/16 + 1 x 25T
	SECTOR 3	S4 x 6 + 1 x 6T	
	SECTOR 4	S4 x 4 + 1 x 4T	
TABLERO SECCIONAL C	SECTOR 5	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	S4 x 25/16 + 1 x 16T
	SECTOR 6A	S4 x 4 + 1 x 4T	
	SECTOR 6B	S4 x 6 + 1 x 6T	
	SECTOR 7A	S4 x 6 + 1 x 6T	
	SECTOR 7B	S4 x 4 + 1 x 4T	

<sup>16</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 52.

<sup>17</sup> Ver anexo E-C002.



	SECTOR 7B	S4 x 4 + 1 x 4T	
	SECTOR 8A	S4 x 6 + 1 x 6T	
	SECTOR 8B	S4 x 16 + 1 x 16T	
TABLERO SECCIONAL D	SECTOR 9	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	S4 x 16 + 1 x 16T
	SECTOR 10	S4 x 6 + 1 x 6T	
	SECTOR 11	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	

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

CONDUCTORES – TABLEROS DE ILUMINACIÓN				
TABLEROS SECCIONAL	LÍNEAS	FASE	TABLERO SECCIONAL / LÍNEAS [mm <sup>2</sup> ]	TABLERO PRINCIPAL / TABLERO SECCIONAL [mm <sup>2</sup> ]
TABLERO E	LÍNEA 1	R	S4 x 4 + 1 x 4T	S4 x 10 + 1 x 10T
	LÍNEA 2	S	S4 x 4 + 1 x 4T	
	LÍNEA 3	T	S4 x 4 + 1 x 4T	
TABLERO F	PASILLO	R	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	S4 x 16 + 1 x 16T
	LÍNEA 1	S	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	
	LÍNEA 2	T	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	
TABLERO G	LÍNEA 1	R	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	S4 x 10 + 1 x 10T
	LÍNEA 2	S	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	
	LÍNEA 3	T	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	
TABLERO H	DEPÓSITO	R	S2 x 2,5 + 1 x 2,5T	S2 x 4 + 1 x 4T
TABLERO I	LÍNEA 1	R	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	S4 x 10 + 1 x 10T
	LÍNEA 2	S	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	
	LÍNEA 3	T	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	
TABLERO J	LÍNEA 1	S	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	S3 x 2,5 + 1 x 2,5T
	LÍNEA 2	T	S4 x 2,5 + 1 x 2,5T	

La sección de los conductores de aquellos tableros que alimentas una carga específica tomando energía de un tablero sectorial, se detallan en el plano unifilar de la instalación.

#### 4.1.10 Canalización.

Para realizar la distribución de energía eléctrica en las naves de la empresa se utilizaron bandejas portacables del tipo perforadas de la firma SAMET, su tamaño es selecciono en función de la sección de los conductores que esta transporta. El espesor de las bandejas es de 0,89 (chapa galvanizada calibre N° 20).

Para las bajadas a los diferentes tableros se utilizó bandejas con tapas ciegas, sirviendo como barrera física entre los conductores y las personas que se encuentran trabajando dentro de la empresa.





En la siguiente tabla se resumen las bandejas seleccionadas:

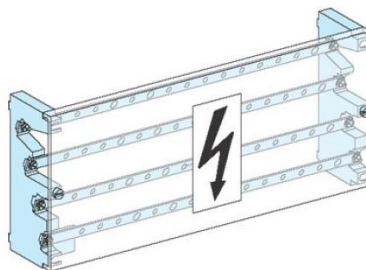
Tramo	Ala [mm]	AxB [mm]	Código	Sección [mm <sup>2</sup> ]
TP	50	50x150	TRP-150-Z	7350
TS2				
TS4				
TS1				
TS3	50	50x50	TRP-50-Z	2450
TS5				
TS6				
Bajada B	20	20x200	TRP-200-B-Z	3800
Bajada C				
Bajada D				
Bajada E	20	20x50	TRP-50-B-Z	900
Bajada F				
Bajada G				
Bajada H				
Bajada I				
Bajada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

En los tramos a la intemperie, los conductores se dispondrán enterrados 80cm bajo del nivel del suelo por dentro de caños de CPVC de 110mm de diámetro con pared de 3,2mm. A los caños de CPVC se le realiza una cuna de arena-amentó (comúnmente llamado húmedo), en toda su extensión, por encima se deposita 10 cm de arena. Sobre la arena se coloca ladrillo común y la cinta de advertencia. Finalmente se cubre con el terreno natural compactado<sup>18</sup>.

#### 4.1.11 Accesorios.

Los accesorios mencionados pertenecen a la firma Schneider Electric®.

##### 4.1.11.1 Juego de barras.



<sup>18</sup> Ver anexo E-P046.



- 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 aparatos seleccionados se verificaron mediante el software Ecodial3<sup>19</sup>.

### 4.2.1 Corrientes de cortocircuito.

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

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

#### 4.2.1.2 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.

---

<sup>19</sup> Ver anexo E-V0XX (según tablero en análisis).



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.

#### 4.2.1.3 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 resumen se presentan las diferentes corrientes de cortocircuito siguiendo una ramificación específica desde el tablero principal hacia los demás tableros, encontrados 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 consideración para la selección de la capacidad de ruptura de los diferentes interruptores termomagnéticos y protecciones diferenciales.

#### 4.2.2 Interruptor termomagnético.

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>20</sup>:

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

<sup>20</sup> Según AEA Parte 7, Sección 771.



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

Teniendo presente lo anterior, la selección de interruptores se volcó en la siguiente tabla.

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS									
TABLEROS		ID	MARCA	CÓDIGO PROD.	MODELO	CORRIENTE DE CHOQUE	RELÉ	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
NOMBRE	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	NC100	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 TS1	Qd1	SCHNEIDER	24363	C60	N - 10KA	C	4 x 16A	1,00
	PROTECCIÓN TS2	Qd2	SCHNEIDER	24367	C60	N - 10KA	C	4 x 40A	1,00
	PROTECCIÓN TS3	Qd3	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	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	C60N (CURVA C)	N - 10KA	C	2 x 6A	1,00
	PROTECCIONES	Qj2	SCHNEIDER	24334	C60N (CURVA C)	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>21</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>.

<sup>21</sup> Según AEA Parte 7, Sección 771.





$K = 115$ ; para conductores de cobre aislados en PVC de secciones menores o iguales a  $300\text{mm}^2$ .

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

En el "TOMO II - Memoria de cálculo" del presente proyecto, se encuentra la tabla en donde se verifica este criterio.

#### 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 el "TOMO II - Memoria de cálculo" del presente proyecto, se encuentra la tabla en donde se verifica este criterio.

#### 4.2.5 Selectividad.

La selectividad de las protecciones es un elemento 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.

En el presente proyecto se buscó alcanzar selectividad total entre los interruptores que protegen la instalación. Si bien, nos encontramos con selectividad parcial, podemos decir



que la instalación posee un adecuado comportamiento frente a corrientes de cortocircuito.

En el “TOMO II - Memoria de cálculo” del presente proyecto, se encuentran las diferentes tablas que señalan el tipo de selectividad entre las protecciones de los tableros seccionales y principales.

#### 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>22</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.

<sup>22</sup> Ver anexo E-P044.



#### 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. Por otro lado, 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.

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

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



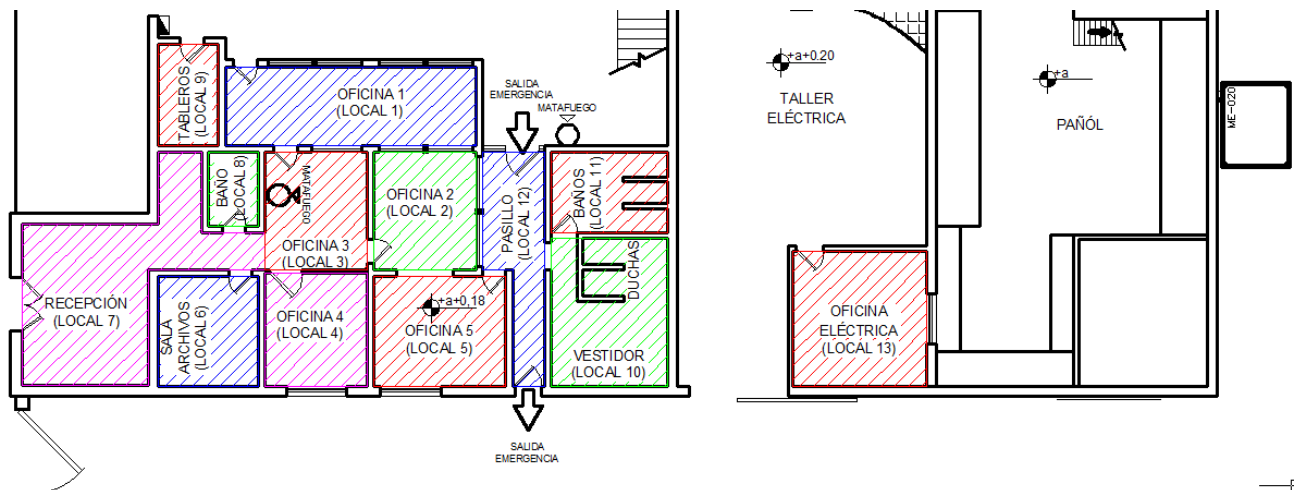
SECCIONAL H	DISYUNTOR	iDh	SCHNEIDER	16201	ID (CLASE AC)	30mA	2 X 25A	1,00
SECCIONAL I	DISYUNTOR	iDi	SCHNEIDER	16254	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 40A	1,00
SECCIONAL J	DISYUNTOR	iDj	SCHNEIDER	16251	ID (CLASE AC)	30mA	4 X 25A	1,00

En el anexo E-C009 nos encontramos con 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.

Los locales del 1 al 12, perteneces al sector 9<sup>23</sup>; mientras que el local 13 pertenece al sector 8.

<sup>23</sup> Según identificación de sectores desarrollado en el ítem 2.2.



### 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>24</sup>.

Los resultados obtenidos fueron:

- Sector 8: grado de electrificación “**mínimo**” (< 3,7 KVA).
- Sector 9: grado de electrificación “**elevado**” (< 10 KVA).

### 4.3.2 Puntos de utilización.

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

El número de puntos de utilización adoptados fue obtenido considerando los artefactos que forman parte de cada local.

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

TABLA RESUMEN – PUNTOS DE UTILIZACIÓN

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

<sup>24</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 26.



### 4.3.3 Número máximo de bocas por circuito

Conforme a la tabla 771.7.1<sup>25</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.

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	
9	3	2	4	15
		3	2	
		4	2	
		5	3	
		12	1	
		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	
9	3	2	4	15
		3	4	
		4	4	
		5	3	
9	4	10	2	5
		11	1	

<sup>25</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 22.



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

#### 4.3.4 Consideraciones generales para circuitos.

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

#### 4.3.5 Demanda de potencia máxima simultanea.

La potencia máxima simultánea depende del gradado de electrificación. Para su cálculo se utilizan las **tablas 771.9.I y 771.9.II.**<sup>26</sup>

Como los valores de potencia máxima simultánea calculados superan lo establecido ítem 4.4.1, entonces adoptamos la potencia máxima establecida por el grado de electrificación.

- 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.

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.

<sup>26</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 32.



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.

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.

Según la tabla 771.12.VI<sup>27</sup>, 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.

#### **4.4 Esquema de conexión.**

El esquema de conexión adoptado 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**.

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.

La instalación de puesta a tierra se realizara mediante una malla que interconecte cuatro jabalinas hincadas, según la figura, con una separación entre ellas de 15m. Esta malla será directamente conectada a una barra equipotencial principal (BEP) de puesta a tierra que

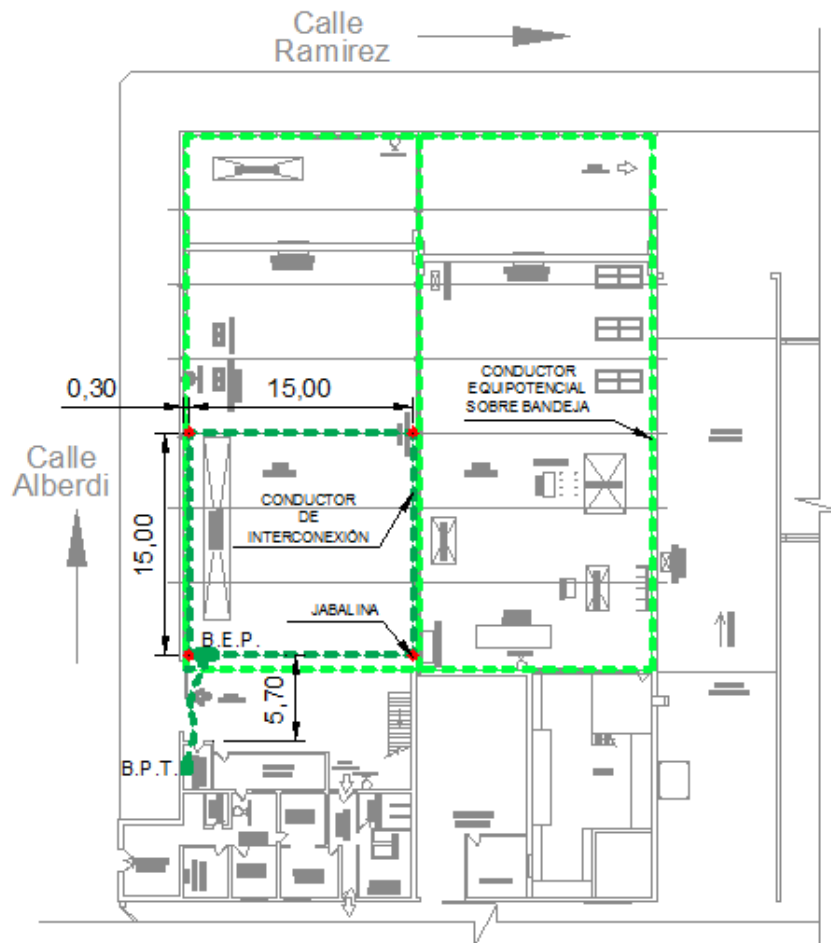
---

<sup>27</sup> Según “REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” – Página 42.





se encontrará a nivel del suelo. De esta barra se conecta el conductor de interconexión con la barra de puesta a tierra (BPT), y el conductor equipotencial principal.



#### 4.5.1 Componentes de la malla.

##### 4.5.1.1 Selección del electrodo.

De acuerdo con la norma IRAM 2281 – Parte 1, el electrodo adoptado presenta las siguientes características:

- Marca: GENROD.
- Material: Acero (SAE 1010 a 1020) – Cobre (98% de pureza).
- Tipo de electrodo: Jabalina redonda.
- Descripción: jabalina 1/2" x 3000 mm.
- Denominación: L1430.



- Código de producto: **JC 1230**.<sup>28</sup>

#### **4.5.1.2 Selección de la cámara de Inspección.**

Adoptamos una cámara de inspección de la firma GENROD, que la identifica el código Ci1<sup>29</sup> (25 cm x 25 cm).

#### **4.5.1.3 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.

Se adopto un conductor de la firma GENROD con las siguientes características:

- Código de producto: **AC C25**.<sup>30</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.

La longitud de dicho cable es aproximadamente de 7 metros.

#### **4.5.1.4 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.

De acuerdo a lo establecido por la norma IEC 62305, se selecciona un conductor unipolar de la firma PRYSMIAN, modelo SINTENAX VALIO de **6mm<sup>2</sup>** de sección nominal.<sup>31</sup>

Dicho conductor posee una longitud aproximada de 175 metros.

#### **4.5.1.5 Selección de conductores de interconexión de la malla.**

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

Sus características son:

---

<sup>28</sup> Ver anexo E-C003.

<sup>29</sup> Ver anexo E-C004.

<sup>30</sup> Ver anexo E-C005.

<sup>31</sup> Ver anexo E-C002.



- 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.

#### **4.5.1.6 Selección de barras equipotencial principal.**

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

Ingresando al catálogo de GENROD seleccionamos un barra de 60 mm<sup>2</sup> de sección, cuyo código de producto es **40 0320**<sup>32</sup> (3mm x 20 mm x 300 mm).

La unión se realiza mediante conectores **FBC** de la firma ERICO.

El modelo seleccionado es **553510**.<sup>33</sup>

#### **4.5.2 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.

Según lo desarrollado en la “memoria de cálculo” del presente proyecto, el valor teórico obtenido es **1,020 ohm**.

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**.

---

<sup>32</sup> Ver anexo E-C006.

<sup>33</sup> Ver anexo E-C007.



Según lo desarrollado en la “memoria de cálculo” el ahorro de energía lograda, para la factura en estudio, por cambiar a la tarifa T2 es igual a **\$1862, 186**.

*Entonces se recomienda que la empresa gestione el cambio a la **tarifa T2**, dado que el consumo de energía promedio anual no difiere considerablemente con relación a la factura en estudio.*

De igual manera, debemos aclarar, que la empresa posee una metodología de trabajo que se basa en el abastecimiento de materia prima a pequeños talleres tercerizados de la zona. Estos talleres representan un porcentaje significativo de la productividad de la metalúrgica. Es por esto que los valores de potencia teórica de consumo, no coinciden con el consumo actual de la planta.

En resumen, podemos decir que actualmente la empresa consume el **20%** de la potencia teórica afectada (198,52KW).

#### **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>



## 5 ILUMINACIÓN.

### 5.1 Introducción.

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 3.

### 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>34</sup> Estas luminarias están diseñadas para lograr un alto rendimiento luminoso y generar ambientes con mayor sensación de luz mediante iluminación directa e indirecta.

Los sectores 7, 8 y 9 que requieren un flujo luminoso más focalizado se utilizan luminarias **TBS 411**.<sup>35</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.

#### 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>36</sup> Estas poseen una eficiencia luminosa de hasta 120 lm/W.

Para las luminarias TBS 411 se adoptaron lámparas fluorescentes tipo 'TL'5 35W HE y 'TL'5 28W HE.<sup>37</sup> Estas poseen una alta eficiencia (arriba de 104 lm/W).

---

<sup>34</sup> Ver anexo I-C001.

<sup>35</sup> Ver anexo I-C002.

<sup>36</sup> Ver anexo I-C003.





### 5.3 Iluminación media ( $E_m$ ).

Para adoptar la iluminación media en cada sector, se recurrió a la norma DIN 5035.

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

### 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.

Los valores adoptados son:

- Reflectores industriales:  $f_m = 0,65$ .
- Luminarias TBS 411:  $f_m = 0,70$ .

### 5.5 Factor de reflexión ( $\rho$ ).

El factor de reflexión que se adopta depende fundamentalmente, para nuestro análisis, del sector en cuestión.

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.

<sup>37</sup> Ver anexo I-C004.



- 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.

### 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.

A continuación se tabulan los índices antes mencionados.

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
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

## 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.



## 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.

## 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	Cu	Em [lux]	$\Phi_T$ [lm] $\times 10^3$	$\Phi_L$ [lm] $\times 10^3$	$N_L$
1	0,47	200,0	734,4	27,0	30
2	0,38	200,0	478,2	27,0	18
3	0,30	60,0	59,8	27,0	3
4	0,44	250,0	354,8	27,0	12
5	0,33	120,0	103,4	27,0	4
6	0,26	250,0	180,4	27,0	5
7	0,77	250,0	51,6	7,3	5
8-Loc.13	0,55	500,0	20,9	2,9	6
9-Loc.1	0,51	500,0	24,9	3,65	6
9-Loc.2	0,48	500,0	15,74	3,65	4
9-Loc.3	0,48	500,0	15,74	3,65	4
9-Loc.4	0,48	500,0	15,74	3,65	4
9-Loc.5	0,52	500,0	18,07	3,65	3
9-Loc.6	0,47	250,0	7,52	3,65	2
9-Loc.7	0,57	250,0	11,55	3,65	4
9-Loc.8	0,31	500,0	1,8	2,9	1
9-Loc.9	0,37	250,0	5,3	2,9	2
9-Loc.10	0,54	120,0	4,9	2,9	2
9-Loc.11	0,33	120,0	3,1	2,9	2
9-Loc.12	0,44	60,0	2,6	2,9	2

## 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>38</sup>

<sup>38</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	4.066,07
		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>130.346,37</b>