

*UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA.*

Facultad de Ingeniería.

## Práctica profesional supervisada:

*Instalación de planta de tratamiento de efluentes*

**Alumno:** SCHIEDA, Javier.

**Tutor por parte de la Universidad:** Ing. BELLIARDO, Pedro Wenceslao.

**Tutor por parte de la empresa:** Ing. ADAMO, Sebastián.

General Pico, 2 de Diciembre de 2014.

## Indice

<b>Introducción</b> .....	Pag 2
<b>Memoria descriptiva general</b> .....	Pag 3
<b>1) Capítulo 1: Cálculo de cañerías y selección de equipos</b> .....	Pag 6
1.1- Memoria descriptiva.....	Pag 7
1.2- Memoria técnica.....	Pag 8
1.3- Memoria de cálculo:.....	Pag 21
A) Cañerías de agua.....	Pag 21
B) Instalaciones de aire comprimido.....	Pag 37
<b>2) Capítulo 2: Sistema mecánico barredor de espumas</b> .....	Pag 47
2.1- Memoria descriptiva.....	Pag 48
2.2- Memoria técnica.....	Pag 49
2.3- Memoria de cálculo.....	Pag 53
<b>3) Capítulo 3: Diseño de tablero eléctrico</b> .....	Pag 70
3.1- Memoria descriptiva.....	Pag 71
3.2- Memoria técnica.....	Pag 72
3.3- Memoria de cálculo:.....	Pag 81
A) Cálculo y dimensionamiento de conductores.....	Pag 81
B) Cálculo térmico de tablero eléctrico.....	Pag 101
C) Selección de fusible de protección y transformador.....	Pag 106
<b>Bibliografía</b> .....	Pag 107
<b>Anexo 1: Tablas y gráficos</b> .....	Pag 108
• Tablas para cálculo de transmisión por poleas, manual PIRELLI.....	Pag 109
• Tabla características de conductores IRAM 2178.....	Pag 113
• Curva de disparo guardamotor para 0,1 - 32 A.....	Pag 114
<b>Anexo 2: Planos:</b> .....	Pag 115
• Plano 1.1: Layout de la planta de tratamientos.	
• Plano 1.2: Esquema e instalaciones.	
• Plano 2: Diagrama de potencia de tablero seccional.	
• Plano 3: Esquema de comando de tablero seccional.	
• Plano 4.1: Frente de tablero seccional.	
• Plano 4.2: Componentes del tablero seccional.	

## **Introducción:**

El siguiente proyecto se realizará conforme a lo estipulado en la resolución N° 033/11 del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería.

El mismo se llevará a cabo en la empresa “LÍNEA E INGENIERÍA” situada en Calle 308 N° 31, ciudad de General Pico, La Pampa.

### **Denominación o título del trabajo:**

*Instalación de planta de tratamiento de efluentes líquidos industriales para industria chocolatera.*

### **Identificación del problema:**

La empresa, posee un proceso industrial de elaboración de chocolates, molienda de azúcar y elaboración de jaleas y mermeladas. Como producto de la limpieza de los equipos e instalaciones, se genera un efluente líquido con carga orgánica que debe tratarse previo a su vuelco a la colectora de AYSA, para cumplir con los límites de vertido.

El efluente generado posee altas concentraciones de grasas y aceites, DBO (demanda biológica de oxígeno), detergentes y sólidos sedimentables. Por ese motivo surge la necesidad de la instalación de la planta de tratamiento por parte de la empresa “LÍNEA E INGENIERÍA”.

### **Objetivos:**

El objetivo de esta práctica consiste en:

- Seleccionar equipos o dispositivos electromecánicos como: bombas, turbinas o sopladores, motores eléctricos, elementos de protección y maniobra, etc.
- Calcular, diseñar y dimensionar: Cañerías, conductores, tablero eléctrico para el comando y protección de equipos, elementos mecánicos de determinada máquina.

## Memoria descriptiva general:

La fábrica dispone de un sector con aproximadamente 188 m<sup>2</sup> para la ubicación de la planta de tratamientos. Dicho sector está ubicado en la zona de producción en planta baja.

### **Breve descripción de la planta de tratamiento de efluentes:**

La planta de tratamiento consta de diferentes etapas en los cuales el efluente líquido estará sometido a procesos físicos, químicos y biológicos logrando así la calidad y las condiciones de vertido requeridas.

Las etapas del proceso son las siguientes:

#### 1) Pretratamiento:

- **Desbaste:** Consiste en una cámara con rejas gruesas de limpieza manual que separa los sólidos más grandes.
- **Cámara de compensación o equalización:**
  - Amortiguación del caudal y cargas pico.
  - Acondicionamiento químico: Regulación de pH (con dosificación de soda caustica), coagulación (cloruro férrico o sulfato de aluminio), floculación, e incorporación de nutrientes.
  - Aireación mediante difusores de burbuja gruesa alimentados por turbinas regenerativas o soplantes.
  - Bombeo: Mediante el uso de bombas se impulsa al efluente crudo para su posterior tratamiento.

#### 2) Tratamiento primario:

- **Tamiz estático:** Aquí se produce la separación de las partículas sólidas más pequeñas contenidas en el efluente mediante una malla de filtrado perforada curva de acero inoxidable. El líquido proveniente de la cámara de compensación llega a un recipiente donde es almacenado y por desbordamiento fluye a través de la malla produciéndose la separación sólido-líquido. Los sólidos se depositan en un contenedor para su posterior retiro, mientras que el líquido filtrado es desalojado del tamiz por una cañería y dirigido por diferencia de nivel estático al siguiente equipo.

- **Equipo de flotación por aire disuelto (DAF):** En este equipo se produce la remoción de sustancias como aceites, grasas, jabones, materias en suspensión, bacterias, etc.

El líquido que proviene del tamiz estático ingresa al DAF y se mezcla con parte del efluente tratado. El flujo recirculado está presurizado y sobresaturado de aire, de tal manera que al producirse el contacto con el flujo que ingresa, las burbujas de aire formadas por la descompresión del reciclo ascienden a la superficie formando un manto de lodo el cual se remueve por medio de un sistema de palas giratorias (barredor) y es descargado en un recipiente para luego ser retirado. Las partículas sólidas se decantan y son extraídas por medio de válvulas de purga, mientras que el efluente tratado es descargado a través de un vertedero para continuar con su tratamiento.

### 3) Tratamiento secundario:

El líquido ya libre de sólidos gruesos y finos, grasas y aceites, ingresa en el tratamiento biológico conocido como “lodos activados” formado por las siguientes unidades:

- **Cámara de aireación:** Aquí ingresa, por diferencia de altura, el líquido proveniente del DAF. Se inyecta oxígeno a dicha cámara por medio de difusores alimentados por soplantes. La presencia de oxígeno produce la degradación o fermentación de la materia orgánica contenida en el fluido, formando así los llamados “lodos activados” (mezcla de líquido en tratamiento y biomasa).
- **Sedimentador:** En esta cámara, se produce la separación de la mezcla, obteniéndose: Lodos y agua clarificada. La biomasa se decanta hacia el fondo del recinto reteniendo a su vez las partículas más finas (filtro biológico), y el líquido ya tratado y clarificado, por rebalse y a través de un vertedero regulable, abandona el recinto y es enviado a la cámara de toma de muestras y medición de caudales para luego ser bombeado hacia la colectora cloacal.

Por otra parte, los lodos decantados en el fondo del recinto son en parte recirculados hacia la cámara de aireación a través de una bomba a tornillo, y los lodos sobrantes, son enviados al digestor de lodos (cámara contigua).

- **Digestor:** Aquí se almacenan los lodos en exceso provenientes del sedimentador. El lodo es aireado mediante difusores de burbuja gruesa permitiendo que continúe la depuración por bacterias, y además evitando así la producción de malos olores. Habrá en este caso, dos (2) etapas de digestores, un digestor primario, y uno secundario.

4) Disposición de lodos:

Se dispone de un contenedor para la acumulación de barros y sólidos que se han extraído de diferentes etapas, como del tamiz estático, espumas del DAF, y lodo del digestor. Luego un servicio tercerizado retirará los barros.

5) Vuelco a colectora:

El líquido clarificado que se sale del sedimentador, ya en condiciones de vuelco, se dirige hacia un tanque de acumulación donde posteriormente es bombeado hacia la colectora cloacal, pasando previamente por una cámara de toma de muestras y mediciones de caudales.

En anexo 2 – Planos, en los planos 1.1 y plano 1.2 se podrá observar el “layout” de la planta de tratamientos y un diagrama esquemático de la misma.

# **1) Cálculo de cañerías y selección de equipos.**

## 1.1- Memoria Descriptiva

En la presente sección se realizarán cálculos para determinar las cañerías (tipo de cañería, diámetro, etc.) que se utilizarán tanto para el transporte del efluente (tanto crudo como clarificado), como también para el suministro de aire hacia los distintos equipos de la planta. Y se seleccionarán los equipos electromecánicos necesarios.

### **Instalaciones de agua y lodos:**

Podemos diferenciar dos (2) circuitos de líquidos:

Agua cruda (a tratar) y líquido clarificado: El efluente que ingresa a la planta para su tratamiento deberá ser bombeado y conducido por los diferentes equipos a través de cañerías.

Lodos: Es un líquido pero más espeso que el efluente crudo. Es una mezcla de líquido con biomasa (cargado de bacterias).

Los lodos corresponden a un subproducto del tratamiento. Se almacenarán en un contenedor calculado para un retiro semanal.

### **Instalación de aire comprimido:**

El tratamiento para mejorar la calidad del efluente requiere el suministro de aire comprimido (a muy baja presión por encima de la atmosférica) en diferentes sectores.

El aire es utilizado con distintos fines en cada sector. Hay dos sectores diferenciados en donde se requiere el suministro de aire:

- Sector pozo de bombeo o equalizador: Se utilizará para evitar que se depositen sólidos en el fondo del tanque.
- Sector planta de tratamiento biológico: Se utiliza tanto para oxigenar el agua y así favorecer la reproducción de las bacterias (proceso de lodos activados), como también para evitar la producción de malos olores en los tanques digestores.

## 1.2- Memoria Técnica

### Instalaciones de agua y lodos:

#### Equipos a utilizar:

##### **Bombas sumergibles tipo “flygt”:**

Se utilizarán en dos sectores de la planta. En la cámara de compensación (ecualizador) para impulsar el efluente crudo para su tratamiento, y en el tanque de acumulación de líquido clarificado para su vuelco a la colectora cloacal.

Se colocarán en cada sector, dos (2) bombas de las cuales, una estará en funcionamiento, y la restante quedará de respaldo para no intervenir el servicio por fallas o mantenimiento. Así mismo, se podrá alternar el funcionamiento de dichas máquinas.

La bomba a colocar es de tipo **Grundfos unilift AP50B.50.11.3V** tipo “flygt” monocelular con las siguientes características:

- Caudal real calculado: 1,43 l/s.
- Altura resultante de la bomba: 12,4 m.
- Tipo de impulsor: Vórtex.
- Diámetro máximo de las partículas: 50 mm.
- Materiales: Cuerpo hidráulico e impulsor de acero inoxidable AISI 304.
- Motor eléctrico:
  - Tensión nominal/Frecuencia: 3x400V. 50Hz.
  - Potencia: 1,12 kW.
  - Clase de aislamiento (IEC 85): F.
  - Grado de protección (IEC 34-5): IP68.
- Longitud del cable: 5m.
- Dimensiones: 210x455mm.



Figura 1.2.1: Dimensiones bomba Grundfos unilift AP50B.50.11.3V.

### Bombas dosificadoras:

Se utilizarán en el pozo de bombeo o ecualizador, donde según los parámetros del efluente crudo como: DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), SS (Sólidos sedimentables), y demás parámetros que indican en nivel de contaminación, es necesario realizar un tratamiento químico. Será necesario el agregado de sustancias como floculantes, coagulantes, nutrientes, y alcalinizantes.

De acuerdo a los ensayos realizados sobre las condiciones en que ingresa el efluente, será necesaria la siguiente dosificación:

- Coagulantes (100%): 5 l/h.
- Floculantes (0,5 a 1%): 5 l/h.
- Ajuste de pH (soda caustica 10%): 5 l/h.
- Nutrientes (Fosfato monosódico): 5 l/h.

Para cada fluido a dosificar se utiliza una (1) bomba dosificadora y contará con una (1) de respaldo en caso de falla. Salvo la dosificadora de nutrientes que no se utilizará otra de respaldo.

Se utilizarán bombas dosificadoras a diafragma simil **Dosivac DD10** con motor eléctrico trifásico 220/380 V blindado, con grado de protección IP 55.

#### Datos técnicos:

- Regulación de caudal [l/h]: 1 – 10.
- Presión máxima [bar]: 10.
- Frecuencia de bombeo [1/min]: 25.
- Potencia del motor: 1/3 hp.
- Materiales:
  - Válvulas: Acero inoxidable – PTFE.
  - Diafragma: PTFE – Neopreno.
  - Cuerpo del cabezal: Acero inoxidable.
- Aspiración y descarga: Para manguera PVC 9,5 x 12,5 mm.



#### **Bomba de recirculación de equipo DAF:**

El sistema de recirculación del equipo DAF es uno de los factores más importantes de la planta de tratamiento. Se utiliza una bomba multifase de alta presión que aspira y comprime una mezcla de aire y agua logrando un elevado grado de solubilidad.

Es fundamental la presencia de aire a presión para lograr la limpieza del efluente. Con este tipo de bomba se evita el uso de compresores de aire.

La principal característica de este tipo de bombas multifase, es que durante el incremento de la presión en el interior de la bomba, se obtiene la mezcla líquido – gas con una excelente saturación.

Se selecciona una (1) bomba **Edur modelo LBU 403 C120L** con motor trifásico IEC, grado de protección IP 55, clase de aislamiento F y tensión nominal 230/400 V.

#### Principales características:

- Caudal: 15 m<sup>3</sup>/h.
- Presión: 4,7 bar.
- Potencia/consumo: 4 kW.
- Contenido de aire en la mezcla: 10%.
- Dimensiones aproximadas: 670x280x204 mm.
- Materiales: Carcasa de fundición, eje y rodete de Acero Inoxidable.





### Bomba para recirculación de clarificado (BRA):

Se utilizará una bomba centrífuga para recircular líquido clarificado que se genera en el tanque digestor secundario producto del proceso llamado “digestión”, en el cual las bacterias, al no tener nutrientes, se comen entre si reduciendo notablemente la cantidad de lodos y generando mas agua.

Se utilizará una (1) bomba centrífuga tipo **Grundfos NB 32-200.1/180** con las siguientes características:

- Caudal real calculado: 4,01 m<sup>3</sup>/h.
- Altura resultante de la bomba: 9,08 m.
- Materiales: Cuerpo hidráulico e impulsor de fundición ASTM A48-40B y ASTM A48-30B respectivamente.
- Motor eléctrico:
  - Tensión nominal: 3 x 220-240D/380-420Y.
  - Frecuencia: 50 Hz.
  - Potencia: 0,56 kW.
  - Clase de aislamiento (IEC 85): F.
  - Grado de protección (IEC 34-5): IP55.
- Diámetro aspiración: DN50.
- Diámetro descarga: DN32.
- Dimensiones (mm):

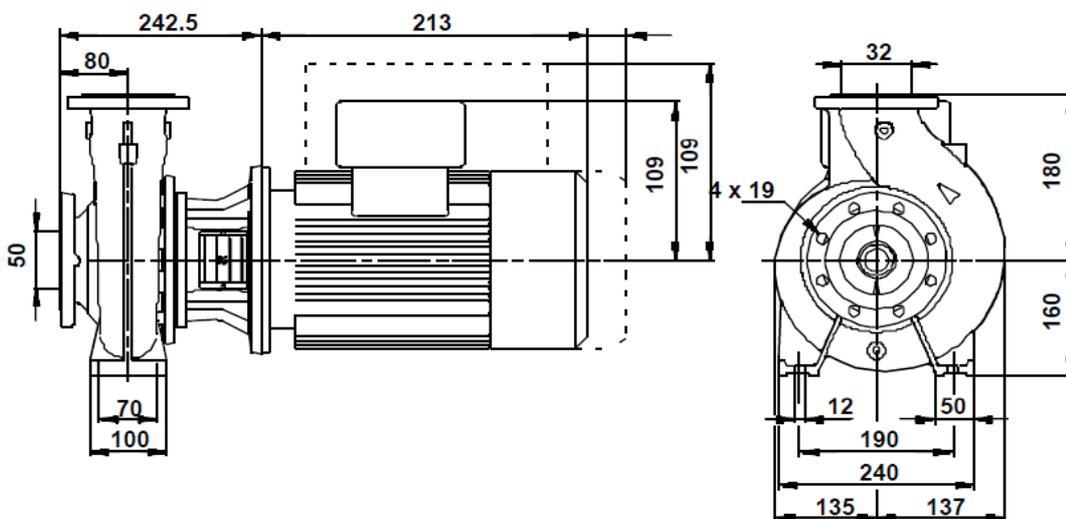


Figura 1.2.4: Dimensiones bomba Grundfos NB 32-200.1/180.

### **Bomba recirculadora de lodos (BRL):**

Se utilizará una bomba a tornillo sin fin excéntrico simil **Bornemann serie EP** para recircular los lodos más espesos del fondo del tanque sedimentador, hacia el reactor aeróbico. Esta recirculación es necesaria para el proceso biológico para generar nuevas bacterias.

De acuerdo a las exigencias, se requieren caudales aproximadamente entre 3 m<sup>3</sup>/h y 5 m<sup>3</sup>/h.

Para variar el caudal se recomienda la utilización de variador de velocidad. En este caso, se utilizará para una velocidad fija, dando un caudal aproximadamente de 4 m<sup>3</sup>/h.

Se utilizará una bomba **Bornemann modelo EP 8-25/40** con las siguientes características:

- Presión máxima: 40 bar.
- Rango de caudales: 1,5 – 4,1 m<sup>3</sup>/h.
- Velocidad máxima: 1000 r.p.m.
- Potencia motor: 2,2 kW.
- Diámetro succión y descarga: 2”.



### **Cañerías para transporte de agua y lodos:**

#### Denominación:

*Cañerías que conducen agua cruda y tratada:*

- **Alimentación:** Cañería que transporta el efluente crudo desde el pozo de bombeo (ecualizador) hacia el tamiz estático.
- **TE – DAF:** El fluido que atraviesa el tamiz estático continúa por gravedad hacia el equipo DAF para continuar con el tratamiento primario.
- **Recirculación DAF:** Recircula una fracción de líquido tratado con aire disuelto a presión, ingresando junto con el efluente tamizado nuevamente hacia el DAF.

- **DAF – RA:** El líquido clarificado que se va acumulando producto del proceso de flotación del DAF, es dirigido a través de un sistema de dos (2) cañerías por diferencia de nivel hacia el reactor aeróbico.
- **SED – TA:** El líquido clarificado, ya en condiciones de ser volcado a colectora, se dirige por rebalse (por gravedad), desde el sedimentador (SED) hacia el tanque de acumulación (TA).
- **Recirculación agua:** Es la cañería que recircula líquido clarificado desde el digester secundario hacia el reactor aeróbico (comienzo del tratamiento biológico).
- **Salida:** Cañería de evacuación o salida que conduce al efluente tratado desde el tanque de acumulación hacia la colectora cloacal, pasando previamente por una cámara de toma de muestras y medición de caudales, según lo estipula la normativa.

Denominación cañería	Cañería	Diámetro nominal		D ext [mm]	Esp. [mm]	D int [mm]	Caudal pico [m3/h]	Caudal nom. [m3/h]
		[mm]	[pulg]					
Alimentación	PPCR	DN40		40	3.7	32.6	5	3.5
TE-DAF	PPCR	DN40		40	3.7	32.6	5	3.5
Recirculación DAF	Acero ASTM A53 Gr A		2 1/2	73	5.16	62.68	15	15
Recirculación agua	PPCR	DN32		32	3	26	4	2
Salida	PPCR	DN40		40	3.7	32.6	6	3.5

**Tabla 1.2.1: Características y dimensiones de cañerías.**

PPCR: Polipropileno copolímero rándom. (Polipropileno tipo 3).

Las cañerías DAF-RA y SED-TA serán de caño de PVC (por desagüe), con las siguientes características:

Denominación cañería	Cañería	Diámetro nominal [pulg]	D ext [mm]	Espesor [mm]	D int [mm]
DAF-RA	PVC	2 1/2	75	1.8	71.4
SED-TA	PVC	4	110	2.2	105.6

**Tabla 1.2.2: Dimensiones cañerías de PVC para agua.**

*Cañerías que transportan lodos:*

- **Recirculación de lodos:** Lodos desde el sedimentador hacia el reactor aeróbico a través de la bomba a tornillo.
- **SED – DIG1:** Envío de lodos desde el tanque sedimentador hacia el digester primario (Dig 1), a través de un sistema airlift.
- **DIG1 – DIG2:** Los lodos, luego de un tiempo de permanencia en el digester primario, se dirigen hacia el digester secundario (Dig 2) donde continua con la depuración por medio de bacterias.
- **DAF – DIG2:** Esta cañería conduce las espumas del equipo DAF hacia el digester secundario donde se mezcla con los lodos depositados allí.
- **DIG2 – Contenedor:** Luego de la permanencia de unas horas, los lodos sedimentados en el fondo del tanque del digester secundario, son enviados a través de un sistema airlift hacia un contenedor de residuos ubicado debajo del tamiz estático.
- **TE – Contenedor:** Los sólidos filtrados por el tamiz estático caen por gravedad hacia el contenedor de residuos.

Denominación cañería	Cañería	D nom [pulg]	D ext [mm]	Espesor [mm]	D int [mm]
Recirculación Lodos	Acero ASTM A53 Gr A SH40	2	60.3	3.91	52.48
SED - DIG1	PVC	2	63	1.9	59.2
DIG1 - DIG2	PVC	4	110	2.2	105.6
DAF - DIG2	PVC	4	110	2.2	105.6
DIG2 - Contenedor	PVC	4	110	2.2	105.6
TE - Contenedor	PVC	4	110	2.2	105.6

**Tabla 1.2.3: Dimensiones cañerías para lodos.**

Las cañerías que transportan agua fría como fluido serán de color verde por norma. Y las cañerías de lodos se pintarán de color marrón para así poder diferenciar el fluido que circula.

### Instalaciones de aire comprimido:

El aire será suministrado por turbinas regenerativas de simple etapa (sopladores). Se colocarán dos (2) grupos de dos (2) sopladores cada uno. Uno en el sector de pre tratamiento (ecualizador), y otro en la zona de tratamiento biológico.

En cada sector, de las 2 máquinas instaladas, solo una estará en servicio aportando el caudal de aire necesario y la otra quedará de reserva de modo de no interrumpir el servicio en caso de falla o paradas por mantenimiento.

### Equipos y elementos a utilizar:

#### **Sopladores:**

Se utilizarán en total cuatro (4) sopladores o turbinas regenerativas de canal lateral y simple etapa con motor eléctrico trifásico de 3 kW (4 hp). Simil soplador **Greenco modelo 2RB 710-7BH26**.

Datos técnicos:

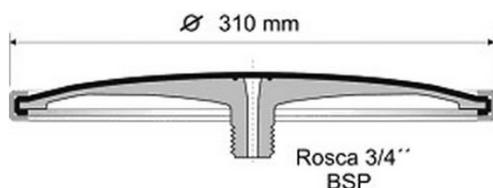
- Potencia o consumo: 3 kW.
- Tensión: 220/380 Vca. 50 Hz.
- Caudal: 318 Nm<sup>3</sup>/h.
- Presión: 270 mbar.
- Vacío: -260 mbar.
- Peso: 36 kg.
- Grado de protección: IP 55.
- Dimensiones:
  - Largo: 409 mm.
  - Ancho: 360 mm.
  - Alto: 366 mm.



### Difusores de burbuja fina:

Se utilizarán en la planta biológica, más precisamente, en el reactor aeróbico, donde la demanda de oxígeno es elevada. La finalidad es la formación de “lodo activado” llevado a cabo por bacterias. Se utilizarán difusores simil **Repicky modelo RG-300** con las siguientes características:

- Membrana: Elastomérica de EPDM o acrílico nitrilo con micro perforaciones que permiten operar sin que ingrese líquido a las cañerías protegiendo así los equipos.
- Cantidad de difusores: 48.
- Caudales de operación: 2 – 8 Nm<sup>3</sup>/h.
- Caudal de utilización: 3 Nm<sup>3</sup>/h.
- Pérdida de carga: 40 mbar a 5 Nm<sup>3</sup>/h.



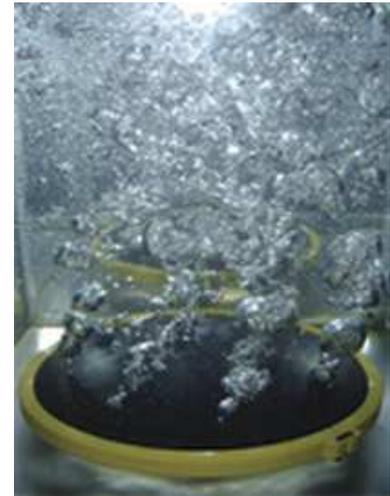
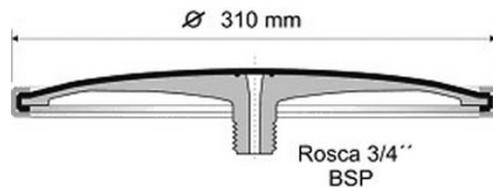
### Difusores de burbuja gruesa:

Se utilizarán en la cámara de compensación (ecualizador) y en los tanques digestores con baja demanda de oxígeno. Se utilizan para aireación, evitar que se depositen sólidos en el fondo y malos olores, etc. Los difusores a colocar son del tipo **Repicky CB-300**.

Características importantes:

- Membrana: Elastomérica de EPDM o acrílico nitrilo.
- Cantidad de difusores: En total se utilizarán 20 difusores.

- Cámara de compensación: 8.
- Digestor primario: 6.
- Digestor secundario: 6.
- Caudales de operación: 3 – 25 Nm<sup>3</sup>/h.
- Pérdida de carga: 40 mbar a 10 Nm<sup>3</sup>/h.

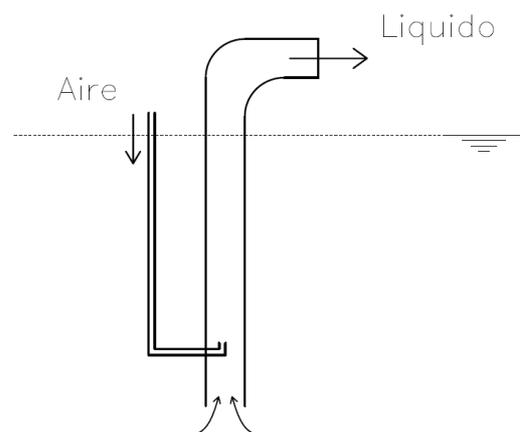


### Airlift:

Se utilizará un sistema airlift para el transporte de lodos. Desde el tanque sedimentador hacia el digestor primario y desde el digestor secundario hacia el contenedor de sólidos.

El sistema consiste en la inyección de aire en una tubería sumergida provocando el ascenso del líquido debido a la succión que se genera. La mezcla de aire y líquido pesa menos que la columna de líquido equivalente del tanque por lo que se establece una diferencia de presión que eleva el líquido hacia la superficie.

Las cañerías de aire, denominadas cañerías de servicio 4 y 5, son de 1/2”.



### Cañerías y accesorios a utilizar:

Se utilizarán cañerías y accesorios de polipropileno homopolímero (PP-H) TERFLEX según normas ASTM D4101 e IRAM 13479, con uniones por termo fusión.



Las cañerías se pintarán de color azul por norma, identificando que transportan aire comprimido.

Cada cañería cuenta con válvulas de tipo esclusa que permiten regular el caudal de aire como también cortar el suministro cuando se desee.

La distribución de las cañerías será aérea y en circuito abierto con ramificaciones.

Se considerarán tres tipos de cañerías:

- 1- Cañería principal:** Aquella que sale del equipo soplador y conduce la totalidad del caudal.
- 2- Cañería secundaria:** Son aquellas que derivan de la principal y se distribuyen por las distintas áreas de trabajo.
- 3- Cañerías de servicio:** Se desprenden de las secundarias y alimentan a los equipos o bocas de utilización.

Características y dimensiones de cañerías utilizadas:

**Sector 1: Planta biológica**

Cañería	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Longitud [m]	Dn [pulg]	D exterior [mm]	Espesor [mm]	D interior [mm]
Principal	214	12	<b>4</b>	114.3	8.8	96.7
Secundaria 1	144	3.45	<b>3</b>	88.9	7.2	74.5
Secundaria 2	35	3.45	<b>2</b>	60.3	5.4	49.5
Secundaria 3	35	6	<b>2</b>	60.3	5.4	49.5
Servicio 1	36	6	<b>2</b>	60.3	5.4	49.5
Servicio 2	15	1.55	<b>1</b>	33.4	3.7	26
Servicio 3	15	1.55	<b>1</b>	33.4	3.7	26
Servicio 4	5	4.5	<b>1/2</b>	21.3	3.3	14.7
Servicio 5	5	4.65	<b>1/2</b>	21.3	3.3	14.7

**Tabla 1.2.4: Diámetros de cañería Planta biológica.**

**Sector 2: Pozo de bombeo (ecualizador)**

Cañería	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Longitud [m]	Dn [pulg]	D exterior [mm]	Espesor [mm]	D interior [mm]
Principal	80	11	<b>3</b>	88.9	7.2	74.5
Servicio	40	4	<b>1 1/4</b>	42.2	4.3	33.6

**Tabla 1.2.5: Diámetros de cañerías Pozo de bombeo.**

### 1.3- Memoria de cálculo

En esta sección se calcularán las cañerías y seleccionarán los equipos necesarios para la conducción de los fluidos que intervienen.

#### A) Cañerías de agua y selección de bombas

Ecuaciones a utilizar:

$$A.1) Q = v \cdot A = v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}}$$

Donde:

- Q: Caudal de agua. [m<sup>3</sup>/s].
- v: Velocidad del fluido. [m/s].
- A: Sección transversal de la cañería. [m<sup>2</sup>].
- D: Diámetro interior del caño. [m].

$$A.2) Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Donde:

- Re: Número de Reynolds.
- $\nu$ : Viscosidad cinemática [m<sup>2</sup>/s].

$$A.3) \epsilon_r = \frac{\epsilon}{D}$$

Donde:

- $\epsilon_r$ : Rugosidad relativa de la tubería. [adim].
- $\epsilon$ : Rugosidad absoluta. [mm].

$$A.4) L_{eq} = \frac{k \cdot D}{f}$$

Donde:

- $L_{eq}$ : Longitud equivalente de accesorios. [m].
- k: Factor que viene tabulado para diferentes accesorios.
- f: Factor de fricción de Darcy.

Algunas tablas brindan como dato el valor  $L_{eq}/D$ . Con lo cual, se deberá multiplicar por el diámetro interior de la tubería para obtener la longitud equivalente.

$$A.5) \text{ PCA} = \frac{\Sigma R \cdot v^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}$$

Donde:

- PCA: Pérdida de carga localizada en accesorios para cañerías PPCR (Polipropileno copolímero random). [ $\text{kgf}/\text{m}^2$ ].
- $\Sigma R$ : Sumatoria de los coeficientes de resistencia para cada accesorio.
- $v$ : Velocidad del fluido. [ $\text{m}/\text{s}$ ].
- $\gamma$ : Peso específico del líquido. [ $\text{kgf}/\text{m}^3$ ].  
Para el agua a  $20^\circ\text{C}$ ,  $\gamma=998,23 \text{ kgf}/\text{m}^3$ .
- $g$ : Gravedad =  $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$ .

Reemplazando el valor de la gravedad y peso específico en la ecuación anterior, y teniendo en cuenta que  $1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cong 10 \text{ m. c. a.}$  La ecuación anterior queda:

$$\text{PCA} = 0,05 \cdot \Sigma R \cdot v^2 \text{ [m.c.a]} \text{ (A.5)}$$

$$A.6) \text{ H}_B = \text{H}_l + \text{H}_g$$

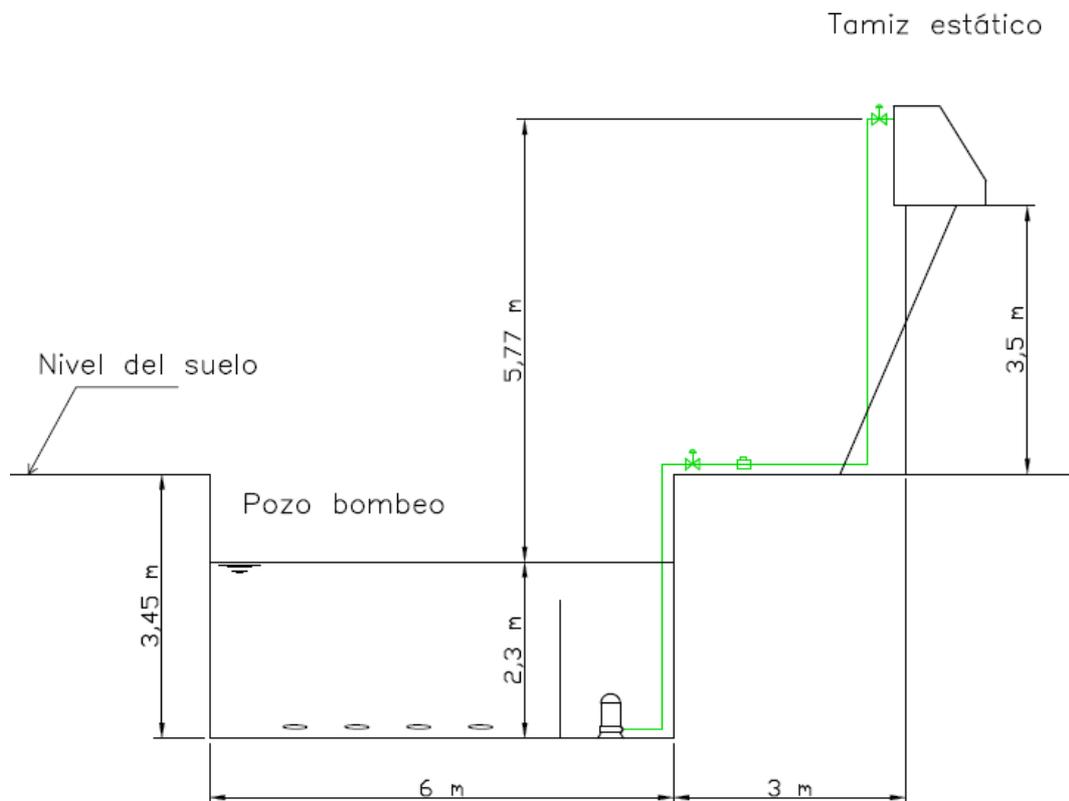
Donde:

- $H_B$ : Pérdida de carga total. Altura máxima que deberá vencer la bomba a colocar. [ $\text{m.c.a.}$ ].
- $H_g$ : Pérdida de carga geodésica. Diferencia de nivel estático. [ $\text{m.c.a.}$ ].
- $H_l$ : Pérdida de carga por fricción o pérdida de carga lineal. [ $\text{m.c.a.}$ ].

## Cálculo de cañería de alimentación

Cañería que conduce al líquido crudo para su tratamiento, desde la cámara de compensación o pozo de bombeo, hacia el tamiz estático ubicado a 3,5 m de altura.

El pozo de bombeo es básicamente una pileta enterrada cuyas dimensiones son: 3,85 x 6 x 3,45 m (ancho/largo/altura). Esta bajo el nivel del suelo a una profundidad de 3,45 m. y la altura máxima del nivel de líquido es aproximadamente 2,3 m, como puede observarse en el siguiente esquema:



Se utilizarán cañerías de polipropileno random (PPR) simil línea PN12 de acqua system, debido a que poseen mayor resistencia a la corrosión y bajo costo respecto a cañerías de acero.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

Se adopta una velocidad para el fluido conveniente (Para evitar sedimentaciones y golpes de ariete se recomienda que la velocidad del fluido sea entre 1 y 3 m/s). Luego mediante la ecuación (A-1) y teniendo como dato el caudal a transportar, se calcula el diámetro interior de la cañería.

Se adopta una velocidad del fluido  $v=1,7$  m/s.

La instalación deberá operar con un caudal nominal  $Q_n = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pero deberá soportar en determinados momentos del día, caudales pico de hasta  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Por lo cual, se diseñará la instalación para el caudal pico.

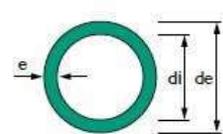
Diámetro de cañería:

$$\text{Para } Q_p = 5 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{1,7 \cdot \pi \cdot 3600}} = 0,032 \text{ m} = 32,25 \text{ mm.}$$

$$\text{Para } Q_n = 3,5 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,5}{1,7 \cdot \pi \cdot 3600}} = 0,026 \text{ m} = 26,98 \text{ mm.}$$

Teniendo en cuenta los diámetros de cañerías comerciales, y el requerimiento de que la velocidad del fluido este dentro de los parámetros deseados, se selecciona un diámetro apto para ambos caudales utilizando la tabla que se indica a continuación:

**Tablas de medidas de los caños Acqua System®**




Presión nominal	Medida (mm)	de (mm)	di (mm.)	e (mm.)	sección (cm²)
Acqua System PN25 Agua fría y caliente línea roja	20	20	13.2	3.4	1.37
	25	25	16.6	4.2	2.16
	32	32	21.2	5.4	3.53
	40	40	26.6	6.7	5.56
	50	50	33.2	8.4	8.66
	63	63	42	10.5	13.85
	75	75	50	12.5	19.63
Acqua System PN20 Agua fría y caliente línea roja	90	90	60	15	28.27
	20	20	14.4	2.8	1.63
	25	25	18	3.5	2.54
	32	32	23.2	4.4	4.23
	40	40	29	5.5	6.60
	50	50	36.2	6.9	10.29
	63	63	45.8	8.6	16.47
Acqua System PN12 Agua Fría Exclusivamente línea azul	75	75	54.4	10.3	23.24
	90	90	65.4	12.3	33.59
	20	20	16.2	1.9	2.06
	25	25	20.4	2.3	3.27
	32	32	26	3	5.31
	40	40	32.6	3.7	8.35
	50	50	40.8	4.6	13.07
63	63	51.4	5.8	20.75	
75	75	61.2	6.9	29.42	
90	90	73.6	8.2	42.54	

**Tabla 1.3.1: Medidas de caños PPR según Acqua System.**

Se selecciona un caño PN 12 de diámetro nominal **DN40** con las siguientes características:

- Diámetro exterior: 40 mm.
- Espesor: 3,7 mm.
- Diámetro interior: 32,6 mm.

Utilizando la misma ecuación (A.1) a partir del diámetro seleccionado, se calcula la velocidad real del fluido para diferentes caudales entre el valor nominal y el valor pico.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} \rightarrow v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Caudal		Velocidad [m/s]
[m <sup>3</sup> /h]	[l/s]	
3.5	0.972	1.165
4	1.111	1.331
4.5	1.250	1.498
5	1.389	1.664

Tabla 1.3.2: Velocidad para diferentes caudales.

### Pérdida de carga de la instalación:

La pérdida de carga o caída de presión se origina por la fricción del fluido con las paredes de la cañería y con los diferentes accesorios en la misma.

La pérdida de carga total (HI) será la pérdida por fricción en cañería recta (PCI) sumada a la pérdida localizada en los diferentes accesorios (PCA).

Pérdida de carga en cañería recta (PCI): Se obtiene de la siguiente tabla:

Acqua System® PN12 - 20°C									
Pérdida de carga por metro de cañería "j" en (m c.a./m), y Velocidad "v" en (m/s) en función del Caudal "Q" en (l/s)									
Q (l/s)	j v	Diámetro Nominal							
		20	25	32	40	50	63	75	90
0.05	j	0.007	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	v	0.24	0.15	0.09	0.06	0.04	0.02	0.02	0.01
0.10	j	0.023	0.009	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	v	0.49	0.31	0.19	0.12	0.08	0.05	0.03	0.02
0.15	j	0.051	0.017	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
	v	0.73	0.46	0.28	0.18	0.11	0.07	0.05	0.04
0.20	j	0.084	0.028	0.009	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
	v	0.97	0.61	0.38	0.24	0.15	0.10	0.07	0.05
0.30	j	0.174	0.058	0.018	0.006	0.002	0.001	0.000	0.000
	v	1.46	0.92	0.57	0.36	0.23	0.14	0.10	0.07
0.40	j	0.290	0.095	0.029	0.010	0.004	0.001	0.001	0.000
	v	1.94	1.22	0.75	0.48	0.31	0.19	0.14	0.09
0.50	j	0.434	0.141	0.044	0.015	0.005	0.002	0.001	0.000
	v	2.43	1.53	0.94	0.60	0.38	0.24	0.17	0.12
0.60	j	0.604	0.198	0.061	0.021	0.007	0.002	0.001	0.000
	v	2.91	1.84	1.13	0.72	0.46	0.29	0.20	0.14
0.70	j	0.802	0.259	0.080	0.027	0.009	0.003	0.001	0.001
	v	3.40	2.14	1.32	0.84	0.54	0.34	0.24	0.16
0.80	j	1.021	0.332	0.103	0.034	0.012	0.004	0.002	0.001
	v	3.88	2.45	1.51	0.96	0.61	0.39	0.27	0.19
0.90	j	1.271	0.409	0.127	0.042	0.014	0.005	0.002	0.001
	v	4.37	2.75	1.70	1.08	0.69	0.43	0.31	0.21
1.00	j	1.536	0.497	0.152	0.051	0.017	0.006	0.003	0.001
	v	4.85	3.06	1.88	1.20	0.76	0.48	0.34	0.24
1.20	j		0.695	0.212	0.071	0.024	0.008	0.003	0.001
	v		3.67	2.26	1.44	0.92	0.58	0.41	0.28
1.40	j		0.918	0.282	0.094	0.032	0.010	0.005	0.002
	v		4.28	2.64	1.68	1.07	0.67	0.48	0.33
1.60	j		1.179	0.358	0.120	0.040	0.013	0.006	0.002
	v		4.90	3.01	1.92	1.22	0.77	0.54	0.38
1.80	j		1.469	0.445	0.149	0.050	0.016	0.007	0.003
	v		5.51	3.39	2.16	1.38	0.87	0.61	0.42
2.00	j			0.542	0.180	0.060	0.020	0.009	0.004
	v			3.77	2.40	1.53	0.96	0.68	0.47
2.20	j			0.637	0.213	0.071	0.023	0.010	0.004
	v			4.14	2.64	1.68	1.06	0.75	0.52

Tabla 1.3.3: Pérdida de carga lineal en m.c.a/m.

Para un caudal pico  $Q_p = 5 \text{ m}^3/\text{h} \cong 1,4 \text{ l/s}$  tenemos: **PCI = 0,094 m.c.a/m.**

La cañería tiene una longitud aproximada de 12,5 m. Por lo que la pérdida de carga lineal será:

$$PCI = 0,094 \cdot 12,5 = 1,175 \text{ m. c. a.}$$

Pérdida localizada en accesorios (PCA): Se calcula mediante la ecuación (A.5) en donde el coeficiente de resistencia (R) se obtiene de la siguiente tabla:

Accesorio		R
Unión normal		0.25
Codo 90°		2
Codo 45°		0.6
Tee (contracorriente)		4.2
Válvula antirretorno		0.96
Válvula esférica	DN32	3.8
	DN40	3.2
	DN50	2.6
	DN63	2

**Tabla 1.3.4: Coeficiente de resistencia en accesorios.**

De acuerdo a los accesorios que posee la cañería se tienen los siguientes resultados:

Accesorio	Cantidad	R	Total $\Sigma R$
Codo 90°	4	2	8
Válvula esférica	2	3.2	6.4
Válvula antirretorno	1	0.96	0.96
Tee normal (contracorriente)	1	4.2	4.2
			<b>19.57</b>

**Tabla 1.3.5: Sumatoria de coef. de resistencia para cañería de alimentación.**

Con lo cual, según la ecuación (A.5) la pérdida localizada en accesorios queda:

$$PCA = 0,05 \cdot \Sigma R \cdot v^2 = 0,05 \cdot 19,57 \cdot 1,66^2 = 2,708 \text{ m. c. a.}$$

Pérdida de carga total por fricción (H<sub>f</sub>):

$$H_f = PCI + PCA = 1,175 + 2,708 = 3,88 \text{ m. c. a}$$

### Selección de bomba:

Se utilizara una bomba sumergible tipo Flygt simil **Grundfos unilift serie AP50B**.

La diferencia de nivel de líquido (altura geodésica  $H_g$ ), considerando que el líquido se encuentra al nivel más bajo (30 cm del fondo del tanque) es:  $H_g = 7,8$  m.

Mediante la ecuación (A.7) se tiene que la altura que deberá impulsar la bomba es:

$$H_B = H_l + H_g = 3,88 + 7,8 = \mathbf{11,68 \text{ m.}}$$
 (altura manométrica de la bomba).

Con la altura manométrica y el caudal a impulsar  $Q_p = 1,4$  l/s se selecciona la bomba que mejor se ajuste a los parámetros de funcionamiento, como puede observarse en el siguiente gráfico:

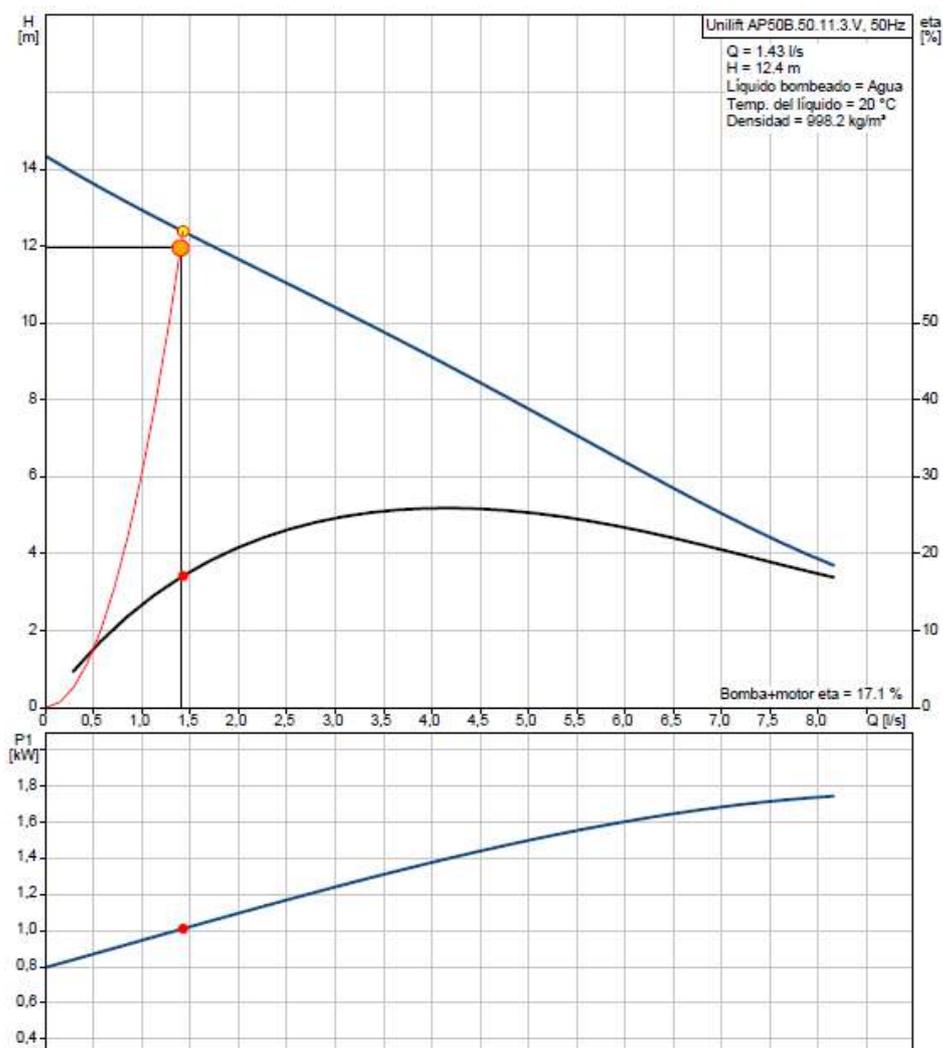


Gráfico 1.3.1: Curva bomba Grundfos unilift AP50B.50.11.3V.

Se utilizará una bomba Grundfos modelo AP50B.50.11.3V.

### Cañería de recirculación de agua:

El tanque digester secundario tiene una capacidad de  $9 \text{ m}^3$  y está enterrado aproximadamente a 2,8 m. En este tanque se dejan estacionar los lodos. Estos se reducen en cantidad y se decantan, produciéndose más líquido clarificado que debe recircularse.

El clarificado en exceso se dirige hacia un pozo de bombeo de  $0,8 \text{ m}^3$  para luego ser bombeado.

Se utilizará una cañería de PPR al igual que los procesos anteriores, por lo que se seguirá el mismo procedimiento.

#### Caudales y velocidad del fluido:

En funcionamiento normal el caudal es  $Q_n = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ . y se debe prever un caudal pico  $Q_p = 4 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Se dimensionará la cañería para el caudal pico de  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  y adoptando una velocidad del fluido de  $1,7 \text{ m/s}$ .

De la ecuación (A.1) tenemos el diámetro necesario:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4}{1,7 \cdot \pi \cdot 3600}} \times 1000 = 28,85 \text{ mm.}$$

Teniendo en cuenta que se utilizó el caudal pico, para tener velocidades entre  $1 \text{ m/s}$  y  $3 \text{ m/s}$  se elige una cañería de diámetro nominal **DN 32** con las siguientes características según la tabla 1.3.1:

- Diámetro exterior: 32 mm.
- Espesor: 3mm.
- Diámetro interior: 26 mm.

Con el diámetro de cañería seleccionado, se calculó la velocidad real del fluido (a partir de la ecuación anterior A.1) para diferentes caudales entre el valor de funcionamiento normal y el valor pico. Los mismos pueden verse en la siguiente tabla:

Caudal		Velocidad [m/s]
[m <sup>3</sup> /h]	[l/s]	
2	0.556	1.046
2.5	0.694	1.308
3	0.833	1.570
4	1.111	2.093

**Tabla 1.3.6: Velocidades para diferentes caudales.**

### **Pérdida de carga:**

Se procede siguiendo el mismo procedimiento que para la cañería de alimentación.

Pérdida de carga lineal (PCI): De tabla 1.3.3, para un caudal pico  $Q_p \cong 1,11$  l/s se obtiene:

$$PCI = 0,152 \text{ m.c.a./m.}$$

La longitud de la cañería es de 19 m. Por lo que la pérdida de carga lineal queda:

$$PCI = 0,152 \cdot 19 = \mathbf{2,88 \text{ m. c. a.}}$$

Pérdida de carga en accesorios (PCA): Se obtiene a partir de la ecuación (A.5) y teniendo en cuenta la sumatoria de los coeficientes de resistencia de carga (R).

De acuerdo a la tabla 1.3.4 (Coeficientes de resistencia), y a los diferentes accesorios utilizados se tiene:

Accesorio	Cantidad	R	Total $\Sigma R$
Codo 90°	6	2	12
Válvula esférica	1	3.8	3.8
			<b>15.8</b>

**Tabla 1.3.7: Coef. De resistencia en accesorios cañería de recirculación.**

Con lo cual, según la ecuación (A.5) la pérdida localizada en accesorios queda:

$$PCA = 0,05 \cdot \Sigma R \cdot v^2 = 0,05 \cdot 15,8 \cdot 2,093^2 = \mathbf{3,46 \text{ m. c. a.}}$$

Pérdida de carga total por fricción (H<sub>f</sub>):

$$H_f = PCI + PCA = \mathbf{2,88 + 3,46 = 6,34 \text{ m. c. a}}$$

### Selección de bomba:

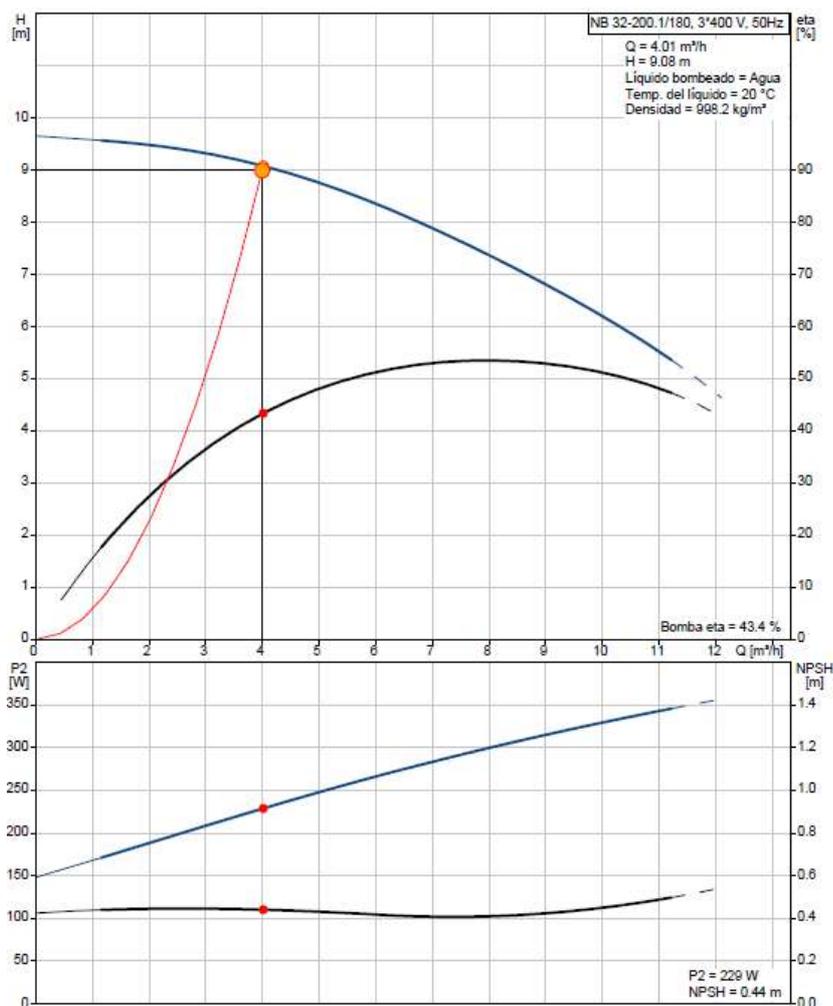
Se selecciona una bomba centrífuga según el catalogo técnico y curvas características de bombas **Grundfos serie NB**.

Diferencia de nivel (altura geodésica):  $H_g = 2,2$  m. Con lo cual, la altura manométrica de la bomba (ecuación A.7) deberá ser:

$$H_B = H_l + H_g = 6,34 + 2,2 = \mathbf{8,54 \text{ m.}}$$

$$\text{Caudal a impulsar} = 4 \text{ m}^3/\text{h} \cong \mathbf{1,11 \text{ l/s.}}$$

A partir del caudal a impulsar y la altura manométrica requerida se selecciona la siguiente bomba:



**Gráfico 1.3.2: Curva bomba Grundfos NB 32-200.1/180.**

Bomba seleccionada: **Grundfos NB 32-200.1/180.**

### Cañería de recirculación de equipo DAF y selección de bomba:

El sistema de recirculación del equipo DAF utiliza una bomba multifase de alta presión que aspira y comprime una mezcla de aire y agua logrando un elevado grado de solubilidad.

Para obtener un contenido de aire disuelto entre el 10 – 15 % es necesaria una presión de entre 3 y 5 bar dependiendo del caudal y de la marca y modelo de bomba a utilizar.

#### Parámetros de diseño:

Se seleccionará una bomba para un caudal de 15 m<sup>3</sup>/h y una presión de 4,5 bar. Y se utilizará una cañería de acero galvanizado según norma ASTM A53 Gr A.

Adoptando una velocidad del fluido  $v = 1,7$  m/s se obtiene el diámetro necesario según la ecuación (A.1):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15}{1,7 \cdot \pi \cdot 3600}} \times 1000 = 55,86 \text{ mm.}$$

De acuerdo a cañerías comerciales tenemos las siguientes dimensiones:

<b>Caños Acero Galvanizado ASTM A 53 Gr A SH40</b>			
Dn [pulg]	Dext [mm]	e [mm]	Di [mm]
1/2	21.3	2.77	15.76
3/4	26.7	2.87	20.96
1	33.4	3.38	26.64
1 1/4	42.2	3.56	35.08
1 1/2	48.3	3.68	40.94
2	60.3	3.91	52.48
2 1/2	73	5.16	62.68
3	88.9	5.49	77.92
4	114.3	6.02	102.26
6	168.3	7.11	154.08

**Tabla 1.3.8: Dimensiones de cañerías ASTM A53 Gr A SH40.**

Con lo cual, se selecciona una cañería de diámetro nominal **Dn = 2 1/2"**.

- Diámetro exterior: 73 mm.
- Schedule: 40.
- Espesor: 5,16 mm.
- Diámetro interior: 62,68 mm.

Velocidad real del fluido:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_i^2} = \frac{4 \cdot 15}{3600 \cdot \pi \cdot \left(\frac{62,68}{1000}\right)^2} = 1,35 \text{ m/s}$$

### Selección de la bomba:

De acuerdo a catálogos de fabricantes se selecciona una bomba multifase marca EDUR serie LBU, con la siguiente curva característica:

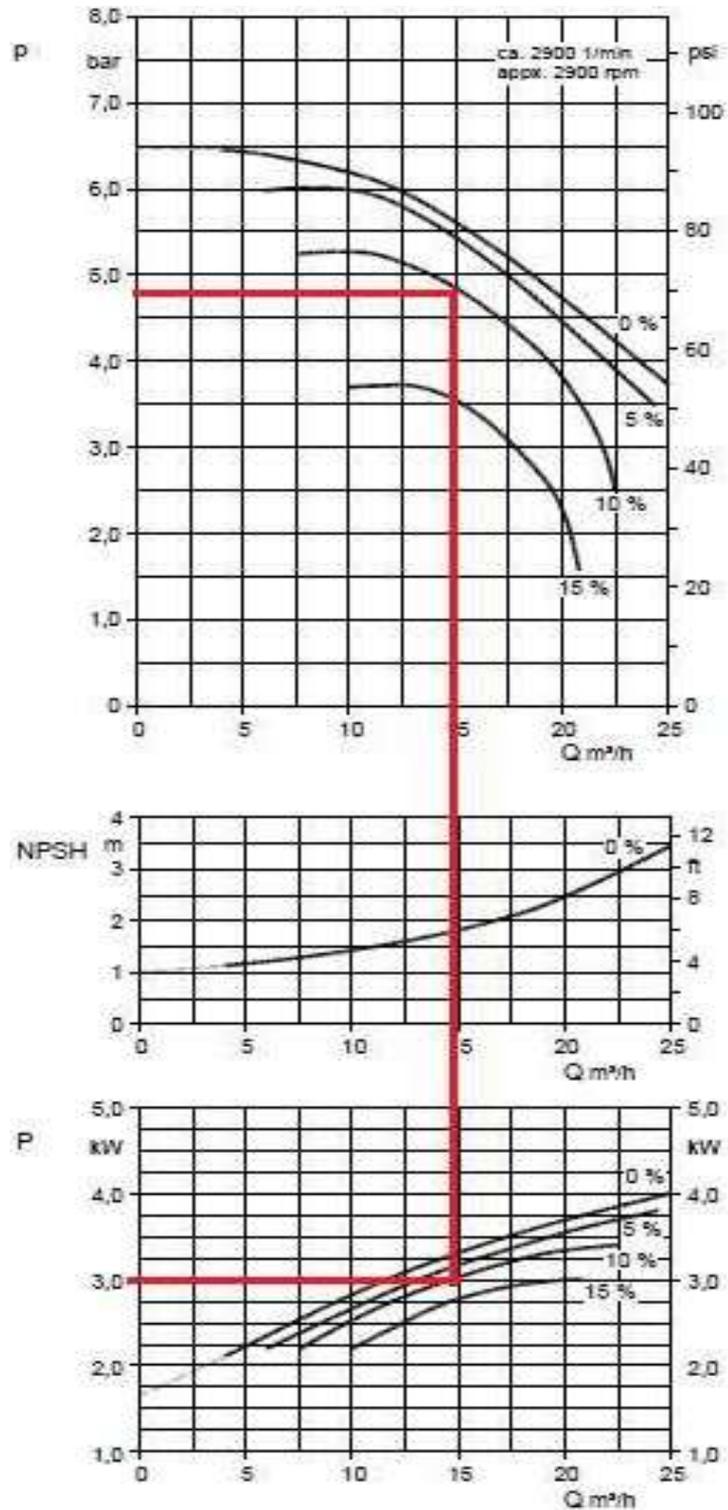


Gráfico 1.3.3: Curva característica bomba Edur modelo LBU 403 C120L.

### Cañería de evacuación o salida:

Para la evacuación del líquido del tanque de acumulación, se utilizará una cañería de polipropileno (PPCR). Impulsado por una bomba de iguales características que la bomba de ingreso del efluente crudo.

**Aclaración:** La cañería de PPCR es un tramo recto de aproximadamente 6 m que va desde el tanque de acumulación hasta la cámara de toma de muestras y medición de caudales (CTM y MC). De allí, el líquido es descargado por diferencia de nivel a través de un tubo de PVC  $\phi 110$  mm, pasando por 2 cámaras de inspección y dirigiéndose hacia la colectora cloacal (aprox. a 44 m). La bomba se colocará por seguridad, así por cualquier imprevisto, se puede lograr una rápida evacuación.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se considerará que la bomba debe impulsar caudales que van desde  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$  (funcionamiento normal), hasta un caudal pico de  $6 \text{ m}^3/\text{h}$ , a través de una cañería de PPCR de 50 m de longitud.

Se dimensionará la cañería para un caudal de  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  adoptando una velocidad del fluido  $v = 2 \text{ m/s}$ .

Siguiendo el mismo procedimiento que para la cañería de alimentación, tenemos que el diámetro interior necesario según la ecuación (A.1) será:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6}{2 \cdot \pi \cdot 3600}} \times 1000 = 32,57 \text{ mm.}$$

De tabla 1.3.1, se selecciona un caño PN 12 de diámetro nominal **DN40** con las siguientes características:

- Diámetro exterior: 40 mm.
- Espesor: 3,7 mm.
- Diámetro interior: 32,6 mm.

Velocidad para diferentes caudales:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_i^2} \rightarrow$$

Caudal		Velocidad [m/s]
[m <sup>3</sup> /h]	[l/s]	
3.5	0.97	1.165
4	1.11	1.331
5	1.39	1.664
6	1.67	1.997

**Tabla 1.3.9: Velocidades para distintos caudales. Caño DN50.**

**Pérdida de carga:**

Pérdida de carga lineal (PCI): De tabla 1.3.3, para un caudal pico  $Q_p \cong 1,67$  l/s se obtiene:

$$PCI = 0,120 \text{ m.c.a./m.}$$

La longitud de la cañería es de 50 m. Por lo que la pérdida de carga lineal queda:

$$PCI = 0,120 \cdot 50 = \mathbf{6 \text{ m. c. a.}}$$

Pérdida de carga en accesorios (PCA): Se obtiene a partir de la ecuación (A.5) y teniendo en cuenta la sumatoria de los coeficientes de resistencia de carga (R).

De acuerdo a la tabla 1.3.4 (Coeficientes de resistencia), y a los diferentes accesorios utilizados se tiene:

Accesorio	Cantidad	Coef. de Resistencia r	Total $\Sigma r$
Válvula esférica	1	2.6	2.6
Tee normal	1	4.2	4.2
CTM y MC	1	8	8
Cámara de inspección	2	5	10
			<b>24.8</b>

**Tabla 1.3.10: Sumatoria de factor de resistencia (R).**

Con lo cual, según la ecuación (A.5) la pérdida localizada en accesorios queda:

$$PCA = 0,05 \cdot \Sigma R \cdot v^2 = 0,05 \cdot 24,8 \cdot 1,997^2 = 4,94 \text{ m. c. a.}$$

Pérdida de carga total por fricción (H<sub>f</sub>):

$$H_f = PCl + PCA = 6 + 4,94 = 10,94 \text{ m. c. a}$$

**Verificación punto de funcionamiento de la bomba:**

Teniendo en cuenta que no hay una diferencia de nivel de líquido a vencer (altura geodésica  $H_g \approx 0$ ) tenemos

$$H_B = H_f = 10,94 \text{ m. (altura manométrica de la bomba).}$$

Con lo cual, observando la curva característica de la bomba Grundfos unilift AP50B.50.11.3V (Gráfico 1.3.1), se puede ver que la bomba es apta para evacuar el efluente.

## B) Instalaciones de aire comprimido

Como ya se mencionó, hay 2 circuitos de aire comprimido independientes en 2 sectores de la planta. En el sector pozo de bombeo y de la planta de biológica.

### 1) Sector planta biológica:

#### Consumos de aire:

A continuación se indican los consumos de aire requeridos para cada operación:

Ubicación	Elemento	Cantidad	Caudales [Nm <sup>3</sup> /h]	
			Unitario	Total
Reactor aeróbico	Difusores de burbuja fina	48	3	144
Sedimentador	Airlift	1	5	5
Digestor primario	Difusores de burbuja gruesa	6	5	30
Digestor secundario	Difusores de burbuja gruesa	6	5	30
	Airlift	1	5	5
<b>Consumo total</b>				<b>214</b>

**Tabla 1.3.11: Consumos normales de aire.**

Con lo cual, el sistema requiere un caudal de aire de: **Qtot=214 Nm<sup>3</sup>/h.**

El equipo a utilizar, deberá proveer además del caudal necesario, la presión suficiente para que el aire atraviese los difusores y puedan formarse las microburbujas.

#### Presión necesaria:

Los difusores tanto de membrana fina como gruesa, poseen una pérdida de carga de 40 mbar (dato aportado por fabricante para un caudal de 5 Nm<sup>3</sup>/h para difusores de burbuja fina, y 10 Nm<sup>3</sup>/h para difusores de burbuja gruesa). A ese valor hay que agregarle la presión que ejerce el líquido sobre la membrana, que puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$P_{liq} = \gamma \cdot h = \rho \cdot g \cdot h$$

Donde:

- $\gamma$ : Peso específico del líquido.  $\left[ \frac{N}{m^3} \right]$
- $\rho$ : Densidad del líquido. Considerando agua a 20°C  $\rightarrow \rho = 998,4 \frac{kg}{m^3}$
- $g$ : Gravedad= 9,81 m/s<sup>2</sup>.

- h: Altura o profundidad del líquido. Considerando el tanque lleno de agua, h=2m.

Con lo cual, la presión que la columna de agua le ejerce sobre la membrana vale:

$$P_{\text{liq}} = 998,4 \cdot 9,81 \cdot 2 = 19588,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cong 195,88 \text{ mbar}$$

Y la presión necesaria que deberá suministrar el equipo será:

$$P_{\text{necesaria}} = P_{\text{liq}} + P_{C_{\text{dif}}} = 195,88 + 40 \cong 236 \text{ mbar}$$

### **Selección del equipo:**

De acuerdo al caudal y presión que se necesita, y teniendo presente que en la instalación habrá cierta pérdida o caída de presión por fricción en cañerías y accesorios, se selecciona un soplador centrífugo, también llamado turbina regenerativa, con las siguientes características:

$$Q_{\text{máx}} = 318 \text{ Nm}^3/\text{h.}$$

$$P = 270 \text{ mbar} = 0,27 \text{ bar.}$$

### **Cálculo de cañerías:**

Se diseñará la instalación de modo tal que la pérdida de carga admisible en los puntos de utilización, no supere del 3% de la presión de servicio del soplador.

### **Caudal de diseño (Qd):**

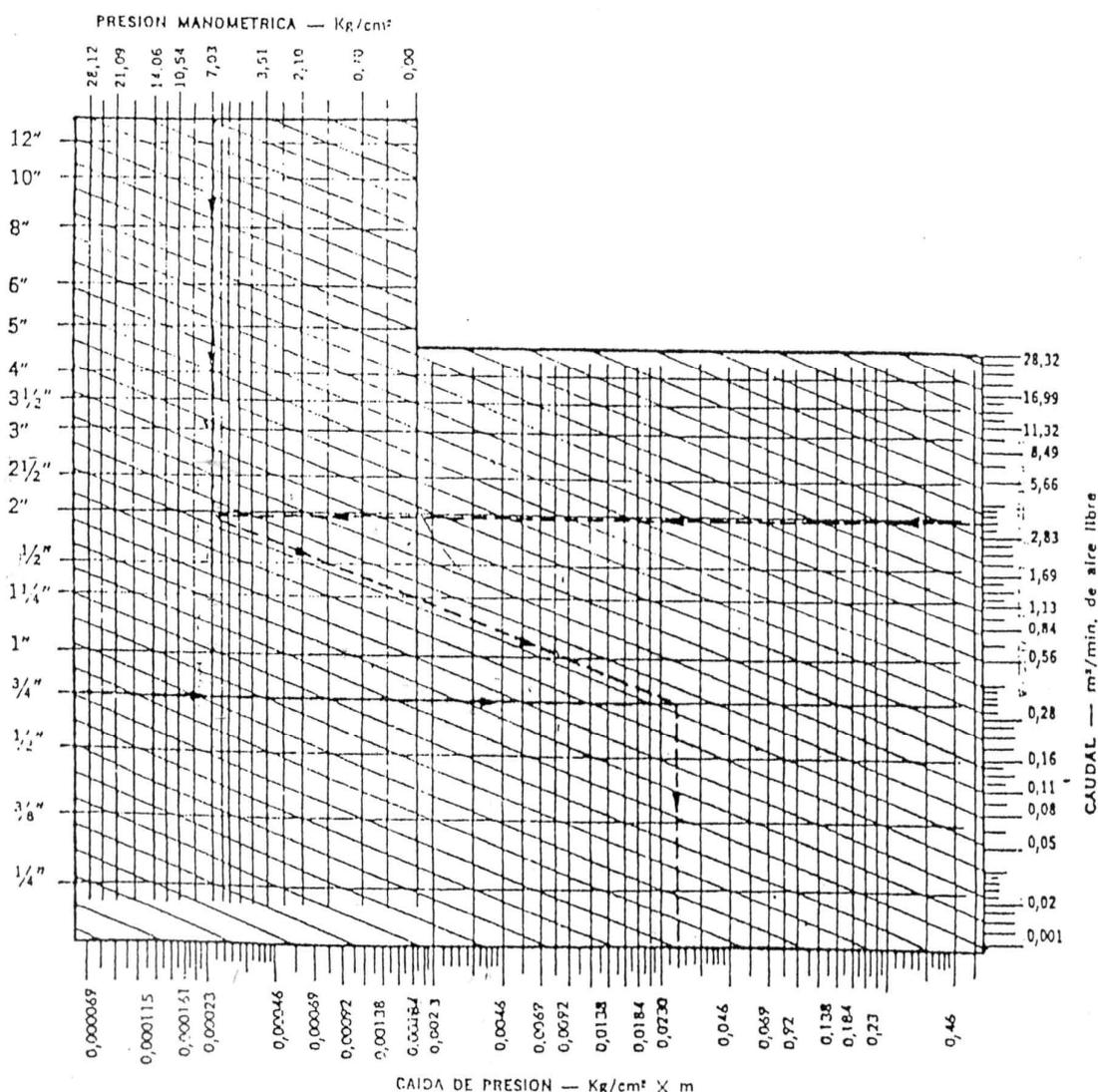
Se utilizará un factor para dimensionar las cañerías, teniendo en cuenta la capacidad máxima del soplador y el caudal máximo real que circulará. Esto permite sobredimensionar las cañerías para atender posibles demandas futuras. El factor de diseño viene dado por:

$$F_d = \frac{318}{214} = 1,485$$

Afectando al caudal real de cada cañería por ese factor, obtenemos el caudal de diseño.

**Procedimiento de cálculo:**

Para dimensionar las cañerías se utilizará el siguiente gráfico, en el cual, ingresando con la presión de servicio y el caudal de diseño de cada cañería se tiene un punto en el gráfico. Luego, en primera instancia, adoptando una caída de presión ( $\Delta P$ ) sin superar el máximo valor admisible del 3%, para cada cañería y con la longitud de la misma (L), se traza una recta oblicua hasta intersectar con el valor ( $\Delta P/L$ ), y finalmente se lee a la izquierda, el diámetro nominal a utilizar.



**Gráfico 1.3.4: Diámetro nominal de cañerías.**

En base al procedimiento anterior, se tienen los siguientes resultados para las diferentes cañerías:

Cañería	Caudales		Presión [bar]	Long [m]	$\Delta P$ [%]	$\Delta P/l$ [bar/m]	Dn [pulg]
	Real [m <sup>3</sup> /h]	Diseño [m <sup>3</sup> /min]					
Principal	214	5.30	0.27	12	2	0.000450	<b>3</b>
Secundaria 1	144	3.57	0.27	3.45	0.5	0.000391	<b>3</b>
Secundaria 2	35	0.87	0.27	3.45	0.5	0.000391	<b>1 1/2</b>
Secundaria 3	35	0.87	0.27	6	0.5	0.000225	<b>1 1/2</b>
Servicio 1	36	0.89	0.27	6	0.5	0.000225	<b>2</b>
Servicio 2	15	0.37	0.27	1.55	0.5	0.000871	<b>1</b>
Servicio 3	15	0.37	0.27	1.55	0.5	0.000871	<b>1</b>
Servicio 4	5	0.12	0.27	4.5	0.5	0.000300	<b>3/4</b>
Servicio 5	5	0.12	0.27	4.65	0.5	0.000290	<b>3/4</b>

**Tabla 1.3.12: Cálculo inicial del diámetro.**

A continuación, se deberá tener en cuenta la pérdida de carga ocasionada por los diferentes accesorios utilizados (codos, válvulas, etc.). Se considera una longitud equivalente de cañería recta para cada accesorio que luego se deberá sumar a la longitud real de la misma y recalculer nuevamente siguiendo los pasos anteriores y el gráfico 1.3.4.

Para ello, se utilizará la siguiente tabla:

PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN ACCESORIOS DE TUBERIAS. VALORES EQUIVALENTES EN METROS DE CAÑERÍA RECTA									
Accesorios	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"
Válvula esclusa (completamente Abierta)	0,09	0,09	0,1	0,13	0,17	0,22	0,26	0,33	0,52
"T" (paso recto)	0,15	0,15	0,21	0,33	0,45	0,54	0,67	0,91	1,5
"T" (paso a derivación)	0,76	0,76	1	1,28	1,61	2,13	2,46	3,16	4,5
Curva 90°	0,42	0,42	0,52	0,64	0,79	1,06	1,24	1,59	2,25
Curva 45°	0,15	0,15	0,23	0,29	0,37	0,48	0,57	0,73	1,04
Válvula globo (completamente abierta)	4,26	4,26	5,65	7,04	8,96	11,76	13,77	17,67	25
Válvula angular (completamente abierta)	2,43	2,43	2,83	3,5	4,48	5,88	6,88	8,83	13,18

**Tabla 1.3.13: Longitud equivalente de accesorios [m].**

Cañería Principal (3")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Válvula esclusa	1	0.52	0.52
Tee paso a derivación	1	4.5	4.5
Tee paso recto	3	1.5	4.5
codo 90°	4	2.25	9
<b>Total</b>			<b>18.52</b>

Cañería Secundaria 1 (3")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Válvula esclusa	1	0.52	0.52
Tee paso recto	1	1.5	1.5
codo 90°	1	2.25	2.25
<b>Total</b>			<b>4.27</b>

Cañería Secundaria 2 (1 1/2")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Válvula esclusa	1	0.26	0.26
Tee paso recto	2	0.67	1.34
codo 90°	1	1.24	1.24
<b>Total</b>			<b>2.84</b>

Cañería Secundaria 3 (1 1/2")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Válvula esclusa	1	0.26	0.26
Tee paso recto	2	0.67	1.34
codo 90°	1	1.24	1.24
<b>Total</b>			<b>2.84</b>

Cañería Servicio 1 (2")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Tee paso recto	12	0.91	10.92
<b>Total</b>			<b>10.92</b>

Cañería Servicio 2 (1")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Tee paso recto	3	0.45	1.35
<b>Total</b>			<b>1.350</b>

Cañería Servicio 3 (1")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Tee paso recto	3	0.45	1.35
<b>Total</b>			<b>1.350</b>

Cañería Servicio 4 (3/4")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Válvula esclusa	1	0.13	0.13
codo 90°	2	0.64	1.28
<b>Total</b>			<b>1.410</b>

Cañería Servicio 5 (3/4")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Válvula esclusa	1	0.13	0.13
codo 90°	1	0.64	0.64
<b>Total</b>			<b>0.770</b>

**Tabla 1.3.14: Longitud equivalente de accesorios.**

Con la longitud equivalente de los accesorios de cada cañería, sumada a la longitud real de la misma, se obtiene la longitud de cálculo a partir de la cual se repite el procedimiento anterior, dando como resultado los siguientes diámetros de cañerías:

Cañería	Caudales		Presión [bar]	Long [m]	Leq acc [m]	Long cálculo [m]	$\Delta P$ [%]	$\Delta P/l$ [bar/m]	<b>Dn</b> [pulg]
	Real [m <sup>3</sup> /h]	Diseño [m <sup>3</sup> /min]							
Principal	214	5.30	0.27	12	18.52	30.52	2	0.000177	<b>3 1/2</b>
Secundaria 1	144	3.57	0.27	3.45	4.27	7.72	0.5	0.000175	<b>3</b>
Secundaria 2	35	0.87	0.27	3.45	2.84	6.29	0.5	0.000215	<b>2</b>
Secundaria 3	35	0.87	0.27	6	2.84	8.84	0.5	0.000153	<b>2</b>
Servicio 1	36	0.89	0.27	6	10.92	16.92	0.5	0.000080	<b>2</b>
Servicio 2	15	0.37	0.27	1.55	1.35	2.9	0.5	0.000466	<b>1</b>
Servicio 3	15	0.37	0.27	1.55	1.35	2.9	0.5	0.000466	<b>1</b>
Servicio 4	5	0.12	0.27	4.5	1.41	5.91	0.5	0.000228	<b>3/4</b>
Servicio 5	5	0.12	0.27	4.65	0.77	5.42	0.5	0.000249	<b>3/4</b>

**Tabla 1.3.15: Diámetros nominales de cañerías a colocar.**

### Cañerías a utilizar:

Los cálculos realizados anteriormente son para dimensionar cañerías de acero (gráfico 1.3.4 y tabla 1.3.13). No obstante, se utilizarán cañerías de polipropileno homopolímero (PP-H) TERFLEX debido a que los costos son menores y poseen mayor resistencia a la corrosión entre otras ventajas.

Los caños de polipropileno poseen una rugosidad mucho menor a la de los caños de acero (aproximadamente 100 veces menor), por lo cual, las pérdidas por fricción serán menores. Al haber realizado los cálculos para caños de acero, se tiene un mayor margen de seguridad.

De acuerdo a catálogos comerciales se colocarán los siguientes diámetros de cañerías:

Caños PP-H Terflex clase 6					
Cañería	Dn [pulg]	D exterior [mm]	Espesor [mm]	D interior [mm]	P trabajo para uniones por termofusion [bar]
Principal	4	114.3	8.8	96.7	10
Secundaria 1	3	88.9	7.2	74.5	11
Secundaria 2	2	60.3	5.4	49.5	12
Secundaria 3	2	60.3	5.4	49.5	12
Servicio 1	2	60.3	5.4	49.5	12
Servicio 2	1	33.4	3.7	26	15
Servicio 3	1	33.4	3.7	26	15
Servicio 4	1/2	21.3	3.3	14.7	22
Servicio 5	1/2	21.3	3.3	14.7	22

**Tabla 1.3.16: Diámetros de cañerías seleccionados.**

**Nota:** Se realizó el cálculo utilizando tablas y gráficos para caños de acero debido a la falta de datos concretos de pérdidas de carga en cañerías y accesorios de polipropileno para aire comprimido.

### Verificación de caída de presión real:

Utilizando el gráfico 1.3.4, con el caudal de diseño, la presión de trabajo y los diámetros de cañerías utilizados, se obtiene la pérdida de carga por metro de cañería, que luego, afectada por la longitud de cálculo se obtiene el valor  $\Delta P(\%)$  real. Así puede verificarse que desde el soplador hasta el final de cada punto de utilización, la caída de presión es menor al 3%. Los resultados pueden verse a continuación en la siguiente tabla:

Cañería	Q diseño [m <sup>3</sup> /min]	Presión [bar]	Long [m]	L calculo [m]	Dn [pulg]	$\Delta P/l$ [bar/m]	$\Delta P$ real [%]
Principal	5.30	0.27	12	30.52	4	0.000067	0.757
Secundaria 1	3.57	0.27	3.45	7.72	3	0.000115	0.329
Secundaria 2	0.87	0.27	3.45	5.81	2	0.00007	0.151
Secundaria 3	0.87	0.27	6	8.84	2	0.00007	0.229
Servicio 1	0.89	0.27	6	16.92	2	0.000092	0.577
Servicio 2	0.37	0.27	1.55	2.9	1	0.000425	0.456
Servicio 3	0.37	0.27	1.55	2.9	1	0.000425	0.456
Servicio 4	0.12	0.27	4.5	6.25	1/2	0.00045	1.042
Servicio 5	0.12	0.27	4.65	5.61	1/2	0.00045	0.935

**Tabla 1.3.17: Pérdida de carga en % de cada cañería.**

Con lo cual en cada punto de utilización se tiene una caída de presión:

Puntos de consumo	$\Delta P$ [%]
Difusores en Reactor aeróbico	1.663
Difusores en Digestor primario (1)	1.364
Airlift en Sedimentador	1.950
Difusores en Digestor secundario (2)	1.443
Airlift en Digestor secundario (2)	1.922

**Tabla 1.3.18: Pérdida de presión en cada punto de utilización (%).**

Como puede observarse, en cada punto de utilización, la caída de presión es menor al 3% de la presión de trabajo.

## 2) Sector pozo de bombeo:

En el pozo de bombeo o cámara de compensación se utilizarán 8 difusores de burbuja gruesa con un caudal de  $10 \text{ Nm}^3/\text{h}$  cada uno. Dando un caudal total de  $80 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . Así mismo, para el dimensionamiento de las cañerías, se utilizará un caudal de diseño previendo una posible ampliación o agregado de difusores.

Hay 2 tipos de cañerías: Una principal que transporta la totalidad del caudal, y una secundaria o de servicio en este caso, que conduce el caudal hacia los difusores (puntos de utilización). Son 2 cañerías de servicio que alimentan a 4 difusores cada una.

Para la cañería principal se considerará un caudal de diseño previendo la posibilidad de un agregado del doble de difusores. Por lo cual se utilizará un caudal de  **$160 \text{ Nm}^3/\text{h}$** .

Para las cañerías de servicio, se considerará la posibilidad del agregado de 1 difusor por cada una. Por lo cual, se utilizará un caudal de  **$50 \text{ Nm}^3/\text{h}$** .

### Equipo a utilizar:

Se utilizará otro soplador de las mismas características que el utilizado en el sector de la planta biológica. Es decir, un equipo con un caudal y presión de:

$$Q_{\text{máx}} = 318 \text{ Nm}^3/\text{h}.$$

$$P = 270 \text{ mbar} = 0,27 \text{ bar}.$$

### Dimensionamiento de cañerías:

Siguiendo los mismos pasos que para el cálculo de las cañerías del sector de planta biológica (1), y utilizando el gráfico 1.3.4 se obtuvieron los siguientes resultados:

Cañería	Caudales			Presión [bar]	Long [m]	$\Delta P$ [%]	$\Delta P/l$ [bar/m]	Dn inicial [pulg]
	Real [m <sup>3</sup> /h]	Diseño [m <sup>3</sup> /h]	Diseño [m <sup>3</sup> /min]					
Principal	80	160	2.67	0.27	11	2	0.000491	<b>2</b>
Servicio	40	50	0.83	0.27	4	1	0.000675	<b>1 1/4</b>

Tabla 1.3.19: Diámetros iniciales de cañerías.

A continuación se indican los diferentes accesorios de las cañerías con las respectivas pérdidas de carga que ocasionan, valores de longitud equivalente en metros (tabla 1.3.13).

Cañería Principal (2")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Válvula esclusa	1	0.33	0.33
Tee paso a derivación	1	3.16	3.16
Tee paso recto	1	0.91	0.91
codo 90°	4	1.59	6.36
<b>Total</b>			<b>10.76</b>

Cañería Servicio (1 1/4")			
Accesorio	Cantidad	Perdida [m]	Leq acc [m]
Tee paso recto	4	0.54	2.16
<b>Total</b>			<b>2.16</b>

**Tabla 1.3.20: Long equivalente de accesorios.**

Con la longitud equivalente de accesorios de cada cañería, sumada a la longitud real se recalcula nuevamente quedando como resultado los siguientes diámetros de cañería que se deberán colocar:

Cañería	Caudales		Presión [bar]	Long [m]	Leq acc [m]	Long. calculo [m]	$\Delta P$ [%]	$\Delta P/l$ [bar/m]	<b>Dn [pulg]</b>
	Real [m <sup>3</sup> /h]	Diseño [m <sup>3</sup> /min]							
Principal	80	2.67	0.27	11	10.76	21.76	2	0.000248	<b>2 1/2</b>
Servicio	40	0.83	0.27	4	2.16	6.16	1	0.000438	<b>1 1/4</b>

**Tabla 1.3.21: Diámetros nominales de cañerías a colocar.**

### Cañerías a utilizar:

Se utilizará el mismo tipo de cañerías que para el sector de planta biológica. Cañerías de polipropileno homopolímero (PP-H) clase 6. Los diámetros de cañerías a colocar son los siguientes:

Caños PP-H Terflex clase 6					
Cañería	Dn [pulg]	D exterior [mm]	Espesor [mm]	D interior [mm]	Ptrabajo para uniones por termofusion [bar]
Principal	3	88.9	7.2	74.5	11
Servicio	1 ¼	42.2	4.3	33.6	14

**Tabla 1.3.22: Cañerías utilizadas.**

### Verificación de la caída de presión real:

Al igual que para los cálculos anteriores, utilizando el gráfico 1.3.4, con el caudal de diseño, presión de trabajo y el diámetro de cañería a utilizar, se obtiene el valor  $\Delta P/l$ . Luego, afectado por la longitud se calcula  $\Delta P$  (%).

En la siguiente tabla se indican los resultados:

Cañería	Q diseño [m <sup>3</sup> /min]	Presión [bar]	Long [m]	L calculo [m]	Dn [pulg]	$\Delta P/l$ [bar/m]	$\Delta P$ real [%]
Principal	2.67	0.27	11	21.76	3	0.00007	0.564
Servicio	0.83	0.27	4	6.16	1 1/4	0.00042	0.958
						<b>Total</b>	<b>1.522</b>

**Tabla 1.3.23: Pérdida de carga real en %.**

Se puede observar que la caída de presión real en los puntos de utilización (difusores) es del 1,52%. Con lo cual se verifica que es menor al valor máximo admisible (3%).

## **2) Sistema mecánico barredor de espumas.**

## **2.1 - Memoria descriptiva:**

En esta sección se realizarán los cálculos correspondientes para determinar el sistema barredor de espumas y sobrenadantes del equipo de flotación por aire disuelto (DAF).

La descarga de la mezcla de agua recirculada con aire a presión sobre el interior del tanque, genera micro burbujas de aire que se adhieren a sólidos finos, materias en suspensión, bacterias, precipitados de grasas, aceites, jabones ,etc.(mezcla denominada “espumas”), provocando su ascenso hacia la superficie.

El barredor consiste en un sistema de palas se sección rectangular vinculadas a un sistema de ejes con ruedas dentadas y cadenas que al girar, arrastran las espumas hacia una cámara, donde posteriormente se dirigen hacia el digestor por medio de una cañería de PVC.

## 2.2 - Memoria técnica:

El sistema barredor de espumas está compuesto por los siguientes equipamientos:

### **Motorreductor:**

Se utilizará un motorreductor con motor eléctrico 220/380 V y reductor de ejes paralelos a engranajes de simple etapa. Grado de protección IP 44.

Marca/Modelo: LENTAX C2FR 0.50

Potencia de entrada: 0,5 hp

Rendimiento 95%.

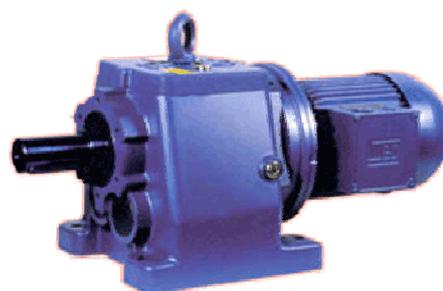
Velocidad de entrada: 1450 r.p.m

Velocidad de salida: 5,7 r.p.m

Relación de transmisión  $i=245,13$

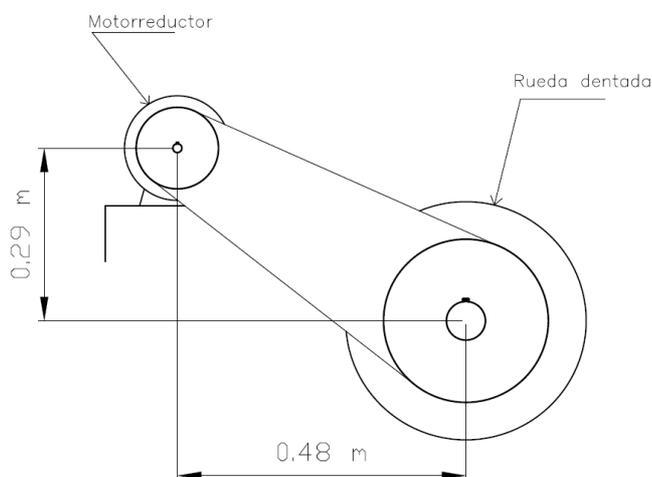
Factor de seguridad: 1,6

Momento útil: 5870 kgcm.



### **Sistema de transmisión por poleas:**

Se utilizará una transmisión por poleas y correa para vincular el eje del motor con el eje del barredor. Los mismos están separados por una distancia de 55 cm como se indica en el siguiente esquema:



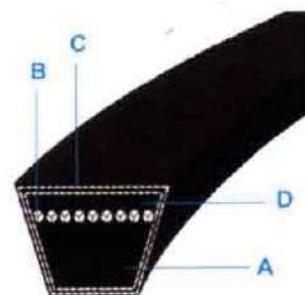
Según las medidas comerciales de poleas y correas, se utilizarán:

**Poleas:** Dos (2) poleas SPB compatibles con sección de correa B, con las siguientes características:

- Diámetro polea menor: 140 mm.
- Diámetro polea mayor: 280 mm.
- Material: Fundición (DIN 1691 GG20 - GG25).
- Canales: 1 solo canal.

**Correas:** Una (1) correa trapezoidal de marca sugerida Pirelli o Dunlop. Con las siguientes características:

- Denominación: B-68 clásica (DIN 2215).
- Longitud primitiva nominal: 1773 mm.
- Ancho base superior: 17 mm.
- Altura o espesor: 11 mm.
- Material:
  - A) Núcleo: Caucho.
  - B) Elemento resistente: Fibra sintética especial (poliéster) de alta resistencia a la tracción y reducida elongación.
  - C) Tela de recubrimiento: Tejido de hilado mixto de algodón-poliéster.
  - D) Recubrimiento externo: Caucho.



### **Eje y rodamientos:**

Se utilizarán dos (2) árboles o ejes de acero galvanizado según norma ASTM A.53 Gr B con puntas de eje de acero SAE 1045.

Material/Norma: Acero ASTM A.53 Gr B SH80

Diámetro nominal: 2 ½"

Diámetro exterior: 73 mm.

Diámetro interior: 58,98 mm.

Espesor: 7,01 mm

Peso/m = 10,9 kg/m.

### Rodamientos:

Se utilizarán cuatro (4) rodamientos rígidos de bolas, simil FAG modelo 16013, con las siguientes características:

- Diámetro interior (d): 65 mm.
- Diámetro exterior (D): 100 mm.
- Capacidad de carga dinámica: 21,2 kN.
- Vida útil: 30000 h.



### Ruedas dentadas:

Se colocarán cuatro (4) ruedas dentadas con las siguientes características:

- Material: Fundición de hierro gris.
- Número de dientes: 12.
- Paso: 4".
- Diámetro exterior: 412 mm.
- Diámetro interior: 65 mm.
- Espesor: 70 mm.
- Carga de rotura: 3000 kg.

### Cadenas de paso alargado:

Se utilizarán dos (2) cadenas transportadoras de paso alargado. Su principal ventaja consiste en que, por tener el diámetro de rodillo (C) más grande que el ancho de la placa (A) la cadena se desliza con suavidad y sin rozamientos excesivos. Además de ser muy económica.



Las principales características son las siguientes:

- Material: Mallas de acero laminado - Pernos y bujes de acero al carbono tratados térmicamente - Rodillos de acero SAE 1020.
- Paso: 4”.
- Carga de rotura: 3000 kg.
- Peso por metro: 2,4 kg/m.

### **Palas barredoras:**

Se utilizarán cinco (5) palas barredoras de chapa de acero inoxidable AISI 304 rematadas en goma sintética en su exterior de espesor 5 mm con triple refuerzo interno.

Dimensiones:

Chapa: Largo: 2 m.

Alto: 0,1 m.

Goma: Largo: 2 m.

Alto: 0,15 m.

El avance de las palas es guiado por medio de una estructura autoportante compuesta por 2 vigas laterales que están solidarias al tanque del DAF.

### **2.3 - Memoria de cálculo**

Para un correcto funcionamiento se requiere una velocidad lineal de las palas de aproximadamente  $3,5 \text{ m/min} = 0,0583 \text{ m/s}$ .

#### **Potencia necesaria:**

Se puede calcular la potencia necesaria para el accionamiento mediante la siguiente ecuación:

$$N_{\text{nec}} = \frac{F \cdot V_{\text{lineal}}}{75} \text{ [CV]}$$

Donde:

- F: Fuerza que ejerce el fluido sobre las paletas [kgf].
- $V_{\text{lineal}}$ : Velocidad lineal de las paletas [m/s].
- $N_{\text{nec}}$ : Potencia requerida para el accionamiento [CV].

Se considera que cada paleta está sometida a una fuerza de 30 kg. Y son en total, 3 paletas que están en contacto con el fluido (lodos y espumas). Por lo cual, la fuerza ejercida total será: **F=90 kg**.

Reemplazando en la ecuación anterior se tiene:

$$N_{\text{nec}} = \frac{90 \times 0,0583}{75} \cong 0,07 \text{ hp}$$

#### **Selección del motorreductor:**

Suponiendo para el sistema de transmisión por correas un rendimiento del 60%. Se puede estimar la potencia necesaria para el accionamiento por parte del motorreductor, es decir, la potencia a la salida del reductor ( $N_{\text{abs}}$ ).

$$N_{\text{abs}} = \frac{0,07}{0,6} \cong 0,12 \text{ hp}$$

Se utilizará un motorreductor de ejes paralelos a engranajes. Utilizando para la selección el manual de motorreductores LENTAX, siguiendo los pasos que sugiere dicho manual.

### Potencia de entrada ( $N_e$ ):

Es la potencia referida al eje de entrada. Se obtiene afectando la potencia absorbida por el rendimiento del reductor. (95% por cada etapa).

$$N_e = \frac{0,12}{0,95} = 0,126 \text{ hp}$$

### Factor de servicio ( $F_s$ ):

Se obtiene de una tabla que otorga el fabricante en donde se tienen en cuenta el tipo de la máquina accionada, tipo de motor de accionamiento, horas de servicio y cantidad de arranques por hora.

Teniendo presente que la planta trabaja 14 horas por día, y el motorreductor se utilizará para un sistema de transmisión a cadenas, se tiene un factor de servicio  $F_s = 1,6$ .

### Potencia de entrada equivalente ( $N_{eq}$ ):

Es la potencia de entrada, afectada por el factor de servicio:

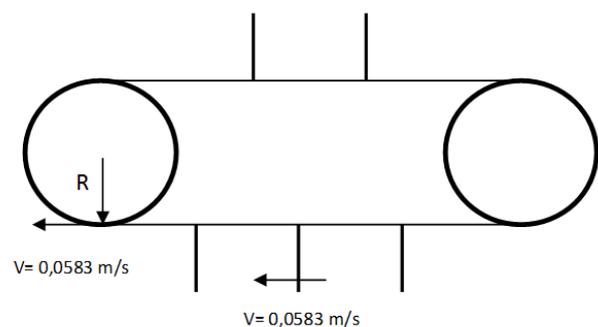
$$N_{eq} = N_e \cdot F_s = 0,126 \cdot 1,6 \cong 0,202 \text{ hp}$$

### Relación de transmisión ( $i$ ):

Relación entre la velocidad de giro del motor, y la velocidad a la salida del reductor. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$i = \frac{n_e}{n_s} \quad (1)$$

Como la velocidad lineal de las paletas (0,0583 m/s) es la misma que la velocidad tangencial en la periferia de la rueda dentada, y suponiendo que se colocará una rueda de diámetro 40 cm, se tiene que la velocidad de giro del eje principal de la máquina vale:



$$n_2 = n_{\text{eje}} = \frac{v_t \cdot 60}{2\pi \cdot R} = \frac{0,0583 \cdot 60}{2\pi \cdot 0,2} = 2,78 \text{ r. p. m}$$

Ahora bien, teniendo presente que para la transmisión que vincula el eje del motor con el eje del barredor se utilizará un sistema de correa y poleas con una relación de transmisión  $R=2$ , se tiene una velocidad de giro de salida del reductor ( $n_s$ ) que vale:

$$n_s = n_1 = R \cdot n_2 = 2 \cdot 2,78 = 5,56 \text{ r. p. m.}$$

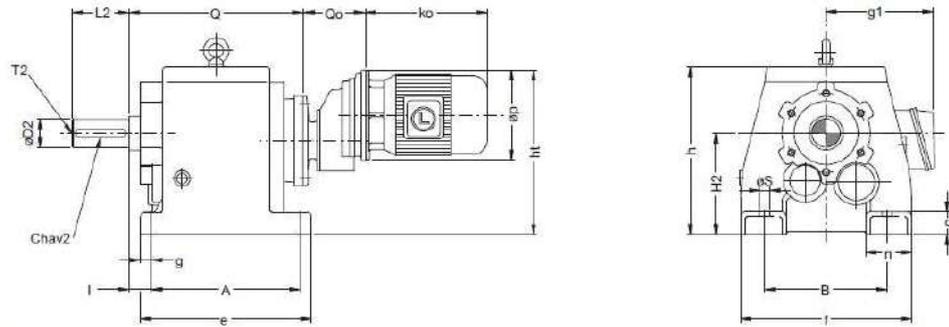
Con lo cual, según la ecuación (1), y suponiendo un motor de 4 polos (1500 r.p.m), la relación de transmisión que se desea para el reductor es:

$$i = \frac{1500}{5,56} = 269,78 \text{ r. p. m}$$

Con la potencia de entrada equivalente y la relación de transmisión se selecciona el siguiente motorreductor:

Potencia Entrada		Velocidad Entrada	Velocidad Salida	Relación	MODELO	Factor de Seguridad	Momento Util	
kW	HP	aprox. (RPM)	aprox. (RPM)	(i)		(fz)	(Nm)	
0.37	0.50		4.4	321.65	C3TR	0.50	1.95	771
			5.1	276.00	C3TR	0.50	2.30	661
		690	3.0	230.58	C3T3	0.50 /8	1.50	1143
			3.3	211.33	C3T3	0.50 /8	1.60	1047
		910	3.9	230.58	C3T3	0.50 /6	1.95	867
			4.3	211.33	C3T3	0.50 /6	2.15	794
			5.5	166.30	C3T3	0.50 /6	2.75	625
			7.0	129.57	C3T3	0.50 /6	3.50	487
			7.4	122.57	C3T3	0.50 /6	3.70	461
			7.7	118.75	C3T3	0.50 /6	3.85	446
		1405	3.8	368.17	C2FR	0.50	1.10	882
			4.4	317.02	C2FR	0.50	1.25	760
			4.7	296.94	C2FR	0.50	1.35	711
			5.7	245.13	C2FR	0.50	1.60	587
			6.8	205.76	C2FR	0.50	1.95	493
			8.0	174.83	C2FR	0.50	2.25	419
			9.4	149.88	C2FR	0.50	2.65	359

Tabla 2.3.1: Motorreductor seleccionado según manual LENTAX.

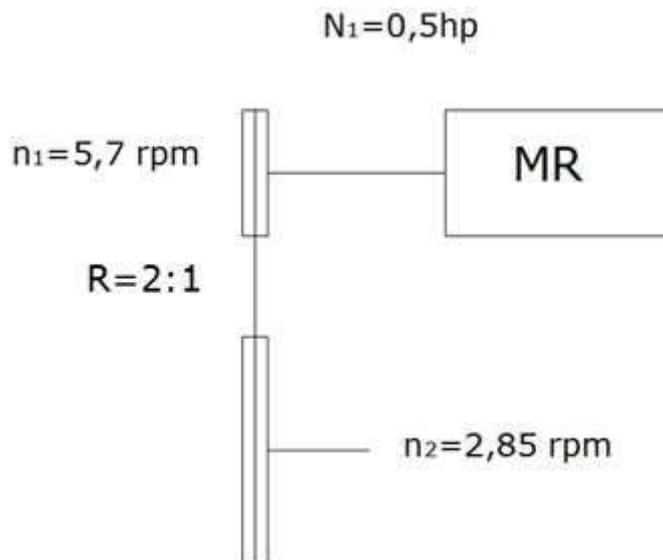


Modelo	D29	L2	chav 2	T2	H2	A	B	S0	l	Q	IEC 71	Qo	IEC 80-90	IEC 100-112	IEC 132
Model			keyway 2												
C00FR	mm	25	8x7	M10	90	130	110	9	25	171	110	125	---	---	---
	inch	1.000	2	1/4 x 1/8	UNC 3/8"	3.543	5 1/8	4 11/32	3/8"	1	6 3/4	4 11/32	4 15/16	---	---
C0FR	mm	30	8x7	M10	115	165	135	14	30	206	110	125	---	---	---
	inch	1.188	2 3/8	1/4 x 1/8	UNC 3/8"	4.528	6 1/2	5 5/16	9/16	1 3/16	8 1/8	4 11/32	4 15/16	---	---
C1FR	mm	35	70	10x8	M12	130	195	150	14	30	230.5	110	125	---	---
	inch	1.375	2 3/4	5/16 x 5/32	UNC 1/2"	5.118	7 11/16	5 29/32	9/16	1 3/16	9 1/16	4 11/32	4 15/16	---	---
C2FR	mm	40	80	12x8	M16	140	205	170	18	35	252	110	125	---	---
	inch	1.625	3 1/8	3/8 x 3/16	UNC 5/8"	5.512	8 1/16	6 11/16	23/32	1 3/8	9 15/16	4 11/32	4 15/16	---	---
C3TR	mm	50	100	14x9	M16	180	260	215	18	40	305	130	145	152	---
	inch	2.000	4	1/2 x 1/4	UNC 5/8"	7.087	10 1/4	8 15/32	23/32	1 9/16	12	5 1/8	5 23/32	6	---
C4TR	mm	60	120	18x11	M20	225	310	250	22	40	367	130	145	152	---
	inch	2.375	4 3/4	5/8 x 5/16	UNC 3/4"	8.858	12 7/32	9 27/32	7/8	1 9/16	14 7/16	5 1/8	5 23/32	6	---

Tabla 2.3.2: Dimensiones motorreductor.

Modelo: C2FR 0.50	Velocidad de entrada: 1450 r.p.m
Potencia de entrada: 0,5 hp	Velocidad de salida: 5,7 r.p.m
Relación de transmisión $i=245,13$	

**Sistema de transmisión por correas:**



Se utilizará una transmisión de correas trapecoidales marca PIRELLI. Por lo que se utilizará un procedimiento de cálculo siguiendo los pasos detallados del manual correspondiente. En anexo 1 podrán verse las tablas utilizadas que se mencionan en el procedimiento de cálculo.

### Potencia a transmitir:

La potencia a transmitir será la del motor, afectada por el rendimiento del reductor, el cual, según el fabricante es del 95%.

Con lo cual, la potencia a transmitir será  $P = 0,5 \times 0,95 = 0,47$  hp.

### **Procedimiento de cálculo:**

#### 1- Potencia corregida (Pc):

Factor de corrección de la potencia (Fcp):

Se obtiene de la tabla N° 3 para un servicio normal de 8 a 15 h/día un factor **Fcp=1,2**

La potencia corregida será:

$$P_c = P \cdot F_{cp} = 0,47 \cdot 1,2 = 0,57 \text{ hp}$$

#### 2- Sección de la correa:

Del gráfico N°1 se obtiene, para una potencia corregida de 0,47 hp y velocidad de giro de la polea menor  $n_1 = 5,7$  r.p.m, que la correa deberá ser de **sección B**.

#### 3- Relación de transmisión:

$$R = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} = \frac{5,7}{2,85} = 2$$

Siendo:

- N: Velocidad de la polea menor [r.p.m].
- n: Velocidad de la polea mayor [r.p.m].
- D: Diámetro de la polea mayor [mm].
- d: Diámetro de la polea menor [mm].

#### 4- Elección de los diámetros primitivos de las poleas:

- Polea menor:

Para una correa de sección B, de tabla N° 1, se obtiene un diámetro primitivo de la polea menor: **d = 137 mm**.

- Polea mayor:

Se obtiene a partir de la relación de transmisión y el diámetro primitivo de la polea menor:

$$D = R \times d = 137 \times 2 = 274 \text{ mm}$$

- 5- Distancia entre ejes (l):

$$l \geq \frac{(R + 1) \cdot d}{2} + d = \frac{(2 + 1) \cdot 137}{2} + 137 = 342,5 \text{ mm}$$

En este caso, de acuerdo a la ubicación del motor y del eje del barredor, la distancia entre ejes queda preestablecida como  **$l = 0,55 \text{ m}$** .

- 6- Longitud primitiva de la correa:

Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$L = 2 \cdot l + 1,57 \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot l}$$

$$L = 2 \cdot 550 + 1,57(274 + 137) + \frac{(274 - 137)^2}{4 \cdot 550} = 1753,8 \text{ mm}$$

De tabla N° 4 se obtiene un N° **correa de 68**.

- 7- Factor de corrección en función de la longitud de la correa:

De tabla N° 5 se obtiene que:  $F_{cl} = 0,95$

- 8- Determinación del arco de contacto:

El arco de contacto de la correa sobre la polea menor se determina con la siguiente ecuación:

$$\alpha^\circ = 180 - 57 \frac{(D - d)}{l} = 180 - 57 \frac{(274 - 137)}{550} = 165,8^\circ$$

9- Factor de corrección del arco de contacto:

De tabla N° 6 se obtiene un factor:  $F_{c\alpha} = 0,97$

10- Velocidad de la correa:

$$V_t = \frac{\pi \times d \times N}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 137 \times 5,7}{60 \times 1000} = 0,0409 \text{ m/s}$$

11- Prestación base (Pbk):

De tabla N° 2, para una sección de correa B, se obtiene:

- $P_b = 2,49 \text{ hp}$ .
- Prestación adicional por relación de transmisión:  $0,38 \text{ hp}$ .

La suma de ambas prestaciones, da la prestación base:

$$\mathbf{P_{bk} = 2,49 + 0,38 = 2,87 \text{ hp.}}$$

12- Potencia efectiva por correa:

Se obtiene al afectar a la prestación base por los factores de arco de contacto y de longitud:

$$P_e = P_{bk} \times F_{cl} \times F_{c\alpha} = 2,87 \times 0,95 \times 0,97 = 2,64 \text{ hp}$$

13- Cantidad de correas:

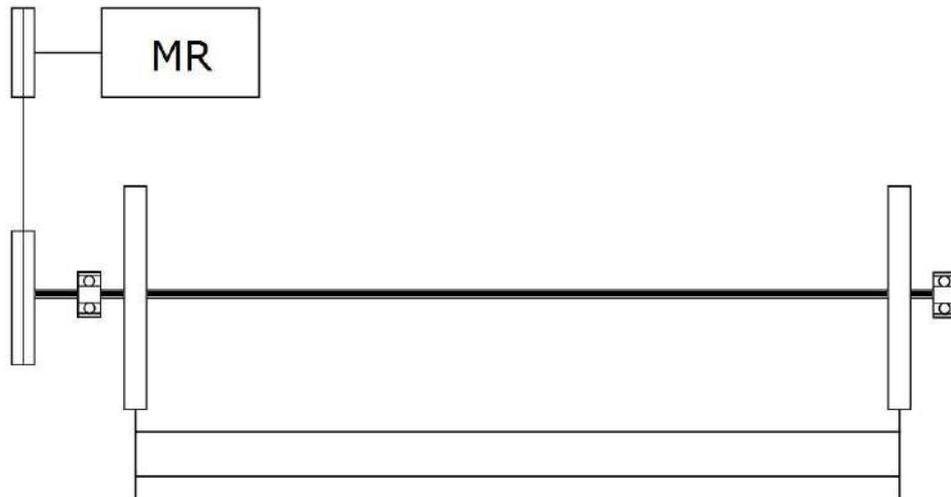
$$\text{Cantidad de correas} = \frac{P_c}{P_e} = \frac{0,57}{2,64} = 0,21 \rightarrow 1 \text{ correa}$$

Con lo cual, para la transmisión calculada se deberá utilizar 1 correa trapezoidal **Pirelli B-68**.

Resumiendo, la transmisión queda entonces:

Diámetro polea = 137 mm.
Diámetro polea mayor = 274 mm.
Velocidad polea menor = 5,7 r.p.m.
Velocidad polea mayor = 2,85 r.p.m.
Relación= 2:1

### Cálculo árbol del barredor:



Para el cálculo del diámetro del eje se considerará al mismo sometido a esfuerzos de torsión.

Las fuerzas que puedan ocasionar esfuerzos de flexión (Peso de cadenas, ruedas dentadas, paletas barredoras, etc.) pueden despreciarse, debido también a que las palas barredoras están montadas sobre una estructura autoportante que soporta su peso.

Según la teoría de rotura de Guest, tenemos:

$$\sigma_{fl} = 2 \cdot \tau_{fl}$$

Por otra parte, cuando los esfuerzos normales ( $\sigma$ ) y tangenciales ( $\tau$ ) son de distinto signo, las tensiones admisibles guardan la misma relación anterior entre las tensiones de fluencia, es decir:

$$\sigma_{adm} = 2 \cdot \tau_{adm}$$

#### Material del eje:

Se utilizará un eje de acero según norma ASTM A53 Gr B galvanizado.

Límite de fluencia (límite garantizado inferior al valor de fluencia):

$$\sigma_{fl} = 2460 \text{ kg/cm}^2$$

Para mayor seguridad y debido a que se despreció el esfuerzo de flexión, se utilizará un coeficiente de seguridad  $C_s = 3$ .

Por lo cual, las tensiones admisibles serán:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fl}}{3} = 820 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{2} = \frac{820}{2} = 410 \text{ kg/cm}^2$$

El diámetro del eje se calcula a partir de la resistencia a tensiones tangenciales, según la ecuación:

$$\tau = \frac{M_t}{W_p} \quad (2)$$

Donde:

- $W_p$ : Momento polar de inercia. Para un eje hueco vale:

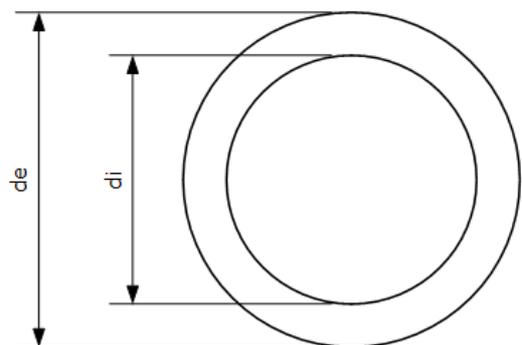
$$W_p = \frac{\pi \cdot (d_e^3 - d_i^3)}{16} = \frac{\pi \cdot d_e^3}{16} \cdot \left(1 - \frac{d_i^3}{d_e^3}\right) [\text{cm}^3]$$

- $M_t$ : Momento torsor en el eje. [kgcm].

Reemplazando en la ecuación anterior (2) se obtiene:

$$\tau = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot d_e^3 \cdot \left(1 - \frac{d_i^3}{d_e^3}\right)} = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot d_e^3 \cdot (1 - k^3)} \quad (3)$$

Donde  $k = d_e/d_i$  se conoce como relación de diámetros, y generalmente se considera  $k=0,8$ .



Introduciendo el valor  $\tau_{adm}$  y despejando el diámetro exterior ( $d_e$ ) de la ecuación (3), se tiene la siguiente expresión:

$$d_e \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \tau_{adm} \cdot (1 - k^3)}} \quad (4)$$

Momento torsor:

Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$M_t = 71620 \frac{N_2}{n_2} \text{ [Kgcm]} \quad (5)$$

Donde:

- $N_2$ : Potencia en el eje [CV].
- $n_2$ : Velocidad de giro del eje = 2,85 r.p.m.

Potencia en el eje motor:  $N_1 = 0,47 \text{ hp}$ .

Potencia en el eje del barredor:  $N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{poleas}}$

Siendo  $\eta_{\text{poleas}}$  el rendimiento de la transmisión por poleas. Considerando  $\eta_{\text{poleas}} = 0,9$  para tener un margen de seguridad, y reemplazando en la ecuación (5) tenemos que el momento que se transmite al eje del barredor vale:

$$M_t = 71620 \frac{0,47 \cdot 0,9}{2,85} = 10629,91 \text{ kgcm}$$

Tenemos entonces que el diámetro del eje, según la ecuación (4), deberá ser:

$$d_e \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10629,91}{\pi \cdot 410 \cdot (1 - 0,8^3)}} = 6,467 \text{ cm} = 64,67 \text{ mm}$$

De catálogos de caños comerciales se selecciona un eje de acero con las siguientes características:

Material/Norma: Acero ASTM A.53 Gr B SH80  
Diámetro nominal: 2 ½"  
Diámetro exterior: 73 mm.  
Diámetro interior: 58,98 mm.  
Espesor: 7,01 mm  
Peso/m = 10,9 kg/m.

### **Rodamientos:**

Se calcularán los rodamientos a colocar en el eje del barredor, utilizando el catálogo técnico de rodamientos FAG.

### Fuerzas sobre los rodamientos:

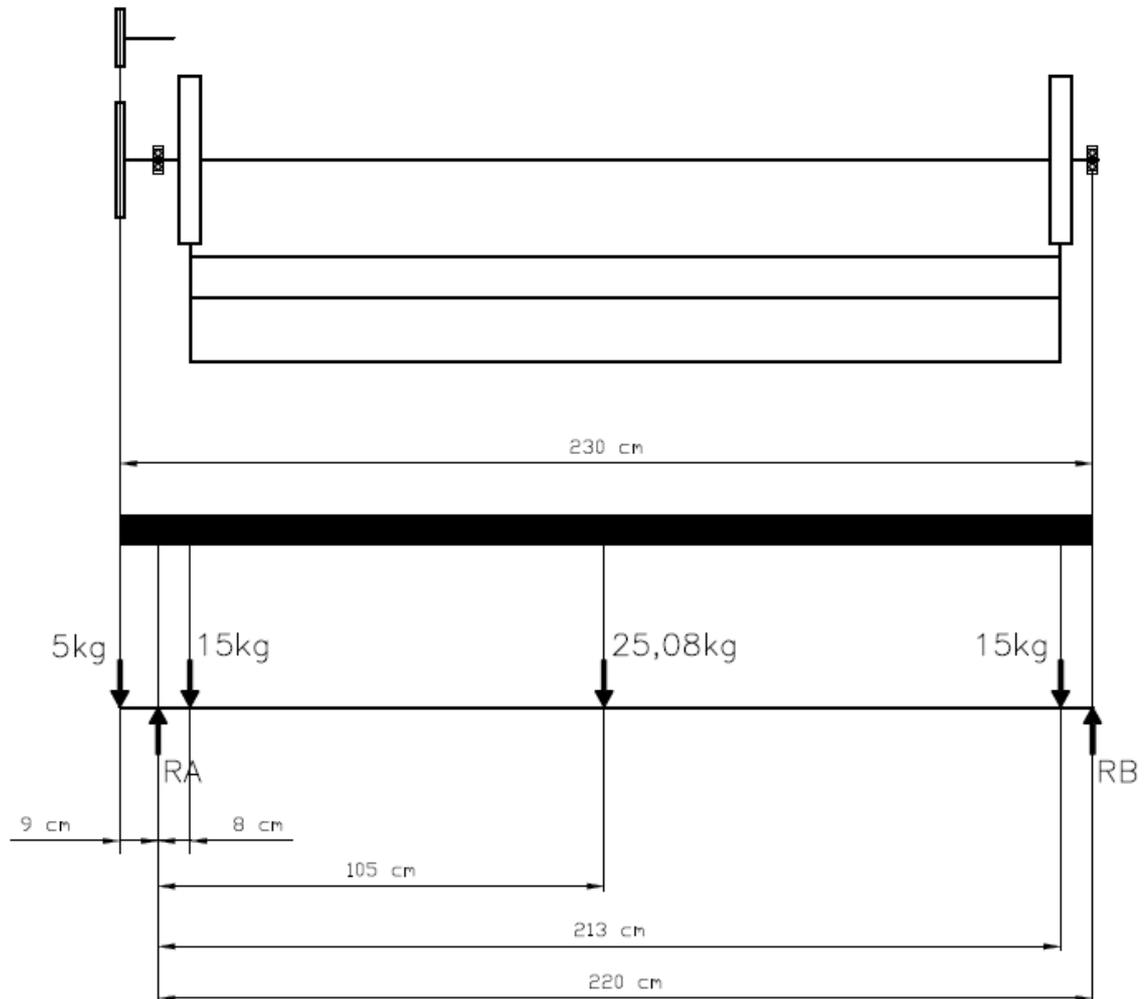
Las cargas sobre los rodamientos son del tipo radial. Y básicamente surgen por el peso de los distintos elementos sobre el eje y el mismo peso del eje.

Las fuerzas originadas por el peso de las palas barredoras, como se expresó anteriormente, son soportadas por una estructura de perfiles laterales. Pero para seleccionar los rodamientos y tener un mayor margen de seguridad, se considerará que el peso de todas las palas recae sobre las 4 ruedas dentadas.

- Peso del eje =  $10,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 2,3\text{m} = 25,08 \text{ kg}$
- Peso rueda dentada = 5 kg.
- Peso polea = 5 kg.
- Peso pala barredora =  $40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 2\text{m} \cdot 0,1\text{m} = 8 \frac{\text{kg}}{\text{pala}} \rightarrow$  Son 5 palas y la fuerza se considera repartida en las 4 ruedas dentadas.

$$\therefore \text{Peso palas barredoras} = \frac{\left(8 \frac{\text{kg}}{\text{pala}} \cdot 5 \text{ palas}\right)}{4} = 10 \text{ kg}$$

Diagrama de fuerzas sobre el eje:



- 1)  $\sum F_V = 0 \rightarrow R_A + R_B = 5 + 15 + 25,08 + 15 = 60,08 \text{ kg}$
- 2)  $\sum M_A = 0 \rightarrow 220 \cdot R_B + 5 \cdot 9 = 15 \cdot 8 + 25,08 \cdot 105 + 15 \cdot 213$

Despejando  $R_B$  de la ecuación (2) y reemplazando dicho valor en la ecuación (1) tenemos que las reacciones en los apoyos, es decir, las cargas sobre los rodamientos son:

$$R_B = 26,83 \text{ kg}$$

$$R_A = 33,24 \text{ kg}$$

### Selección de rodamientos:

- Tipo: Radial rígido de bolas (1 hilera).
- Disposición: Fijo-libre.
- Tamaño (carga):

Velocidad del eje:  $n = 2,85$  r.p.m.

Carga dinámica equivalente:  $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$

Donde:

- $F_r$ : Carga radial [kN].
- $F_a$ : Carga axial [kN].
- X: Factor radial.
- Y: Factor axial.

Los factores X e Y se obtienen de una tabla de acuerdo a la relación  $F_r/F_a$ .

$$F_r = 33,24 \text{ kg}$$

$$F_a = 0.$$

Al no haber fuerzas axiales, los factores radial y axial valen:

$$X=1; Y=0.$$

Con lo cual, la carga dinámica equivalente queda:  **$P = 33,24 \text{ kg} = 0,33 \text{ kN}$** .

Capacidad de carga dinámica:  $C = \frac{f_1}{f_n} \cdot P$

Donde:

- $f_1$ : Factor de esfuerzos. (Según la vida útil del rodamiento)
- $f_n$ : Factor de velocidad. (De acuerdo a la velocidad de giro)

Los factores de esfuerzos y de velocidad se obtienen de la siguiente tabla. Adoptando para los rodamientos una vida útil ( $L_h$ ) de 30000 h (aproximadamente 3 años y medio).

▼ Valores  $f_L$  para rodamientos de bolas

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}}$$

$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

▼ Valores  $f_n$  para rodamientos de bolas

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{2}}{n}}$$

n	$f_n$								
min <sup>-1</sup>									
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128

Tabla 2.3.3: Factores de esfuerzo y velocidad para rodamiento de bolas.

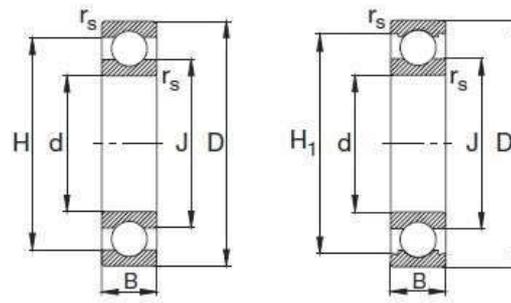
Con lo cual, quedan:

$$f_l = 3,91$$

$$f_n = 1,49$$

Capacidad de carga dinámica:  $C = \frac{3,91}{1,49} \cdot 0,33 = 0,86 \text{ kN}$ .

Con la capacidad de carga y teniendo en cuenta el diámetro del eje, se seleccionan 4 rodamientos modelo **FAG 16013**. Cuyas características se indican a continuación:

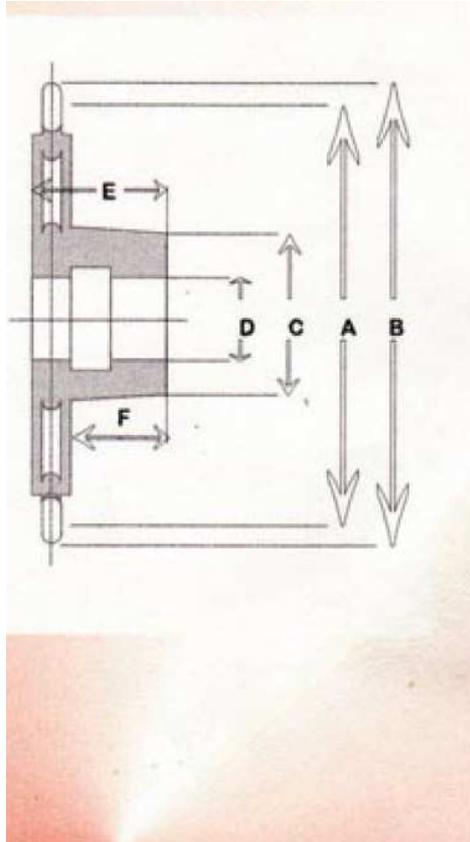


Eje	Dimensiones							Peso ~ kg	Capacidad de carga	
	d mm	D	B	$r_s$ min	H ~	$H_1$ ~	J ~		dyn. C	stat. $C_0$
65	85	100	11	0,6	87,9		77,1	0,302	21,2	19,6
	85	100	18	1,1	88,8	81,5	76,2	0,448	30,5	25
	85	100	18	1,1	88,8	91,5	76,2	0,464	30,5	25
	85	100	18	1,1	88,8	91,5	76,2	0,463	30,5	25
	85	120	23	1,5	103,1	106,3	82	1	60	41,5
	85	120	23	1,5	103,1	106,3	82	1,03	60	41,5
	85	120	23	1,5	103,1	106,3	82	1,03	60	41,5
	85	140	33	2,1	117,5	122,2	88,6	2,14	93	60
	85	140	33	2,1	117,5	122,2	88,3	2,18	93	60
	85	140	33	2,1	117,5	122,2	88,3	2,16	93	60
	85	160	37	2,1	133,2		101,7	3,49	114	76,5

Tabla 2.3.4: Dimensiones del rodamiento seleccionado.

### Selección de ruedas dentadas y cadenas:

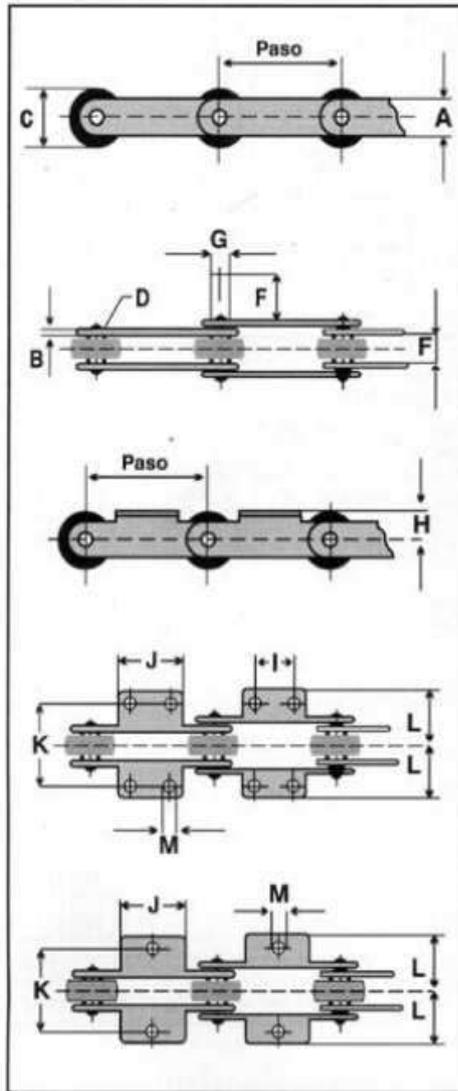
De acuerdo a catálogos de fabricantes de ruedas dentadas, se seleccionan 4 ruedas de 4" de paso, cuya carga de rotura es de 3000 kg.



PASO	Carga de rotura (kg)	Dientes	DIMENSIONES (mm)					
			A	B	C	D Módulo	E	F
50.8 2"	1.000	8	132.7	142	65	40	45	35
		12	196.2	207	70	45	50	40
		16	260.4	274	70	45	45	40
		24	389.2	407	80	50	60	55
76.2 3"	1.000	8	199.1	208	70	45	45	40
		12	294.4	308	70	45	50	40
		16	390.5	404	105	50	65	55
		24	583.8	602	80	50	60	55
76.2 3"	3.000	8	199.1	214	70	45	50	38
		12	294.4	314	100	60	65	53
		16	390.5	412	110	65	75	63
		24	583.8	612	105	65	70	63
101.6 4"	1.000	8	265.5	274	70	45	60	40
		12	392.5	404	100	60	65	55
		16	520.7	535	105	50	70	65
		24	778.4	796	105	55	75	68
101.6 4"	3.000	8	265.5	281	90	60	64	51
		12	392.5	412	105	65	70	57
		16	520.7	542	100	65	76	63
		24	778.4	806	115	70	80	69
101.6 4"	6.000	8	265.5	286	90	60	65	49
		12	392.5	416	110	65	75	59
		16	520.7	548	105	75	90	74
		24	778.4	814	140	80	100	80
152.4 6"	3.000	8	398.2	414	110	65	75	63
		12	588.8	608	110	65	75	63
		16	781.1	800	115	70	80	74
		24	1167.6	1192	125	75	90	74
152.4 6"	6.000	8	398.2	418	110	65	70	59
		12	588.8	612	110	70	80	74
		16	781.1	808	148	80	100	80
		24	1167.6	1202	150	90	100	90
152.4 6"	12.000	8	398.2	422	140	80	110	80
		12	588.8	618	150	90	110	90
		16	781.1	816	160	100	120	100
		24	1167.6	1210	160	100	110	100
203.2 8"	6.000	8	530.9	550	130	75	100	84
		12	785.1	808	135	80	90	80
		16	1041.5	1070	150	90	100	90
		24	1556.7	1590	180	95	110	100
203.2 8"	12.000	8	530.9	556	150	90	100	90
		12	785.1	814	160	100	110	100
		16	1041.5	1074	160	100	110	100
		24	1556.7	1598	180	100	110	95

Tabla 2.3.5: Rueda dentada a utilizar.

En cuanto a las cadenas, se utilizarán 2 cadenas de paso alargado, de 4" de paso y con una carga de rotura de 3000 kg. A continuación se detallan las características:



Carga de rotura (Kg)	DIMENSIONES (mm)							Paso (pulgadas)		
	Cadena				Pernos					
	A	B	C	D	E	F	G			
1.000	19.5	2.5	25.4	12.75	12	25	9.5	2	3	4
3.000	25.4	3.17	31.75	15.87	15	30	12.7	3	4	6
6.000	38.1	4.75	47.6	19.05	19	38	15.8	4	6	8
12.000	50.8	7.93	68.0	28.6	26.5	45	19.05	6	8	-

Carga de rotura (Kg)	DIMENSIONES ALETAS (mm.)								Paso (pulg)
	K1		K2			H	K	L	
	J	M	J	I	M				
1.000	26.8	7.5	26.8	-	7.5	23.0	44	31.0	2
	52.2		52.2	25					3
	77.6		77.6	32					4
3.000	46.2	9.5	46.2	25	9.5	25.5	76	44.5	3
	71.6		71.6	32					4
	122.4		122.4	56					6
6.000	57.6	11.0	57.6	32	11.0	35.0	88	54.5	4
	108.4		108.4	56					6
	159.2		159.2	88					8
12.000	84.0	14.0	84.0	56	14.0	45.0	108	86.0	6
	125.0		125.0	88					8

Tabla 2.3.6: Cadenas de paso alargado.

### **3) Diseño de tablero eléctrico**

### **3.1 - Memoria Descriptiva**

Esta sección está dedicada fundamentalmente a la confección y armado de un tablero eléctrico seccional (TS) para el comando a distancia y protección de las diferentes máquinas que han sido seleccionadas anteriormente (bombas, sopladores y motores). Comprendiendo cálculos para la verificación de disipación térmica del gabinete, dimensionamiento de conductores, y la selección de dispositivos de maniobra y protección, tanto de las máquinas como de los conductores (Contactores, guardamotores, fusibles, interruptor termomagnético, etc).

El tablero estará ubicado en la misma zona donde se encuentra la planta de tratamiento. Su ubicación se realizará de acuerdo a la disposición de máquinas de la planta y del lugar disponible, quedando ubicado en un lugar fácilmente accesible para el personal.

La alimentación del tablero proviene de un tablero principal ubicado en una sala de tableros a una distancia aproximada de cuarenta (40) metros.

El tablero será diseñado de modo tal que permite un comando manual o automático a distancia de las máquinas. Es decir, provee dos (2) modos de funcionamiento:

**Funcionamiento modo manual:** En este modo será posible encender y/o apagar cualquiera de las máquinas mediante pulsadores. El objetivo es fundamentalmente para realizar algún control o mantenimiento.

**Funcionamiento modo automático:** En este modo, las diferentes máquinas funcionaran de acuerdo a una secuencia o lógica programada mediante un relé inteligente (similar a un PLC) dejando deshabilitados los pulsadores de marcha/parada. Solo se podrá efectuar manualmente el cambio de una máquina con su correspondiente de respaldo.

En ambos modos de funcionamiento se indicará en el panel de marcha el estado de cada máquina mediante pilotos luminosos (ojo de buey). Se utilizará el siguiente criterio:

- Luz roja: Máquina detenida.
- Luz verde: Máquina funcionando normalmente.
- Luz amarilla o ámbar: Falla por sobrecarga o cortocircuito.

### 3.2- Memoria Técnica

A continuación se detallan las máquinas (bombas, motores y sopladores) que se utilizarán para los diferentes sectores o máquinas de la planta de tratamiento del efluente:

Máquina	Utilizacion	Ubicación	Cantidad	Denominacion	Potencia	
					[kW]	[hp]
Bombas	Bombeo de efluente equalizado	Camara de compensación	2	Bsum1 y Bsum2	1.12	1.5
	Ajuste de PH	Camara de compensación	2	BD1 y BD2	0.25	1/3
	Coagulacion		2	BD3 y BD4	0.25	1/3
	Floculacion		2	BD5 y BD6	0.25	1/3
	Nutrientes		1	BD7	0.25	1/3
	Recirculacion	Equipo DAF	1	BDAF	4	5.5
	Recirculacion de lodos al RA	Reactor aerobico (RA)	1	BRL	2.2	3
	Recirculacion de agua al RA	Digestor	1	BRA	0.56	3/4
Bombeo Efluente tratado	Tanque acumulacion	2	BS1 y BS2	1.12	1.5	
Sopladores	Aireacion	Camara de compensación	2	SOP1 y SOP2	3	4
	Oxigenacion	Reactor aerobico (RA)	2	SRA1 y SRA2	3	4
Motores	Remocion de espumas (Paletas)	Equipo DAF	1	MDAF	0.37	1/2

**Tabla 3.2.1: Resumen máquinas.**

#### Detalle constructivo del gabinete o tablero:

El gabinete a colocar será de tipo estanco de cuerpo monoblock metálico, de material acero al carbono con recubrimiento de epoxi, con puerta tipo estándar de contrafrente ciego. Tipo GENROD serie 9000.

Su fabricación deberá ser desarrollada bajo un estricto sistema de calidad, acorde a los procedimientos establecidos y certificados en IRAM-ISO 9001-2008 y la normativa vigente para ese tipo de producto especificada en norma IEC 60670:2002. Con grado mínimo de protección a la penetración de cuerpos sólidos y líquidos IP55 (protección contra residuos de polvo y contra chorros de agua en cualquier dirección con manguera) según normas IRAM 2444 - IEC 60529.



Las dimensiones del mismo serán las mínimas necesarias que garanticen la correcta ubicación de los componentes en su interior y el grado de disipación térmica. Con lo cual se colocará un gabinete de 900x1200x225 mm.

La puerta se colocará mediante bisagras semi ocultas que garanticen una apertura de 180°. Y el cierre será con maneta de ¼ de vuelta tipo DIN.

Tanto la puerta como el gabinete cuentan con conexión de tierra.

Los elementos en el interior del gabinete se fijaran mediante rieles DIN de 35 mm de acero con tratamiento antioxidante.

Deberá poseer en su puerta el símbolo de “Riesgo Eléctrico” según norma IRAM 10005-1.



### **Descripción de los elementos que componen el tablero eléctrico:**

#### **Contactores:**

Todas las máquinas serán accionadas y gobernadas mediante contactores de las siguientes características:

Categoría de carga	AC3
Corriente nominal	9A
Tensión de contacto	400V
Contactos	1NA+1NC
Bobina	24Vac
Cantidad	19

**Tabla 3.2.2**

Simil Schneider LC1D09-B7.



### Guardamotores termomagnéticos:

Se utilizarán interruptores guardamotores tripolares termomagnéticos para la protección de cada una de las máquinas (19 en total). Con eso se asegura la protección del motor y la instalación contra sobrecargas y cortocircuito y además, a la falta de alguna fase. Los rangos o regulación de corriente (disparo térmico) van desde 0,63 A hasta 10 A. Y además se incluye un (1) bloque de contactos auxiliares frontal 1NA + 1NC.



A continuación en la siguiente tabla se indican los rangos de corriente para la regulación térmica y el valor de corriente de disparo magnético (por cortocircuito) de cada uno de los guardamotores utilizados:

Ubicación	Maquina	In [A]	Designación	Regulación térmica [A]	Disparo magnético [A]
Pozo Bombeo	SOP1	6.7	GM1	6...10	120
	SOP2	6.7	GM2	6...10	120
Reactor Aeróbico	SRA1	6.7	GM3	6...10	120
	SRA2	6.7	GM4	6...10	120
Pozo Bombeo	BSUM1	2.6	GM5	2.5...4	48
	BSUM2	2.6	GM6	2.5...4	48
Equipo DAF	BDAF	8.94	GM7	6...10	120
	MDAF	0.83	GM8	0.63...1	12
Recirculación Agua y Lodos	BRL	5	GM9	4...6	72
	BRA	1.25	GM10	1...1.6	19.2
Dosificación	BD1	0.88	GM11	0.63...1	12
	BD2	0.88	GM12	0.63...1	12
	BD3	0.88	GM13	0.63...1	12
	BD4	0.88	GM14	0.63...1	12
	BD5	0.88	GM15	0.63...1	12
	BD6	0.88	GM16	0.63...1	12
	BD7	0.88	GM17	0.63...1	12
Salida	BS1	2.6	GM18	2.5...4	48
	BS2	2.6	GM19	2.5...4	48

Tabla 3.2.3: Designación, regulación y disparo magnético de guardamotores utilizados.

### **Interruptor termomagnético:**

Se utilizará en el tablero seccional un (1) interruptor automático termomagnético tetrapolar de corriente nominal 40A para la protección de los conductores contra sobrecargas y cortocircuitos, como así también como llave de corte general del tablero. El interruptor seleccionado posee las siguientes características: Curva de disparo tipo C, capacidad de corte de corriente de cortocircuito de 4,5 kA y con limitación de corriente máxima de cortocircuito tipo 3.

En el tablero principal, para el circuito que alimentará al tablero seccional que se calculó, se colocará un interruptor termomagnético de similares características ( $I_n=40A$ , curva C) pero con una capacidad de corte de corriente de cortocircuito de 6000 A (Podrá observarse en memoria de cálculo).



### **Fusibles:**

Se utilizará 1 (uno) fusible de cuerpo cilíndrico tipo aM (de acción lenta) para una corriente de 8 A. Simil DELTA modelo QR24-8aM500.

Características:

- Material del cuerpo: Cerámico.
- Dimensiones: 22 x 58 mm.
- Corriente: 8A.
- Fusión: aM.

### Relés:

Se utilizarán once (11) relés para el comando manual y automático. Simil FINDER 55.34. Los mismos poseen las siguientes características:

Características de los contactos:

- Corriente nominal: 7A.
- Tensión nominal: 250V.
- Configuración de los contactos: Cuatro (4) contactos conmutables NA/NC.



Características de la bobina:

- Tensión nominal de alimentación: 24 Vac.

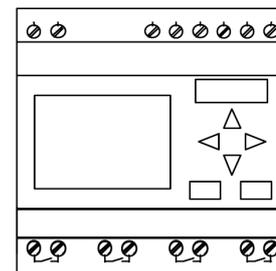
Los relés irán montados sobre zócalos correspondientes y compatibles de acuerdo al relé utilizado.

### Relé inteligente (PLC):

Se utilizará un (1) relé inteligente programable tipo Siemens Logo 24 RC con las siguientes características:

- Entradas/salidas digitales: 8 entradas/ 4 salidas de relé de 10A.
- Tensión de alimentación: 24 Vac.
- Dos (2) módulos de ampliación con 4 entradas y 4 salidas digitales cada uno.

Total de entradas/salidas: 16 entradas/ 12 salidas.



Para la programación del dispositivo, se utiliza un software entregado por el fabricante.

### **Bornera de distribución tetrapolar:**

Se utilizará una (1) bornera de distribución de potencia de cuatro (4) barras de cobre de 125A para facilitar la alimentación de las máquinas.



### **Borneras de potencia:**

Se utilizarán en total 76 borneras individuales de paso para la conexión de entradas y salidas del tablero. Es decir, para la alimentación y entrada de conductor de protección de cada máquina. Las borneras para conductor de protección (PE) serán de color verde-amarillo.

Características de los contactos:

- Tensión: 800Vac.
- Corriente nominal: 32A.
- Conductores de cobre.



### **Barra colectora de puesta a tierra:**

Se utilizará una barra con capacidad de conexión mínima necesaria que garantice la conexión individual de los conductores PE de cada una de las máquinas (y evitar así los empalmes entre conductores), como también para aquellos elementos dentro del tablero que deban conectarse a tierra.

Se seleccionó una barra de 30 puntos de conexión de capacidad para 125A.



### **Transformador:**

Un (1) transformador de tensión de relación 220/24 V de potencia 400 W para el comando (alimentación de las bobinas de contactores, relés, pilotos luminosos, etc).



### **Elementos de mando y señalización:**

#### **Pulsadores:**

Estos elementos poseen las siguientes características: circulares de  $\phi 22\text{mm}$ , plásticos, con grado de protección IP 65, para tensión 24 V y corriente 6A.

- Pulsador de arranque o marcha: 13 pulsadores Color verde.
- Pulsador de parada: 13 pulsadores Color rojo.



Se utilizará 1 pulsador de parada de emergencia (golpe de puño) de  $\phi 40\text{mm}$  y grado de protección IP 65. El mismo, al ser pulsado detiene todas las máquinas.



#### Llaves selectoras:

Se utilizarán llaves selectoras giratorias de 2 y 3 posiciones para la conmutación entre 2 máquinas y para el cambio de modo de trabajo (manual o automático). Características:  $\phi 22\text{mm}$ , plásticos, con grado de protección IP 65, para tensión 24 V y corriente 6A.



#### Pilotos luminosos:

Se utilizarán indicadores luminosos circulares de  $\phi 22\text{mm}$ , plásticos, con grado de protección IP 65, para tensión 24 V.



Con lo cual, los elementos que componen el frente del tablero son los siguientes:

	Característica	Cantidad
Pulsadores	Arranque (NA)	13
	Parada (NC)	13
	Parada de Emergencia (NC)	1
Pilotos Luminosos	Color Verde	15
	Color Rojo	17
	Color Amarillo	19
Llaves selectoras	2 posiciones	8
	3 posiciones	1

**Tabla 3.2.4: Resumen cantidades de elementos de señalización y comando.**

### **Conductores:**

Se utilizarán conductores de cobre según norma IRAM 2178 con aislación de PVC.  
Marca sugerida IMSA (Payton superflex).

### **Características de los circuitos y conductores:**

Circuito	Tensión [V]	Nº polos	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Denominación
Circ. Seccional (Alimentación TS)	380	4	16	4x16 + PE
Circuitos terminales (máquinas)	380	3	4	3x4 + PE
Circ. Auxiliares de comando	24	1	2.5	1x2.5

**Tabla 3.2.5: Características conductores.**

### 3.3- Memoria de cálculo:

Los cálculos realizados en esta sección se llevaron a cabo de acuerdo a lo estipulado por la reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) 90364 en su edición del año 2006.

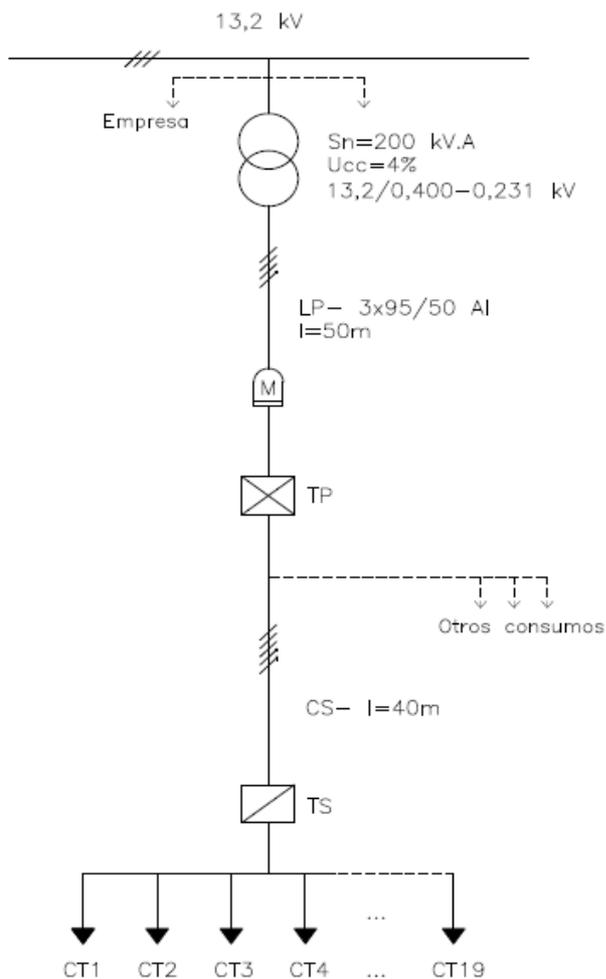
#### A) Cálculo de conductores:

El procedimiento para el dimensionamiento de conductores y verificación de protecciones se realizó siguiendo como guía práctica, la tabla 771-H.1 (Pag 223) de la reglamentación.

La empresa cuenta con una subestación transformadora (SET) propia con las siguientes características:

13,2/0,400-0,231 kV. Potencia nominal asignada $S_n = 200$ kV.A. Tensión de corto circuito asignada $U_{cc} = 4\%$ .
--

#### Esquema unifilar de la instalación:



## Cálculo conductor de alimentación del TS- Circuito seccional (CS):

### 1- Determinación de la corriente de proyecto ( $I_B$ )

Se determina a partir de la carga máxima, o sea, la suma de todas las cargas terminales.

Las cargas que alimentará el tablero seccional son todos circuitos de uso específico que alimentan solo motores (ACU). Los motores utilizados son de corriente alterna y trifásica.

Algunos datos de corriente y potencia son obtenidos de acuerdo a las placas del motor, pero debido a la falta de datos de algunos motores, se puede determinar la corriente nominal de cada uno a partir de la siguiente ecuación:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot \cos(\varphi) \cdot \eta} \text{ [A]} \quad (\text{A. 1})$$

Donde:

- P: Potencia del motor en kW.
- $\cos(\varphi)$ : Factor de potencia: 0,85.
- $\eta$ : Rendimiento del motor: Se considera  $\eta = 0,8$ .

Aplicando la ecuación anterior y teniendo presente los datos que presentan los fabricantes, se obtienen las cargas de cada una de las máquinas. Las mismas pueden verse en la siguiente tabla:

Ubicación	Denominación máquina	Denominación circuito	Potencia			$I_n$ [A]
			[kW]	[hp]	[kV.A]	
Pozo Bombeo	SOP1/SOP2	CT1 Y CT2	3	4	4.41	<b>6.7</b>
Reactor Aeróbico	SRA1/SRA2	CT3 Y CT4	3	4	4.41	<b>6.7</b>
Pozo Bombeo	BSUM1/BSUM2	CT5 y CT6	1.12	1.5	1.65	<b>2.6</b>
Equipo DAF	BDAF	CT7	4	5.5	5.88	<b>8.94</b>
	MDAF	CT8	0.37	0.5	0.54	<b>0.83</b>
Recirculación Agua y Lodos	BRL	CT9	2.2	3	3.24	<b>4.92</b>
	BRA	CT10	0.56	0.75	0.82	<b>1.25</b>
Dosificación	BD1/BD2	CT11 Y CT12	0.25	0.33	0.37	<b>0.88</b>
	BD3/BD4	CT13 Y CT14	0.25	0.33	0.37	<b>0.88</b>
	BD5/BD6	CT15 Y CT16	0.25	0.33	0.37	<b>0.88</b>
	BD7	CT17	0.25	0.33	0.37	<b>0.88</b>
Salida	BS1/BS2	CT18 Y CT19	1.12	1.5	1.65	<b>2.6</b>
Totales			16.37	24.07		<b>38.06</b>

**Tabla 3.3.1: Consumos de las máquinas utilizadas.**

Corriente de proyecto  $\rightarrow I_B = 38,06 A$ .

## 2- Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible ( $I_Z$ )

Se utilizará un conductor multipolar subterráneo IRAM 2178 de cobre y aislación de PVC de 1,1kV colocado en bandeja perforada.

### **Factores de corrección utilizados:**

- $F_t$ : Temperatura distinta de  $40^\circ\text{C}$  (Tabla 771.16.II.a.Pag 95).
- $F_a$ : Agrupamiento de circuitos (multipolares) sobre bandeja perforada (Tabla 771.16.IV. Pag 100).
- $F_s$ : Factor de simetría. Para varios cables multipolares en paralelo  $F_s=0,8$ .

### Consideraciones:

Se considera una temperatura ambiente de  $40^\circ\text{C}$ , y 3 circuitos multipolares sobre la misma bandeja.

Con lo cual, se tienen los siguientes factores de corrección:

$F_t = 1$	$F_a = 0,82$	$F_s = 0,8$
-----------	--------------	-------------

La corriente máxima admisible deberá ser tal que:  $I_Z \geq I_B$

$$I_Z = I_{Z'} \cdot F_t \cdot F_a \cdot F_s \geq I_B \rightarrow I_{Z'} = \frac{I_B}{F_t \cdot F_a \cdot F_s}$$

$$I_{Z'} = \frac{38,06}{1 \cdot 0,82 \cdot 0,8} = 58,02 A$$

De tabla 771.16.III (Pag 96) se obtiene la sección del conductor:

$$S=16 \text{ mm}^2 \rightarrow 4(1 \times 16)+PE$$

Corriente máxima admisible:  $I_{adm} = 70A$ .

Por lo tanto,

$$I_Z = 70 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,8 = 45,92 A > I_B$$

## 3- Corriente asignada del dispositivo de protección ( $I_n$ )

La corriente asignada del dispositivo de protección deberá cumplir:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \rightarrow 38,06 \leq I_n \leq 45,92 [A]$$

Se selecciono un **interruptor termomagnético** con las siguientes características:

*Tetrapolar (4x40 A).  $I_n=40$  A.*

*Curva C.*

*Poder de corte=6000A.*

*Clase limitación de energía: 3.*

#### 4- Verificación de la protección por sobre cargas

Intensidad de corriente de operación o disparo seguro del interruptor (por norma):

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_Z$$

Intensidad de corriente de disparo seguro de la protección contra sobrecarga:

$$I_2 = 1.45 \cdot I_n$$

Se verifica que  $I_2 = 1.45 \cdot I_n \leq 1.45 \cdot I_Z$  pues  $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Los interruptores termomagnéticos están diseñados para proteger conductores.

#### 5- Determinación de la corriente máxima de cortocircuito ( $I''_k$ )

De acuerdo a los datos de la SET, se pueden obtener la potencia y corriente de cortocircuito en bornes del transformador.

Corriente de corto circuito en transformadores de distribución:

$$I''_{kT} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kT}} \quad (A.2)$$

Donde:

- $c = 1,05$ . Se conoce como factor de tensión.
- $U_n = 400V$ . (Tensión nominal del secundario del transformador).
- $Z_{kT} = \sqrt{R_{kT}^2 + X_{kT}^2}$  [ $\Omega$ ]. Impedancia de cortocircuito de secuencia directa del transformador.

Por otro lado tenemos:

Potencia de cortocircuito del transformador:

$$S''_{kT} = \frac{S_n}{U_{CC}} = \frac{200 \text{ kV} \cdot \text{A}}{0,04} = 5000 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

Corriente de cortocircuito en bornes del transformador:

$$S''_{kT} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I''_{kT} \rightarrow I''_{kT} = \frac{S''_{kT}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{5000 \text{ kV} \cdot \text{A}}{\sqrt{3} \cdot 0,400 \text{ kV}} \rightarrow I''_{kT} = 7216,87 \text{ A}$$

De la ecuación (A.2) podemos obtener la impedancia de cortocircuito del transformador. Se puede despreciar  $R_{kT}$ . Con lo cual tenemos:

$$Z_{kT} \cong X_{kT} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I''_{kT}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 7216,87} = 0,0336 \Omega$$

**Línea principal (LP):**

Características:

Conductor IRAM 2178 multipolar de aluminio de sección 3x95/50+ PE, con una longitud de 50 m. De tablas de fabricantes obtenemos:

- $R_{70^\circ\text{C}} = 0,39 \text{ } [\Omega/\text{km}]$ .
- $X = 0,0733 \text{ } [\Omega/\text{km}] \rightarrow X \approx 0$ .

Impedancia de la LP:

$$Z_{LP} = \sqrt{R_{LP}^2 + X_{LP}^2}$$

Despreciando la reactancia del conductor, tenemos entonces que el módulo de la impedancia de la línea principal vale:

$$Z_{LP} \cong R_{LP} = 0,39 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,05 \text{ km} = 0,0195 \Omega$$

Impedancia en el tablero principal ( $Z_{TP}$ ):

$$Z_{TP} = \sqrt{(R_{kT} + R_{LP})^2 + (X_{kT} + X_{LP})^2}$$

	R [ $\Omega$ ]	X [ $\Omega$ ]
Transformador	0	0.0336
LP	0.0195	0
<b>Total</b>	<b>0.0195</b>	<b>0.0336</b>

Por lo tanto, el módulo de la impedancia en el tablero principal queda:

$$Z_{TP} = \sqrt{0,0195^2 + 0,0336^2} = 0,0388 \Omega$$

Corriente de cortocircuito en bornes del tablero principal (TP):

La corriente de cortocircuito en el tablero principal se puede hallar con la siguiente ecuación:

$$I''_{kTP} = \frac{380 V}{\sqrt{3} \cdot Z_{TP}} = \frac{380 V}{\sqrt{3} \cdot 0,0388} = 5654,46 A$$

Con lo cual, tenemos:

$$I''_{k \max TP} = 5654,46 A < 6000 A = I_{cu} \rightarrow \text{Verifica capacidad de corte del Interruptor termomagnético.}$$

### Conductor CS: Alimentación del TS

La corriente de cortocircuito en el tablero seccional (TS) se puede hallar con la siguiente ecuación:

$$I''_{kTS} = \frac{380 V}{\sqrt{3} \cdot Z_{TS}} [A] \quad (A.3)$$

Impedancia (en módulo) en el tablero seccional ( $Z_{TS}$ ):

$$Z_{TS} = \sqrt{(R_{CS} + R_{ant})^2 + (X_{CS} + X_{ant})^2} \quad (A.4)$$

Donde:

- Rant: Resistencia aguas arriba del TP. **Rant = 0,0195 Ω.**
- Xant: Reactancia aguas arriba del TP. **Xant = 0,0336 Ω.**
- R<sub>CS</sub> y X<sub>CS</sub>: Resistencia y reactancia del conductor CS. Se obtienen de tablas de conductores. Para conductor de 16 mm<sup>2</sup> de cobre y para la máxima temperatura admisible (70°C) tenemos:
  - R<sub>70°C</sub> = 1,45 [Ω/km].
  - X = 0.0813 [Ω/km] → X ≈ 0.

Despreciando la reactancia del conductor CS, y teniendo presente que la longitud del mismo es 0,04 km, tenemos entonces:

$$Z_{CS} \cong R_{CS} = 1,45 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,04 km = 0,058 \Omega$$

Resumiendo lo anterior tenemos:

	R [Ω]	X [Ω]
Transformador	0	0.0336
LP	0.0195	0
<b>Tablero Principal</b>	<b>0.0195</b>	<b>0.0336</b>
CS	0.058	0
<b>Tablero seccional</b>	<b>0.0775</b>	<b>0.0336</b>

Con lo cual, reemplazando en la ecuación (A.4), la impedancia en el tablero seccional (TS) queda:

$$Z_{TS} = \sqrt{(0,0775)^2 + (0 + 0,0336)^2} = 0,0845 \Omega$$

Finalmente reemplazando en la ecuación (A.3) tenemos la corriente de cortocircuito en el TS (esa corriente es la máxima en TS y la mínima del TP).

$$I''_{k maxTS} = \frac{380 V}{\sqrt{3} \cdot 0,0845 \Omega} = 2596,36 A$$

## 6- Verificación por máxima exigencia térmica:

Para corrientes de cortocircuito con tiempo de duración entre  $0,1 \text{ s} < t < 5 \text{ s}$  se deberá verificar:

$$S \geq \frac{I''_k \cdot \sqrt{t}}{K} \quad (\text{A.5})$$

Donde:

- t: Duración de la interrupción o tiempo de desconexión [s].
- S: Sección del conductor [ $\text{mm}^2$ ].
- $I''_k$  : Intensidad de corriente de cortocircuito [A].
- K: Factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura, la capacidad térmica volumétrica del conductor y las temperaturas inicial y final del mismo.

$I''_k = 5654,46 \text{ A}$  (Considero el caso más desfavorable que se produzca la falla muy cerca de los bornes de salida del TP).

$K=115$  (para conductores aislados con PVC).

$t= 0,1 \text{ s}$  (Para dispositivos de protección altamente limitadores el tiempo de desconexión es inferior a 0,1s).

Reemplazando en la ecuación (A.5) tenemos:

$$S \geq \frac{5654,46 \cdot \sqrt{0,1}}{115} = 15,54 \text{ mm}^2 \rightarrow S=16 \text{ mm}^2 > 15,54 \text{ mm}^2 \therefore \text{VERIFICA.}$$

## 7- Verificación de la actuación de la protección por corriente de cortocircuito mínima ( $I''_{k \text{ min}}$ )

En este caso, al final del conductor CS se deberá verificar la actuación de la protección para la corriente de cortocircuito mínima al final de dicho conductor, es decir, en el TS.

Deberá verificarse que:

$$I''_{k \text{ minTP}} = I''_{k \text{ maxTS}} > 10 \cdot I_n$$

$$I''_{k \text{ minTP}} = 2596,36 \text{ A} > 10 \cdot 40 = 400 \text{ A} \text{ VERIFICA.}$$

## 8- Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

Por ser un circuito seccional, se deberá verificar que en el extremo del circuito la caída de tensión sea a lo sumo del 1%. Es decir, se admite una caída de  $\Delta U=3,8V$ .

Para el cálculo, y despreciando la reactancia del conductor, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta U = k \cdot L \cdot I \cdot R \cdot \cos(\varphi) \quad (A.6)$$

Donde:

- k: Constante igual a 2 para circuitos monofásicos y bifásicos, y  $\sqrt{3}$  para circuitos trifásicos. En este caso,  $k=\sqrt{3}$ .
- L: Longitud del conductor en km.  $L=40 \text{ m}=0,04 \text{ km}$ .
- I: Intensidad de corriente de línea. [A].
- R: Resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio.  
 $\left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right]$
- $\cos(\varphi)$ : Factor de potencia. Para cargas que son solo motores:
  - En régimen:  $\cos(\varphi)=0,85$ .
  - Arranque:  $\cos(\varphi)=0,3$ .

Se realizará el cálculo considerando la temperatura máxima admisible del conductor ( $70^{\circ}\text{C}$  para aislación de PVC).

De acuerdo al punto 5, tenemos que la resistencia del conductor de  $16 \text{ mm}^2$  para una temperatura de  $70^{\circ}\text{C}$  vale:

$$R_{16-70^{\circ}\text{C}} = 1,45 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

### **Intensidad de corriente de línea:**

La situación más desfavorable es en el arranque de los motores, ya que la corriente alcanza valores entre 5 y 7 veces  $I_n$ . Se considera en este caso:

$$I_{\text{arranque}} = 6 \cdot I_n$$

De acuerdo a la cantidad de máquinas, se consideran aquellas que en ciertas ocasiones puedan arrancar simultáneamente. Las mismas se indican a continuación:

Máquina	Circuito	In [A]	Iarr [A]
SOP1/SOP2	CT1 Y CT2	6.7	40.2
BSUM1/BSUM2	CT5 y CT6	2.6	15.6
BDAF	CT7	8.94	53.64
MDAF	CT8	0.83	4.98
		<b>Total</b>	<b>114.42</b>

Tabla 3.3.2: Arranques simultáneos.

Se considera entonces una corriente de arranque **Iarr= 115 A**.

Reemplazando en la ecuación (A.6) tenemos:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 0,04 \cdot 115 \cdot 1,45 \cdot 0,3 = 3,46 \text{ V} < 3,8 \text{ V} \quad \text{VERIFICA.}$$

### 9- Verificación para secciones mínimas:

Según la reglamentación, para circuitos seccionales, la mínima sección del conductor deberá ser de  $2,5 \text{ mm}^2$ . Con lo cual, queda verificado.

De acuerdo al procedimiento anterior, se selecciona para el circuito seccional (CS) un conductor:

**IRAM 2178 Cu, aislación PVC**

**4x16+PE**

Conductor de protección PE:

Según la tabla 771.18.III (Pag 127), la sección del conductor PE será:

$$S_{PE} = 16 \text{ mm}^2.$$

## Cálculo conductor terminal 1 y 2 (CT1/CT2):

### 1- Determinación de la corriente de proyecto ( $I_B$ )

Corriente de proyecto  $\rightarrow I_B = 6,7 \text{ A}$ .

### 2- Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible ( $I_Z$ )

Se utilizará un conductor multipolar subterráneo IRAM 2178 de cobre y aislación de PVC de 1,1kV colocado sobre bandeja portacables perforada.

#### Factores de corrección:

Se utilizan los mismos factores de corrección que para el conductor seleccionado anteriormente (CS). Teniendo en cuenta una temperatura ambiente de  $40^\circ\text{C}$ , y que la bandeja contiene 7 conductores multipolares, se obtienen los siguientes factores de corrección:

$F_t = 1$	$F_a = 0.73$	$F_s = 0.8$
-----------	--------------	-------------

La corriente máxima admisible deberá ser tal que:  $I_Z \geq I_B$

$$I_Z = I_{Z'} \cdot F_t \cdot F_a \cdot F_s \geq I_B \rightarrow I_{Z'} = \frac{I_B}{F_t \cdot F_a \cdot F_s}$$

$$I_{Z'} = \frac{6,7}{1 \cdot 0,73 \cdot 0,8} = 11,47 \text{ A}$$

De tabla 771.16.III (Pag 96) y teniendo presente que para un circuito de uso especial, la mínima sección del conductor deberá ser  $2,5 \text{ mm}^2$  (tabla 771.13.I pag 89), se obtiene la sección del conductor:

$$S = 2,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 3(1 \times 2,5) + \text{PE}$$

Corriente máxima admisible:  $I_{\text{adm}} = 22 \text{ A}$ .

Por lo tanto,

$$I_Z = 22 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 0,8 = 12,84 \text{ A} > I_B.$$

### **3- Corriente asignada del dispositivo de protección (In)**

El dispositivo de protección a utilizar será un interruptor automático termomagnético (guardamotor)

La corriente asignada del dispositivo de protección deberá cumplir:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \rightarrow 6,7 \leq I_n \leq 12,84 [A]$$

Se seleccionó un **guardamotor** con las siguientes características:

*Tripolar para  $I_n=6,7 A$ .*

*Regulación (disparo térmico): 6...10 A.*

*Disparo magnético: 120 A.*

*Capacidad de ruptura  $I_{CU}=100 kA$ .*

### **4- Verificación de la protección por sobre cargas**

La actuación del guardamotor por sobrecargas funciona de manera similar a un interruptor termomagnético con curva de disparo tipo C o relé térmico clase 10. Posee una regulación de corriente para ajustarla al consumo real del motor, en el cual, fuera del rango de regulación, actuará la protección por sobrecorrientes en cierto tiempo dependiendo de la curva y del fabricante.

Intensidad de corriente de operación o disparo seguro del interruptor exigido por norma para un tiempo convencional de 60 min:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z = 1,45 \cdot 12,84 = 18,61 A$$

Intensidad de corriente de disparo seguro del guardamotor contra sobrecarga para un tiempo de 60 min:

$$I_2 = 1,45 \cdot I_{reg} \text{ (En Anexo-Tablas puede verse la curva de disparo)}$$

Tomando la máxima corriente de regulación  $I_{reg} = 10 A$  tenemos:

$$I_2 = 1,45 \cdot 10 = 14,5 A \quad \therefore I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z = 18,61 A$$

Los guardamotors también son diseñados para proteger conductores.

## 5- Determinación de la corriente máxima de cortocircuito ( $I''_k$ )

La corriente de cortocircuito en los bornes de salida del TS (obtenida anteriormente para el cálculo del circuito seccional) es:

$$I''_{k_{TS}} = 2597 \text{ A}$$

La corriente de cortocircuito al final del conductor, es decir, en los bornes de la máquina, puede hallarse con la siguiente ecuación:

$$I''_{k_{mot}} = \frac{380 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot Z_{mot}} \quad (A.7)$$

$$Z_{mot} = \sqrt{(R_{CT} + R_{ant})^2 + (X_{CT} + X_{ant})^2} \quad (A.8)$$

Donde:

- $R_{ant}$ : Resistencia de los conductores aguas arriba del tablero seccional.
- $X_{ant}$ : Reactancia de los conductores aguas arriba del tablero seccional.
- $Z_{mot}$ : Impedancia total de los conductores en los bornes de la máquina.
- $R_{CT}$  y  $X_{CT}$ : Resistencia y reactancia del conductor terminal CT. Se obtienen de tablas de conductores. Para conductor de  $2,5 \text{ mm}^2$  de cobre y para la máxima temperatura admisible ( $70^\circ\text{C}$ ) tenemos:
  - $R_{2,5-70^\circ\text{C}} = 9,55 \text{ } [\Omega/\text{km}]$ .
  - $X_{2,5} = 0,099 \text{ } [\Omega/\text{km}] \rightarrow X \approx 0$ .

Despreciando la reactancia del conductor CT, y teniendo presente que la longitud del mismo es  $0,02 \text{ km}$ , tenemos entonces:

$$R_{CT} = 9,55 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,02 \text{ km} = 0,191 \Omega$$

$$X_{CT} \cong 0$$

De acuerdo al cálculo del circuito seccional realizado anteriormente, tenemos:

$$R_{ant} = 0,0775 \Omega$$

$$X_{ant} = 0,0336 \Omega$$

En resumen, tenemos lo siguiente:

	R [ $\Omega$ ]	X [ $\Omega$ ]
Transformador	0	0.0336
LP	0.0195	0
<b>Tablero Principal</b>	<b>0.0195</b>	<b>0.0336</b>
CS	0.058	0
<b>Tablero seccional</b>	<b>0.0775</b>	<b>0.0336</b>
CT	0.191	0
<b>Motor</b>	<b>0.268</b>	<b>0.0336</b>

Aplicando la ecuación (A.8) tenemos que la impedancia de los conductores en el final del conductor terminal queda:

$$Z_{mot} = \sqrt{0,268^2 + 0,0336^2} = 0,27 \Omega$$

Finalmente reemplazando en la ecuación (A.7) tenemos la corriente de cortocircuito al final del conductor CT1/CT2:

$$I''_{k\,mot} = \frac{380\,V}{\sqrt{3} \cdot 0,27\,\Omega} = 812,56\,A$$

## 6- Verificación por máxima exigencia térmica

Para dispositivos de protección con limitación de corrientes de cortocircuito con tiempos menores a 0,1 s, se deberá verificar:

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

Donde:

- $I^2 \cdot t$ : Máxima energía específica pasante [ $A^2 \cdot s$ ]. Dato que debe entregar el fabricante
- S: Sección del conductor [ $mm^2$ ].
- K: Factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura, la capacidad térmica volumétrica del conductor y las temperaturas inicial y final del mismo.

$I^2 \cdot t = 104000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$  (Para guardamotor de hasta 10 A de regulación).

$K=115$  (para conductores aislados con PVC).

Sección del conductor:  $S=2,5 \text{ mm}^2$ .

Reemplazando en la ecuación anterior tenemos:

$$S^2 \cdot K^2 = (2,5 \cdot 115)^2 = 82656,25 \text{ A}^2 \cdot \text{s} < 104000 \text{ A}^2 \cdot \text{s} \quad \therefore \text{NO VERIFICA.}$$

Hay que considerar una sección mayor. Tomamos  $S_1=4 \text{ mm}^2$ .

$$S^2 \cdot K^2 = (4 \cdot 115)^2 = 211600 \text{ A}^2 \cdot \text{s} > 104000 \text{ A}^2 \cdot \text{s} \quad \therefore \text{VERIFICA.}$$

### **7- Verificación de la actuación de la protección por $I''_{k \min}$**

Se deberá verificar al final del conductor CT1 /CT2 la actuación de la protección para la corriente de cortocircuito mínima. Es decir, para que actúe el disparo magnético del dispositivo por cortocircuito.

Deberá verificarse que:

$$I''_{k \min TS} = I''_{k \max \text{ mot}} > 12 \cdot I_{reg \max}$$

$$I_{reg \max} = 10 \text{ A} \text{ (Corriente máxima de regulación térmica). Ver tabla 3.2.3.}$$

$$I''_{k \min TS} = 812,56 \text{ A} > 12 \cdot 10 = 120 \text{ A} \quad \text{VERIFICA.}$$

**Nota:** Esta verificación se realizó de acuerdo al paso número 5 donde se calculó la corriente de cortocircuito al final del conductor para una sección de  $2,5 \text{ mm}^2$ . Al pasar a una sección mayor ( $4 \text{ mm}^2$ ) la corriente de cortocircuito al final del conductor  $I_{k \text{ mot}}$  será mayor al valor obtenido para  $2,5 \text{ mm}^2$ . Con lo cual, verifica también para la nueva sección.

### **8- Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito**

Por ser un circuito terminal, se deberá verificar que en el extremo del circuito la caída de tensión sea: A lo sumo del 4% en régimen, y 14% durante el arranque de los motores. Es decir, se admite una caída de  $\Delta U=15,2 \text{ V}$  (en régimen).  $\Delta U=53,2 \text{ V}$  (arranque de motores).

Utilizando la ecuación (A.6) se calcula la caída de tensión:

$$\Delta U = k \cdot L \cdot I \cdot R \cdot \cos(\varphi)$$

Donde:

- k: Constante igual a 2 para circuitos monofásicos y bifásicos, y  $\sqrt{3}$  para circuitos trifásicos. En este caso,  $k=\sqrt{3}$ .
- L: Longitud del conductor en km.  $L=20 \text{ m}=0,02 \text{ km}$ .
- I: Intensidad de corriente de línea. [A].
- R: Resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio.  
 $\left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right]$
- $\cos(\varphi)$ : Factor de potencia. Para cargas que son solo motores:
  - En régimen:  $\cos(\varphi)=0,85$ .
  - Arranque:  $\cos(\varphi)=0,3$ .

Se realizará el cálculo considerando la temperatura máxima admisible del conductor ( $70^\circ\text{C}$  para aislación de PVC).

La resistencia efectiva del conductor de sección  $S_1=4 \text{ mm}^2$  y temperatura de  $70^\circ\text{C}$  vale:

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = 5,92 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

#### **Intensidad de corriente:**

En régimen  $\rightarrow I_n = 6,7 \text{ A}$ .

En el arranque  $\rightarrow I_{\text{arr}} = 6 \cdot I_n = 40,2 \text{ A}$ .

Con lo cual, la caída de tensión será:

Funcionamiento normal (en régimen):

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 0,02 \cdot 6,7 \cdot 5,92 \cdot 0,85 = 1,16 \text{ V} < 15,2 \text{ V} \text{ VERIFICA.}$$

Durante el arranque:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 0,02 \cdot 40,2 \cdot 5,92 \cdot 0,3 = 2,47 \text{ V} < 53,2 \text{ V} \text{ VERIFICA.}$$

## 9- Verificación por secciones mínimas

Según la reglamentación, para circuitos de usos especiales, la mínima sección del conductor deberá ser de  $2,5 \text{ mm}^2$ . Con lo cual, queda verificado.

De acuerdo al procedimiento anterior, se selecciona para el circuito terminal (CT1 /CT2) un conductor:

<p><b>IRAM 2178 Cu, aislación PVC</b></p> <p><b>3x4+PE</b></p>
--

### Conductor de protección PE:

Según la tabla 771.18.III (Pag 127), la sección del conductor PE será:

$$S_{PE} = 4 \text{ mm}^2.$$

### Cálculo conductores terminales:

Siguiendo los mismos pasos que para el circuito CT1/CT2, y teniendo presente que para que se verifique el paso número 6 (máxima exigencia térmica), la sección del conductor deberá ser como mínimo de  $4 \text{ mm}^2$ , se calcularon los restantes conductores terminales como puede verse a continuación en la siguiente tabla. Donde además se detallan los conductores ya calculados CS y CT1/CT2.

Determinación de la sección del conductor por su máxima corriente admisible									
Denominación Circuito	$I_B$ [A]	Factores de corrección (Fc)				$I_z'$ [A]	Sección [mm <sup>2</sup> ]	$I_{adm}$ [A]	$I_z = I_{adm} * F_c$ [A]
		Ft	Fa	N°C(*)	Fs				
CT1 Y CT2	6.7	1	0.73	7	0.8	11.47	4	30	<b>17.52</b>
CT3 Y CT4	6.7	1	0.75	5	0.8	11.17	4	30	<b>18</b>
CT5 y CT6	2.6	1	0.73	7	0.8	4.45	4	30	<b>17.52</b>
CT7	8.94	1	0.82	3	0.8	13.63	4	30	<b>19.68</b>
CT8	0.83	1	0.82	3	0.8	1.27	4	30	<b>19.68</b>
CT9	4.92	1	0.82	3	0.8	7.50	4	30	<b>19.68</b>
CT10	1.25	1	0.88	2	0.8	1.78	4	30	<b>21.12</b>
CT11 Y CT12	0.88	1	0.73	7	0.8	1.51	4	30	<b>17.52</b>
CT13 Y CT14	0.88	1	0.73	7	0.8	1.51	4	30	<b>17.52</b>
CT15 Y CT16	0.88	1	0.73	7	0.8	1.51	4	30	<b>17.52</b>
CT17	0.88	1	0.73	7	0.8	1.51	4	30	<b>17.52</b>
CT18 Y CT19	2.6	1	0.88	2	0.8	3.69	4	30	<b>21.12</b>
CS	38.06	1	0.82	3	0.8	58.02	16	70	<b>45.92</b>

Tabla 3.3.3: Sección de conductores de circuitos terminales y seccional.

(\*) Cantidad de conductores multipolares sobre la misma bandeja.

Dispositivos de protección						
Denominación Circuito	$I_B$ [A]	$I_z$ [A]	Dispositivo de protección	$I_B < I_n < I_z$ [A]	$I_2$ [A]	$1,45 \times I_z$ [A]
CT1 Y CT2	6.7	17.52	Guardamotor TM	6...10	14.5	25.40
CT3 Y CT4	6.7	18.00	Guardamotor TM	6...10	14.5	26.1
CT5 y CT6	2.6	17.52	Guardamotor TM	2,5...4	5.8	25.40
CT7	8.94	19.68	Guardamotor TM	6...10	14.5	28.54
CT8	0.83	19.68	Guardamotor TM	0,63...1	1.45	28.54
CT9	4.92	19.68	Guardamotor TM	4...6	8.7	28.54
CT10	1.25	21.12	Guardamotor TM	1...1,6	2.32	30.62
CT11 Y CT12	0.88	17.52	Guardamotor TM	0,63...1	1.45	25.40
CT13 Y CT14	0.88	17.52	Guardamotor TM	0,63...1	1.45	25.40
CT15 Y CT16	0.88	17.52	Guardamotor TM	0,63...1	1.45	25.40
CT17	0.88	17.52	Guardamotor TM	0,63...1	1.45	25.40
CT18 Y CT19	2.6	21.12	Guardamotor TM	2,5...4	5.8	30.62
CS	38.06	57.73	Interruptor TM	40	58	83.71

Tabla 3.3.4: Rango de funcionamiento de dispositivos de protección.

**Corrientes de cortocircuito al final del conductor (en los bornes de la máquina):**

$$I''_{k\text{ mot}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{mot}}} \quad Z_{\text{mot}} = \sqrt{R_{\text{mot}}^2 + X_{\text{mot}}^2}$$

$$R_{\text{mot}} = R_{\text{CT}} + R_{\text{ant}}$$

$$X_{\text{mot}} = X_{\text{CT}} + X_{\text{ant}} \cong X_{\text{ant}}$$

Para conductor de sección 4 mm<sup>2</sup> a la máxima temperatura admisible (70°C) tenemos:

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = 5,92 \frac{\Omega}{\text{km}} \quad \rightarrow \quad R_{\text{CT}} = R_{4-70^\circ\text{C}} \cdot \text{Long. conductor}$$

Resistencia y reactancia aguas arriba del tablero seccional:

$$R_{\text{ant}} = 0,0775 \Omega$$

$$X_{\text{ant}} = 0,0336 \Omega$$

Circuito	Long [m]	R <sub>CT</sub> [Ω]	X <sub>CT</sub> [Ω]	R <sub>mot</sub> [Ω]	X <sub>mot</sub> [Ω]	Z <sub>mot</sub> [Ω]	I <sub>k'' mot</sub> [A]
CT1 Y CT2	20	0.118	0	0.196	0.0336	0.199	<b>1103.81</b>
CT3 Y CT4	20	0.118	0	0.196	0.0336	0.199	<b>1103.81</b>
CT5 y CT6	16	0.095	0	0.172	0.0336	0.175	<b>1250.34</b>
CT7	7	0.041	0	0.119	0.0336	0.124	<b>1775.10</b>
CT8	8.6	0.051	0	0.128	0.0336	0.133	<b>1652.86</b>
CT9	9	0.053	0	0.131	0.0336	0.135	<b>1624.81</b>
CT10	16	0.095	0	0.172	0.0336	0.175	<b>1250.34</b>
CT11 Y CT12	18	0.107	0	0.184	0.0336	0.187	<b>1172.59</b>
CT13 Y CT14	18	0.107	0	0.184	0.0336	0.187	<b>1172.59</b>
CT15 Y CT16	18	0.107	0	0.184	0.0336	0.187	<b>1172.59</b>
CT17	18	0.107	0	0.184	0.0336	0.187	<b>1172.59</b>
CT18 Y CT19	13	0.077	0	0.154	0.0336	0.158	<b>1387.93</b>

**Tabla 3.3.5: Determinación de corrientes de corto circuito.**

Denominación Circuito	Sección [mm <sup>2</sup> ]	L [m]	Corriente [A]		R70°C [Ω/km]	cos φ		ΔU [V]	
			Nominal	Arranque		Régimen	Arranque	Régimen	Arranque
CS (Alim tablero)	16	40	38.06	115	1.45	0.85	0.3	3.25	3.47
CT1 Y CT2	4	20	6.7	40.2	5.92	0.85	0.3	1.17	2.47
CT3 Y CT4	4	20	6.7	40.2	5.92	0.85	0.3	1.17	2.47
CT5 y CT6	4	16	2.6	15.6	5.92	0.85	0.3	0.36	0.77
CT7	4	7	8.94	53.64	5.92	0.85	0.3	0.55	1.16
CT8	4	8.6	0.83	4.98	5.92	0.85	0.3	0.06	0.13
CT9	4	9	4.92	29.52	5.92	0.85	0.3	0.39	0.82
CT10	4	16	1.25	7.5	5.92	0.85	0.3	0.17	0.37
CT11 Y CT12	4	18	0.88	5.28	5.92	0.85	0.3	0.14	0.29
CT13 Y CT14	4	18	0.88	5.28	5.92	0.85	0.3	0.14	0.29
CT15 Y CT16	4	18	0.88	5.28	5.92	0.85	0.3	0.14	0.29
CT17	4	18	0.88	5.28	5.92	0.85	0.3	0.14	0.29
CT18 Y CT19	4	13	2.6	15.6	5.92	0.85	0.3	0.29	0.62

Tabla 3.3.6: Caída de tensión al final del tramo. [V]

## **B) Cálculo térmico del tablero seccional (TS)**

Realizado de acuerdo a la guía de orientación presentada en el anexo 771-H.3 (pag 234) de la reglamentación, para gabinetes que cumplen con la norma IEC 60670-24.

El procedimiento consiste fundamentalmente en verificar que la potencia disipada por los dispositivos instalados, no supere la máxima potencia disipable por la envoltura o gabinete, cuyo valor esta dado por el fabricante (en este caso GENROD).

Los valores de potencia disipada de los dispositivos son tomados de los datos técnicos dados por los fabricantes, y en su defecto, se considerarán las potencias máximas que el dispositivo puede disipar según su norma de producto.

Para el cálculo de la potencia total que se debe disipar en el tablero, se debe considerar lo siguiente:

- **Corriente asignada de entrada ( $I_{ne}$ ):** Corriente asignada del dispositivo de maniobra y protección ubicado en la entrada o cabecera del tablero.

$$I_{ne} = 40 \text{ A.}$$

- **Corriente asignada de salida ( $I_{nu}$ ):** Suma aritmética de las corrientes asignadas de todos los dispositivos de maniobra y protección de salida del tablero que son susceptibles de ser utilizados al mismo tiempo.
- **Factor de utilización ( $K_e$ ):** Relación entre la corriente que realmente circula por el dispositivo de protección de entrada y la corriente asignada de dicho dispositivo. Se considera  $K_e=0,85$ .

- **Corriente asignada del tablero:**  $I_{nq} = I_{ne} \cdot K_e = 40 \cdot 0,85 = 34 \text{ A.}$

- **Factor de simultaneidad ( $K$ ):** Relación entre la corriente asignada del tablero ( $I_{nq}$ ) y la corriente asignada de salida ( $I_{nu}$ ).  $K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}}$

Cálculo del factor K y corriente asignada de salida  $I_{nu}$ :

Denominación máquina	Numero de circuito de salida	$I_{nu_i}$ [A]
SOP1/SOP2	1	<b>6.7</b>
SRA1/SRA2	2	<b>6.7</b>
BSUM1/BSUM2	3	<b>2.6</b>
BDAF	4	<b>8.94</b>
MDAF	5	<b>0.83</b>
BRL	6	<b>4.92</b>
BRA	7	<b>1.25</b>
BD1/BD2	8	<b>0.88</b>
BD3/BD4	9	<b>0.88</b>
BD5/BD6	10	<b>0.88</b>
BD7	11	<b>0.88</b>
BS1/BS2	12	<b>2.6</b>
<b>Corriente asignada de salida <math>I_{nu}</math> [A]</b>		<b>38.06</b>

Tabla 3.3.7.

$$K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}} = \frac{34}{38,06} = 0,893$$

La potencia total disipada dentro del tablero se calcula de la siguiente forma:

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au} \quad (B.1)$$

Donde:

- $P_{tot}$  : Potencia total disipada en el tablero. [W].
- $P_{dp}$  : Potencia disipada por los dispositivos de protección, afectada por los factores K y  $K_e$ . [W].
- $P_{au}$  : Potencia disipada por los otros dispositivos no considerados en  $P_{dp}$  como lámparas de señalización, transformadores, relés, etc. [W].
- $0,2 P_{dp}$  : Potencia total disipada por las conexiones, interruptores, etc.

A continuación se indican las potencias disipadas por cada elemento instalado:

Componentes	Descripción	Pot disipada por polo [W]	Num de polos	Pot disip por dispositivo [W]	Cantidad de dispositivos	Potencia disipada total [W]
Contactador	9A-4kW	0.2	3	0.6	12	7.2
Guardamotor	Rango 6...10A	2.5	3	7.5	12	90
Interruptor termomagnético	40A	7.5 (*)	4	30	1	30
Reles	7A - 24Vac	3	1	3	12	36
Rele inteligente (PLC)	Logo 24RC	2.9	1	2.9	1	2.9
Transformador	220/24 V - 400W	25	1	25	1	25
Indicador luminoso	LED	0.6	1	0.6	30	18

**Tabla 3.3.8: Disipación térmica de los dispositivos.**

(\*) Se consideró ese valor que es el máximo que puede disipar un interruptor termomagnético de corriente asignada de hasta 40 A. (tabla 771-H.XII de la reglamentación).

**Nota:** En la cantidad de dispositivos fueron considerados aquellos susceptibles de funcionar al mismo tiempo.

Cálculo potencia disipada por dispositivos auxiliares ( $P_{au}$ ):

Potencia disipada por accesorios que no son dispositivos de protección ( $P_{au}$ )				
Componentes	Descripción	Pot disipada por dispositivo [W]	Cantidad de dispositivos	Pot disipada total [W]
Relés	7A - 24Vac	3	12	36
PLC	Logo 24RC	2.9	1	2.9
Transformador	220/24 V - 400W	25	1	25
Indicador luminoso	LED	0.6	30	18
			<b>Total</b>	<b>69.4</b>

**Tabla 3.3.9**

$$P_{au} = 69,4 \text{ W.}$$

### Cálculo de la potencia disipada por los dispositivos de protección $P_{dp}$

El cálculo se indica a continuación en la siguiente tabla:

Uso de los factores de utilización y de simultaneidad:

- Circuito de entrada  $\rightarrow P_d = K_e^2 \cdot P_d'$
- Circuito de salida  $\rightarrow P_d = K^2 \cdot P_d'$

Circuitos	Numero de circuito	Pot disipada por polo [W]	Numero de polos	Pd' [W]	Factores de utilización y simultaneidad		Pd (afectada por K y Ke) [W]
					Ke (entrada)	K (salida)	
Entrada	0	7.5	4	30	0.85		<b>21.675</b>
Salida	1	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	2	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	3	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	4	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	5	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	6	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	7	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	8	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	9	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	10	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	11	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
	12	2.7	3	8.1		0.893	<b>6.464</b>
<b>Total</b>							<b>99.24</b>

Tabla 3.3.10: Cálculo de  $P_{dp}$ .

$$P_{dp} = 99,24 \text{ W.}$$

Reemplazando en la ecuación B.1 tenemos que la potencia disipada total en el tablero seccional (TS) es:

$$P_{tot} = 99,24 + 0,2 \cdot 99,24 + 69,4 = 188,48 \text{ W.}$$

De acuerdo al gabinete utilizado y según datos aportados por fabricante del mismo (GENROD), tenemos la siguiente tabla de disipación térmica:

Gabinete			Modelo	Máxima Potencia Disipable para $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$						
				[W]						
Ancho [mm]	Alto [mm]	Profundo [mm]		1	2	3	4	5	6	7
900	900	225	099220	232	196	223	187	214	178	163
900	1200	225	099221	298	251	287	239	275	227	212
900	900	300	099320	255	220	244	208	232	196	175
900	1200	300	099321	327	279	311	263	295	248	227

Tipo de Instalación	
1	Gabinete sencillo, auto-soportado
2	Gabinete sencillo, montaje en pared
3	Primero o último gabinete en una instalación, auto-soportado
4	Primero o último gabinete en una instalación, montaje en pared
5	Gabinete en medio de una instalación, Auto-soportado
6	Gabinete en medio de una instalación, montaje en pared
7	Gabinete en medio de una instalación, montaje en pared y la parte superior cubierta.

**Tabla 3.3.11: Potencia máxima disipable según Genrod.**

Para un gabinete sencillo de acero al carbono con recubrimiento de epoxi, montado sobre pared, cuyas dimensiones son 900x1200x300 mm. La potencia total que puede disipar es:  $P_{de} = 279 \text{ W}$ .

Con lo cual, queda verificado que la potencia que disipan los dispositivos es menor a la máxima potencia disipable del tablero.  $P_{tot} < P_{de}$ .

### C) Fusibles de protección para circuito de comando:

Consumos de corriente de elementos de comando (tensión 24 Vac):

**Contactor (bobina):** Son 12 que funcionan al mismo tiempo. De los cuales, a lo sumo 5 máquinas pueden arrancar al mismo tiempo. Tenemos entonces:

- Funcionamiento normal: 7,5 V.A.  $\rightarrow I_{nc} = \frac{7,5 \text{ V.A.}}{24V} \cdot 12 = 3,75 \text{ A}$
- Arranque: 70 V.A.  $\rightarrow I_{arr} = \frac{70 \text{ V.A.}}{24V} \cdot 5 = 14,6 \text{ A}$

**Relés:** 11 en funcionamiento.

- Potencia nominal: 1,5 V.A.  $\rightarrow I_{nr} = \frac{1,5V.A.}{24V} \cdot 11 = 0,68 \text{ A.}$

**Indicadores luminosos:** Son 51 en total, y 30 que pueden funcionar simultáneamente.

- Corriente nominal: 0,025 A  $\rightarrow$  Total:  $I_{nL} = 0,025 \cdot 30 = 0,75 \text{ A.}$

Con lo cual, sumando las corrientes se tiene:

$I_{arranque} = 16,03 \text{ A}$ $I_{func normal} = 5,18 \text{ A.}$
--

Se utilizará 1 (uno) fusible tipo aM (de acción lenta) para una corriente de 8 A para la protección del circuito de comando ante un corto circuito.

### Potencia necesaria del transformador 220/24 Vac:

Considerando un factor de potencia  $\cos(\phi)=0,8$  y teniendo en cuenta que la potencia activa es:  $P = U \cdot I \cdot \cos(\phi) = S \cdot \cos(\phi)$  tenemos:

Dispositivo	Potencia		Cantidad	Consumo total [W]
	[V.A]	[W]		
Contactor	70	56	5	280
Relé	1.5	1.2	11	13.2
Piloto luminoso	0.6	0.48	30	14.4
			<b>Total [W]</b>	<b>307.6</b>

**Tabla 3.3.12: Consumos de elementos de comando.**

Con lo cual, se utilizará un transformador de tensión 220/24 Vac de potencia 400W.

## **Bibliografía:**

- Catálogos de elementos de protección y maniobra Siemens, Schneider, Montero.
- Catálogos de conductores Imsa.
- Catálogo de gabinetes Genrod.
- Catálogos de selección de bombas: Grundfos, Dosivac, Edur, Bornemann.
- Catálogos de selección de turbinas regenerativas: Indutra, Greenco.
- Catálogos de cañerías de acero ASTM y PVC.
- Manual técnico de cañerías de polipropileno Aqqua system.
- Manual de motorreductores Lentax.
- Manual de rodamientos FAG.
- Manual de correas Pirelli.
- Manual LOGO (relé inteligente) Siemens. Edición 2003.
- Material de las cátedras: Elementos de máquinas, Instalaciones eléctricas, Instalaciones industriales, Máquinas hidráulicas, etc.
- Mecanismos - Celso Máximo.
- Normas IRAM 2011.
- Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (A.E.A.). Edición 2006.

# ANEXO 1: TABLAS Y GRÁFICOS

## Tablas para selección de correas, manual PIRELLI:

TABLA Nº 1

Sección de correa	Diámetro primitivo (mm)			Ranuras normales					Ranuras profundas				
	Mínimo recomendado	Rango	Angulo de ranura	W	D	X	S	E	W	D	X	S	E
<b>O</b>	60	50 a 80 Mayor de 80	34° 36°	10	9,5	2,5	12	8	—	—	—	—	—
<b>A</b>	75	66 a 137 Mayor de 137	34° 38°	12,6 12,8	12,5	3,2	15,9	9,5	15 15,5	16,4	7,1	19	11,1
<b>B</b>	137	117 a 178 Mayor de 178	34° 38°	16,2 16,5	14,7	4,4	19	12,7	19 19,7	19,3	9	22,2	14,3
<b>C</b>	229	178 a 203 203 a 305 Mayor de 305	34° 36° 38°	23,3 22,5 22,7	19,8	5,1	25,4	17,5	27 27,6 28,1	27,6	12,8	31,7	20,6
<b>D</b>	330	305 a 330 330 a 432 Mayor de 432	34° 36° 38°	32 32,3 32,6	26,7	7,6	36,5	22,2	38,4 39,1 39,8	37,2	18,2	44,4	27
<b>E</b>	533	457 a 609 Mayor de 609	36° 38°	38,8 39,2	33	10,2	44,5	28,6	46,1 47	44,3	21,5	52,4	33,3

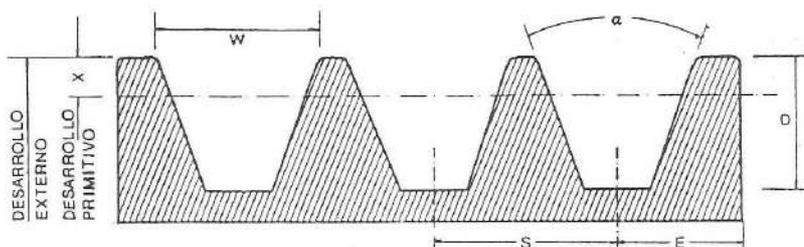
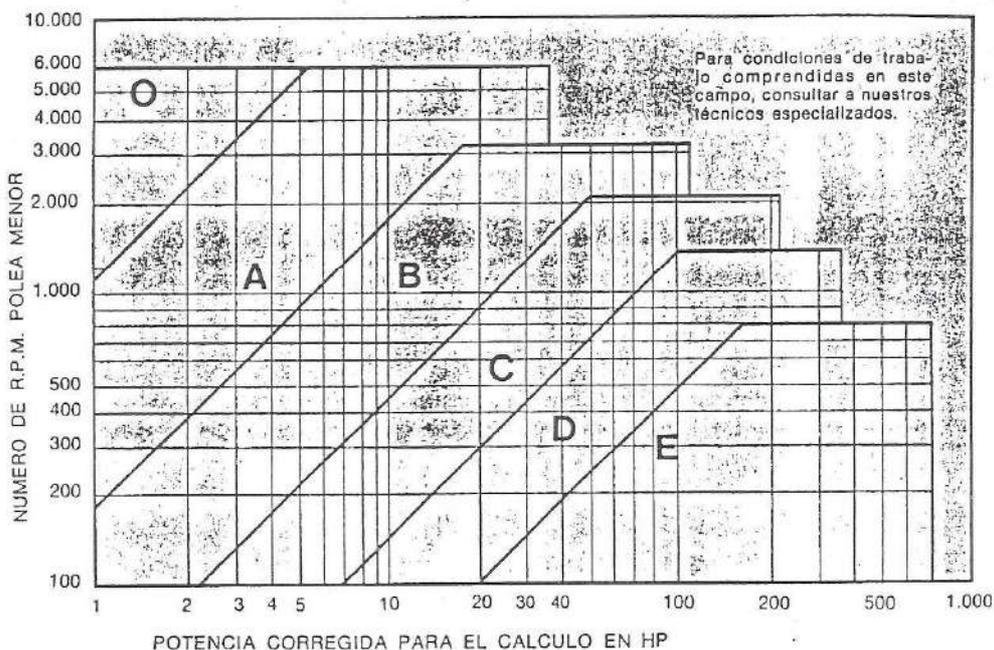


GRAFICO Nº 1  
 PARA LA ELECCION  
 DE LA SECCION  
 DE LA CORREA



SECCION "B"

TABLA Nº 2

Nº revoluciones por minuto de la polea menor	PRESTACION BASE (en HP)																				PRESTACION ADICIONAL POR RELACION DE TRANSMISION(en HP)											
	DIAMETRO PRIMITIVO DE LA POLEA MENOR (mm)																															
	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	168	173	178	183	188	193	198	203	1.00 al	1.02 al	1.05 al	1.09 al	1.13 al	1.19 al	1.25 al	1.35 al	1.52 al	2.00 y				
870	1.74	1.93	2.12	2.31	2.49	2.68	2.87	3.05	3.24	3.42	3.60	3.79	3.97	4.15	4.33	4.50	4.68	4.85	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38				
1:150	2.12	2.36	2.61	2.85	3.09	3.32	3.56	3.80	4.03	4.26	4.49	4.72	4.94	5.17	5.39	5.61	5.83	6.05	0.00	0.05	0.11	0.17	0.23	0.28	0.34	0.40	0.45	0.51				
1:750	2.72	3.06	3.39	3.72	4.05	4.37	4.69	5.01	5.32	5.62	5.92	6.22	6.51	6.80	7.08	7.36	7.63	7.90	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.51	0.60	0.69	0.77				
200	0.57	0.62	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.36	1.41	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09				
400	0.97	1.07	1.16	1.26	1.35	1.45	1.54	1.64	1.73	1.82	1.91	2.01	2.10	2.19	2.28	2.37	2.47	2.56	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18				
600	1.32	1.46	1.60	1.73	1.87	2.01	2.14	2.28	2.41	2.54	2.68	2.81	2.94	3.07	3.20	3.33	3.46	3.59	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26				
800	1.63	1.81	1.99	2.16	2.34	2.51	2.69	2.86	3.03	3.20	3.37	3.54	3.71	3.88	4.05	4.21	4.38	4.54	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.27	0.31	0.35				
1000	1.91	2.13	2.34	2.56	2.77	2.98	3.19	3.40	3.61	3.81	4.02	4.22	4.42	4.62	4.82	5.02	5.22	5.41	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44				
1200	2.17	2.42	2.67	2.92	3.16	3.41	3.65	3.89	4.13	4.37	4.60	4.84	5.07	5.30	5.53	5.75	5.98	6.20	0.00	0.07	0.12	0.18	0.24	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53				
1400	2.39	2.68	2.96	3.24	3.52	3.79	4.07	4.34	4.61	4.87	5.13	5.39	5.65	5.91	6.16	6.41	6.66	6.90	0.00	0.09	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62				
1600	2.59	2.91	3.22	3.53	3.84	4.14	4.44	4.74	5.03	5.32	5.61	5.89	6.17	6.44	6.72	6.98	7.25	7.51	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71				
1800	2.76	3.11	3.45	3.78	4.12	4.45	4.77	5.09	5.40	5.71	6.02	6.32	6.61	6.90	7.19	7.47	7.74	8.01	0.00	0.09	0.18	0.26	0.35	0.44	0.53	0.62	0.71	0.79				
2000	2.90	3.28	3.64	4.00	4.36	4.71	5.05	5.39	5.72	6.04	6.35	6.68	6.98	7.28	7.57	7.86	8.14	8.41	0.00	0.10	0.20	0.29	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.88				
2200	3.02	3.41	3.80	4.18	4.56	4.92	5.28	5.63	5.98	6.31	6.64	6.95	7.27	7.57	7.87	8.15	8.42	8.69	0.00	0.11	0.22	0.32	0.43	0.54	0.65	0.75	0.86	0.97				
2400	3.11	3.52	3.93	4.32	4.71	5.09	5.46	5.82	6.17	6.51	6.84	7.16	7.47	7.77	8.05	8.33	8.59	8.84	0.00	0.12	0.24	0.35	0.47	0.59	0.71	0.82	0.94	1.06				
2600	3.16	3.59	4.01	4.42	4.82	5.21	5.59	5.95	6.30	6.64	6.96	7.28	7.58	7.86	8.13	8.39	8.63	8.86	0.00	0.13	0.26	0.38	0.51	0.64	0.76	0.89	1.02	1.15				
2800	3.19	3.63	4.06	4.48	4.88	5.27	5.65	6.01	6.35	6.68	7.00	7.30	7.58	7.85	8.10	8.33	8.54	8.73	0.00	0.14	0.27	0.41	0.55	0.69	0.82	0.96	1.10	1.24				
3000	3.18	3.63	4.06	4.48	4.89	5.28	5.65	6.00	6.33	6.65	6.95	7.23	7.48	7.72	7.94	8.13	8.31	8.46	0.00	0.15	0.29	0.44	0.59	0.74	0.88	1.03	1.18	1.32				
3200	3.13	3.59	4.02	4.44	4.84	5.22	5.58	5.92	6.24	6.53	6.80	7.05	7.27	7.47	7.65	7.80			0.00	0.16	0.31	0.47	0.63	0.78	0.94	1.10	1.25	1.41				
3400	3.05	3.51	3.94	4.35	4.74	5.11	5.45	5.76	6.05	6.32	6.55	6.77	6.95	7.10					0.00	0.17	0.33	0.50	0.67	0.83	1.00	1.17	1.33	1.50				
3600	2.93	3.38	3.81	4.21	4.58	4.92	5.24	5.53	5.78	6.01	6.21	6.37							0.00	0.18	0.35	0.53	0.71	0.88	1.06	1.24	1.41	1.59				
3800	2.77	3.21	3.62	4.00	4.35	4.67	4.95	5.21	5.42	5.60									0.00	0.19	0.37	0.56	0.75	0.93	1.12	1.30	1.49	1.68				
4000	2.57	3.00	3.39	3.74	4.07	4.35	4.60	4.80											0.00	0.20	0.39	0.59	0.78	0.98	1.18	1.37	1.57	1.76				
4200	2.33	2.73	3.10	3.42	3.71	3.95	4.15												0.00	0.21	0.41	0.62	0.82	1.03	1.24	1.44	1.65	1.85				
4400	2.04	2.42	2.75	3.04	3.28	3.47													0.00	0.22	0.43	0.65	0.86	1.08	1.29	1.51	1.73	1.94				
4600	1.70	2.05	2.34	2.59															0.00	0.23	0.45	0.68	0.90	1.13	1.35	1.58	1.80	2.03				
4800	1.32	1.63	1.88																0.00	0.24	0.47	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.86	2.12				
5000	0.88	1.15																	0.00	0.25	0.49	0.73	0.98	1.23	1.47	1.72	1.96	2.21				
5200	0.40																		0.00	0.26	0.51	0.76	1.02	1.27	1.53	1.78	2.04	2.29				

TABLA Nº 3

COEFICIENTE DE CORRECCION DE LA POTENCIA

Tipo de máquina conductora Tipo de máquina conducida	Motores de corriente alternada torque normal, a jaula de ardilla, sincrónicos; fase partida. Motores de corriente continua; bobinado en shunt. Máquina a combustión interna. Cilindros múltiples.			Motores de corriente alternada alto torque, alto deslizamiento, bobinado en serie y anillo colector. Motores de corriente continua; bobinado en serie y bobinado compound. Máquina de combustión interna monocilíndrica. Ejes en línea Arranques directo y con embrague.		
	Serv. intermedio hasta 7 hs. diarias	Serv. normal de 8 a 15 hs. diarias	Serv. continuo más de 16 hs. diarias	Serv. intermedio hasta 7 hs. diarias	Serv. normal de 8 a 15 hs. diarias	Serv. continuo más de 16 hs. diarias
Agitador para líquidos y semilíquidos, ventiladores y aspiradores, compresores y bombas centrífugas. Sopladores hasta 10 HP. Transportadores livianos.	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Cintas transportadoras para arena, granos, etc. Mezcladores de panadería. Sopladores más de 10 HP, generadores. Línea a ejes (ejes principales), máquinas de lavaderos, máquinas tierrafrío, punzadoras-prensas-guillotinas, bombas rotativas positivas. Máquinas de imprenta, Zarandas vibradoras y giratorias.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Máquinas de ladrillos y cerámicas, elevadores a cangilones. Generadores y excitatrices. Compresores a pistón, transportadores, molinos a martillos, molinos batidores para papel, bombas a pistón, sopladores positivos. Pulverizadores-desmenuzadora, sierras y máquinas para elaboración de madera, máquinas textiles.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Trituradoras (giratorias-mandíbulas-bolas). Molinos (bolas-laminadores-barras). Calandras para goma-Bambury-extrusoras.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

TABLA Nº 4

LONGITUD PRIMITIVA NOMINAL DE LAS CORREAS

Correa Nº	"0"		"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
15			16,3	414								
16			17,3	439								
17			18,3	465								
18			19,3	490								
19			20,3	516								
20	19,5	495	21,3	541								
21			22,3	566								
22	21,5	546	23,3	592								
23	22,5	571	24,3	617								
24	23,5	596	25,3	643								
25			26,3	668								
26	25,5	647	27,3	693								
27			28,3	719								
28	27,5	698	29,3	744								
29	28,5	724	30,3	770	30,8	782						
30	29,5	749	31,3	795	31,8	808						
31	30,5	774	32,3	820	32,8	833						
32	31,5	800	33,3	846	33,8	859						
33	32,5	825	34,3	871	34,8	884						
34	33,5	851	35,3	897	35,8	909						
35	34,5	876	36,3	922	36,8	935						
36	35,5	901	37,3	947	37,8	960						
37	36,5	927	38,3	973	38,8	986						
38	37,5	953	39,3	998	39,8	1.011						
39	38,5	978	40,3	1.024	40,8	1.036						
40	39,5	1.003	41,3	1.049	41,8	1.062						
41	40,5	1.028	42,3	1.074	42,8	1.087						
42	41,5	1.054	43,3	1.100	43,8	1.113						
43	42,5	1.080	44,3	1.125	44,8	1.138						
44	43,5	1.104	45,3	1.151	45,8	1.163	46,9	1.191				
45			46,3	1.176	46,8	1.189	47,9	1.217				
46	45,5	1.155	47,3	1.201	47,8	1.214	48,9	1.242				
47			48,3	1.227	48,8	1.240	49,9	1.267				
48	47,5	1.206	49,3	1.252	49,8	1.265	50,9	1.293				
49			50,3	1.278	50,8	1.290	51,9	1.318				
50			51,3	1.303	51,8	1.316	52,9	1.344				
51			52,3	1.328	52,8	1.341	53,9	1.369				
52			53,3	1.354	53,8	1.367	54,9	1.394				
53			54,3	1.379	54,8	1.392	55,9	1.420				
54			55,3	1.405	55,8	1.417	56,9	1.445				
55			56,3	1.430	56,8	1.443	57,9	1.471				
56			57,3	1.455	57,8	1.468	58,9	1.496				
57			58,3	1.481	58,8	1.494	59,9	1.521				
58			59,3	1.506	59,8	1.519	60,9	1.547				
59			60,3	1.532	60,8	1.544	61,9	1.572				
60			61,3	1.557	61,8	1.570	62,9	1.598				
61			62,3	1.582	62,8	1.595	63,9	1.623				
62			63,3	1.608	63,8	1.621	64,9	1.648				
63			64,3	1.633	64,8	1.646	65,9	1.674				
64			65,3	1.659	65,8	1.671	66,9	1.699				
65			66,3	1.684	66,8	1.697	67,9	1.725				
66			67,3	1.709	67,8	1.722	68,9	1.750				
67			68,3	1.735	68,8	1.748	69,9	1.775				
68			69,3	1.760	69,8	1.773	70,9	1.801				
69			70,3	1.786	70,8	1.798	71,9	1.826				
70			71,3	1.811	71,8	1.824	72,9	1.852				
71			72,3	1.836	72,8	1.849	73,9	1.877				
72			73,3	1.862	73,8	1.875	74,9	1.902				
73			74,3	1.887	74,8	1.900	75,9	1.928				

## Conductores IRAM 2178 0,6/1,1 kV: Datos técnicos Sintenax Valio.

### Características técnicas- Cables con conductores de aluminio

Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	Kg/km	ohm/km	ohm/km

Tetrapolares (almas de color marrón, negro, rojo y azul claro)

4	2,5	1,0	1,8	15	250	9,06	0,0991
6	3,1	1,0	1,8	16	310	6,01	0,0901
10	3,8	1,0	1,8	19	420	3,61	0,0860
16	4,8	1,0	1,8	22	610	2,27	0,0813
25/16	-	1,2/1,0	1,8	25	800	1,44	0,0780
35/16	-	1,2/1,0	1,8	27	960	1,04	0,0760
50/25	-	1,4/1,2	1,9	32	1360	0,77	0,0777
70/35	-	1,4/1,2	2,0	31	1260	0,53	0,0736
95/50	-	1,6/1,4	2,2	36	1700	0,39	0,0733
120/70	-	1,6/1,4	2,3	39	2050	0,305	0,0729

### Características técnicas- Cables con conductores de cobre

Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km

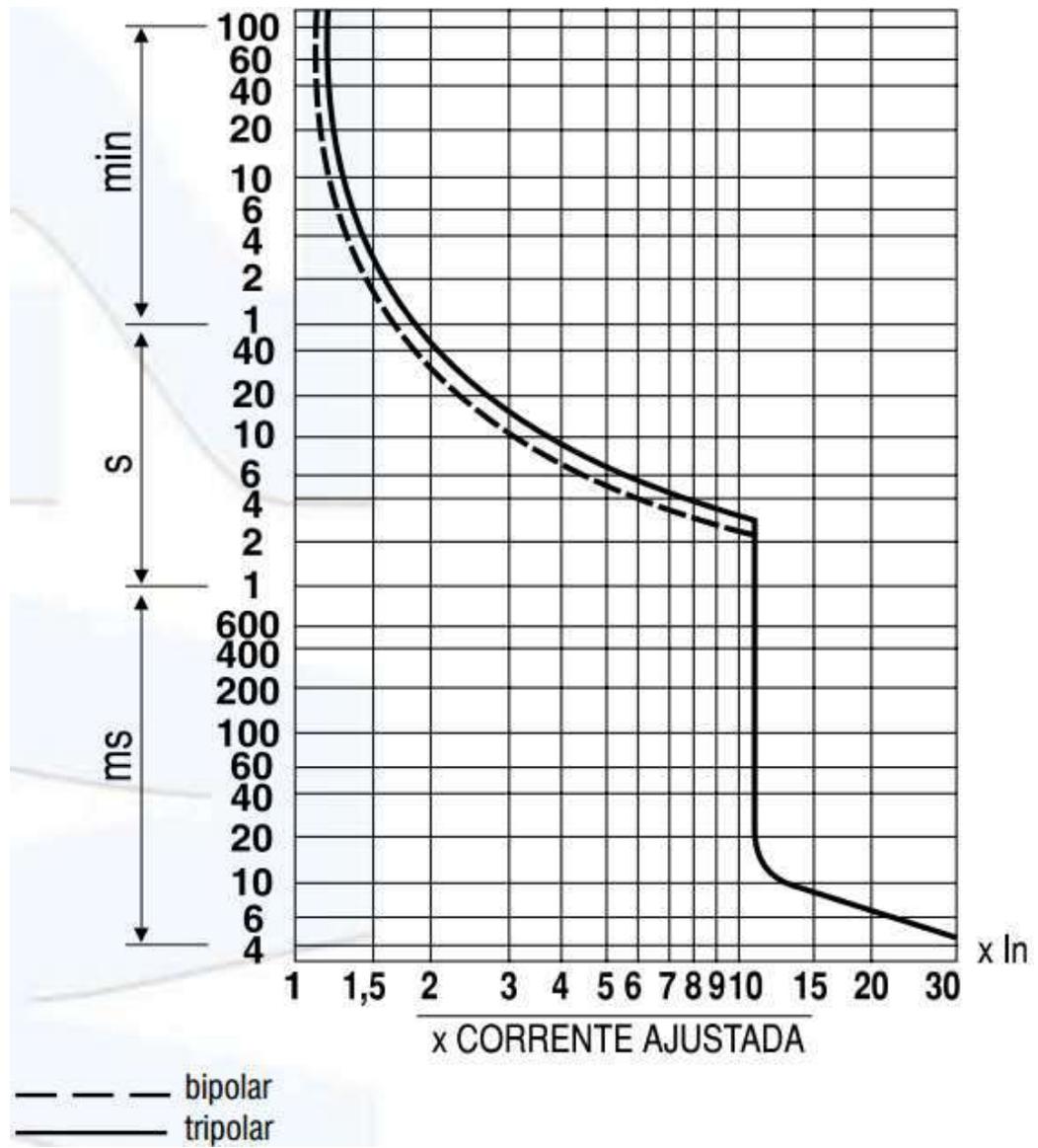
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)

1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	11	195	9,55	0,0995
4	2,5	1,0	1,8	13	280	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	15	356	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860

Tetrapolares (almas de color marrón, negro, rojo y azul claro)

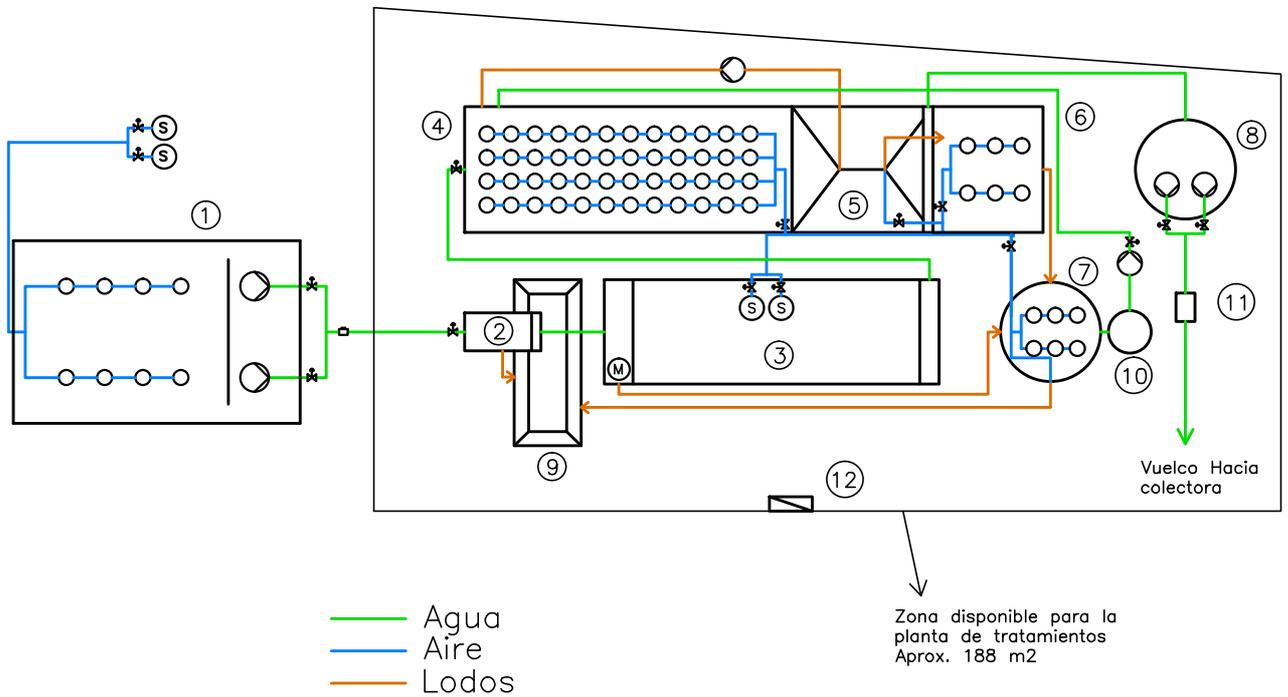
1,5	1,5	0,8	1,8	11	180	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	12	233	9,55	0,0995
4	2,5	1,0	1,8	15	337	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	16	433	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	18	627	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	22	992	1,45	0,0813
25/16	-	1,2/1,0	1,8	27	1430	0,933	0,0780

### Curva de disparo guardamotor para rango de corriente 0,1-32 A.



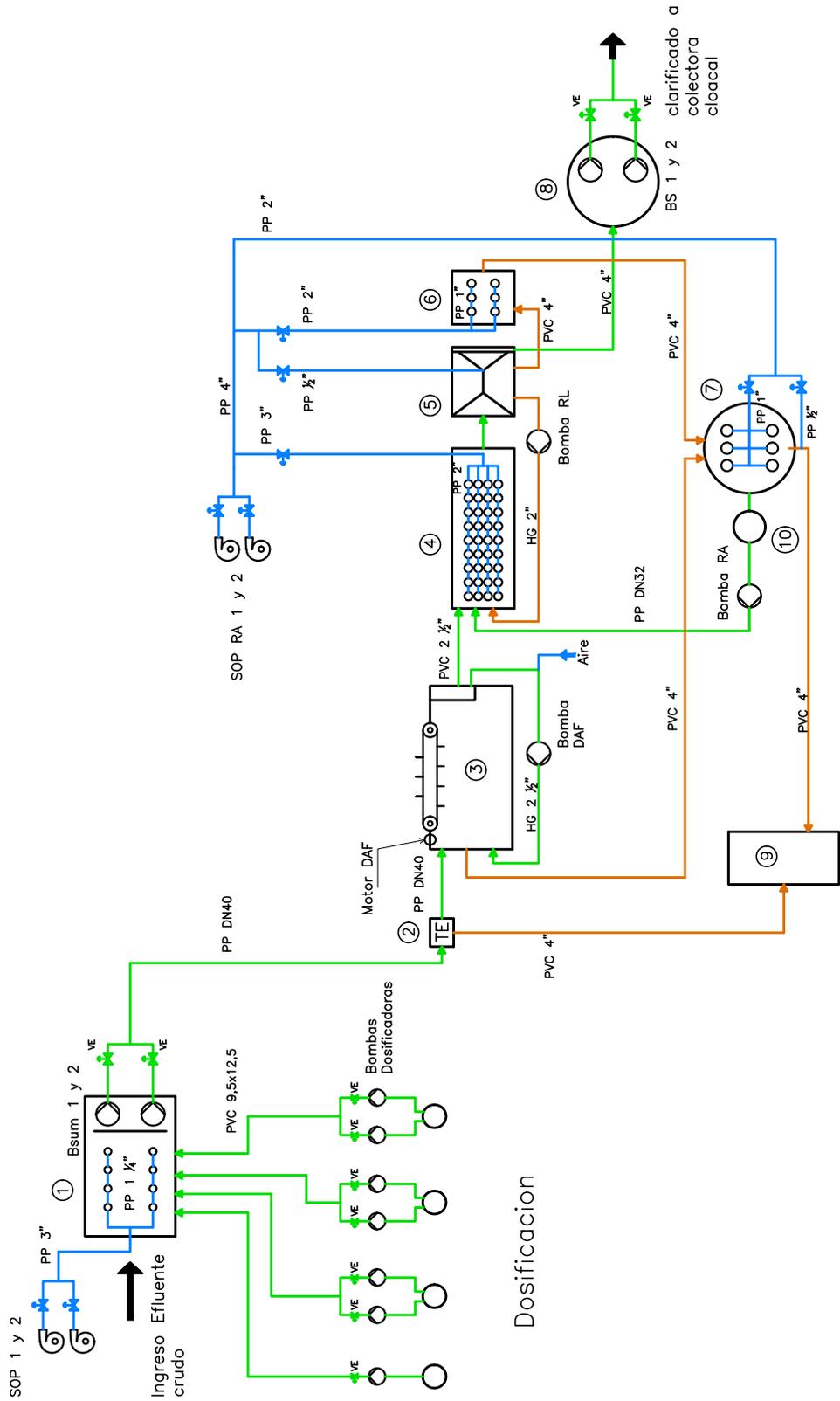
## ANEXO 2: PLANOS

- **Plano 1.1:** Layout de la planta de tratamientos.
- **Plano 1.2:** Esquema e instalaciones.
- **Plano 2:** Diagrama de potencia de tablero seccional.
- **Plano 3:** Esquema de comando de tablero seccional.
- **Plano 4.1:** Frente de tablero seccional.
- **Plano 4.2:** Componentes del tablero seccional.

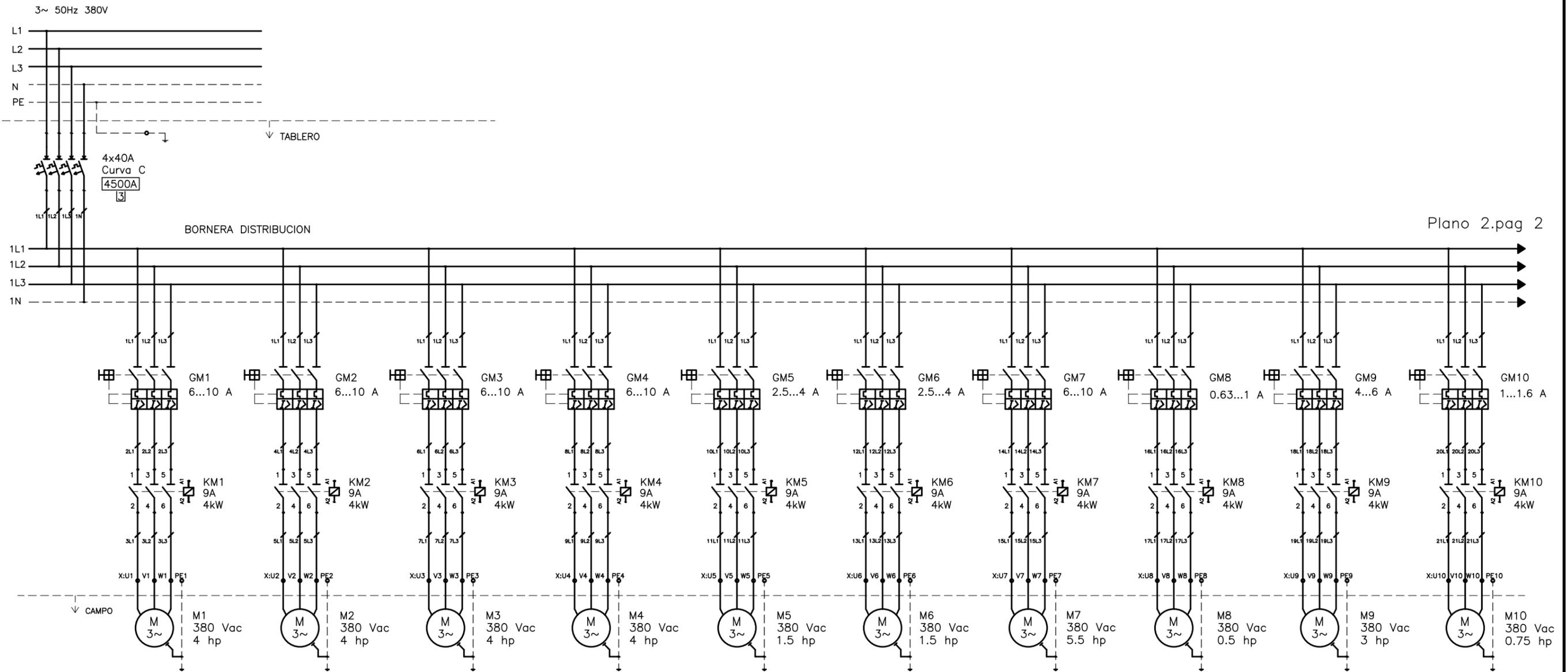


Ítem	Descripción
1	Cámara de compensación, equalizador o pozo de bombeo
2	Tamiz estático
3	Equipo de flotación por aire disuelto (DAF)
4	Reactor aeróbico (RA)
5	Sedimentador
6	Digestor primario (1)
7	Digestor secundario (2)
8	Tanque de acumulación líquido clarificado
9	Contenedor de sólidos
10	Pozo de bombeo para recirculación de agua
11	Cámara de toma de muestras y medición de caudales
12	Tablero eléctrico seccional

Tolerancias generales	Proyectó	19/10/14	Schieda Javier	Cliente	
	Dibujó	19/10/14	Schieda Javier		
	Revisó				
	Aprobó				
Escala	Denominación			 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA – UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA	
S/E	Layout de la planta de tratamientos				
Formato				N° plano cliente	
A4				N° plano	Pag.
				Plano 1.1	



Tolerancias generales	Proyectó	19/10/14	Schieda Javier	Cliente	
	Dibujó	19/10/14	Schieda Javier		
	Revisó				
	Aprobó				
Escala	Denominación			 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA- UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA	
S/E	Esquema de la planta e instalaciones				
Formato	A4			N° plano cliente	
				N° plano	
				Plano 1.2	Pag.

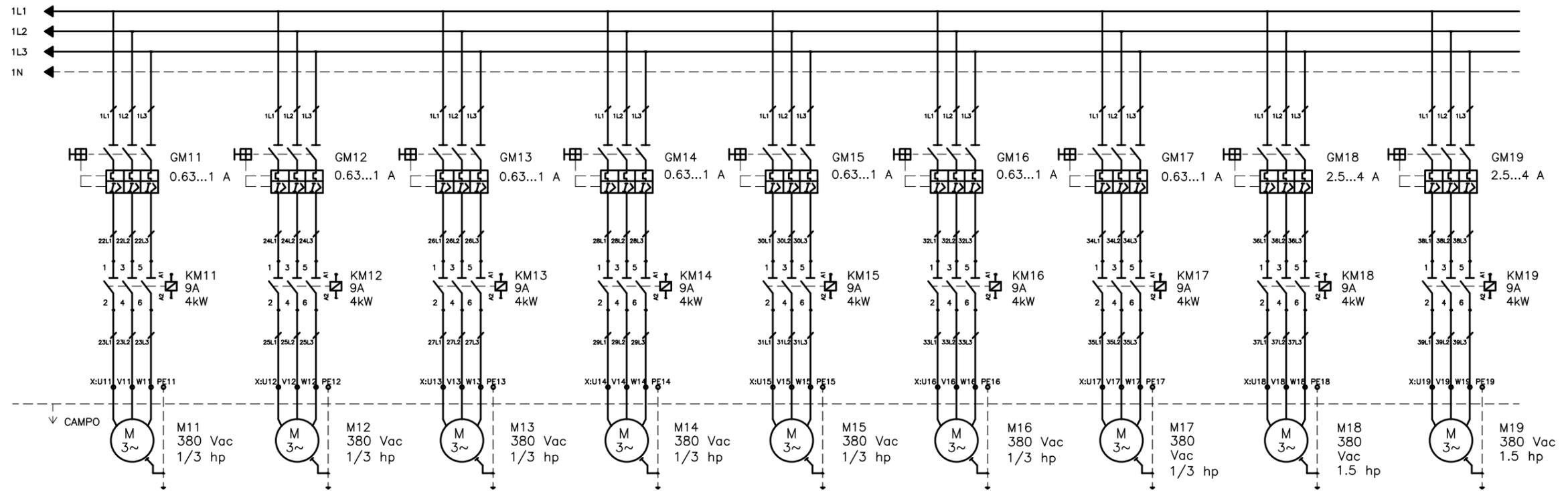


REFERENCIAS:

- M1: Soplador (Pozo de bombeo)
- M2: Soplador (Pozo de bombeo)
- M3: Soplador (Planta biologica)
- M4: Soplador (Planta biologica)
- M5: Bomba sum 1 (Pozo de bombeo)
- M6: Bomba sum 2 (Pozo de bombeo)
- M7: Bomba DAF (Equipo DAF)
- M8: Motor DAF (Equipo DAF)
- M9: Bomba recirc. de lodos (Reactor aeróbico)
- M10: Bomba recirc. de agua (Salida digestor)

Tolerancias generales	Proyectó	26/08/14	Schieda Javier	Cliente
	Dibujó	26/08/14	Schieda Javier	
	Revisó			
	Aprobó			
Escala	Denominación			 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA- UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA
S/E	Esquema de potencia			
Formato	A3			N° plano cliente
				N° plano
				Plano 2
				Pag. 1/2

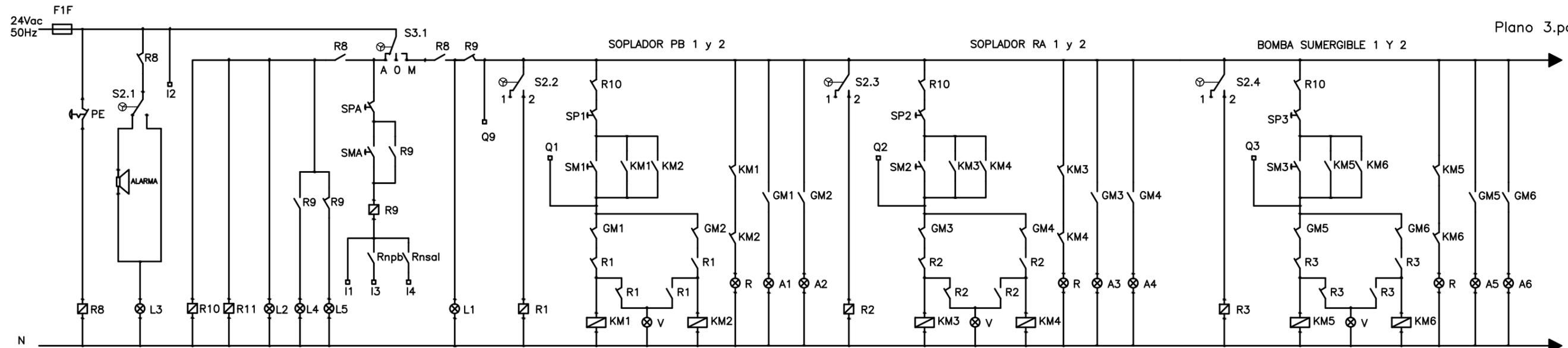
Plano 2.pag 1



REFERENCIAS:

- M11: Bomba dosificadora 1 (Pozo de bombeo)
- M12: Bomba dosificadora 2 (Pozo de bombeo)
- M13: Bomba dosificadora 3 (Pozo de bombeo)
- M14: Bomba dosificadora 4 (Pozo de bombeo)
- M15: Bomba dosificadora 5 (Pozo de bombeo)
- M16: Bomba dosificadora 6 (Pozo de bombeo)
- M17: Bomba dosificadora 7 (Pozo de bombeo)
- M18: Bomba salida 1 (Tanque acumulación)
- M19: Bomba salida 2 (Tanque acumulación)

Tolerancias generales	Proyectó	26/08/14	Schieda Javier	Cliente
	Dibujó	26/08/14	Schieda Javier	
	Revisó			
	Aprobó			
Escala	Denominación			 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA- UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA
S/E	Esquema de potencia			
 Formato A3				N° plano cliente
				N° plano Plano 2
				Pag. 2/2



REFERENCIAS:

- F1F: Fusible aM 8 A.
- Rnpb y Rnsal: Indicador de nivel (boya)
- R: Reles
- SP: Pulsador de parada
- SM: Pulsador de marcha
- S2: Llave selectora de 2 puntos
- S3: Llave selectora de 3 puntos
- PE: Pulsador de emergencia (girar para desenclavar)
- KM: Contactor
- GM: Guardamotor
- V: Piloto luminoso verde
- R: Piloto luminoso rojo
- A: Piloto luminoso amarillo
- L1: Indicador modo manual (Color Verde)
- L2: Indicador modo automático (Color Verde)
- L3: Indicador Parada de Emergencia (Color Rojo)
- L4: Indicador marcha modo automático (Color Verde)
- L5: Indicador detenido modo automático (Color Rojo)

Entradas PLC:

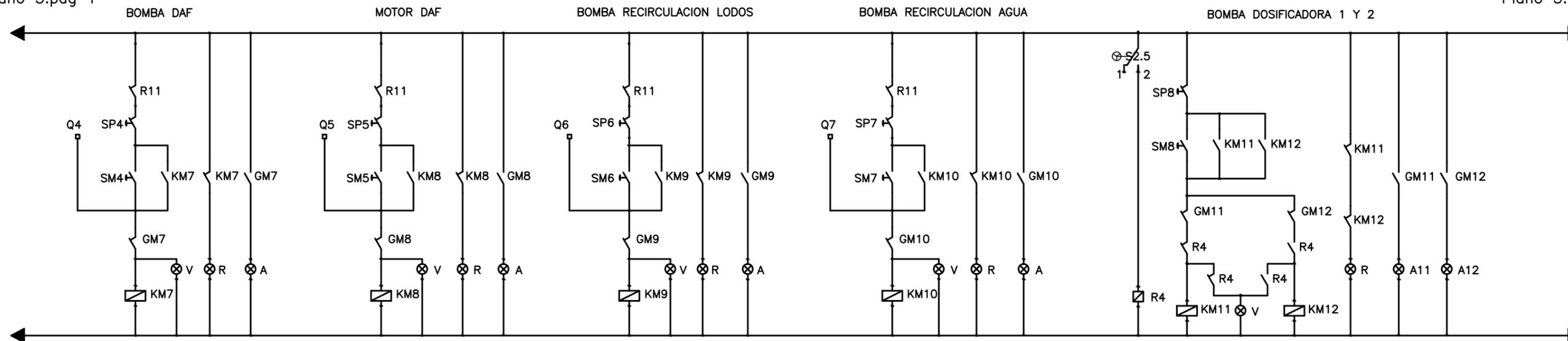
- I1: Marcha/parada en modo automatico
- I2: Parada de emergencia
- I3: Boya de nivel Bomba sum PB
- I4: Boya de nivel Bomba sum Salida

Salidas PLC:

- Q1-Q8: Secuencia de funcionamiento de las máquinas
- Q9: Energizar la linea y separar modo automatico de manual

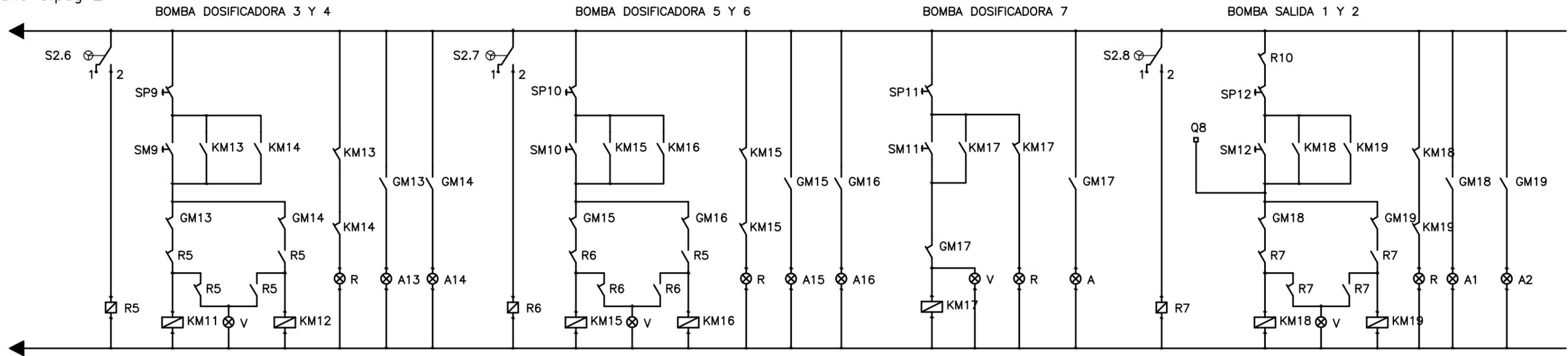
Reles 1-7: Para conmutar cada maquina  
 Rele 8: Parada de emergencia  
 Rele 9: Modo automatico  
 Rele 10-11: Separar el circuito en modo manual y automatico

Tolerancias generales	Proyectó	26/08/14	Schieda Javier	Cliente
	Dibujó	26/08/14	Schieda Javier	
	Revisó			
	Aprobó			
Escala	Denominación			 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA- UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA
S/E	Esquema de comando			
				
Formato	A3			N° plano cliente
				N° plano
				Plano 3
				Pag. 1/3

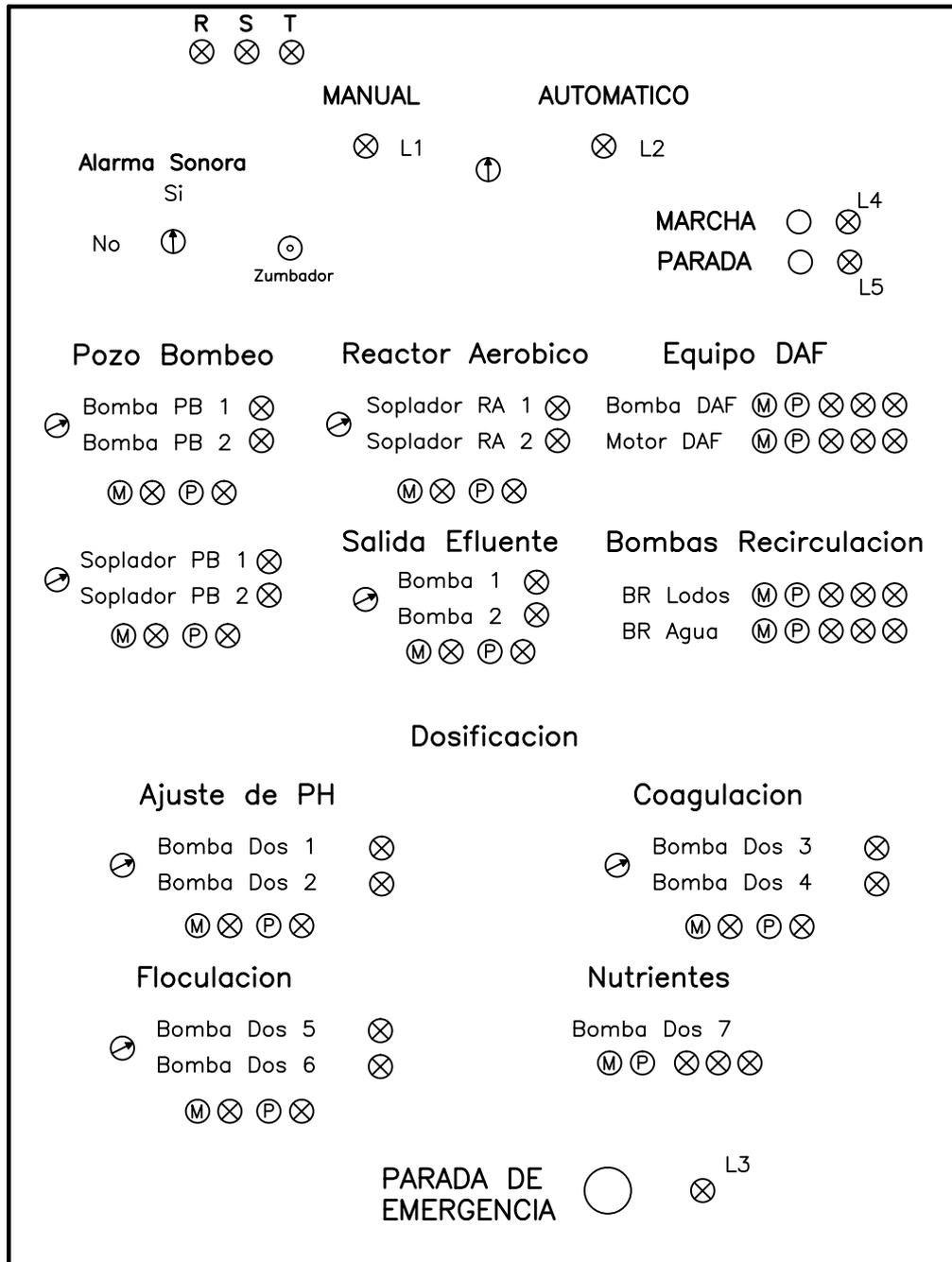


Tolerancias generales	Proyectó	26/08/14	Schieda Javier	Cliente
	Dibujó	26/08/14	Schieda Javier	
	Revisó			
	Aprobó			
Escala	Denominación			 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA- UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA
S/E	Esquema de comando			
				
Formato	N° plano cliente			N° plano
A3	Plano 3			Pag. 2/3

Plano 3.pag 2

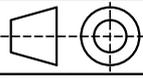


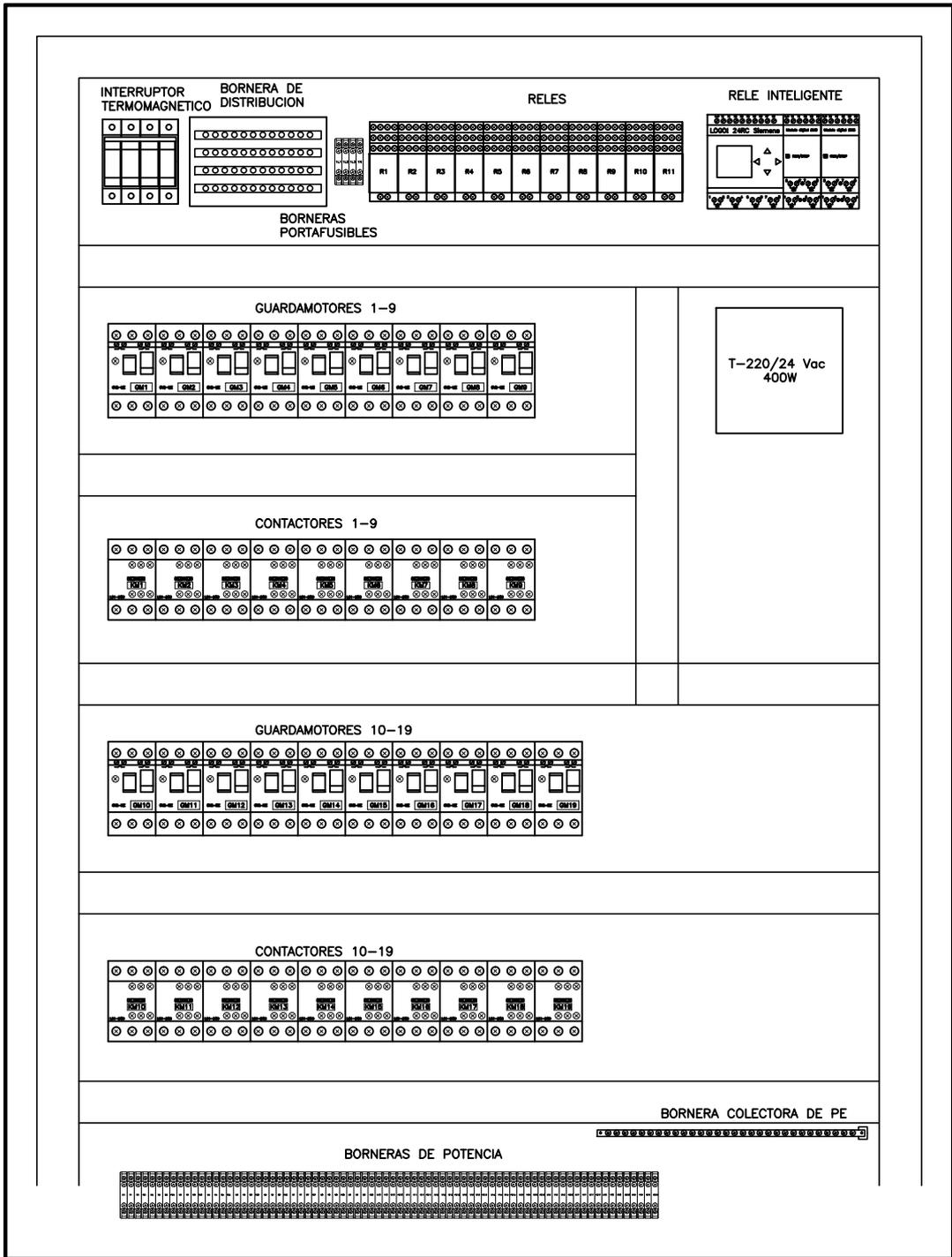
Tolerancias generales	Proyctó	26/08/14	Schieda Javier	Cliente
	Dibujó	26/08/14	Schieda Javier	
	Revisó			
	Aprobó			
Escala	S/E			Denominación
Formato	A3			
				Esquema de comando
				UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA- UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA
				N° plano cliente
				N° plano
				Plano 3
				Pag. 3/3



L1: Verde (Selección MM)  
 L2: Verde (selección MA)  
 L3: Rojo (Parada de emerg)

L4: Verde (Marcha MA)  
 L5: Rojo (Detenido MA)

Tolerancias generales	Proyectó	15/09/14	Schieda Javier	Cliente	
	Dibujó	15/09/14	Schieda Javier		
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala	Denominación			 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA – UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA
	S/E	Frente Tablero Eléctrico			
					
	Formato				N° plano cliente
	A4				N° plano
				Plano 4.1	Pag.



Tolerancias generales	Proyectó	15/09/14	Schieda Javier	Cliente
	Dibujó	15/09/14	Schieda Javier	
	Revisó			
	Aprobó			
	Escala	Denominación		
	S/E	Componentes Tablero Eléctrico		
	Formato			
	A4			
				UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA – UNLPam FACULTAD DE INGENIERIA
				N° plano
				Plano 4.2
				Pag.