



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica**

# Rediseño de un sistema neumático en pozos de clasificación de pesca industrial.

**Seminario de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero de Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía:  
Sr. Heraldo Bastidas Medel.  
Ingeniero Supervisor:  
Sr. Roberto Carrillo Reyes.**

Francisco Javier Durán González

Gerardo Eliseo Pereira Ríos

Concepción - Chile  
2013

## RESUMEN

El proyecto consiste en el rediseño de un sistema neumático, se proyecta en el marco de una nave de pozos de almacenamiento y selección de pesca, perteneciente a la empresa Camanchaca S.A. división Pesca Sur, Puerto Coronel. Se estudiará la factibilidad de utilizar parte del sistema actual, para lograr la reducción de costos de producción en líneas de aire comprimido.

Los datos de perfil de consumo de aire y energía de los compresores, fueron entregados por la empresa ATLAS COPCO, los cuales fueron utilizados como base para el estudio de la red neumática instalada en la actualidad. Se realiza un levantamiento de la red neumática, con la finalidad de facilitar el análisis.

Una vez hecho el levantamiento de la red, se constata que ésta se presenta como sistema abierto. Este conjunto posee entre otras fallas, alta corrosión externa, fugas en las uniones soldadas, falta de accesorios de acondicionamiento de aire (FRL) siendo el último y más importante de todos los problemas existentes, la presencia de condensado en las líneas de aire comprimido.

El condensado presente resulta del fenómeno de saturación del aire comprimido provocado por la disminución de temperatura a la cual se ve enfrentado a lo largo de su trayecto, siendo las bajas temperaturas del sector de pozos, la causante de llevar el fluido a su punto de rocío, saturándolo y disminuyendo su humedad específica precipitándose como agua en las cañerías.

Por esta razón se determina que la presencia de condensado es la causa principal de las fallas del sistema actual, pues al no existir purgas de ningún tipo en la red principal del área pozos que drenen el caudal de agua presente, éste va directo a los distintos accesorios y componentes, generando los problemas antes mencionados.

Como la red actual posee variados problemas generados por la alta contaminación del ambiente en el que está emplazada (ambiente marino), se decide como solución rediseñar la red de suministro considerando mantener parte de la red actual, para reducir costos en su implementación.

La nueva red de aire se diseña como circuito cerrado. También se seleccionan accesorios acondicionadores, logrando con esto evitar la presencia de impurezas en el aire. Se instalan purgadores automáticos en el nuevo anillo principal de distribución, que sumado a un desnivel de las cañerías logran que converja el condensado en cada uno de los purgadores.

Por último, se incorpora al proyecto un estudio de viabilidad económica, que permite respaldar el análisis de costos, aludiendo a la reducción de gastos en la producción de aire que generará el proyecto.

## CONTENIDOS

• CAPITULO 1) INTRODUCCION.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
• CAPITULO 2) DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	4
• CAPITULO 3) ESTUDIO DEL SISTEMA ACTUAL.....	5
3.1. Descripción de la situación actual.....	5
3.2. Área en la que se desarrolla el sistema.....	12
3.3. Configuración y componentes de la red de aire comprimido.....	15
3.3.1. Red de distribución abierta.....	15
3.3.2. Red de distribución cerrada.....	15
3.3.4. Componentes del sistema.....	17
3.4. Características de los actuadores presentes en el sistema neumático.....	18
3.5. Perdidas de carga sistema actual.....	19
3.5.1. Cálculo de pérdida de carga para línea principal en sistema actual.....	21
• CAPITULO 4) SISTEMA PROPUESTO.....	23
4.1. Cálculo de máxima demanda.....	24
4.2. Configuración y componentes de la red de aire nueva.....	25
4.2.1. Configuración de la red de aire nueva.....	25
4.2.2. Selección de componentes de la red de aire nueva.....	27
4.2.3. Selección de cañerías del anillo.....	27
4.2.4. Selección de purgadores de condensado.....	29
4.2.5. Selección de filtro de línea y separador centrifugo de condensado.....	35



4.2.6. Otros componentes.....	37
• CAPITULO 5). ANALISIS DE COSTOS.....	38
5.1. Criterios económicos.....	38
5.1.1. VAN. ....	38
5.1.2. TIR. ....	38
5.1.3. Payback. ....	38
5.2. Ahorro. ....	39
5.2.1. Ahorro energético. ....	39
5.2.2. Ahorro por tiempos muertos de producción. ....	42
5.2.3. Ahorro por horas hombres. ....	43
5.3. Resultados del estudio económico.....	43
• CAPITULO 6) MANTENCION Y PUESTA EN MARCHA.....	46
6.1. Mantención.....	46
6.2. Puesta en marcha. ....	47
• CAPITULO 7) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	48
7.1. Conclusiones.....	48
7.2. Recomendaciones. ....	50
• CAPITULO 8) BIBLIOGRAFIA. ....	51
• CAPITULO 9) ANEXOS.....	52

## **CAPITULO 1) INTRODUCCION.**

### **1.1. Generalidades.**

El presente proyecto está orientado a mejorar las condiciones de operación de la red de suministro de aire comprimido del área pozos de selección de materia prima, perteneciente a la empresa Camanchaca S.A. división Pesca Sur, ubicada en el sector puerto Coronel.

Camanchaca Pesca Sur, posee entre sus principales líneas de producción, elaboración de aceite de pescado, harina y envasado en conserva.

El proceso de selección de la materia prima se lleva a cabo mediante un criterio de temperatura a la cual es almacenado el producto en los contenedores frigoríficos de los barcos pesqueros. La pesca es transportada mediante bombas de vacío al galpón donde se ubican los veinte (20) pozos de 40  $m^3$  de capacidad cada uno. Es en este punto del proceso donde el sistema neumático del área pozos entra en funcionamiento.

Se constató en terreno que la causa que da origen al estudio es el mal estado del circuito neumático de la Planta Conserva, el cual evidencia además, varias fugas y presencia de condensado en el interior de las tuberías, así como también alta corrosión externa de las mismas.

Debido a estos motivos es que resulta de suma importancia la intervención de la red neumática, buscando soluciones que lleven a una mejora sustancial en cuanto a operación, selección de materiales y accesorios diseñados especialmente para este ambiente de trabajo.

El aire comprimido representa el 10% del consumo total de energía eléctrica de uso industrial y lo cual puede representar hasta el 75% del costo total, de generar este aire, por eso, cualquier ahorro que pueda ser realizado debe ser considerado sustancial.

Se estima en promedio que el 30% de estos costos son desperdiciados, las oportunidades para ahorrar energía se vuelven aún más significativas. Es en este contexto que la empresa Camanchaca S.A., ha expresado la necesidad de mejora de este sistema neumático.

Durante el desarrollo del proyecto se utiliza soporte técnico otorgado por los proveedores de la empresa, quienes facilitan información, la cual en conjunto con la obtenida en terreno convergerán en una solución óptima a este problema de ingeniería.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Mejorar las condiciones de operación del sistema de alimentación de aire comprimido en nave de clasificación de pesca y pozos de almacenamiento.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Levantamiento del sistema neumático existente en la planta.
- Estudiar las necesidades en los centros de consumo de aire comprimido.
- Rediseñar un sistema que satisfaga las necesidades, considerando la posibilidad de reutilizar parte del sistema existente.
- Seleccionar los componentes que sean necesarios en el sistema propuesto.
- Hacer un análisis del costo de implementación del sistema propuesto.

## CAPITULO 2) DESCRIPCION DE LA EMPRESA.

Camanchaca Pesca Sur S.A es una empresa de la región del Biobío, ubicada en la ciudad de Coronel, dedicada a la producción de conserva, harina y aceite de pescado, utilizando como materia prima el jurel y la sardina (Véase figura 2.1).

Camanchaca Pesca Sur S.A es una de las principales pesqueras líderes del país, en Coronel consta de dos plantas; planta conserva, con una capacidad de producción de 14.000 cajas diarias promedio, y planta de harina y aceite de pescado, con capacidad de proceso de 2.200 toneladas diarias de materia prima. Sus procesos productivos se respaldan con certificaciones ISO 9001 e IFFO RS (Véase Anexo A).

Además de los productos obtenidos, que en su mayoría son exportados, parte de ellos se utilizan en Chile para la fabricación, principalmente de alimento para perros como es el caso de la harina de pescado.

Con miras hacia el futuro, Camanchaca S.A, ha ido renovándose en términos tecnológicos, con lo cual también ha ido buscando permanentemente estar a la vanguardia a nivel de las pesqueras, y ser lo más eficaz y eficiente.



Figura 2.1 Harina de pescado (1) aceite de pescado (2).

### CAPITULO 3) ESTUDIO DEL SISTEMA ACTUAL.

#### 3.1. Descripción de la situación actual.

El sistema neumático se utiliza en el área de conserva donde se recepciona la materia prima proveniente de los barcos, ésta se distribuye a los veinte (20) pozos de almacenamiento, mediante los clasificadores de pesca según calibre del pescado (véase *Figura 3.1.*), donde se debe mantener a una temperatura aproximada de 5 °C. Es en este punto donde entra en funcionamiento el sistema de aire comprimido que distribuye, desde los pozos, la materia prima hacia la planta de conserva o planta de harina según selección.



**Figura 3.1. Pozos de almacenamiento (1) y canales distribuidores (2).**

El aire comprimido de la planta de conserva es suministrado a partir de una sala de compresores, la cual posee dos (2) equipos GA45+ff ATLAS COPCO con secador de aire incluido.

### Compresores de tornillo:

También llamados compresores helicoidales. La compresión en estas máquinas es efectuada por dos rotores helicoidales, uno macho y el otro hembra que son prácticamente dos tornillos engranados entre sí y contenidos en una carcasa dentro de la cual giran, en sentido contrario (véase *Figura 3.2.*). El macho es un tornillo de 4 entradas y la hembra de 6. El macho cumple prácticamente la misma función que el pistón en un compresor alternativo y la hembra la del cilindro. En su rotación, los lóbulos del macho se introducen en los huecos de la hembra, desplazando el aire axialmente, disminuyendo su volumen y, por consiguiente, aumentando su presión. Los lóbulos se llenan de aire por un lado y descargan por el otro en sentido axial. Los dos rotores no entran en contacto entre sí, de modo tal que tanto el desgaste como la lubricación resultan mínimos. Esto se logra a través de un juego de ruedas dentadas que mantiene el sincronismo de giro de los rotores y evita que hagan presión unos contra otros, asegurándose la estanqueidad necesaria por la estrecha tolerancia de los juegos que existen entre ellos y la de éstos con la carcasa. La refrigeración y lubricación (no necesaria en el rotor) y una mejor hermeticidad se logran por inyección de aceite en la compresión, que luego será separado del aire comprimido en separadores, al igual que en los compresores de paletas. Se construyen de uno (1), dos (2) o más escalones de compresión y entregan un flujo casi continuo, por lo que las dimensiones del depósito son reducidas, cumpliendo más bien funciones de colector y separador de aceite que de acumulador. El campo de aplicación de éstos va desde 400 a 40000  $m^3/h$  FAD y se logran presiones de hasta 25 bar.



**Figura 3.2. Vista interior de un compresor de tornillo.**

A continuación se muestra el detalle de los equipos instalados en la planta:



Figura 3.3. Conjunto compresor.

1. Sistema compresor.
2. Filtro de aceite.
3. Refrigerador posterior con separador de humedad integrado.
4. Purgadores de agua.
5. Refrigeración reforzada del armario eléctrico.
6. Secador de aceite.
7. Válvula de aspiración.
8. Filtro de aspiración.



La siguiente tabla muestra las características técnicas de los equipos instalados.

**Tabla 3.1.1. Especificaciones técnicas compresores.**

Marca/Tipo	Atlas Copco/GA 45+ ff
Año Manufactura	2006
Número de Serie	API509854
Presión Máxima	0.8 MPa (8 Bar)
Caudal Nominal (FAD)	0.134 m <sup>3</sup> /s (63,8 NI/s)
Potencia Motor	45 kW (60 HP)
RPM	2965 rpm
Peso	1150 kg (2535 lb)

Las líneas de conducción de aire comprimido que salen desde la sala de compresores son dirigidas hacia un estanque acumulador de 10 m<sup>3</sup> de capacidad. En este punto se traslada el fluido hacia el sector de pozos y conserva; siendo el sector de pozos el que presenta la mayor cantidad de problemas, gran cantidad de condensado presente en los conductos, mal diseño estructural de las cañerías, deterioro importante de los componentes neumáticos y altos niveles de corrosión que provocan importantes fugas (véase Figuras 3.4. y 3.5.), deteniendo la producción, por lo que se considera como el punto crítico en estudio.



Figura 3.4. Estado actual de cañerías.



Figura 3.5. Deterioro de los componentes.

El proceso de control es realizado por un operario ubicado en una sala de mando en la cual, a través de un software creado por la empresa MMC TENDOS (Figura 3.9.), se realiza el accionamiento de las válvulas direccionales, generando la apertura y cierre de los actuadores lineales (guillotinas y rotativos) de selección, pinchando directamente los actuadores del diagrama en el software. Además el aire suministrado al área se encarga de abastecer los cilindros ubicados en las canaletas distribuidoras de la materia prima, abriendo y cerrando el paso hacia los pozos.



Figura 3.6. Disposición de actuadores de guillotina.

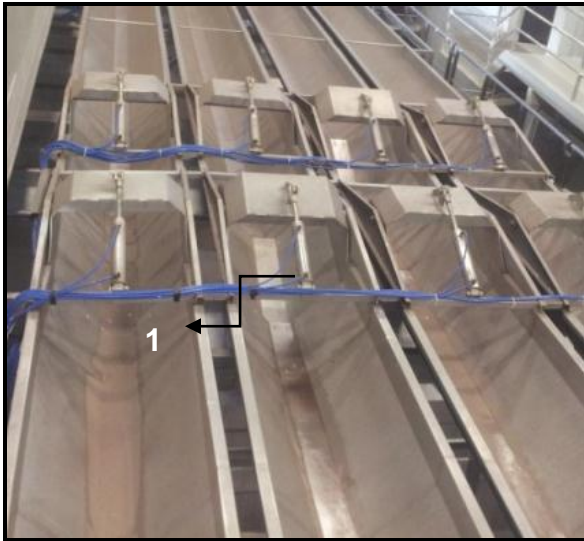


Figura 3.7. Cilindros distribuidores (1).

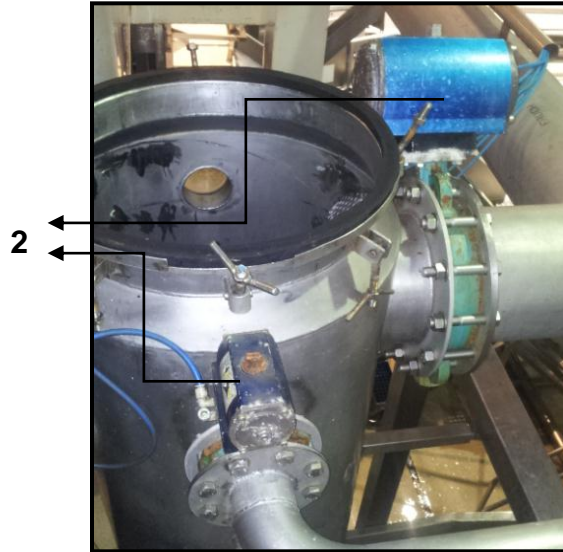


Figura 3.8. Actuadores rotatorios (2).

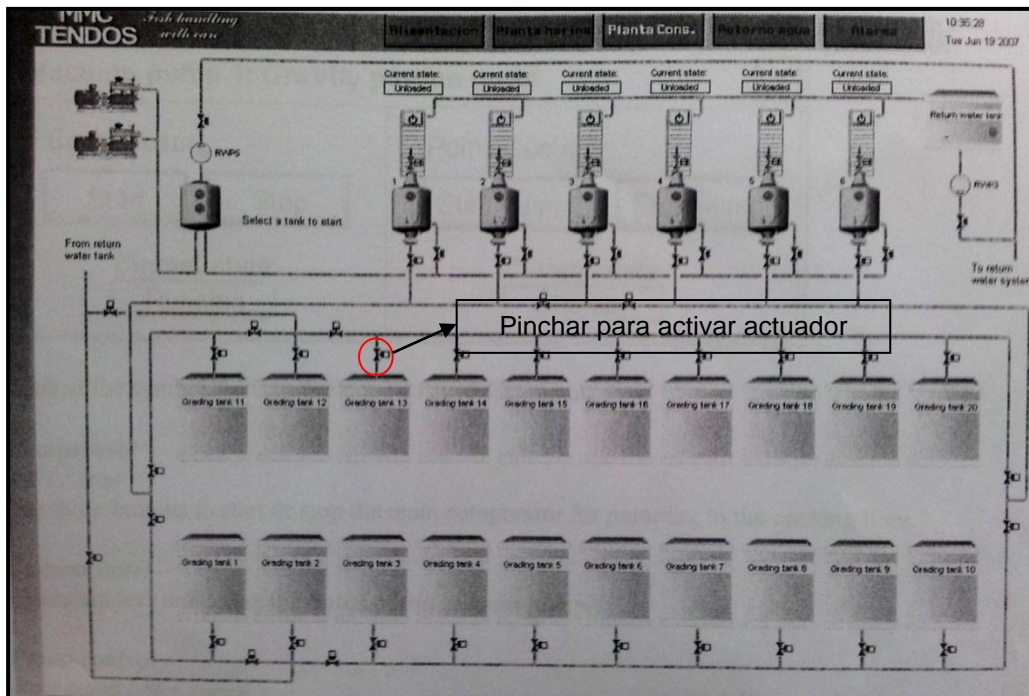
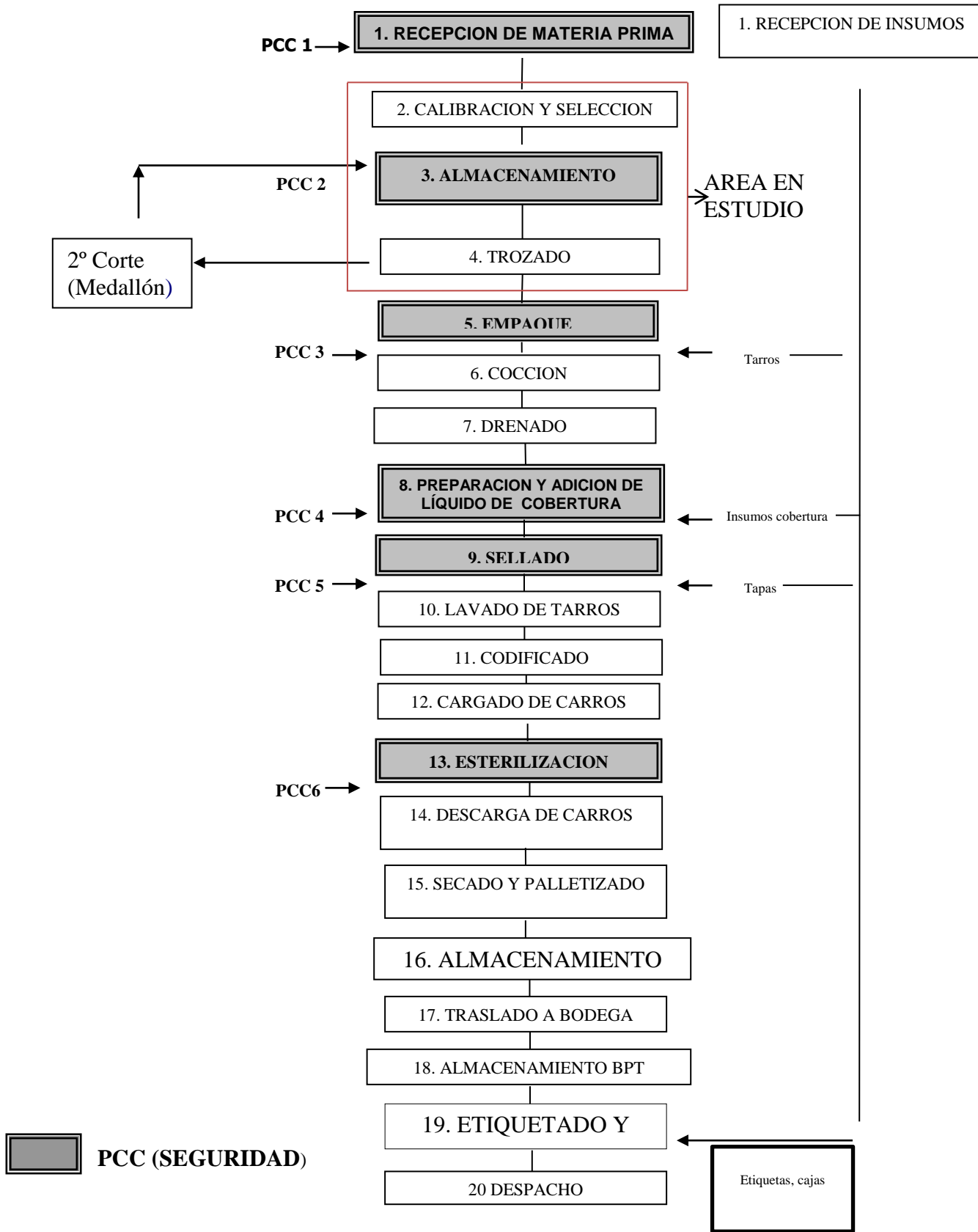


Figura 3.9. Programa controlador.

3.2. Área en la que se desarrolla el sistema.

Diagrama de flujo del proceso productivo.



Detalle del área en estudio:

- **CALIBRACION Y SELECCIÓN:**

La materia prima en proceso de descarga es conducida, previo paso por un desaguador, por calibradores mecánicos y cintas de selección manual, lo que permite estandarizar su tamaño en los pozos de almacenamiento y descartar o seleccionar por especies, según corresponda.

- **ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA:**

La materia prima (entera/medallón) permanece en los pozos de almacenamiento (20 pozos de acero inoxidable de 40 toneladas cada uno) con agua de mar limpia, enfriada y clorada. La refrigeración de la pesca se logra a través de un sistema de recirculación de agua de mar enfriada. La temperatura de almacenamiento de la materia prima no debe superar los 5 °C. En un tiempo de almacenamiento máximo de 96 horas, la temperatura ambiente del sector de pozos es de 18 °C (véase *Figura 3.1.*).

- **TROZADO:**

La materia prima es transportada desde los pozos de almacenamiento, hacia las mesas de corte mecánico para obtener trozos (primer corte) o medallones (segundo corte). Las unidades son dispuestas en capachos a lo largo de una cinta transportadora que pasa por cuchillos circulares cortando cabeza y cola, y por un sistema de eviscerado mecánico por succión al vacío. Los trozos son lavados en línea por aspersion y los medallones son transportados nuevamente a los pozos de almacenamiento o a una cinta transportadora que los pasa al “autopacker” para ser procesados inmediatamente.



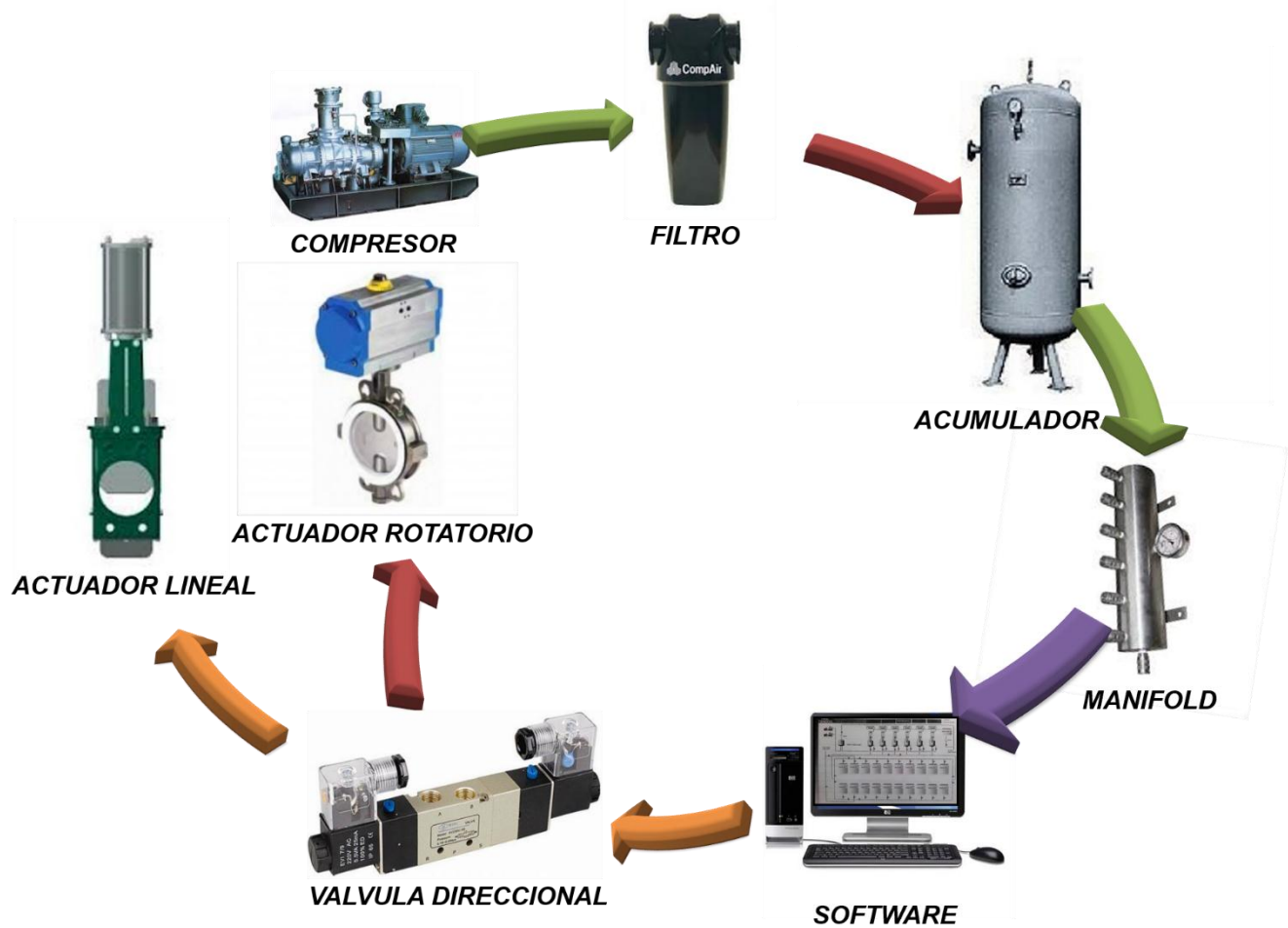


Figura 3.10. Diagrama de flujo del sistema.

Como criterio de selección, se utiliza la temperatura de refrigeración a la cual viene almacenada la materia prima en los depósitos frigoríficos del barco pesquero, de este modo, si esta viene a más de 5 °C se destina a planta harina, en caso contrario, si la temperatura de almacenamiento es menor a 5 °C la materia prima es seleccionada para consumo humano y es enviada a la planta de conserva.

### **3.3. Configuración y componentes de la red de aire comprimido.**

El layout representa la red principal de distribución en donde se deben considerar ramificaciones y todos los puntos de consumo, incluyendo futuras aplicaciones; presión, la posición de las válvulas de cierre, conexiones, curvaturas, separadores de condensado, etc.

A través de un correcto diseño de la red se puede definir un mejor trazado (menos cañerías) obteniendo menores pérdidas de carga, proporcionando así economía en el uso del aire.

#### **3.3.1. Red de distribución abierta.**

Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio (*véase Figura 3.11.*). La menor inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además, en los conductos de la red se deben instalar con leves pendientes para la evacuación de los condensados.

La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire del punto de corte, e incluso toda la red, lo que implica una detención de la producción.

#### **3.3.2. Red de distribución cerrada.**

En esta configuración, la línea principal se constituye de un anillo (*véase Figura 4.1.*). La inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Sin embargo, con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante, puesto que ciertas partes pueden ser aisladas sin afectar la producción.

La dirección del flujo en algún punto de la red depende de las demandas puntuales y por tanto el flujo de aire cambia de dirección dependiendo de tal consumo.



### 3.3.3. Configuración del sistema actual.

La configuración actual de la red de aire comprimido se encuentra dispuesta como un sistema abierto (véase *Figura 3.11.*), para mayor detalle del sistema véase Anexo B.

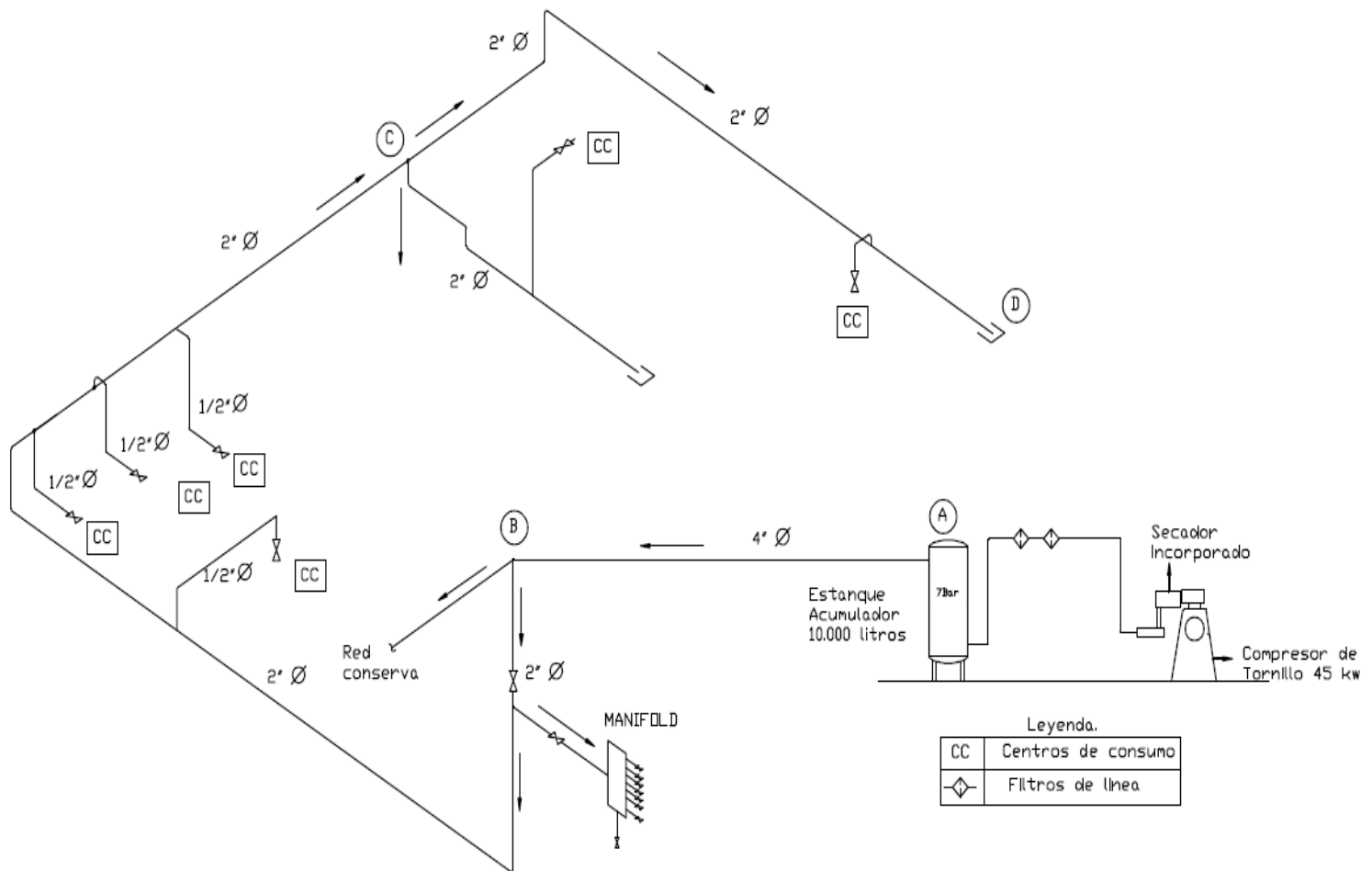


Figura 3.11. Red actual de aire comprimido.

### 3.3.4. Componentes del sistema.

Tabla 3.1. Componentes del sistema.

Accesorios	Marca	Consumo Nm <sup>3</sup> /s	Cantidad	Modelo	Observaciones
Válvula de Globo	Genebre	-	5	-	Φ 4"-3"-2"
Válvula direccional	Festo	-	142	CPA10-M1H-SLS	5/2
Válvula drenaje	Burkert	-	1	-	-
Actuador lineal (guillotina)	-	0,0048	57	-	Doble efecto
Actuador lineal (distribuidores)	Festo	0,000038	36	-	Doble efecto
Actuador Rotativo	Festo	0,00081	85	557544 DFPB-80-090-F05	-
Filtro de línea	Atlas-Copco	-	2	-	-
Codos	-	-	24	Acero galvanizado	Φ 2"-3"-4"
Tee	-	-	10	Acero galvanizado	Φ 2"-3"-4"

### 3.4. Características de los actuadores presentes en el sistema neumático.

En la actualidad existen en la red neumática cincuenta y siete (57) actuadores lineales, estos son del tipo guillotina (véase Figura 3.12.).

Su función es desviar la materia prima a las diferentes secciones de procesamiento. Están constituidos por un cilindro de doble efecto, además de una guillotina de acero inoxidable calculados específicamente para su uso en el área de pozos de la planta de conserva, el consumo aproximado es de  $0,0048 \text{ Nm}^3/\text{s}$  (4,8 NI/s).



Figura 3.12. Actuador lineal.



Figura 3.13. Actuador rotativo.

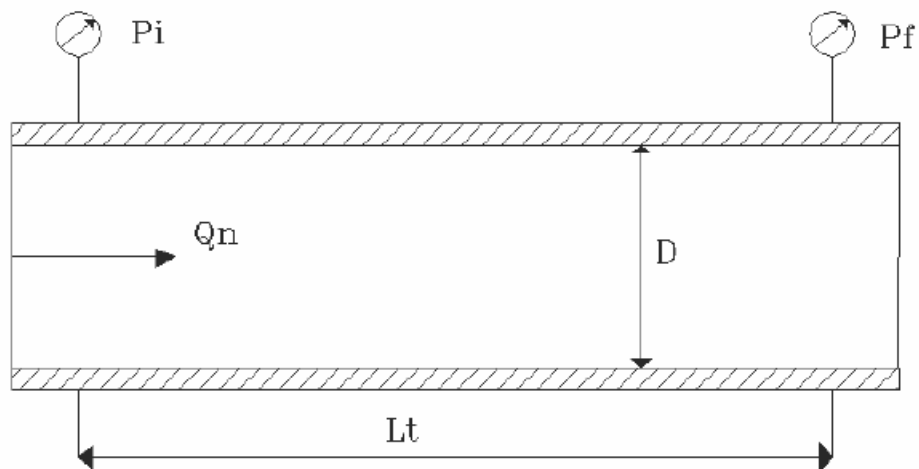
Por otro lado se tienen ochenta y cinco (85) actuadores rotatorios (véase Figura 3.13.), estos fueron instalados por la empresa FESTO, su función principal es activar y desactivar la succión de las bombas de vacío, que hacen posible el flujo de la materia prima por los ductos de transporte. Su consumo aproximado es de  $0,00081 \text{ Nm}^3/\text{s}$  (0,81 NI/s).

Es importante acotar, que estos actuadores rotatorios son activados por sensores electrónicos, por lo tanto, no son accionados por el operador en la sala de control.

### 3.5. Pérdidas de carga sistema actual.

La caída de presión depende de los siguientes factores:

- ❖ Material, largo ( $L$ ) y diámetro interior ( $D$ ) del tubo.
- ❖ Tipo, cantidad, ubicación y longitud equivalente ( $L_e$ ) de accesorios como codos, válvulas, filtros, etc.
- ❖ Presión inicial ( $p_i$ ).
- ❖ Presión final ( $p_f$ ).
- ❖ Flujo de aire libre o normal ( $Q_n$ )



**Figura 3.14. Pérdidas de presión.**

- ❖  $L_t =$  Largo tramo recto + suma de largos equivalentes.

El largo equivalente es la longitud correspondiente en metros lineales, debido a la pérdida de presión generada por los accesorios presentes en las líneas, los cuales son determinados de la tabla 3.1, esta suma puede ser más importante que el largo de tramos rectos.

La pérdida de presión  $P = p_i - p_f$  se puede calcular mediante:

- Ecuaciones (método analítico).

- Métodos gráficos. En este caso se recurrirá al método analítico debido a su exactitud. Para efectos de cálculo de longitud equivalente de los accesorios se usa la siguiente tabla:












Longitud equivalente de tubería en metros											
Componentes	Diámetro interior de tubería en mm (d)										
	25	40	50	80	100	125	200	250	300	400	
Válvula de bola abierta 100% 	0.3 5	0.5 8	0.6 10	1.0 16	1.3 20	1.8 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100% 	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100% 	4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo 	7.5	12	15	24	30	38	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta 	2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d 	0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d 	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90° 	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea 	0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular 	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	16	18	24
Reductor 	0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.8

Figura 3.15. Longitudes equivalentes de accesorios.

Ecuación para el cálculo de pérdida de presión:

$$p_i^2 - p_f^2 = 76.35 * \frac{L_t * Q_n^{1.875}}{D^5} \quad (1)$$

$p_i$  = Presión inicial en bar absolutos. ,  $p_f$  = Presión final en bar absolutos.

$L_t$  = Largo total en m. ,  $Q_n$  = Caudal normal en  $m^3/h$ .

$D$  = Diámetro interior del tubo en mm.

### 3.5.1. Cálculo de pérdida de carga para línea principal en sistema actual.

Se considera el cálculo de pérdidas de carga desde el acumulador hasta el punto más lejano en el sistema.

Tramo A- B (Figura 3.11.)

$$Q_n = 460 \text{ Nm}^3/\text{h} \text{ (0,460 Nl/s)}$$

$$P_i = 8 \text{ bar (a).}$$

$$D = 88,9 \text{ mm.}$$

- Cantidad de codos: 3 codos 90° con una longitud equivalente de 6 m.
- Cantidad de Tee: 1 tee lineal con longitud equivalente de 2 m.
- Largo de tramo: 16,4 m.

Por lo que:

$$L_t = 16,4 + 18 + 2 = 36,4 \text{ (m)}$$

(Ver figura de longitudes equivalente de accesorios 3.15)

Por lo tanto:

$$8^2 - P_f^2 = 76,35 * \frac{36,4 * 460^{1,875}}{88,9^5} \quad \therefore \quad P_f = 7,99 \text{ bar (a) (6,99 bar (e))}$$

Perdida de presión en el tramo 1 es:

$$\Delta P_{\text{Tramo A-B}} = 8 - 7,99 = 0,01 \text{ bar}$$

Tramo B-C

Para la pérdida de presión del área pozos, se utiliza el dato de caudal obtenido del estudio de consumo elaborado por Atlas Copco (véase Anexo B).

$$Q_{n\text{ pozo}} = 127 \text{ Nm}^3/\text{h} (0,127 \text{ Nl/s}).$$

$$P_i = 7,99 \text{ bar abs.}$$

$$D = 48,6 \text{ mm}.$$

- Cantidad de codos: 6 codos 90° con una longitud equivalente de 3 m.
- Cantidad de Tee: 4 tees lineal con una longitud equivalente de 4 m.
- Cantidad válvulas de globo: 1 válvula con una longitud equivalente de 15 m.
- Largo de tramo: 45,1 m.

Por lo que:

$$L_t = 45,1 + 18 + 4 + 15 = 78,5 \text{ (m)}$$

Por lo tanto la presión final viene dada según ecuación (1):

$$7,99^2 - P_f^2 = 76,35 * \frac{78,5 * 127^{1,875}}{48,6^5} \quad \therefore \quad P_f = 7,97 \text{ bar (a)} (6,97 \text{ bar (e)})$$

Pérdida de presión para el tramo 2:

$$\Delta P_{\text{Tramo B-C}} = 7,98 - 7,97 = 0,01 \text{ bar (a)}$$

Tramo C-D

$$Q_{n\text{ pozo}} = 127 \text{ Nm}^3/\text{h} (0,127 \text{ Nl/s}).$$

$$P_i = 7,97 \text{ bar (a)}.$$

$$D = 50,8 \text{ mm (2")}.$$

- Cantidad de codos: 2 codos 90° con una longitud equivalente de 3 m.
- Cantidad de Tee: 3 tees lineal con una longitud equivalente de 3 m.
- Largo de tramo: 36,4 m.

Por lo que:

$$L_t = 36,4 + 6 + 3 = 45,4 \text{ (m)}$$

Por lo tanto la presión final viene dada según ecuación (1):

$$7,97^2 - P_f^2 = 76,35 * \frac{45,4 * 127^{1,875}}{48,6^5} \quad \therefore \quad P_f = 7,96 \text{ bar (a)} (6,85 \text{ bar (e)})$$

Pérdida de presión para el tramo 3:

$$\Delta P_{\text{Tramo C-D}} = 7,97 - 7,96 = 0,01 \text{ bar (a)}$$

Caída de presión total en la línea principal:

$$\Delta P_{\text{total}} = 8 - 7,96 = 0,04 \text{ bar (a)}$$

Se observa una caída de presión dentro de los parámetros normales de funcionamiento esperados en una red neumática de estas características, no obstante lo anterior, esto no garantiza un buen rendimiento del sistema.



## CAPITULO 4) SISTEMA PROPUESTO.

Para llevar a cabo el estudio de necesidades se toma como referencia técnica una medición del perfil de consumo de aire realizado en planta de conserva por ATLAS COPCO con fecha 04 de abril del año 2013, la cual entrega información referente a los suministros diarios durante el lapso de una semana productiva. Este informe se adjunta como anexo (*Véase anexo C*).

### Equipos Instalados.

**Tabla 4.1. Parámetros de funcionamiento de compresores.**

	Modelo	Caudal $m^3/s$ (FAD)	Presión MPa	Secador incorporado
Compresor 1	GA 45 +FF	0,134 (134 l/s)	0,8 (8 bar)	Si
Compresor 2	GA 45 +FF	0,134 (134 l/s)	0,8 (8 bar)	Si

Total caudal disponible ( $m^3/s$ )	0,268 (268 l/s)
-------------------------------------	-----------------

### Datos medidos.

**Tabla 4.2. Caudales de consumo**

	Compresor 1	Compresor 2	Total
Máxima demanda $m^3/s$	0,134 (134 l/s)	0,134 (134 l/s)	0,268 (268 l/s)
Demanda Promedio $m^3/s$	0,077 (77 l/s)	0,056 (56 l/s)	0,133 (133 l/s)

Los compresores estuvieron detenidos lo que afecta en la demanda promedio. Según los gráficos que se observan en el anexo B, la demanda promedio fluctúa alrededor de los  $0,2 m^3/s$  (FAD) (200 l/s).

Tomando en cuenta los datos presentes en la tabla (*véase Tabla 4.2.*) se puede concluir que el caudal suministrado por estos compresores son suficientes para la

demanda total del sistema, pues se tiene un caudal disponible de  $0,268 \text{ m}^3/\text{s}$  (268 l/s) y el promedio de consumo es de  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (200 l/s).

Los compresores en los días de operación normal, trabajan en su gran porcentaje a su máxima capacidad, esto puede producir bajas de presión y en caso de falla o mantención de uno de los compresores, la planta queda en una condición crítica sin poder cubrir la demanda de aire en el sistema de producción.

#### 4.1. Cálculo de máxima demanda.

El perfil de consumo mencionado al comienzo del capítulo fue realizado para la totalidad de la planta de conserva, como el estudio se enfoca sólo en el área de pozos, se hace necesario realizar un cálculo de máximo consumo para los actuadores de dicha área en condiciones normales, según el sistema internacional.

Solo funcionan simultáneamente como máximo seis (6) actuadores lineales (guillotinas) y ocho (8) actuadores rotatorios, cabe mencionar que los actuadores lineales presentes en las canaletas de distribución (véase *Figura 3.7.*) son accionados manualmente para depositar pesca según calibre en cada pozo, antes de ser trasladado a las respectivas líneas de producción, y no simultáneamente con el proceso.

Se considera, para efectos del cálculo de máxima demanda del sector pozos, un factor de seguridad de 25%, el cual alude al 10% de pérdidas por fuga y un 15% por concepto de sobrecarga, esto asegura el funcionamiento del sistema.

**Tabla 4.3. Consumos individuales.**

Actuador	Consumo ( $\text{Nm}^3/\text{s}$ )
Lineal (Guillotina)	$4,8 * 10^{-3}$
Lineal	$3,8 * 10^{-5}$
Rotativo (Mariposa)	$8,1 * 10^{-4}$

Por consiguiente se tiene:

$$(0,0048 * 6) + (0,00081 * 8) = 0,03528 \text{ Nm}^3/\text{s} \text{ (35,28 NL/s)}$$

Según esto y considerando el factor de seguridad antes mencionado el consumo de pozos es el siguiente:

$$0,03528 * 1,25 = 0,0441 \text{ Nm}^3/\text{s} \text{ (44,1 NL/s)}$$

Por lo tanto la máxima demanda en pozos es de  $0,0441 \text{ Nm}^3/\text{s}$  (44,1 NL/s).

## **4.2. Configuración y componentes de la red de aire nueva.**

### **4.2.1. Configuración de la red de aire nueva.**

La disposición de la red de aire comprimido que se ha seleccionado es cerrada (véase *Figura 4.1.*), ya que con ella se garantiza una presión constante alrededor del anillo y a su vez proporciona una distribución más uniforme del aire comprimido para los consumos intermitentes, además de la facilidad de las labores de mantenimiento de manera importante, ya que ciertas partes de la red pueden ser aisladas sin afectar la producción. Por otra parte se ha determinado incorporar una declinación de las líneas principales en un 3% para dirigir el condensado presente en las líneas hacia los puntos donde serán ubicadas las trampas de agua.

En conocimiento de la distribución de red de aire comprimido, se deben ubicar las tomas de aire para abastecer los gabinetes que administran las válvulas direccionales que producirán el trabajo de los actuadores, estas tomas se deben hacer desde arriba para evitar el paso de condensado (véase *Figura 4.1.*).

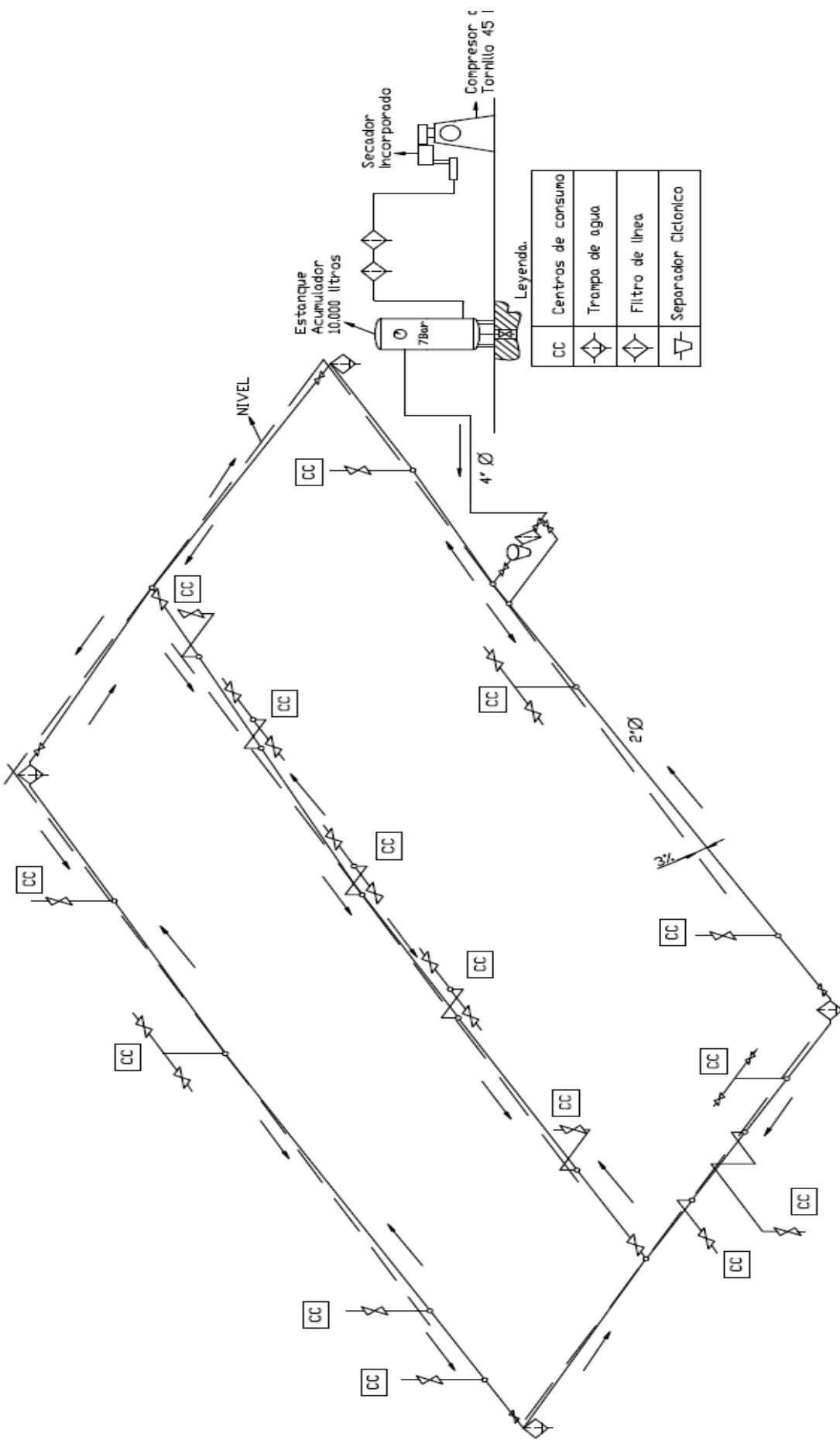


Figura 4.1. Nueva red de aire.

#### 4.2.2. Selección de componentes de la red de aire nueva.

Primero se definen los componentes y accesorios que se mantendrán de la red de aire actual:

- ❖ Compresores.
- ❖ Filtros de línea.
- ❖ Estanque acumulador.
- ❖ Válvulas direccionales.
- ❖ Tubing.
- ❖ Red de cañerías desde los compresores hasta el sector pozos.

#### 4.2.3. Selección de cañerías del anillo.

Para el cálculo del diámetro de las cañerías se recurrirá al método gráfico, nomograma (véase Figura 4.2.), considerando:

- ✓ Caída de presión 0,04 bar (condición ideal).
- ✓ Largo de cañería 85,1 m.
- ✓ Caudal  $158 \text{ Nm}^3/h$ .
- ✓ Presión 7 bar.

Según los datos mencionados anteriormente se ingresa con la longitud de cañería y el caudal normal cortando el eje 1, luego con la pérdida de presión y la presión del sistema se corta el eje 2. Por último se une el eje 1 con el eje 2 y se determina el diámetro nominal en mm, obteniendo como resultado:

$$\text{Diámetro nominal} = 47 \approx 50 \text{ mm (2")}$$

Por ello se seleccionarán cañerías de 50 mm (2") de hierro galvanizado.

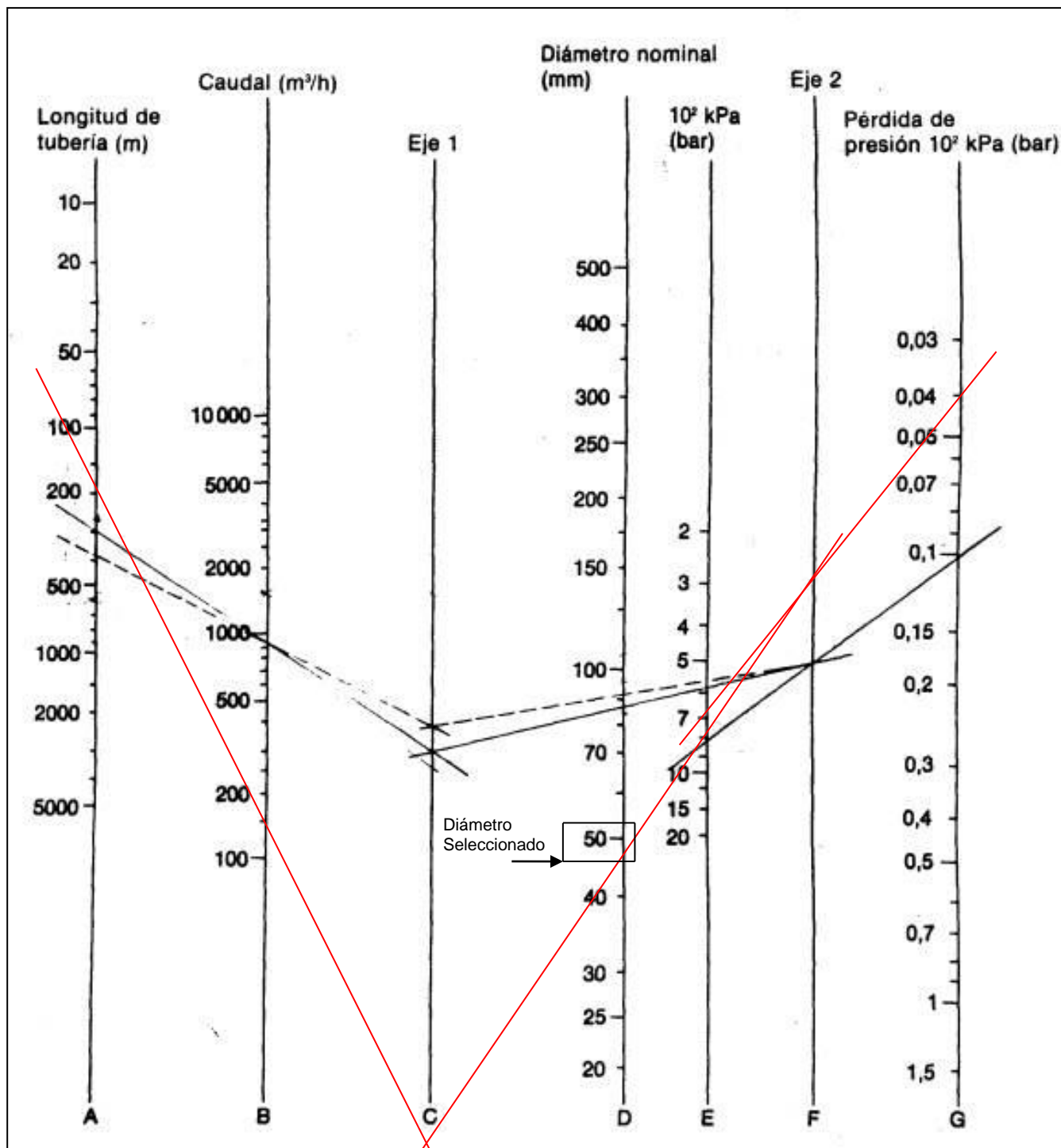


Figura 4.2. Nomograma.

#### **4.2.4. Selección de purgadores de condensado.**

El aire atmosférico es una mezcla de gases, principalmente de oxígeno y nitrógeno, y contiene contaminantes de tres tipos básicos: agua, aceite y polvo. Las partículas de polvo, en general abrasivas, y el aceite quemado en el ambiente de lubricación del compresor, son responsables de manchas en los productos. El agua es responsable de otra serie de inconvenientes.

La cantidad de agua absorbida por el aire está relacionada a su temperatura y volumen. La mayor cantidad de vapor de agua contenida en un volumen de aire sin ocurrir condensación dependerá de la temperatura de saturación o punto de rocío al que está sometido. Un cierto volumen de aire, está saturado con vapor de agua, esto es, su humedad relativa es 100%; comprimimos este volumen hasta el doble de la presión absoluta, y su volumen se reducirá a la mitad. Lógicamente, esto significará que su capacidad de retener vapor de agua también fue reducida a la mitad debido al aumento de presión y la reducción de su volumen. Entonces el exceso de vapor será precipitado como agua. Esto ocurre si la temperatura es mantenida constante durante la compresión, o sea, proceso isotérmico de compresión. La precipitación de agua ocurrirá cuando el aire sufra un enfriamiento, ya sea en el enfriador o en la línea de distribución. Esto explica porque en el aire comprimido existe siempre aire saturado con vapor de agua en suspensión, que se precipita a lo largo de las tuberías en la proporción en que se enfría.

Cuando el aire es enfriado a presión constante, la temperatura disminuye, entonces la presión de vapor será igual a la presión de saturación en el punto de rocío. Cualquier enfriamiento adicional provocará condensación de la humedad. Se denomina Punto de Rocío o estado termodinámico correspondiente al inicio de la condensación del vapor de agua, cuando el aire húmedo es enfriado y la presión parcial de vapor es constante. La presencia de esta agua condensada en las líneas de aire, causada por la disminución de temperatura, traerá como consecuencias:

- ❖ Oxidar las tuberías y componentes neumáticos.
- ❖ Destruir la película lubricante existente entre las dos superficies que están en contacto, causando desgaste prematuro y reduciendo la vida útil de las piezas, válvulas, cilindros, etc.
- ❖ Perjudicar la producción.
- ❖ Arrastrar partículas sólidas que perjudicarán el funcionamiento de los componentes neumáticos.
- ❖ Aumentar el índice de mantenimiento.
- ❖ Provocar golpes de ariete en las superficies adyacentes, etc.

Por lo tanto, es de mayor importancia que gran parte del agua, así como los residuos de aceite, sean removidos del aire para evitar la reducción en la vida útil de todos los dispositivos y máquinas neumáticas.

Para abordar esta problemática se ha convenido la implementación de un sistema de purgación de agua capaz de drenar la cantidad de agua existente en las líneas de distribución.

Cálculo de condensado del sistema:

Para determinar el cálculo del condensado, del estado inicial, se recurre al uso de la carta sicrométrica (véase *Figura 4.4.*), permitiendo calcular la humedad específica del aire a presión atmosférica normal.

$$T_{bulbo\ seco} = 20\text{ °C}$$

$$P = 1\text{ bar (101.3 kPa)}$$

$$\text{Humedad relativa zona costera Coronel} = 66\%$$

$$Q_{aire\ seco} = 0,127\text{ Nm}^3/\text{s}$$

$$\rho_{aire} = 10\text{ kg/m}^3\text{ (véase Figura 4.5.)}$$



Según tabla sicrométrica, el contenido de agua es:

$$\omega_1 = 9,6 \frac{gr}{Kg_{aire\ seco}}$$

Datos nave pozos:

$$T_{bulbo\ seco} = 9\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P = 8\text{ bar (a)} (801.3\text{ kPa})$$

$$Q_{aire\ seco} = 0,1276\text{ m}^3/s$$

$$\rho_{aire} = 10\text{ kg/m}^3 \text{ (véase Figura 4.5.)}$$

El aire en la descarga aumenta su presión, debido a esto, no se puede hacer uso de la misma tabla sicrométrica, ya que está diseñada para aplicaciones que se llevan a cabo a presión atmosférica normal. Para resolver esto se recurre al Software EES que hace posible, mediante la creación de un programa que representa el proceso sicrométrico, generar una tabla a la presión de descarga del compresor (8 Bar) y con esto obtener los datos requeridos para la determinación el caudal de agua que condensa en las líneas de distribución de aire comprimido.

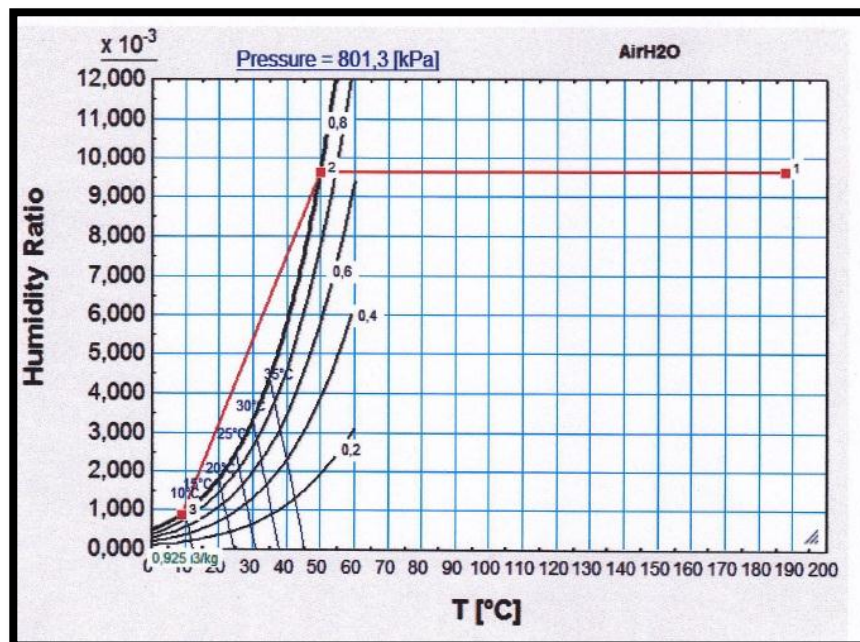


Figura 4.3. Tabla sicrométrica para presión de descarga.

La siguiente tabla muestra los resultados entregados por el programa EES (véase Anexo E)

	P <sub>i</sub>	T <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	Hr <sub>i</sub>	TR <sub>i</sub>
1	801,3	187,6	0,009624	0,01026	49,77
2	801,3	49,77	0,009624	1	49,77
3	801,3	9	0,0008916	1	8,985

Figura 4.4. Tabla de resultados entregados por Software EES.

Nota: El punto dos (2) fue generado para que el programa siguiera la línea de des-humectación del aire, ya que en caso contrario, la línea roja del gráfico uniría el punto uno (1) y el punto tres (3), lo cual no sería una interpretación correcta del proceso sicrométrico.

Por lo tanto, tenemos como resultado, que la humedad específica del aire en las líneas de distribución de la nave pozo es:

$$\omega_2 = 0,89 \frac{g}{kg_{aire\ seco}}$$

Luego, se hace el delta de las humedades específicas, obteniendo el total del condensado producido, en gramos por kilo de aire seco, así:

$$\omega_1 - \omega_2 = 9,6 - 0,89 = 8,71 \frac{g}{kg_{aire\ seco}}$$

Ahora, para obtener el caudal de agua condensada, en litros por hora, se realiza el siguiente análisis:

$$\dot{M} = \rho * \dot{V}$$

Dónde:

- $\dot{M}$  = Flujo másico
- $\rho$  = Densidad.
- $\dot{V}$  = Flujo volumétrico.

Así:

$$\rightarrow \dot{M} = 10 * 0,1276$$

$$\rightarrow \dot{M} = 1,276 \frac{\text{Kg aire seco}}{\text{s}}$$

Por lo tanto, el caudal ( $Q$ ) de agua viene dado por:

$$Q_{\text{agua condensada}} = 8,71 * 1,276$$

$$Q_{\text{agua condensada}} = 11.11 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

En conclusión, se debe instalar un sistema capaz de drenar  $40 \frac{\text{L de agua}}{\text{h}}$ . Dato generado para cuantificar la cantidad de condensado existente en el sistema neumático, y no como parámetro de selección de trampas de agua.

Para la elección de las trampas de agua, se recurre al catálogo de la empresa KAESER (véase Anexo D), el cual sugiere realizar selección según caudal normal máximo utilizado en área de pozos.

Los drenajes seleccionados son, modelo ECO DRAIN 31 (véase Figura 4.3.).



4.3 Eco drain 31.

Se seleccionan cuatro (4) trampas de agua, que satisfacen el diseño de la red neumática, por concepto de pendientes (véase Figura 4.1.).

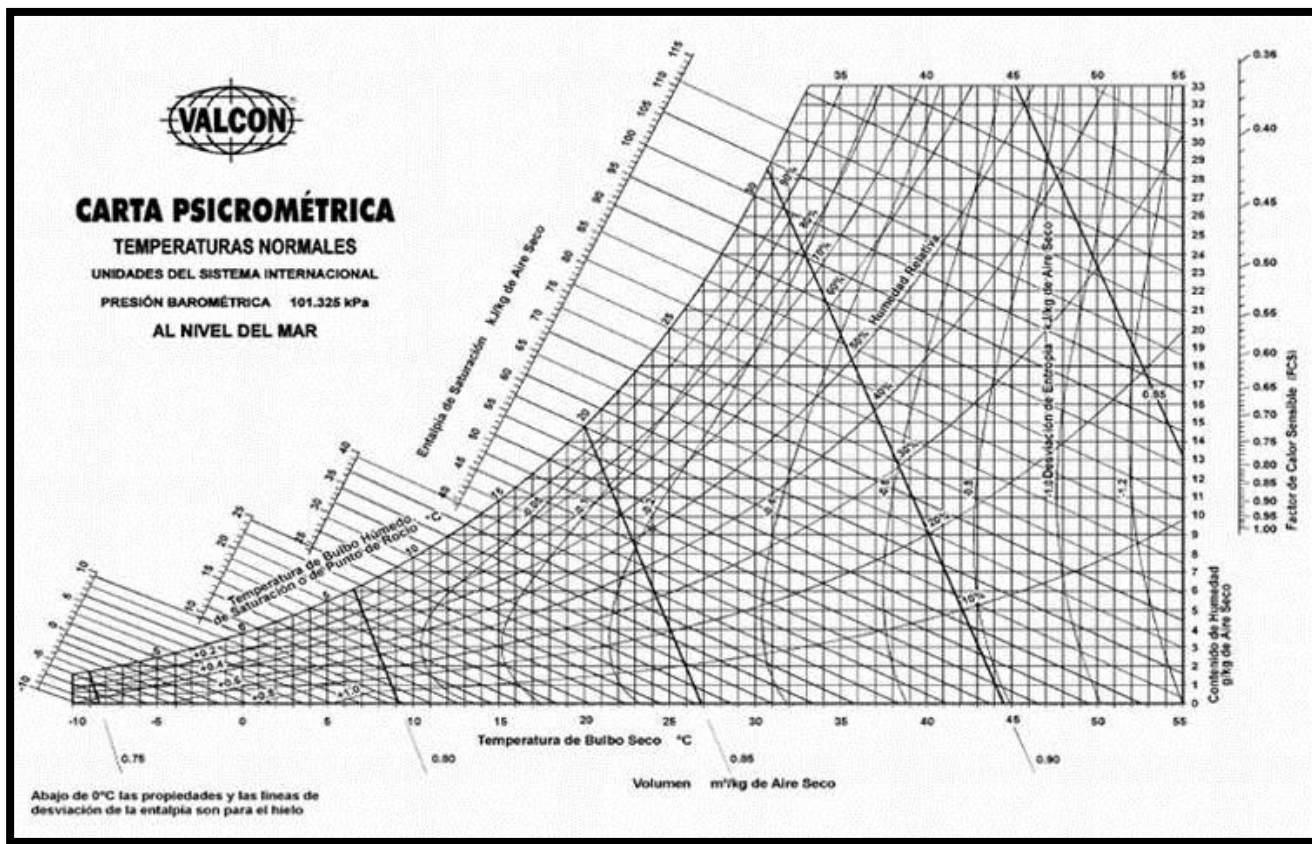


Figura 4.4. Carta sicrométrica.

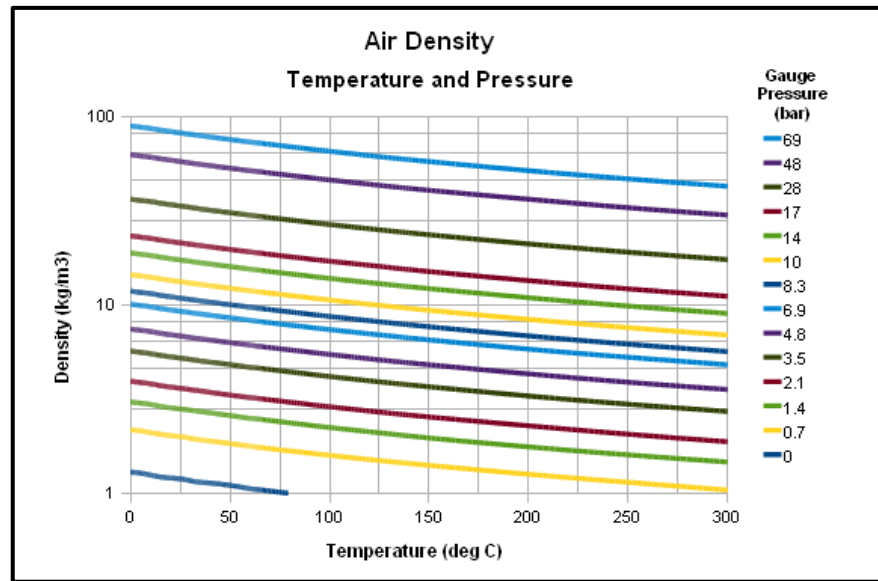


Figura 4.5. Densidad de aire según temperatura y presión.

#### 4.2.5. Selección de filtro de línea y separador centrífugo de condensado.

El aire comprimido limpio, garantiza el buen funcionamiento de máquinas y controles neumáticos, así como una larga vida útil de las herramientas neumáticas. Además, evita que se ensucien tanto las conducciones como las válvulas. De esta manera, el aire comprimido limpio ayuda a disminuir los costos de mantenimiento y reparación del sistema.

- *Separador ciclónico:*

Accesorio que permite separar el condensado mediante el efecto ciclón, resultante de la fuerza centrífuga que separa el condensado debido a su gravedad específica, la cual es mayor, este proceso tiene una eficiencia del 80% y permite obtener un aire más seco en el área de trabajo. Según catálogo (véase *Anexo D*), se selecciona utilizando el caudal de trabajo del área (FAD), por lo tanto se elige un separador centrífugo modelo ZK 03.

- *Selección de filtro:*

La selección del filtro de línea, se lleva a cabo según niveles de filtración dependiendo del tipo de demanda. Para este sistema de aire comprimido no necesitan altos niveles de filtración explicitado en los catálogos de la empresa KAESER compresores (véase Anexo D).

Según el catálogo, recomienda el uso de una unidad filtrante de acuerdo a las condiciones, gran cantidad de condensado ( $10,32 \text{ g/m}^3$ ), a las cuales se expone el sistema neumático. De acuerdo a ello, las características del filtro son las siguientes:

- ✓ *Carga máxima de humedad a la entrada:  $25 \text{ g/m}^3$ .*
- ✓ *Tamaño de partículas filtrables:  $3 \mu\text{m}$ .*

Por lo tanto, según este criterio, se selecciona un Pro filtro FB  $3 \mu\text{m}$ .

**4.2.6. Otros componentes.**

**Tabla 4.2. Otros componentes.**

Accesorios	Marca	Consumo $Nm^3/s$	Cantidad	Modelo	Observaciones
Válvula de Globo	Genebre	-	33	-	Ø 4"-3"-2"-1/2"
Válvula direccional	Pneumax	-	142	104.32.6.2 7. LC.	5/2
Válvula drenaje	Burkert KAESER	-	6	-	-
Actuador lineal (guillotina)	-	0.0048	57	-	Doble efecto
Actuador lineal (distribuidores)	Festo	0.000038	36	-	Doble efecto
Actuador Rotatorio	Festo	0.00081	85	557544 DFPB-80- 090-F05	-
Filtro de línea	Atlas-Copco KAESER	-	3	-	-
Codos	-	-	13	Acero galvanizad o	Ø 2"-3"-4"
Tee	-	-	21	Acero galvanizad o	Ø 2"-3"-4"
Separador centrifugo	KAESER	-	1	ZK 02	-

## **CAPITULO 5). ANALISIS DE COSTOS.**

### **5.1. Criterios económicos.**

La evaluación del proyecto, se determina con el análisis de costos de la alternativa de realizar un rediseño del sistema actual.

Para ello, se hará uso del criterio del Valor Actual Neto (VAN), enfocándose en el flujo neto de caja, considerando la inversión del rediseño. Esto permite tomar la mejor decisión y demostrar si el proyecto presentado tiene viabilidad económica. A lo anterior, se enlaza el cálculo de los criterios Tasa Interna de Retorno (TIR) y Plazo de Recuperación (Payback).

#### **5.1.1. VAN.**

El valor actual neto de una inversión (VAN), se entiende como la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido del valor de la inversión inicial. Si un proyecto de inversión tiene VAN positivo, el proyecto es viable.

#### **5.1.2. TIR.**

Se denomina tasa interna de retorno (TIR), a la tasa de descuento que hace que el valor actual neto de una inversión sea igual a cero. Este método considera que una inversión es aconsejable si el TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor.

#### **5.1.3. Payback.**

El plazo de recuperación (Payback) es un criterio estático de valoración de inversiones el cual permite determinar cuánto tiempo tarda el proyecto en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja. Resulta muy útil cuando se quiere realizar una inversión de elevada incertidumbre y de esta forma tenemos una idea del tiempo que tendrá que pasar para recuperar el dinero que se ha invertido.



## 5.2. Ahorro.

### 5.2.1. Ahorro energético.

Para abordar el ahorro energético generado con la nueva instalación de aire comprimido, se utilizan los datos del perfil de consumo otorgados por Atlas Copco (véase Anexo C), en el cual se hace el estudio de los consumos pick diarios generados por los compresores.

El proceso de compresión de aire es politrópico, sistema abierto, es por ello que para determinar el consumo de energía, se basa en la potencia mecánica requerida por el gas para ser comprimido, según la siguiente ecuación:

$$W_{gas} = \frac{n * p_1 * V_1}{n - 1} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

Dónde:

$n$  = Exponente politrópico.

$p_1$  = Presión atmosférica en Pa.

$p_2$  = Presión de salida Pa.

$V_1$  = Flujo volumétrico absorbido en  $m^3/s$ .

Para respaldar el exponente politrópico ( $n$ ) se realiza el cálculo del consumo de energía, utilizando los datos del compresor entregados por el fabricante (véase Figura 3.1.1.), obteniendo como resultado los 45 kW (consumo de energía del compresor), lo que indica que el valor del exponente es correcto.

$$W_{gas} = \frac{1,32 * 0,1 * 10^6 * 0,134}{1,32 - 1} \left[ \left( \frac{901,3}{101,3} \right)^{\frac{1,32-1}{1,32}} - 1 \right]$$

$$W_{gas} = 38.622,14 W \quad \therefore \quad W_{gas} = 38,6 kW.$$

Ahora, se determina la potencia necesaria en el eje ( $W_{eje}$ ) :

$$W_{eje} = \frac{W_{gas}}{\eta_{mec}}$$

$\eta_{mec}$  = Rendimiento mecánico del compresor (se determina 85% por efectos del conjunto reductor presente en el equipo).

$$W_{eje} = \frac{38,6}{0,85} \quad \therefore \quad W_{eje} = 45,41 \text{ kW}$$

Por consiguiente, se procede al cálculo de consumo de energía en el área de pozos, de acuerdo a la máxima demanda (véase *Capítulo 4.1.*)

$$35,28 \text{ Nl/s} \rightarrow 0,03528 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

En sistemas de aire comprimido mal instalados se estima que la pérdida de aire ocasionada por fugas es del 50 al 70 %, debido a ello para el área de pozos, las fugas se consideran de un 70%, por lo que el consumo será:

$$0,03528 * 1,7 = 0,0599 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$W_{gas} = \frac{1,32 * 0,1 * 10^6 * 0,0599}{1,32 - 1} \left[ \left( \frac{801,3}{101,3} \right)^{\frac{1,32-1}{1,32}} - 1 \right]$$

$$W_{gas} = 16.084,9 \text{ W} \quad \therefore \quad W_{gas} = 16 \text{ kW}.$$

$$W_{eje} = \frac{16}{0,85} \quad \therefore \quad W_{eje} = 18,9 \text{ kW}$$

La cantidad de horas trabajadas se obtienen de un promedio de los siete (7) días de trabajo de acuerdo al estudio de Atlas Copco (véase Anexo C), considerando 18 horas diarias promedio.

Para comprimir  $0,0599 \text{ m}^3/\text{s}$  de aire, se requiere en el eje una potencia eléctrica de  $18,9 \text{ kW}$  ( $W_{eje}$ ), con ello se determina la energía específica del proceso de compresión:

$$C_{esp} = \frac{18,9}{0,0599}$$

$$\therefore C_{esp} = 315,52 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}}$$

Considerando la potencia en el eje ( $W_{eje}$ ), de acuerdo al promedio de horas al día y con el valor del kWh, cincuenta y siete (57) pesos, el costo de energía eléctrica es el siguiente:

$$18,9 * 18 = 340,2 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$340,2 * 57 = 19.391 \frac{\$}{\text{día}}$$

Al año, la producción máxima de la empresa son 5 meses, por lo que el costo es:

$$19.391 \frac{\$}{\text{día}} * 7 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 4 \frac{\text{semana}}{\text{mes}} * 5 \frac{\text{mes}}{\text{año}}$$

$\therefore$  el costo al año es de \$ 2.714.796

Para el sistema propuesto (véase *Capítulo 4.1.*), el caudal de aire es de  $0,0441 \text{ Nm}^3/\text{s}$ , entonces:

$$W_{gas} = \frac{1,32 * 0,1 * 10^6 * 0,0441}{1,32 - 1} \left[ \left( \frac{801,3}{101,3} \right)^{\frac{1,32-1}{1,32}} - 1 \right]$$

$$W_{gas} = 11.842,15 \text{ W} \quad \therefore \quad W_{gas} = 11,84 \text{ kW}.$$

$$W_{eje} = \frac{11,84}{0,85} \quad \therefore \quad W_{eje} = 13,9 \text{ kW}$$

Las horas de trabajo se mantienen constantes para el nuevo sistema propuesto:

$$13,9 * 18 * 57 * 7 * 4 * 5 = 1.996.596 \frac{\$}{\text{año}}$$

Se concluye de lo anterior, que el ahorro por concepto de energía al año es de \$ 718.200.

### 5.2.2. Ahorro por tiempos muertos de producción.

Producto de las fallas presentes en el sistema (véase *Capítulo 3.1.*), se determina que el tiempo de detención de la producción, trabajando a capacidad promedio, es de noventa (90) minutos al día, por apertura y cierre manual de los actuadores de guillotina. La producción promedio es de catorce mil 14.000 cajas al día, por lo que los noventa (90) minutos de detención de la producción, representan ochocientos setenta y cinco (875) cajas no procesadas.

Cada caja contiene veinticuatro (24) tarros, con un margen de ganancia por cada tarro de trecientos cincuenta (350) pesos, resultando una pérdida por producción de \$7.350.000.

### 5.2.3. Ahorro por horas hombres.

Como consecuencia de las fallas presentes en el sistema neumático y el mal funcionamiento de la activación de los cilindros, se hace necesario recurrir a parte del personal para realizar apoyo para la apertura y cierre de los actuadores de guillotina, en forma manual. Por ello, se realiza un estimativo del tiempo utilizado de sus laborales diarias, resultando un ahorro de acuerdo a los datos de tiempo utilizados, entregados en el ítem anterior (véase *Capítulo 5.2.2.9*).

- ❖ Sueldo: \$250.000.
- ❖ Horas trabajadas al día: 7 horas (240 minutos).
- ❖ Tiempos muertos: 0,5 horas (30 minutos).

Según estos datos, el porcentaje de horas dedicadas a realizar labores fuera de su cargo es de 7,5%, representando una pérdida de \$1.875.000 por año.

### 5.3. Resultados del estudio económico.

En este capítulo se muestran en detalle los flujos de caja, obtenidos durante 10 años de estudio, comenzando con una inversión inicial, detallada a continuación:

**Tabla 5.1. Inversiones.**

Inversiones					
	Monto	Vida útil	Valor Residual	Cuota Depreciación	Valor Libro al Año 10
Mano de obra	1.900.000	10	0%	190.000	0
Cañerías	1.500.000	10	0%	150.000	0
Elementos	28.140.000	10	0%	2.814.000	0
Total	31.540.000			2.964.000	0



**Tabla 5.3. Criterios económicos.**

Tasa de Descuento	10%
VAN	20.040.718
TIR	24,1%
Payback	4

En conclusión, se determina que el proyecto es viable obteniendo un VAN de 20.040.718, recuperando la totalidad de la inversión en el cuarto año.

## CAPITULO 6) MANTENCION Y PUESTA EN MARCHA.

Para obtener el mayor rendimiento del sistema se debe evitar la existencia de fugas y asegurar que todos los accesorios funcionen correctamente, en el caso contrario, esto produce caídas de presión elevadas que trataran de ser compensadas con el aumento de trabajo del compresor, provocando con esto que suba el costo de la producción de aire comprimido.

### 6.1. Mantención.

La cantidad de aire, calidad y presiones adecuadas son factores determinantes para el buen rendimiento de la red neumática, por lo tanto, es necesario llevar a cabo una inspección con intervalos de tiempo adecuados.

A continuación se entrega una serie de pasos para mantener un buen rendimiento sin mayores inconvenientes.

- ❖ *Medir la presión en el punto de consumo más alejado del compresor y anotar su resultado. Si esta presión desciende cada vez que se efectúa la medición se deberá buscar la causa del hecho y tomar medidas necesarias.*
- ❖ *Purgar diariamente los filtros, verificar que la purga automática funciona correctamente.*
- ❖ *Inspeccionar filtros con frecuencia de manera que estos no provoquen caídas de presión demasiado grandes.*
- ❖ *Mantener el nivel adecuado de aceite en los lubricadores.*
- ❖ *Verificar el secador de aire comprimido, válvulas, uniones, mangueras y corregir de inmediato cualquier defecto que se encuentre.*
- ❖ *Actualizar planos de la red de aire después de que esta haya sido modificada en cualquier punto.*



Siguiendo este set de indicaciones y recomendaciones se puede asegurar un buen funcionamiento de la red neumática a lo largo de la vida útil de nuestro sistema.

## **6.2. Puesta en marcha.**

En primer lugar para la puesta en marcha, del sistema neumático, es necesario verificar si este soportará la presión de trabajo; si los puntos de uniones soldadas, codos y accesorios están instalados de manera correcta. Para evaluar el correcto funcionamiento, se debe llevar a cabo una presurización de la red neumática completa del área que ha sido intervenida, con 1,3 veces la presión de trabajo de la red, para este caso, si se trabaja con 6 bar en los puntos de consumo, la presión de prueba debe ser de 7,8 bar.

Con la línea principal presurizada se debe realizar una inspección visual de toda la red detectando posibles fugas a lo largo del circuito. Si se considera la recomendación de instalar un manómetro, verificar si cae la presión, con las válvulas cerradas.

Si luego de realizar esta prueba se verifica que todo está en orden, es el momento para poner en funcionamiento el sistema.

## CAPITULO 7) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1. Conclusiones.

El proyecto realizado permite identificar y resaltar los puntos que hay que cubrir y considerar para llevar a cabo una implementación exitosa de un sistema neumático industrial.

En primer lugar, se realiza un levantamiento del sistema neumático con el fin de tener claro la disposición física e instrumental, de manera de dejar en claro las necesidades de distribución y consumos.

Realizado el levantamiento, se determinan los consumos de cada componente y el cálculo del consumo máximo existente en el área de pozos, resultando un total de  $0,0441 \text{ Nm}^3/\text{s}$  ( $44,1 \text{ Nl/s}$ ), considerando un factor de seguridad del 25%, el cual alude al 10% de pérdidas por fuga y un 15% por concepto de sobrecarga, asegurando el funcionamiento del sistema. Con el cálculo de pérdidas de carga se observa una caída de presión dentro de los parámetros normales de funcionamiento esperados en la red neumática, no obstante, esto no garantiza un buen rendimiento del sistema.

Luego del análisis de los puntos críticos, se determina que la causa principal de los problemas del sistema neumático recae en la mala calidad del aire circulante por las líneas de distribución (mayormente condensado), y la gran cantidad de fugas. Para ello se determina el rediseño de toda el área de pozos manteniendo compresores, estanque acumulador y las líneas de distribución hasta la nave de almacenamiento. La nueva instalación es del tipo anillo, con cañerías de acero galvanizado; material que otorga mayor durabilidad bajo condiciones de humedad excesiva. Con el nuevo diseño, materiales y una buena supervisión de montaje, se logra disminuir las fugas alrededor de un 60%, ya que se hace imposible eliminarlas por completo.

De acuerdo a lo anterior, se diseña el nuevo sistema considerando el cerrado como la mejor alternativa, garantizando una presión constante alrededor del anillo, proporcionando una distribución más uniforme del aire comprimido para los consumos intermitentes, y aportando facilidad en las labores de mantenimiento, ya que ciertas partes de la red pueden ser aisladas sin afectar la producción.

Por otra parte, se decide implementar una distribución con desniveles capaces de dirigir el condensado precipitado en las cañerías hacia los puntos más bajos, ubicando trampas de agua, drenando de esta manera los  $40 \frac{L \text{ de agua}}{h}$ . Además, se instala en la entrada del área de pozos un separador ciclónico de condensado, disminuyendo un  $69,68 \text{ g/m}^3$  del total de humedad contenida en el aire ( $87,1 \text{ g/m}^3$ ), aumentando la vida útil del filtro posterior.

Por último, se respalda la inversión con un estudio económico, planteando la posibilidad de rediseñar parte del sistema actual. Con la implementación del nuevo sistema se genera un ahorro anual de \$9.493.200 por conceptos de consumo energético, costo de producción y tiempos muertos del personal de planta. Se opta por el VAN, TIR y Payback, como métodos que definen la alternativa de llevar a cabo el proyecto, obteniendo un VAN de 20.040.718 y un Payback de 4 años.

## **7.2. Recomendaciones.**

1. Se hace imprescindible seguir de forma correcta y precisa los procedimientos de mantención y puesta en marcha del sistema, para asegurar el buen funcionamiento del conjunto. Con ello se garantiza una vida útil más prolongada sin mayores complicaciones durante los procesos.
2. Personal encargado de llevar a cabo los pasos de mantención y procurar un correcto funcionamiento de la red de aire comprimido e informar cualquier irregularidad que se presente, ya sean fugas, averías, filtraciones, etc.
3. Considerar el traslado de los compresores o disminuir la temperatura en la sala de compresores mediante ventiladores o extractores de aire para mejorar sus condiciones de funcionamiento, esto debido a las alzas de temperaturas que se generan por el reducido espacio en el cual se encuentran instalados.

## **CAPITULO 8) BIBLIOGRAFIA.**

AGUAYO BADILLA, Max. Manuel de Mantención. Concepción, Chile.  
Universidad del Bío-Bío, 2004, 100 p.

GATICA SÁNCHEZ, Jorge A. CORNEJO FÉLIX, Hernando A. PITA VIVES,  
Vicente A. Neumática Aplicada. Concepción, Chile. Universidad del Bío-Bío,  
1991, 97 p.

En línea:

RESOURCES, Tools and Basic Information for Engineering and Design of  
Technical Applications

<<http://www.engineeringtoolbox.com> >

[Consulta: 20 de octubre 2013]

Redes de aire comprimido

<[www.monografias.com](http://www.monografias.com)>

[Consulta: 28 de julio 2013]

Diseño de sistemas de aire comprimido

<[www.ingemecanica.com](http://www.ingemecanica.com)>

[Consulta: 15 de agosto 2013]

**CAPITULO 9) ANEXOS.**

# **ANEXO A**

**Certificaciones**



Certificado CL.10/2010099

El sistema de gestión de

# CAMANCHACA PESCA SUR S.A.

Avda. General Carlos Prats N° 80,  
Coronel, Chile

ha sido evaluado y certificado en cuanto al cumplimiento de los requisitos de

## ISO 9001:2008

Exclusiones: 7.3

Para las siguientes actividades

**Elaboración de Aceite y Conservas de Pescado para Consumo Humano y Harina de Pescado.**

Cualquier aclaración adicional relativa tanto al alcance de este certificado como a la aplicabilidad de los requisitos de la norma ISO 9001:2008 puede obtenerse consultando a la organización

Este certificado es válido desde  
01 de Septiembre de 2011 hasta 11 de Octubre de 2013  
y permanece válido sujeto a las auditorías de seguimiento satisfactorias.  
Auditoría de Recertificación antes del 27 de Agosto de 2013  
Edición 2. Certificado desde 12 de Octubre de 2010



Reg. No SC 002  
Registro Nacional Nro. 5813

Autorizado por  
  
Victor Rodriguez Jofre  
Certification Manager

SGS Chile Ltda, Systems & Services Certification  
Ignacio Valdivieso 2409, P.O.7041409 San Joaquín, Santiago, Chile  
t 56 (0)2 8989500 f 56(0)2 8989633 www.sgs.com

Página 1 de 1





# Camanchaca Pesca Sur S.A.

Unit Name - Coronel

Camanchaca Pesca Sur S.A, Av. General Carlos Prats No.80, Lo Rojas, Coronel, VIII Region, Chile

Has been evaluated by Global Trust Certification Ltd, in accordance with the requirements of ISO/Guide 65, and the process was found to meet the requirements of

## **IFFO** GLOBAL STANDARD FOR RESPONSIBLE SUPPLY ISSUE 1.1

Fishery Scope: Chilean Anchovy and Chilean Sardine (Sub-areas V-X)  
Registration No: IFFO 126B  
Date of Certification: 27<sup>th</sup> October 2011  
Certificate Expiry Date: 27<sup>th</sup> October 2013

*Signed on behalf of Global Trust Certification Ltd:*

Mr Peter Marshall  
Global Trust CEO





# **ANEXO B**

**Planos AutoCAD sistema actual y propuesto.**

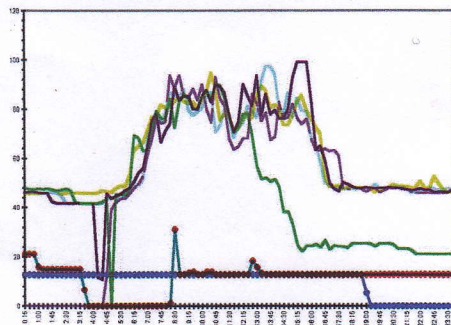
# **ANEXO C**

**Informe Atlas Copco**



**METODO DE INVESTIGACION**

Para medir el consumo de aire en la planta se instalaron en los compresores un dispositivo que mide la energía que estos consumen, almacenado esta información en una memoria la cual mediante un software especialmente diseñado es analizada y expresada en caudal de aire l/s



La caja de medición utilizada, Mbox-Lite de Atlas Copco, fue el instrumento con el cual se pudo generar un perfil de consumo de aire comprimido en su instalación. Esta medición fue realizada desde el día 22/ 3/2013,10: 7 Friday a 29/ 3/2013,10: 7 Friday.

**Atlas Copco Chilena S.A.C.**

Parque Industrial Ejercito calle 3 N° 1954  
 Concepción- Chile  
 www.atlascopco.cl

Una Compañía del Grupo Atlas Copco

Fono dir.: (041) 22245500 Anexo 507  
 Cel: 62288454  
 E-mail: [francisco.aravena@cl.atlascopco.com](mailto:francisco.aravena@cl.atlascopco.com)



Atlas Copco

04-04-2013

Atención Señores  
Pesquera Camanchaca

**Asunto: Medición Perfil del consumo de aire planta conserva**

Estimado señor: Roberto Carrillo

Gracias por la oportunidad dada a Atlas Copco de poder hacer un estudio a su instalación actual de aire comprimido.

Incluidos en este informe encontrará detalles de los perfiles de carga para su sistema existente así como para su sistema con propuestas de mejora en el suministro de aire comprimido para su planta.

Me contactaré con usted en los próximos días para discutir los contenidos en detalle. Mientras le rogamos en caso de tener dudas, se comunique con nosotros y así podamos llegar a su solución óptima.

Le agradecemos nuevamente por la oportunidad otorgada, de poder ofrecerle métodos y medios para optimizar su consumo energético en la sala de compresores

Atentamente,

Francisco Aravena P.  
Key Account Compressor Technique  
Compressor Technique Service  
**Cel: 62288454**

**Atlas Copco Chilena S.A.C.**

Parque Industrial Ejercito calle 3 N° 1954  
Concepción- Chile  
[www.atlascopco.cl](http://www.atlascopco.cl)

Una Compañía del Grupo Atlas Copco

Fono dir.: (041) 22245500 Anexo 507  
Cel: 62288454  
E-mail: [francisco.aravena@cl.atlascopco.com](mailto:francisco.aravena@cl.atlascopco.com)

**Comprometidos con una productividad sustentable**





**Instalación existente.**

Su actual sala de compresores se constituye de lo siguiente equipos:

1. Atlas Copco, GA 45 + FF Elek.
2. Atlas Copco, GA 45 + FF Elek.
3. -, - - - -
4. -, - - - -
5. -, - - - -
6. -, - - - -
7. -, - - - -
8. -, - - - -

Datos del sistema actual, Tabla 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	Total Sistema
<b>Información de compresores</b>									
FAD (l/s)	134	134	---	---	---	---	---	---	
Min FAD (l/s)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Unload Power (kW)	13	13	---	---	---	---	---	---	
Load Power (kW)	45	45	---	---	---	---	---	---	
Min Load Power (kW)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Unload Pressure (Bar)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Load Pressure (Bar)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Min Load Pressure (Bar)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Pressure Setpoint (Bar)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Indirect Stop Level (Bar)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Direct Stop Level (Bar)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Idling Time (min)	---	---	---	---	---	---	---	---	
Prog.Stop Time (s)	---	---	---	---	---	---	---	---	
# Starts	---	---	---	---	---	---	---	---	

Datos calculados para el sistema instalado, tabla 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	Total Sistema
<b>Datos calculados</b>									
Loaded Time (h)	111,3	79	---	---	---	---	---	---	
Unloaded Time (h)	13,2	54,8	---	---	---	---	---	---	
Stopped Time (h)	43,5	34,2	---	---	---	---	---	---	
Load/Unload Cycles-VSD Stops	7818	4620	---	---	---	---	---	---	
Energy Loaded (kWh)	5010	3553	---	---	---	---	---	---	8563
Energy Unloaded (kWh)	361	1038	---	---	---	---	---	---	1399
Total Energy Cons. (kWh)	5371	4591	---	---	---	---	---	---	9962
Costo Eléctrico (\$)	3222	2754	---	---	---	---	---	---	59772
	42	84							6

**Atlas Copco Chilena S.A.C.**

Parque Industrial Ejercito calle 3 N° 1954  
 Concepción- Chile  
 www.atlascopco.cl

Una Compañía del Grupo Atlas Copco

Fono dir.: (041) 22245500 Anexo 507  
 Cel: 62288454  
 E-mail: [francisco.aravena@cl.atlascopco.com](mailto:francisco.aravena@cl.atlascopco.com)

**Comprometidos con una productividad sustentable**





Demanda medida para instalación actual, tabla 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	Total Sistema
<b>Demanda medida (l/s)</b>									
Semanal - min demanda	0,0	0,0	---3	---4	---5	---6	---7	---8	0,0
Semanal - max demanda	134,0	134,0	---3	---4	---5	---6	---7	---8	268,0
Semanal - Prom demanda	77,5	55,4	---	---	---	---	---	---	132,7
Lunes - min demanda	0,0	0,0	---	---	---	---	---	---	0,0
Lunes - max demanda	134,0	128,1	---	---	---	---	---	---	262,1
Lunes - Prom demanda	95,7	39,3	---	---	---	---	---	---	134,8
Martes - min demanda	0,6	0,0	---	---	---	---	---	---	0,0
Martes - max demanda	133,9	124,1	---	---	---	---	---	---	258,1
Martes - Prom demanda	10,1	7,6	---	---	---	---	---	---	17,2
Miércoles - min demanda	0,8	2,5	---	---	---	---	---	---	2,2
Miércoles - max demanda	134,0	133,5	---	---	---	---	---	---	267,7
Miércoles - Prom demanda	117,8	87,4	---	---	---	---	---	---	205,2
Jueves - min demanda	0,0	0,1	---	---	---	---	---	---	0,0
Jueves - max demanda	133,9	133,5	---	---	---	---	---	---	267,5
Jueves - Prom demanda	72,4	27,9	---	---	---	---	---	---	100,7
Viernes - min demanda	0,0	0,1	---	---	---	---	---	---	0,0
Viernes - max demanda	134,0	134,0	---	---	---	---	---	---	268,0
Viernes - Prom demanda	73,7	65,6	---	---	---	---	---	---	139,2
Sábado - min demanda	2,0	0,7	---	---	---	---	---	---	2,0
Sábado - max demanda	134,0	134,0	---	---	---	---	---	---	268,0
Sábado - Prom demanda	125,5	112,3	---	---	---	---	---	---	237,8
Domingo - min demanda	1,1	0,6	---	---	---	---	---	---	0,9
Domingo - max demanda	134,0	133,9	---	---	---	---	---	---	267,9
Domingo - Prom demanda	124,5	102,8	---	---	---	---	---	---	227,0

**Atlas Copco Chilena S.A.C.**

Parque Industrial Ejercito calle 3 N° 1954  
 Concepción- Chile  
 www.atlascopco.cl

Una Compañía del Grupo Atlas Copco

Fono dir.: (041) 22245500 Anexo 507  
 Cel: 62288454  
 E-mail: [francisco.aravena@cl.atlascopco.com](mailto:francisco.aravena@cl.atlascopco.com)

**Comprometidos con una productividad sustentable**

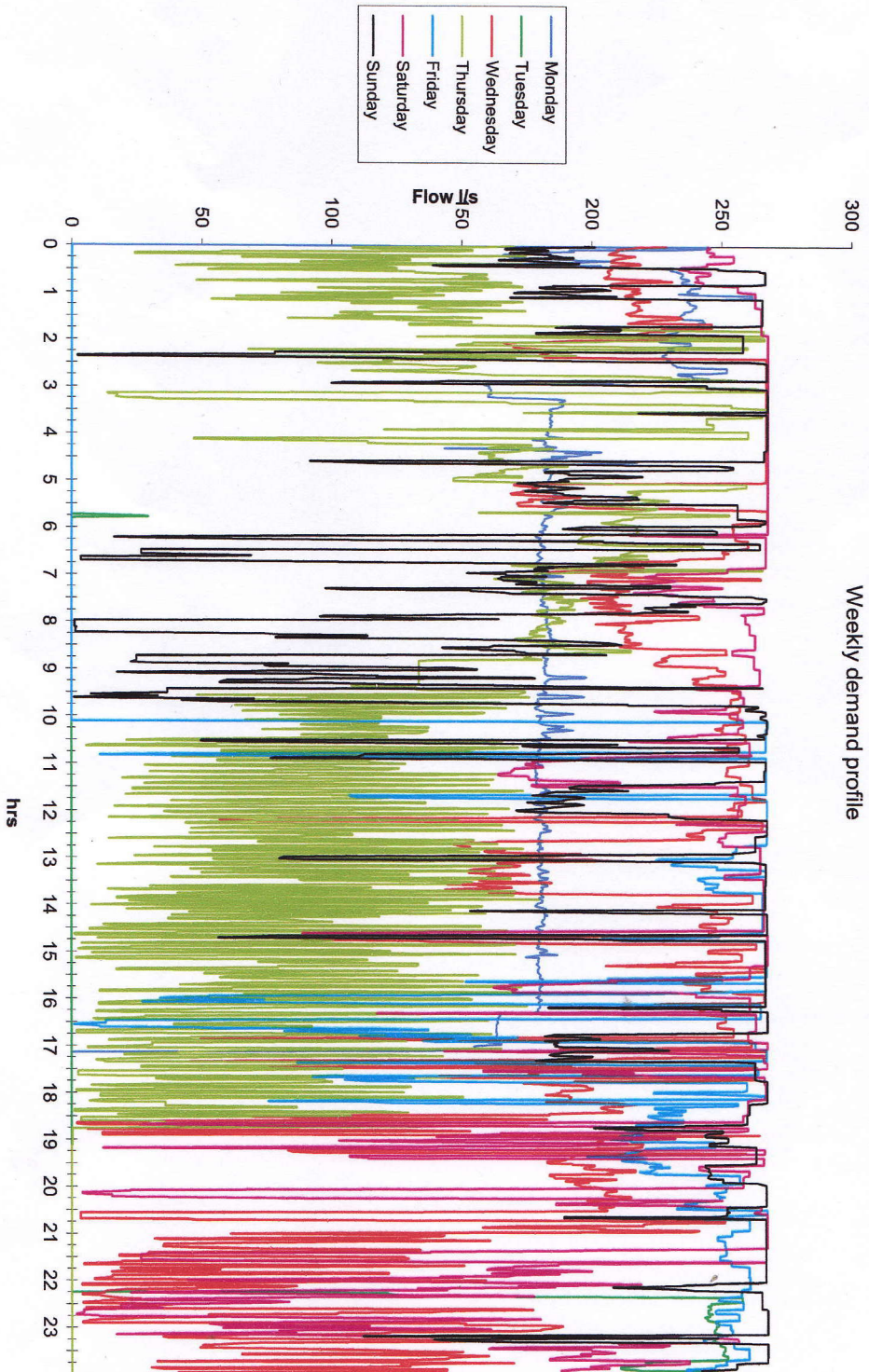




Datos Gráficos medidos en el sistema instalado.

Perfil demanda semanal - Gráfico 1

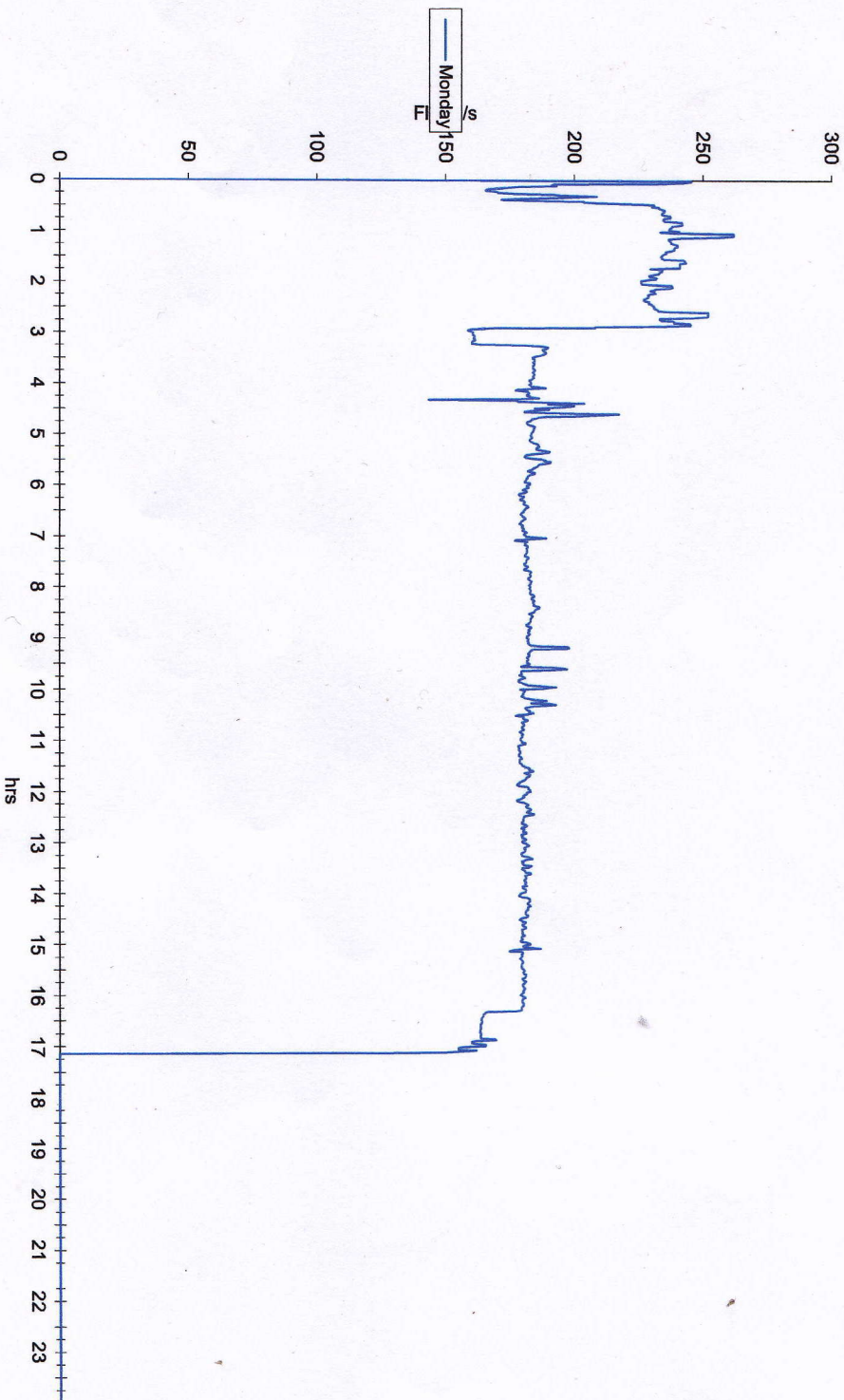
Weekly demand profile





### Perfil demanda Lunes - Grafico 2

Day1 demand profile

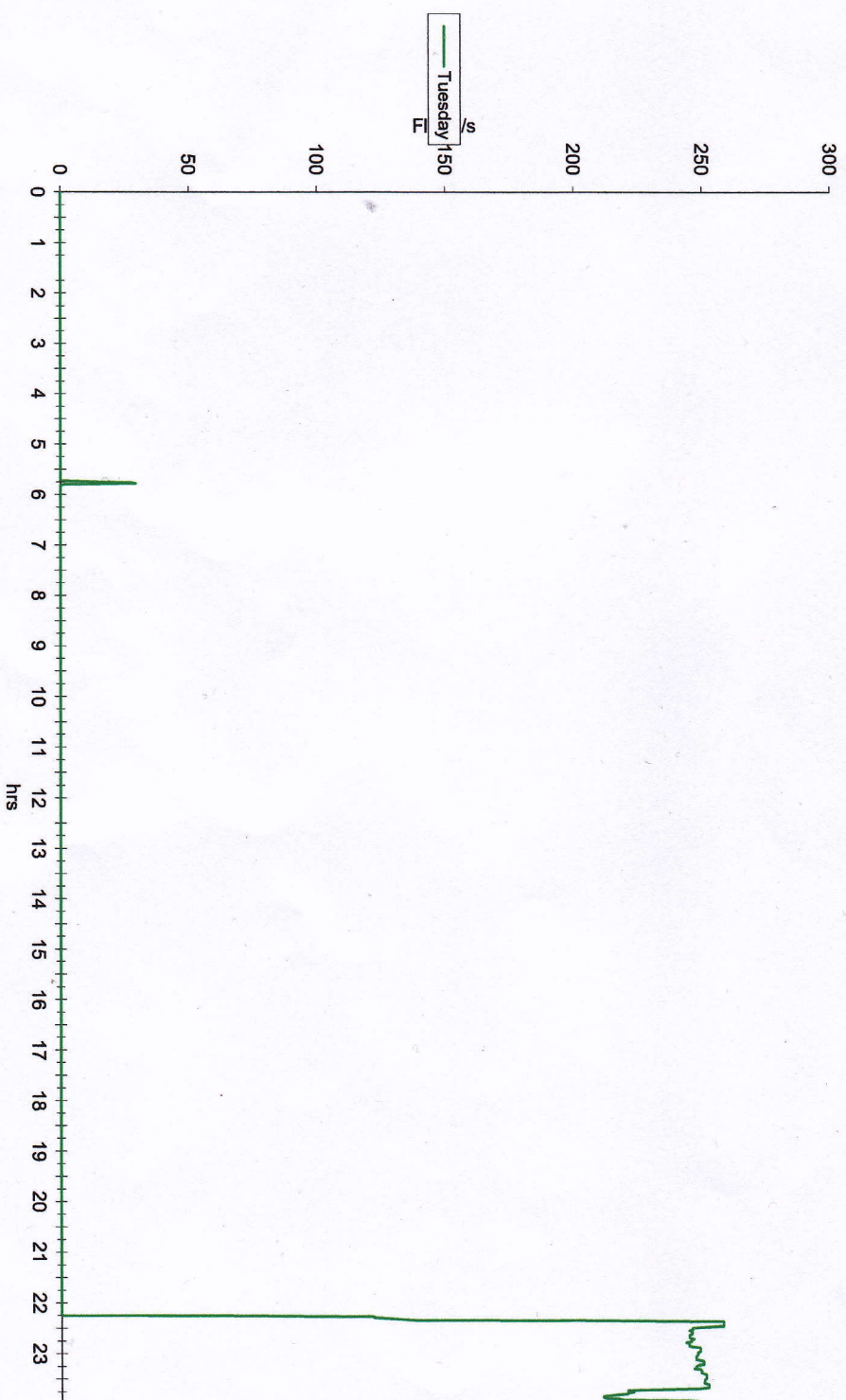






### Perfil demanda Martes - Grafico 3

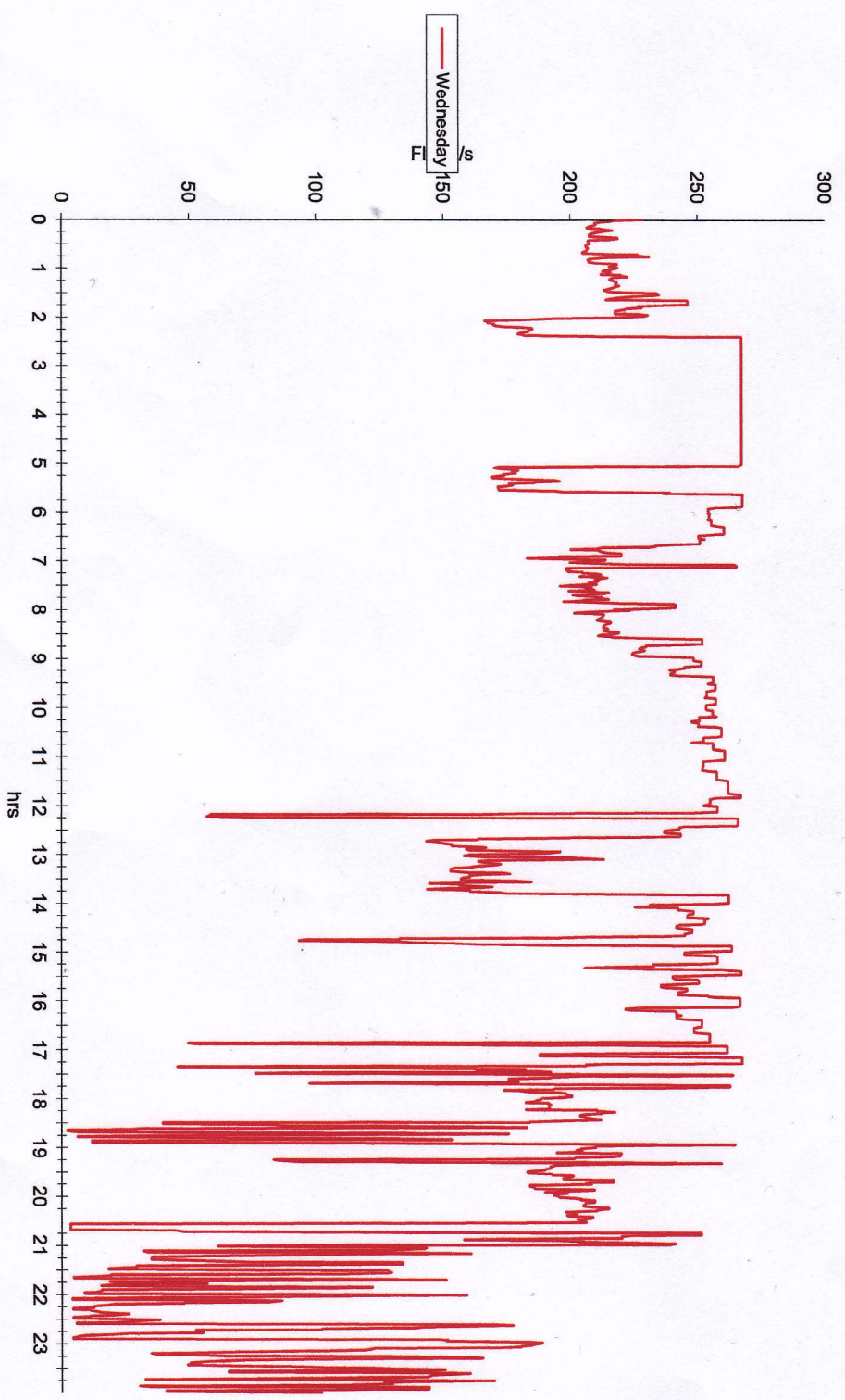
Day2 demand profile





### Perfil demanda Miércoles - Grafico 4

Day3 demand profile

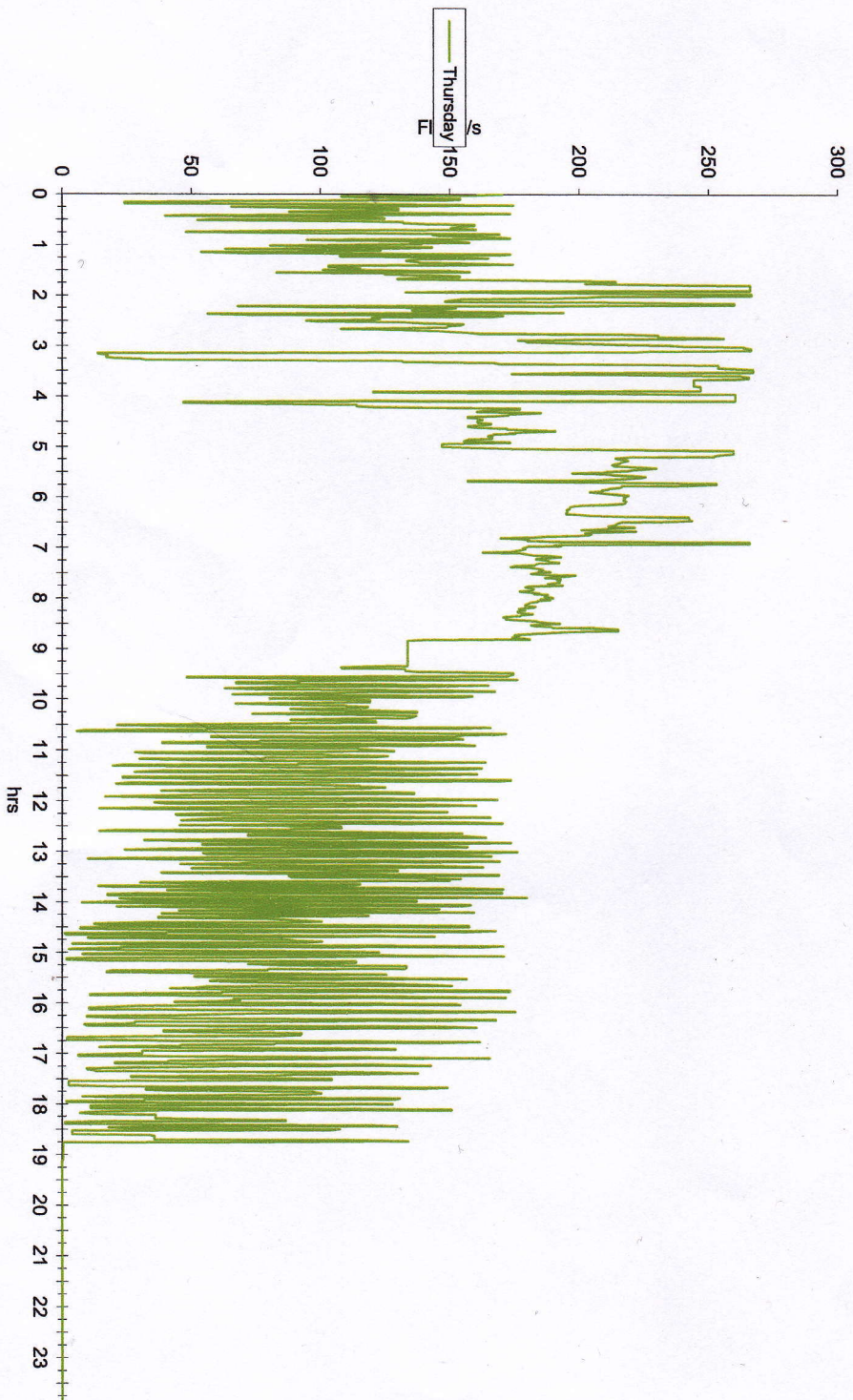






# Perfil demanda Jueves - Grafico 5

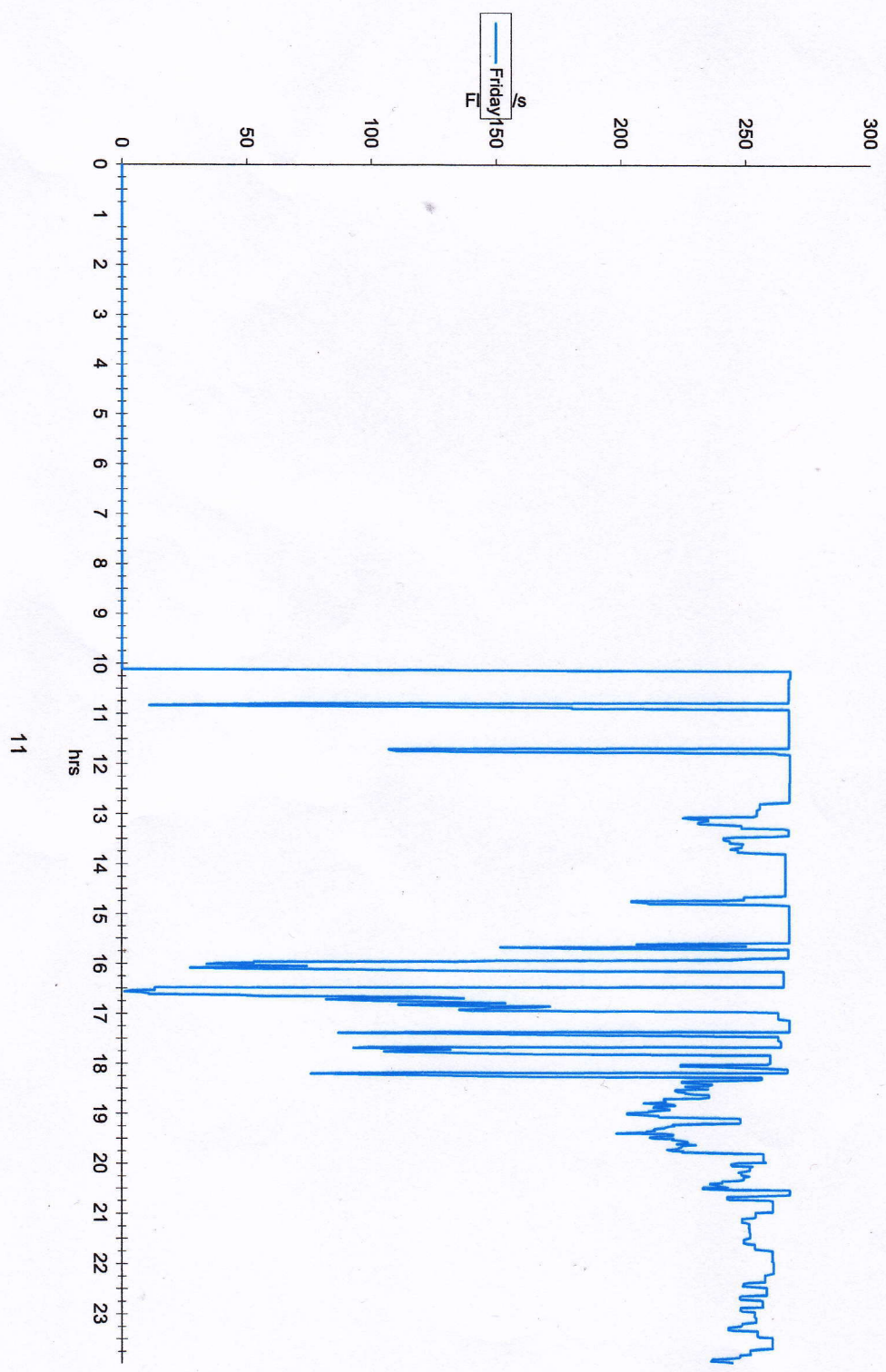
Day4 demand profile





# Perfil demanda Viernes - Grafico 6

Day5 demand profile

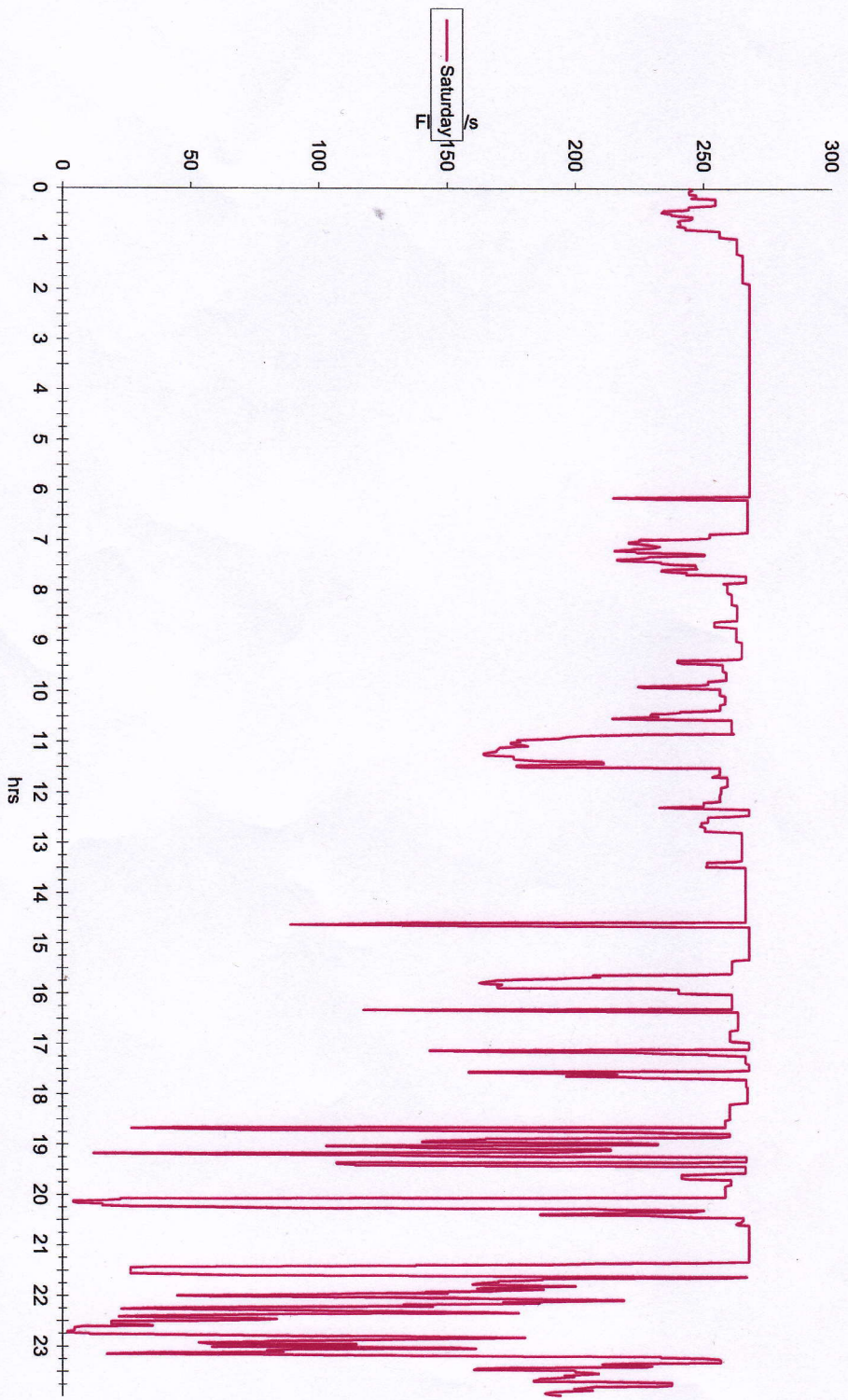






### Perfil demanda Sábado - Gráfico 7

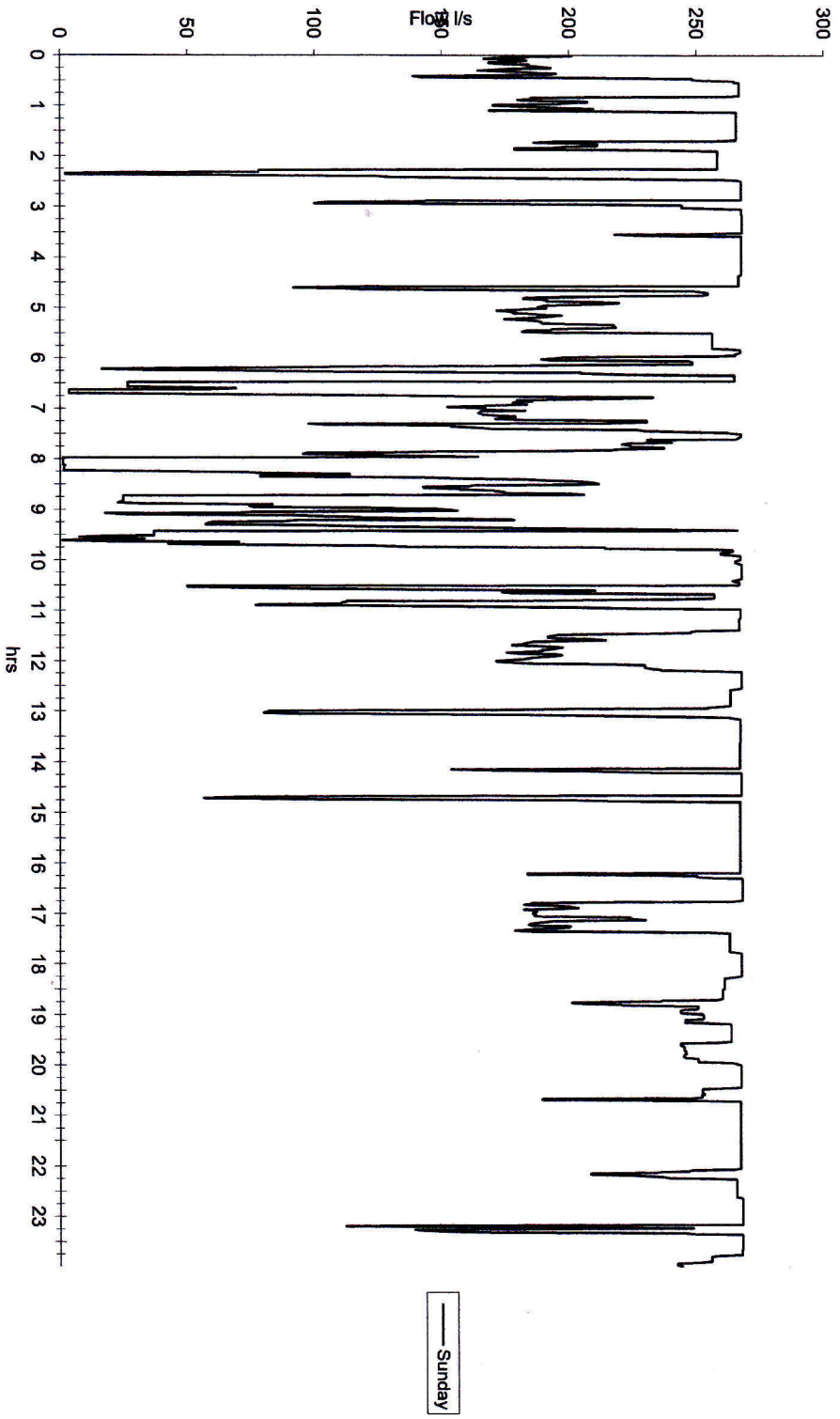
Day6 demand profile





# Perfil demanda Domingo - Grafico 8

Day7 demand profile

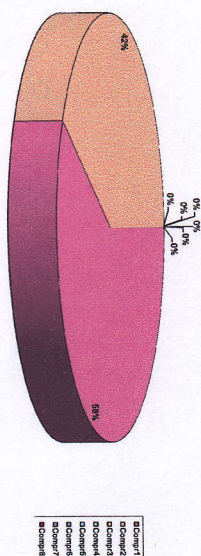




### Resumen de Caudal total suministrado (FAD) -

Graph9

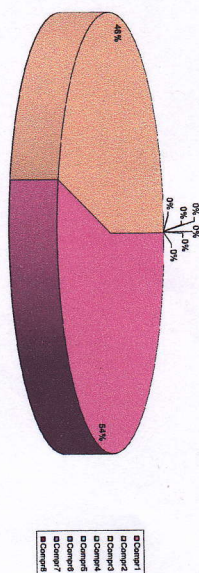
Total FAD Delivered



### Resumen de consumo total de energía -

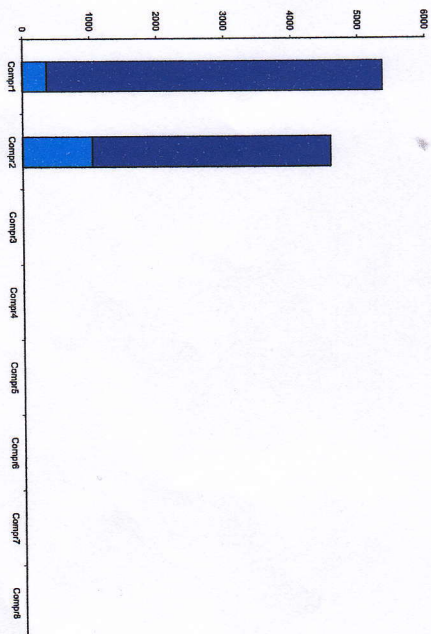
Graph10

Total Energy Used



### Resumen de uso de energía en Carga/Descarga -

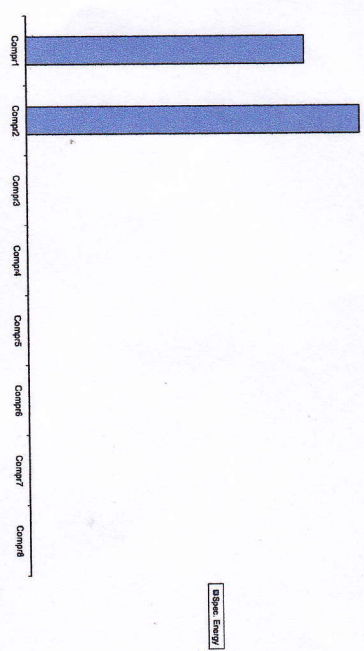
Graph11



### Resumen de energía específica -

Graph12

Spec. Energy





**Conclusiones:**

---

**Equipos Instalados**

	Modelo	Caudal l/s	Presión (bar)	Secador incorporado
Compresor 1	GA 45+ FF	134	8	Si
Compresor 2	GA 45+ FF	134	8	Si

<b>Total Caudal Disponible</b>	<b>268</b>
--------------------------------	------------

**Datos Medidos**

	Compresor 1	Compresor 2	Total
<b>Máxima Demanda ( l/s)</b>	134	134	<b>268</b>
<b>Demanda Promedio (l/s)</b>	77	56	<b>133</b>

\_Es importante considerar que hubieron días que los compresores estuvieron detenidos Lo que afecta en la demanda promedio, según los gráficos de los días que trabajaron en normalidad, la demanda promedio fluctúa en los 200 l/s.

\_Los compresores en los días de operación normal, trabajan en gran porcentaje a su máxima capacidad, esto puede producir bajas de presión y en caso de falla o mantención de uno de los compresores la planta queda en una condición crítica sin poder cubrir la demanda de aire para el sistema de producción.

\_Los gráficos obtenidos muestran una alta variabilidad y ciclos de carga y descarga.





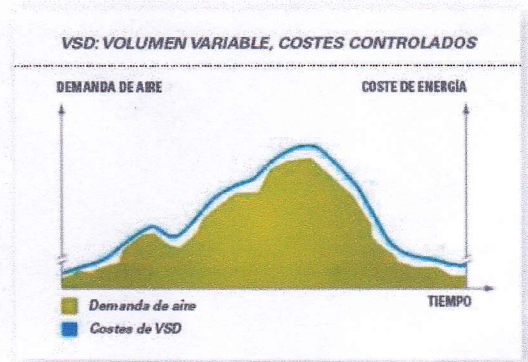
**Propuesta de mejoras:**

1.-Instalación de un tercer compresor de velocidad variable modelo **GA 45 FF VSD**, lo que permitirá tener una mayor estabilidad y confiabilidad del sistema.

La tecnología de velocidad variable, permite adaptarse a la demanda del caudal requerido por la empresa. Dependiendo a la demanda de aire, corresponden los consumos de energía.



Los compresores tradicionales que utilizan el control todo/nada funcionan entre dos puntos de presión ajustados. Cuando se alcanza la presión máxima, el compresor entra en descarga. Durante los periodos de demanda de aire media a baja, el consumo en vacío puede ser excesivo – derrochando una gran cantidad de energía.



Al suministrar únicamente el aire comprimido necesario, el GA VSD puede reducir los costes de energía en un 35% o más. El coste de ciclo de vida del compresor se puede reducir en una media del 22%. En general, el coste adicional de un compresor VSD comparado con un compresor de velocidad fija se puede recuperar en tan sólo uno a dos años.

2.- Instalación de un drenaje electrónico modelo EWD 330, dimensionado de acuerdo a los compresores instalados y el actual estanque acumulador de 10 m3.

**Drenaje actual.**





## **Drenaje electrónico de condensado EWD**



Para un manejo confiable y económico del condensado, Atlas Copco ofrece el Drenaje Electrónico de Condensado (EWD) el cual no desperdicia el aire comprimido, produce ahorros energéticos, requiere poca mantención y previene la presencia de agua en la red.

### ***Principio de Funcionamiento***

A través de un sensor capacitivo se detecta un determinado nivel de condensado y se abre una válvula solenoide. Por medio de un segundo sensor, se calcula el tiempo necesario para eliminar el condensado y al cumplirse este tiempo la válvula solenoide se cierra y no se pierde nada de aire.

En caso de problema en el sistema de drenaje, el EWD dará una señal de alerta.

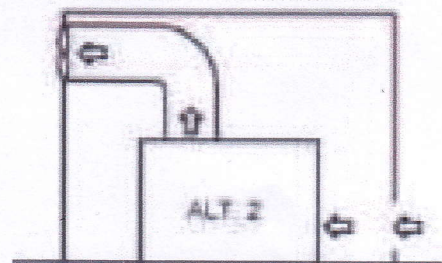
### **3.- Evacuación del aire caliente producto del proceso de compresión.**

Con motivo de poder mejorar la temperatura de operación de la sala de compresores Se propone la siguiente mejora.

#### **Sistema Actual**



#### **Propuesta de Instalación**



# **ANEXO D**

**Catálogo de purga y separador ciclónico.**



## **Drenajes automáticos de condensado Serie ECO DRAIN**

para caudales de hasta 1700 m<sup>3</sup>/min



# Serie Eco Drain

## Drenajes electrónicos de condensado

El condensado que se forma en todos los sistemas de producción de aire comprimido se debe evacuar de manera confiable en todos aquellos puntos donde se acumula para evitar averías y problemas de corrosión. Los drenajes electrónicos de condensado Eco Drain, controlados según el nivel, son ideales para cumplir esta importante tarea.

### Evacuación del condensado sin pérdidas de presión

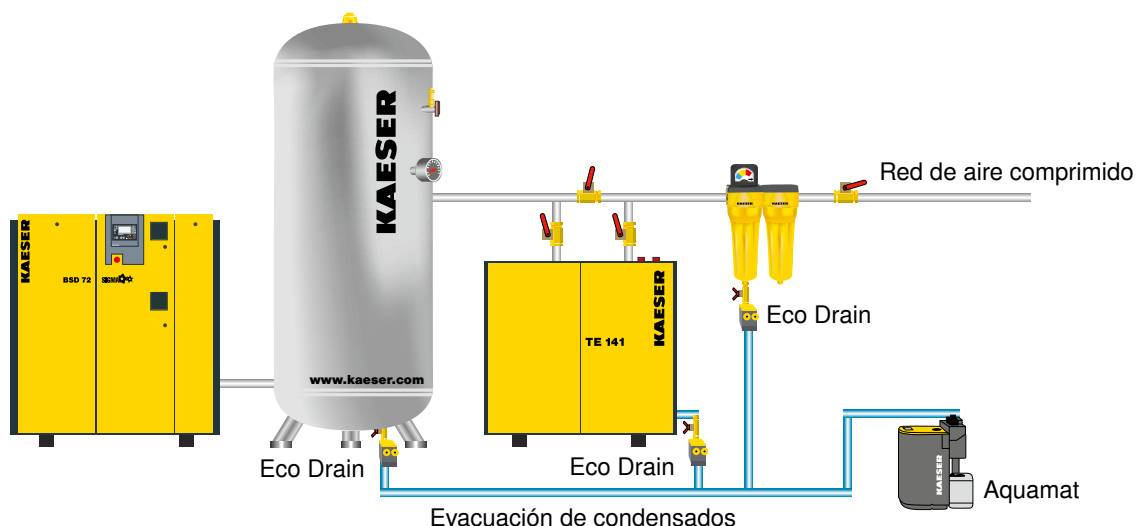
Los drenajes de condensado Eco Drain procuran una evacuación del condensado segura y sin pérdidas de presión. La confiabilidad del proceso queda garantizada incluso si la formación del condensado sufre oscilaciones fuertes y el condensado contiene muchas impurezas o un alto porcentaje de aceite.

### El estándar industrial

La gran calidad, seguridad y confiabilidad Eco Drain lo hacen ideal para el funcionamiento continuo de la industria. Además, hay modelos especiales para aplicaciones concretas, como sistemas con condensados agresivos, zonas con riesgo de congelación y aplicaciones de alta presión o de vacío. Siempre encontrará un Eco Drain adaptado a sus necesidades.

### El Eco Drain en el sistema

Los sistemas de aire comprimido formados por valiosos compresores y componentes de tratamiento exigen drenajes de condensado de un alto grado de confiabilidad. Éstos deben integrarse perfectamente en el sistema, de manera que los controladores individuales de los compresores (Sigma Control) y el controlador maestro (Sigma Air Manager) reciban de inmediato sus señales y puedan reaccionar rápidamente, mejorando la seguridad operativa y obteniendo una mayor economía.



La evacuación segura del condensado debe quedar garantizada en todos los puntos de acumulación de su sistema de aire comprimido. La mejor forma de conseguirlo es utilizar drenajes de condensado controlados electrónicamente.

## **Evacuación segura del condensado sin pérdidas de presión**



Imagen: Eco Drain 31



# Serie Eco Drain

## Evacuación segura del condensado sin pérdidas de presión



### Listo con un solo clic

El mantenimiento del Eco Drain 30 y 31 es sencillo y rápido. La unidad de servicio se separa del módulo electrónico con un simple "clic". Ya no es necesario un desmontaje completo.



### Electrónica inteligente de control

La electrónica de control regula con exactitud la apertura y el cierre de la válvula. Así, sólo se evacua condensado, no aire comprimido, se evitan pérdidas y se ahorra energía. Todos los componentes del sistema están protegidos contra salpicaduras.



### Autosupervisión

En caso de avería (salida atascada, por ejemplo) se activará una alarma al cabo de 60 segundos, transcurridos los cuales, el Eco Drain sigue funcionando. Un LED titilante avisa de la avería. Es posible enviar avisos de avería por un contacto seco (sin potencia).



### Sensor de nivel de gran calidad

El sensor capacitivo de nivel, de gran calidad, forma la base para una evacuación segura y confiable del condensado. Este sensor no sufre desgaste. La evacuación se llevará siempre a cabo sin problemas, incluso si el condensado contiene mucha suciedad o es puro aceite.



## Datos técnicos

Modelo	Presión min./máx. bar <sub>(g)</sub>	Zona climática <sup>1)</sup>	Caudal máx. del compresor según la zona climática 1/2/3 m <sup>3</sup> /min	Capacidad máx. del secador 1/2/3 m <sup>3</sup> /min	Capacidad del filtro <sup>2)</sup> máx. 1/2/3 m <sup>3</sup> /min	Campos de aplicación Condensado <sup>3)</sup> a/b	Contacto libre de potencial Contacto	Dimensiones L x A x A mm	Peso kg
Eco Drain 30	0,8/16	1/2/3	3/2,5/1,5	6/5/3	30/25/15	a/b	–	65 x 149 x 118	0,8
Eco Drain 31	0,8/16	1/2/3	6/5/3,5	12/10/7	60/50/35	a/b	•	74 x 165 x 127	1
Eco Drain 32	0,8/16	1/2/3	12/10/7	24/20/14	120/100/70	a	•	74 x 211 x 157	1,65
ECO DRAIN 32 CO	0,8/16	1/2/3	12/10/7	24/20/14	120/100/70	a/b	•	74 x 211 x 157	1,65
Eco Drain 12	0,8/16	1/2/3	8/6,5/4	16/13/8	80/65/40	a	•	65 x 150 x 141	0,8
Eco Drain 12 CO	1,2/16	1/2/3	8/6,5/4	16/13/8	80/65/40	a/b	•	65 x 150 x 141	0,8
Eco Drain 13	0,8/16	1/2/3	35/30/20	70/60/40	350/300/200	a	•	93 x 212 x 162	2,0
Eco Drain 13 CO	0,8/16	1/2/3	35/30/20	70/60/40	350/300/200	a/b	•	93 x 212 x 162	2,0
Eco Drain 14	0,8/16	1/2/3	150/130/90	300/260/180	1500/1300/900	a	•	120 x 252 x 180	2,9
Eco Drain 14 CO	0,8/16	1/2/3	150/130/90	300/260/180	1500/1300/900	a/b	•	120 x 252 x 180	2,9
Eco Drain 16 CO	0,8/16	1/2/3	1700/1400/1000	3400/2800/2000	–	a/b	•	280 x 260 x 280	5,9
Eco Drain 12 CP PN 63 <sup>4)</sup>	0,8/63	1/2/3	8/6,5/4	16/13/8	80/65/40	a/b	•	65 x 150 x 141	0,9
Eco Drain 13 CP PN 25 <sup>4)</sup>	0,8/25	1/2/3	35/30/20	70/60/40	350/300/200	a/b	•	93 x 197 x 162	2,2

<sup>1)</sup>Zona climática: **1 = seco/frío** (norte de Europa, Canadá, norte de los EE.UU, Asia Central); **2 = moderado** (centro y sur de Europa, algunas zonas de Sudamérica, norte de África); **3 = húmedo** (regiones costeras del sureste asiático, Centroamérica, Oceanía, regiones del Amazonas y el Congo)

<sup>2)</sup>instalación detrás del secador

<sup>3)</sup>a = Condensado de un compresor enfriado por aceite, b = Condensado agresivo

<sup>4)</sup>Para altas presiones

► Para todos los modelos se considera un campo de temperaturas de +1 °C a +60 °C

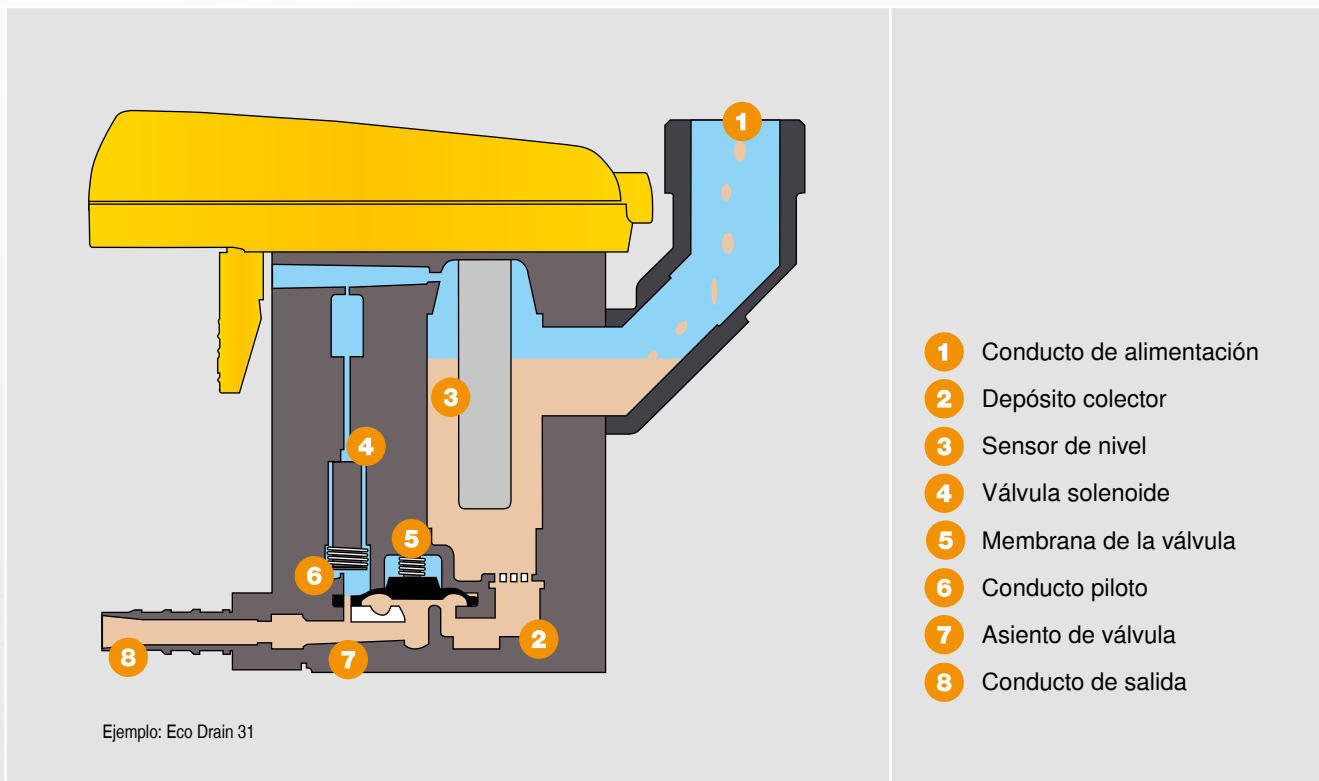
Eco Drain para vacío/bajas presiones	Cantidad de condensado a 8 bar aire de control externo Ø l/h	Pres. de servicio mín. / máx. bar <sub>(abs)</sub>	Presión de control (aire de control externo) bar <sub>(g)</sub>	Volumen de retroceso (volumen normal) l	Dimensiones L x A x A mm	Peso kg
3 CO V / 3 V	43	0,1 - 1,8	4 - 8	2 - 3	195 x 310 x 250	6,1
6 CO V / 6 V	228	0,1 - 1,8	4 - 8	15	256 x 310 x 302	9,0

Datos eléctricos		Contacto seco (sin potencia)	
Conexión	230 V / 1 Ph / 50-60 Hz	corriente alterna	max. 250 V / 1A
Potencia absorbida máx.	2 VA	corriente continua	min. 5 V / 10 mA
Sección recomendada de la conexión	3 x 0,75 mm <sup>2</sup>		
Fusible recomendado	0,5 A		

Opciones	
Sistema de calentamiento	Protege el Eco Drain de la congelación; regulado termostáticamente; para temperaturas ambiente de hasta -25 °C; (no para la versión de alta presión, 63 bar) Conexión eléctrica 230 V / 1 Ph / 50 – 60 Hz, máx. 125 W; equipo suministrado: Barra calentadora, adaptador de conexión, juntas planas.
Calefacción para tuberías	Protege de la congelación los conductos de entrada y salida; temperaturas desde - 25 hasta + 60 °C; potencia 10 W/lfdm; montaje a cargo del cliente; equipo suministrado: Caja de toma de corriente, cinta calentadora.



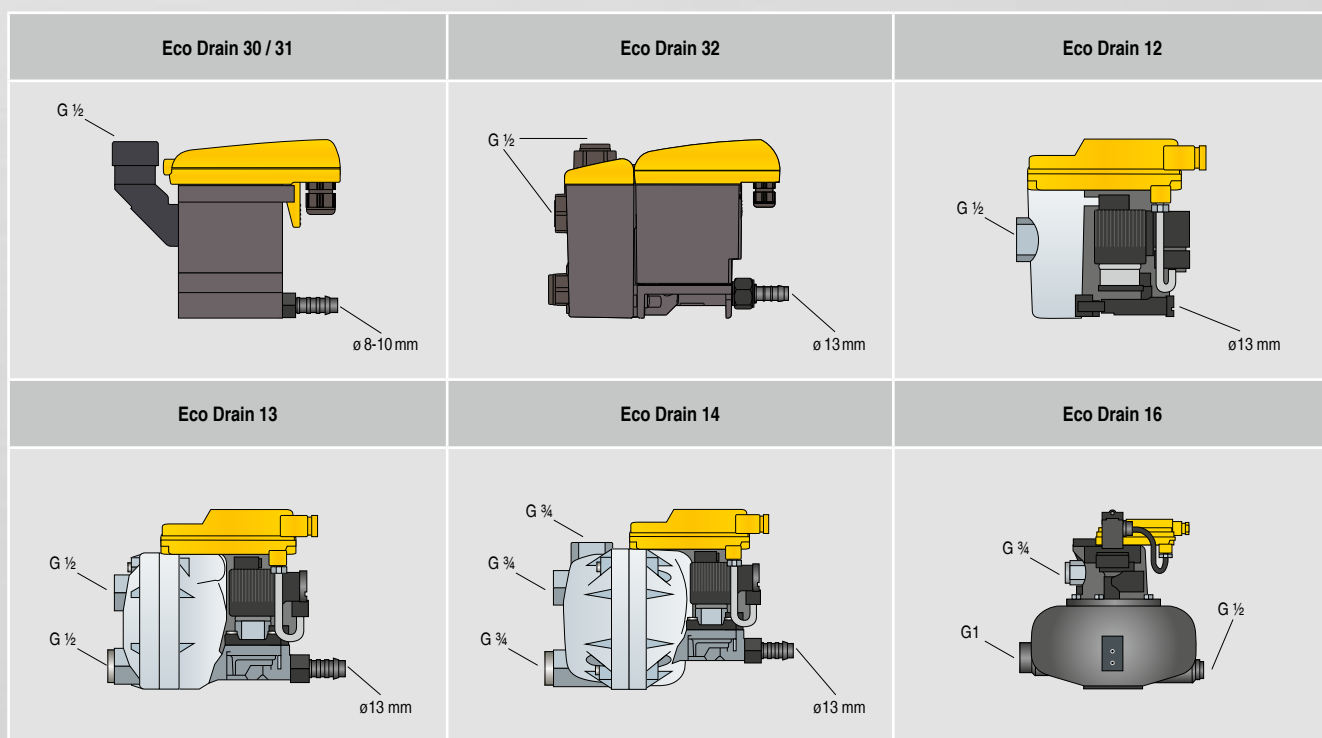
## Estructura



El condensado ingresa al **depósito colector** (2) por el conducto de alimentación (1). Enseguida, el **sensor capacitivo de nivel** (3) da aviso al sistema de control del drenaje cuando se alcanza el nivel máximo. El control abre la **válvula solenoide** (4) y el **conducto piloto** (6). La compensación de presión resultante hace que se abra la **membrana de la válvula** (5). El condensado circula desde el depósito colector hacia el **conducto de salida** (8) donde es expulsado fuera del drenaje.

Tan pronto como el condensado alcanza el nivel preajustado en el depósito colector, el sistema de control cierra la válvula solenoide. Luego, se produce un cambio en las fuerzas de presión que actúan sobre la membrana de la válvula, haciendo que ésta se vuelva a cerrar herméticamente por acción del resorte.

## Perspectivas



# KAESER: siempre cerca de usted

Presente en más de 100 países de los cinco continentes, KAESER es uno de los fabricantes de sistemas de aire comprimido de mayor reconocimiento en el mundo entero.

Con personal idóneo altamente calificado, centros de servicio a nivel nacional y la entrega inmediata de repuestos las 24 horas del día, los clientes de KAESER pueden estar seguros de contar con la mejor asistencia técnica y el mejor servicio postventa que brinda el mercado. Nuestro departamento de investigación y desarrollo mejora continuamente las técnicas de fabricación, poniendo las últimas innovaciones al servicio del usuario.

KAESER es el especialista de aire comprimido que con más de 90 años de experiencia, brinda soluciones inteligentes de aire comprimido para aplicaciones con requerimientos específicos.



## KAESER COMPRESORES de Chile Ltda.

Cerro El Portezuelo 9817-A , 8720020 Quilicura, RM - Santiago de Chile  
Teléfono: (56) 2 599-9200 – Fax: (56) 2 599-9252  
[www.kaeser.com](http://www.kaeser.com) – E-mail: [info.chile@kaeser.com](mailto:info.chile@kaeser.com)

## Filtros, separadores centrífugos

Flujo volumétrico 0,58 hasta 248 m<sup>3</sup>/min





## Filtros de aire comprimido KAESER seguros y económicos

### ¿Por qué usar filtros de aire comprimido?

Con cada metro cúbico de aire, el compresor aspira hasta 190 millones de partículas de suciedad, hidrocarburos, virus y bacterias. En el compresor mismo, lo único que se logra eliminar del aire a comprimir son las partículas de suciedad más grandes. Gran parte de estas sustancias dañinas sigue presente en el aire comprimido. Por eso, en la mayoría de las aplicaciones es necesario someter el aire comprimido a un tratamiento cuidadoso: El aire comprimido limpio garantiza el buen funcionamiento de máquinas y controles neumáticos, así como una larga vida útil de las herramientas neumáticas. Además, evita que se ensucien tanto las conducciones como las válvulas. De esta manera, el aire comprimido limpio ayuda a recortar los costes de mantenimiento y reparación del sistema, e incluso los de adquisición.

### Los filtros KAESER procuran un aire comprimido limpio del modo más económico

Los filtros de aire comprimido de KAESER KOMPRESSOREN están perfectamente adaptados a nuestros compresores y aparatos de tratamiento. Esto garantiza al usuario la máxima eficacia en la limpieza de su aire comprimido.



- 1 Entrada de aire comprimido
- 2 Salida de aire comprimido
- 3 Carcasa del filtro
- 4 Cartucho filtrante
- 5 Purgador de condensados ECO DRAIN, controlado electrónicamente

### Innovación: Tratamiento del aire comprimido adaptado a cada aplicación

Todos los filtros y aparatos de tratamiento KAESER son perfectamente compatibles entre sí y pueden combinarse para responder a las exigencias de cada aplicación.

Los niveles de limpieza alcanzables van desde el aire de trabajo normal hasta el aire exigido en la industria de los alimentos y en técnica médica. Existen también filtros de aire comprimido KAESER para aplicaciones de alta presión hasta 62 bar<sub>(s)</sub>.

Separador centrífugo



Filtro estéril

Filtro de alta presión

Filtro de aire comprimido



### Filtro de aire comprimido

La amplia oferta incluye el filtro adecuado para cada aplicación. Todos los filtros, ideados para eliminar del aire aceite, agua y polvo, tienen en común sus bajas presiones diferenciales.



### Separador centrífugo

Para la eliminación del condensado líquido. Normalmente se instala detrás del compresor. El resultado es de casi un 100% de humedad relativa en el aire saliente, un nivel ideal para los aparatos de secado posteriores.



### Filtros hasta 48 ó 62 bar

Nuestro programa incluye filtros para aplicaciones de alta presión, como se necesitan, por ejemplo, en la producción de botellas de PET. Estos filtros, para presiones de hasta 48 ó 62 bar eliminan del aire aceite, agua y polvo.



### Filtro estéril

Si se necesita aire estéril y sin gérmenes, por ejemplo en la industria de los alimentos y sobre todo en el sector médico, será el turno de este tipo de filtros.



### Aire comprimido limpio con certificado

Se lo damos por escrito: Las estaciones de aire comprimido de KAESER KOMPRESSOREN son capaces de suministrar el nivel de limpieza requerido para cada aplicación - hasta aire comprimido técnicamente libre de aceite, que supera con mucho la pureza del aire atmosférico.

Controlado y certificado por el organismo alemán de control TÜV.

# Filtros de aire comprimido

El amplio programa de filtros KAESER, con una gama claramente clasificada por niveles y perfectamente adaptada a las necesidades de los compresores y aparatos de mantenimiento, garantiza el logro de todas las clases de calidad de aire comprimido de manera fiable y a largo plazo.

## Indicación de mantenimiento para cambio del filtro

### El monitor del filtro (opcional)...

...avisa cuando llega el momento de cambiar el filtro.

- Indicador LCD controlado por microprocesador
- Vigilancia óptima del elemento filtrante acorde a los criterios:
  - Tiempo de servicio
  - Presión diferencial
  - Modo de servicio económico: Comparación del consumo energético, que va subiendo con la suciedad del elemento filtrante, con el valor máximo calculado por el monitor del filtro atendiendo a las condiciones de servicio
- Gran ahorro de energía
- Aviso "cambio de filtro" posible por LED rojo y por contacto de alarma
- Medición continua de la presión diferencial gracias a un preciso convertidor de medida de la presión (precisión de la medida 0,025 bar)
- Introducción de los datos directamente en el monitor: no se necesita ningún otro aparato de programación

### Los elementos filtrantes de alto rendimiento...

- ...garantizan una filtración fiable con pérdidas mínimas de presión.
- Filtros de coalescencia con nueva estructura de fibra de tejido cruzado
- Filtración óptima incluso con un flujo volumétrico reducido, de sólo un cinco por ciento del flujo volumétrico nominal
- Hermetización segura entre el elemento de filtración y la carcasa
- Cubierta de soporte de acero inoxidable, vaina y tapas con revestimiento resistente al aceite y a los ácidos

### La carcasa del filtro...

- ...convence por sus ventajas:
- Larga duración gracias al recubrimiento de resina epóxica por dentro y por fuera (demostrado en series de pruebas con contaminación salina de más de 1000 horas)
- Sencillo cambio del elemento filtrante gracias al sistema de hermetización por junta tórica de la tapa
- Bajas pérdidas de presión gracias a la optimización del flujo
- La forma cónica y la parte baja del filtro, libre de turbulencias, impiden el arrastre del condensado
- Señal acústica de aviso en caso de fugas

### La llave de cierre...

...permite realizar trabajos de mantenimiento en el purgador de condensados sin interrumpir el suministro de aire comprimido

### El purgador electrónico de condensados ECO DRAIN (opcional)...

- ...va controlado electrónicamente según el nivel y funciona automáticamente, lo cual significa:
- Que no se producen pérdidas de presión
- Seguridad de servicio máxima



Combinación de microfiltros FFG formada por: un microfiltro FF y un filtro de carbón activo FG

Opcionalmente, puede suministrarse sin purgador electrónico de condensados

## Niveles de filtración para todas y cada una de las demandas



**Prefiltro FB 3 µm**

Aplicación: Para partículas sólidas y grandes cantidades de condensado.

Aplicación como prefiltro para partículas sólidas y para eliminar grandes cantidades de condensado.

Tamaño de las partículas filtrables: > 3 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 25 g/m³



**Prefiltro FC 1 µm**

Aplicación: Para partículas sólidas y pequeñas cantidades de condensado.

Aplicación como prefiltro para partículas sólidas y para eliminar cantidades pequeñas de condensado.

Al instalarlo, conectarle por delante un separador centrífugo o un depósito de presión para realizar una preseparación del condensado.

Tamaño de las partículas filtrables: > 1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 2 g/m³



**Filtro de polvo FD**

Aplicación: Para partículas sólidas

Aplicación como filtro de polvo para partículas sólidas, con frecuencia instalado detrás de un secador de adsorción y un adsorbedor de carbón activo. Dirección de paso del flujo de fuera hacia dentro, lo cual mejora la seguridad en caso de grandes cargas de polvo.

Tamaño de las partículas filtrables: > 1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: El aire comprimido debe estar seco



**Microfiltro fino FE**

Aplicación: Para partículas sólidas finas, gotitas de condensado y aerosoles de aceite.

Aplicación como filtro fino para una alta calidad del aire comprimido. Elimina partículas sólidas, gotitas de condensado y aerosoles de aceite.

Tamaño de las partículas filtrables: > 0,1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 1 g/m³



**Microfiltro finísimo FF**

Aplicación: Para partículas sólidas finísimas, gotitas pequeñas de condensado y aerosoles de aceite.

El filtro de alto rendimiento para las más altas exigencias de calidad del aire comprimido en la industria farmacéutica, electrónica y de la alimentación. A ser posible, utilizar solamente para aire comprimido con poco condensado. Al instalarlo, asegurarse de que por delante de él haya un filtro FE o un secador frigorífico en servicio.

Tamaño de las partículas filtrables: > 0,1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 0,1 g/m³



**Filtro de carbón activo FG**

Aplicación: Eliminación de trazas de aceite e hidrocarburos adsorbibles, sobre todo para eliminar olores.

El filtro de carbón activo para las más altas exigencias de calidad de la industria farmacéutica, electrónica y de la alimentación. Para aire comprimido seco y ya filtrado. Al instalarlo, asegurarse de que delante de él haya un filtro FE/FF y un secador en servicio.

Diseñado para aprox. 1000 h de servicio en condiciones de referencia. Si se precisa una mayor duración, usar un adsorbedor de carbón activo (serie ACT).

Tamaño de las partículas filtrables: > 0,1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: El aire comprimido debe estar seco

Sobrepresión máx. 16 bar  
Temp. de servicio máx. +66 °C



# Separador centrífugo

## Funcionamiento:

El separador centrífugo elimina grandes cantidades de condensado del aire comprimido. Gracias a su diseño, el efecto de la rotación se ve intensificado. En consecuencia, el grado de separación se mantiene constante en amplios campos de flujo. Se eliminan partículas de hasta 5 µm.

## Campo de aplicación:

En aquellas aplicaciones en las que debe instalarse el secador frigorífico directamente detrás del compresor es recomendable el uso de un separador centrífugo.

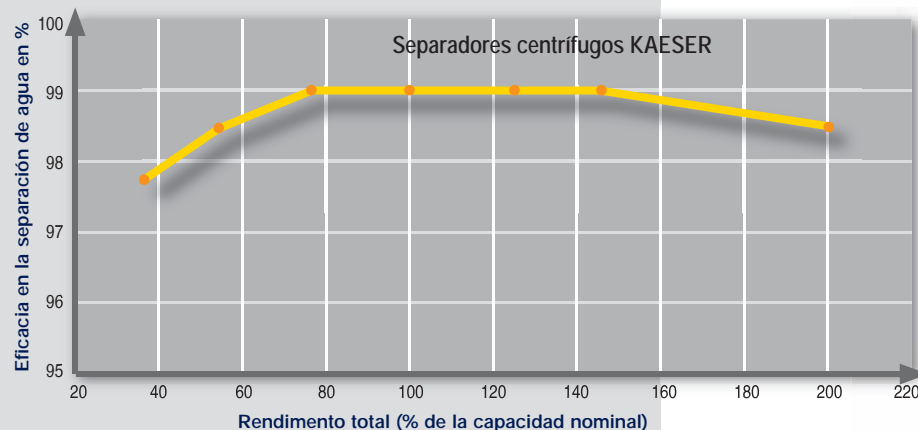
El separador centrífugo se instala entre el compresor y el secador para eliminar el "condensado líquido" de la corriente de aire, dejando reservas adicionales al secador frigorífico. Este es un detalle muy importante para mantener el punto de rocío deseado si las temperaturas ambientales son altas.

Los separadores centrífugos KAESER no necesitan mantenimiento.

## Consejo:

Al instalar un separador centrífugo, prever también la conexión de un purgador de condensados ECO DRAIN (disponible como set completo con piezas de montaje).

## Grado de separación de condensado constante



Separador centrífugo ZK061 hasta ZK 10

Purgador de condensados controlado electrónicamente (recomendado)  
Set completo con piezas de montaje



Filtro estéril FST

# Filtro estéril

## Para un aire libre de gérmenes:

El filtro estéril FST está confeccionado en acero inoxidable de primera calidad 1.4301 (304). Este material inoxidable impide la proliferación de microorganismos. Los extremos superior e inferior de la carcasa cuentan con conexiones de rosca BSP y tapones de cierre. Todos los elementos filtrantes se someten a varias pruebas en fábrica para garantizar la máxima seguridad de servicio.

Todos los componentes cumplen las normativas FDA sobre el contacto con alimentos acorde al código CFR (Code of Federal Regulations) Title 21.

Tanto el prefiltro como el velo de microfibras están hechos de borosilicato sin aglutinante. Se hace uso de todo el volumen de filtración para eliminar las bacterias y partículas. Por regla general son posibles más de 100 ciclos de esterilización (a 141 °C con vapor saturado lento).

Temp. de servicio máx. admisible, -20 hasta +200 °C.

## Campos de aplicación típicos para los filtros FST:

- Industria de la alimentación, industria química
- Envasado
- Industria farmacéutica, técnica médica, hospitales

## Consejo:

El uso de un filtro estéril exige medidas de esterilización adecuadas que deberán ponerse en práctica periódicamente (esterilización inline o autoclave).

## Filtros estériles para aire libre de gérmenes



# Filtros hasta 48 ó 62 bar

Para exigencias especiales en el campo de alta presión - por ejemplo, en la fabricación de envases de PET - existen los filtros de alta presión KAESER, para 48/62 bar, que se instalan a la salida del booster. La calidad certificada del aire comprimido queda garantizada.

## Carcasa del filtro

Robusta carcasa de acero inoxidable, resistente a la presión

## Cartucho filtrante

Para el campo de presión hasta 62 bar existen cinco filtros diferentes, desde el prefiltro hasta el filtro de carbón activo.

## Purgador electrónico de condensados especial (opcional)

Los filtros de alta presión KAESER pueden equiparse con el purgador de condensados ECO DRAIN (PN63), controlado electrónicamente según el nivel.



## 48/62 bar: filtros para todas las exigencias



Aplicación: Para partículas sólidas y grandes cantidades de condensado.

Aplicación como prefiltro para partículas sólidas y para eliminar grandes cantidades de condensado.

Tamaño de las partículas filtrables: > 3 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 25 g/m³

**Filtro FB**



Aplicación: Para partículas sólidas y pequeñas cantidades de condensado.

Aplicación como prefiltro para partículas sólidas y para eliminar cantidades pequeñas de condensado.

Al instalarlo, conectarle por delante un separador centrífugo o un depósito de presión para realizar una preseparación del condensado.

Tamaño de las partículas filtrables: > 1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 2 g/m³

**Filtro FC**



Aplicación: Para partículas sólidas finas, gotitas de condensado y aerosoles de aceite.

Aplicación como filtro fino para una alta calidad del aire comprimido. Elimina partículas sólidas, gotitas de condensado y aerosoles de aceite.

Tamaño de las partículas filtrables: > 0,1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 1 g/m³

**Filtro FE**



Aplicación: Para partículas sólidas finísimas, gotitas pequeñas de condensado y aerosoles de aceite.

El filtro de alto rendimiento para las mayores exigencias en calidad del aire comprimido la industria farmacéutica, electrónica y de la alimentación. A ser posible, utilizar solamente para aire comprimido con poco condensado. Al instalarlo, asegurarse de que por delante de él haya un filtro FE o un secador frigorífico en servicio.

Tamaño de las partículas filtrables: > 0,1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: 0,1 g/m³

**Filtro FF**



Aplicación: Para la eliminación de trazas de aceite e hidrocarburos adsorbibles, sobre todo para la eliminación de olores.

El filtro de carbón activo para las más altas exigencias de calidad del aire comprimido en la industria farmacéutica, electrónica y de la alimentación. Sólo para aire comprimido seco y ya filtrado. Al instalarlo, asegurarse de que haya un filtro FE/FF y un secador en servicio.

Diseñado para aprox. 1000 h de servicio en condiciones de referencia. En caso de que se necesite una duración bastante más larga, instale un adsorbente de carbón activo (serie ACT).

Tamaño de las partículas filtrables: > 0,1 µm  
Carga máxima de humedad en entrada: El aire comprimido debe estar seco

**Filtro FG**

Sobrepresión máx. 48 ó 62 bar



## Datos técnicos

Series de filtros: FB, FC, FD, FE, FF, FG, FFG – Tamaños de filtros: 6, 10, 18, 28, 48, 71, 107, 138, 177, 221, 185, 283, 354, 526, 708, 885, 1420, 1950, 2480  
Versiones: "normal" con purgador por flotador – "D" con purgador de condensados controlado electrónicamente según el nivel ECO DRAIN  
Carcasa de aluminio para filtros de tamaños desde 6 hasta 221, carcasa de acero para filtros de tamaños desde 185 hasta 2480

### Filtros de aire comprimido para máx. 16 bar, temp. de servicio máx. +66 °C

Flujo volumétrico*) m³/min	Tamaño del filtro	Refrigerador final de aire comprimido	Peso kg (Versión normal)					Dimensiones A, B, C en mm (Versión normal)					FFG	Altura (para mantenimiento) mm
			FB – FC	FD	FE – FF	FG	FFG	FB – FC	FD	FE – FF	FG			
0,58	6	R 3/8	3,6	3,5	3,6	3,4	7,1	105, 233, 163	105, 306, 224	105, 306, 224	105, 182, 163	210, 306, 224	76	
1,0	10	R 1/2	3,7	3,6	3,7	3,5	7,3	105, 306, 224	105, 306, 224	105, 306, 224	105, 255, 244	210, 306, 224	76	
1,75	18	R 1/2	3,9	3,8	3,9	3,7	7,7	105, 367, 285	105, 367, 285	105, 367, 285	105, 316, 285	210, 367, 285	76	
2,83	28	R 3/4	4,4	4,3	4,4	4,2	8,7	133, 389, 298	133, 389, 298	133, 389, 298	133, 338, 298	266, 389, 298	89	
4,83	48	R 1	4,8	4,7	4,8	4,6	9,5	133, 497, 406	133, 497, 406	133, 497, 406	133, 446, 406	266, 497, 406	89	
7,1	71	R 1 1/2	4,6	4,5	4,6	4,4	9,1	164, 579, 482	164, 579, 482	164, 579, 482	164, 528, 482	328, 579, 482	102	
10,7	107	R 1 1/2	5,1	5,0	5,1	4,9	10,1	162, 693, 596	164, 693, 596	164, 693, 596	164, 642, 596	328, 693, 596	102	
13,8	138	R 2	12,7	12,6	12,7	12,5	25,3	194, 789, 681	194, 789, 681	194, 789, 681	194, 739, 681	388, 789, 681	102	
17,7	177	R 2 1/2	15	14,9	15	14,8	29,9	194, 935, 827	194, 935, 827	194, 935, 827	194, 885, 827	388, 935, 827	102	
22,1	221	R 2 1/2	17,2	17,1	17,2	17	34,3	194, 1091, 983	194, 1091, 983	194, 1091, 983	194, 1040, 983	388, 1091, 983	102	
18,5	185	DN 80	29,9	28,4	29,3	28,6	58,6	350, 1130, 950	350, 1025, 845	350, 1130, 950	350, 1025, 845	700, 1130, 950	610	
28,3	283	DN 80	41,1	37,0	40,1	37,2	78	400, 1205, 1013	400, 1045, 853	400, 1205, 1013	400, 1045, 853	800, 1205, 1013	610	
35,4	354	DN 100	41,8	37,4	40,5	38,1	79,3	400, 1240, 1013	400, 1045, 853	400, 1205, 1013	400, 1045, 853	800, 1205, 1013	610	
52,6	526	DN 100	53,4	48,4	51,5	49,7	101,9	440, 1240, 1023	440, 1085, 868	440, 1240, 1023	440, 1085, 868	880, 1240, 1023	610	
70,8	708	DN 100	70	64,4	66,7	66,2	133,6	535, 1255, 1022	535, 1105, 872	535, 1255, 1022	535, 1105, 872	1070, 1255, 1022	610	
88,5	885	DN 100	71,7	65,4	67,7	67,8	136,2	535, 1255, 1022	535, 1105, 872	535, 1255, 1022	535, 1105, 872	1070, 1255, 1022	610	
142	1420	DN 150	126,5	118,4	121,5	122,4	244,6	600, 1355, 1043	600, 1215, 903	600, 1355, 1043	600, 1215, 903	1200, 1355, 1043	610	
195	1950	DN 150	182,8	171,4	175,9	177,1	353,7	720, 1520, 1183	720, 1245, 908	720, 1520, 1183	720, 1245, 908	1440, 1520, 1183	610	
248	2480	DN 150	237,7	224,4	228,9	231,7	461,3	750, 1540, 1192	750, 1265, 917	750, 1540, 1192	750, 1265, 917	1500, 1540, 1192	610	

#### Factor de corrección

Sobrepresión de servicio bar	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Factor de conversión para flujo volumétrico	0,38	0,52	0,63	0,75	0,88	1	1,13	1,26	1,38	1,52	1,65	1,76	1,87	2	2,14

Código de denominación:  
Carcasa del filtro



Elementos filtrantes de repuesto



### Elementos filtrantes de repuesto

Tamaño del filtro	Canti- dad	Elementos filtrantes de repuesto					
		FB	FC	FD	FE	FF	FG
6	1	E-B-6	E-C-6	E-D-6	E-E-6	E-F-6	E-G-6
10	1	E-B-10	E-C-10	E-D-10	E-E-10	E-F-10	E-G-10
18	1	E-B-18	E-C-18	E-D-18	E-E-18	E-F-18	E-G-18
28	1	E-B-28	E-C-28	E-D-28	E-E-28	E-F-28	E-G-28
48	1	E-B-48	E-C-48	E-D-48	E-E-48	E-F-48	E-G-48
71	1	E-B-48	E-C-71	E-D-71	E-E-71	E-F-71	E-G-71
107	1	E-B-107	E-C-107	E-D-107	E-E-107	E-F-107	E-G-107
138	1	E-B-138	E-C-138	E-D-138	E-E-138	E-F-138	E-G-138
177	1	E-B-177	E-C-177	E-D-177	E-E-177	E-F-177	E-G-177
221	1	E-B-138	E-C-221	E-D-221	E-E-221	E-F-221	E-G-221
185	1	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185
283	2	E-B-283	E-C-283	E-D-283	E-E-283	E-F-283	E-G-283
354	2	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185
526	3	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185
708	4	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185
885	5	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185
1420	8	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185
1950	11	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185
2480	14	E-B-185	E-C-185	E-D-185	E-E-185	E-F-185	E-G-185



### Filtros de aire comprimido hasta 48 ó 62 bar

Flujo volumétrico*) m³/min	Tamaño del filtro	Refrigerador final de aire comprimido	Peso kg					Dimensiones A, B mm					Altura mm	Presión de servicio máx. bar
			FB	FC	FE	FF	FG	FB	FC	FE	FF	FG		
1,75	18	R 1/2			9					371 x 146			300	62
2,83	28	R 1			9					371 x 117			300	62
7,1	71	R 1			12					591 x 117			520	48
14,2	142	DN 65			35					930 x 350			650	48

#### Factor de corrección

Sobrepresión de servicio bar	7	25	40	64
Factor de conversión para flujo volumétrico	1	3	5	8

Código de denominación:  
Filtro de alta presión



Elementos filtrantes de repuesto



### Elementos filtrantes de repuesto

Tamaño del filtro	Cantidad	Elementos filtrantes de repuesto para la serie de filtros de alta presión				
		FB	FC	FD	FE	FF
18	1	E-B-18/28	E-B-18/28	E-B-18/28	E-B-18/28	E-B-18/28
28	1	E-B-18/28	E-B-18/28	E-B-18/28	E-B-18/28	E-B-18/28
71	1	E-B-71	E-C-71	E-E-71	E-F-71	E-G-71
142	1	E-B-283	E-C-283	E-E-283	E-F-283	E-G-283

\*) Rendimiento total a 7 bar de sobrepresión, referido a 1 bar abs. y 20 °C



## Datos técnicos

### Filtro estéril

Flujo volumétrico *) m³/min	Tamaño del filtro	Conexión de aire compri- mido	Peso kg	Dimensiones A, B, C mm	Altura (para mantenimiento) (hacia arriba) mm
1	6	R 1/4	1,7	215; 108; 55	90
1,5	9	R 3/8	1,9	245; 108; 55	120
2	12	R 1/2	1,9	245; 108; 55	120
3	18	R 3/4	2	270; 125; 55	150
4,5	27	R 1	2,6	300; 125; 75	150
6	36	R 1 1/4	3	350; 140; 75	200
8	48	R 1 1/4	4,3	380; 170; 94	200
12	72	R 2	4,8	455; 170; 94	280
18	108	R 2	5,3	580; 170; 94	450
24	144	R 2 1/2	9	765; 216; 106	580
32	192	R 3	10,8	1015; 216; 106	850
48	288	R 3	16,2	1035; 240; 119	850

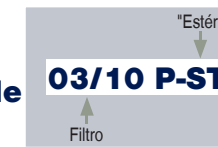
Código de denominación:  
Filtro estéril



### Elementos filtrantes de repuesto

Tamaño del filtro	Cantidad	Elemento filtrante de repuesto para filtro estéril
6	1	03/10 P-ST
9	1	04/10 P-ST
12	1	04/20 P-ST
18	1	05/20 P-ST
27	1	05/25 P-ST
36	1	07/25 P-ST
48	1	07/30 P-ST
72	1	10/30 P-ST
108	1	15/30 P-ST
144	1	20/30 P-ST
192	1	30/30 P-ST
288	1	30/50 P-ST

Elementos filtrantes de repuesto



### Factor de corrección

Sobrepresión de servicio bar	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Factor de conversión para flujo volumétrico	0,36	0,5	0,6	0,75	0,9	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,75	1,9	2	2,1

### Separador centrífugo para máx. 16 bar

Flujo volumétrico *) m³/min		Modelo	Conexión de aire comprimido	Volumen l	Peso kg	Dimensiones A x AN x Ø mm
7 bar	10 bar					
0,2	2,3	ZK 01	G 3/4	0,8	1,1	292 x 89 x -
4,1	5,0	ZK 02	G 1	1,8	2,2	391,5 x 109 x -
6	7,3	ZK 03	G 1 1/4	1,8	2,2	391,5 x 109 x -
9,3	11,3	ZK 04	G 1 1/2	1,8	2,2	391,5 x 109 x -
15,2	18,0	ZK 05	G 2	5,3	4,3	575 x 150 x -
16,3	19,3	ZK 061	DN 65	11,0	22,0	654 x 370 x 168,3
26,4	31,3	ZK 071	DN 65	17,5	28,0	733 x 400 x 193,7
26,4	31,3	ZK 072	DN 80	18,0	30,0	733 x 400 x 193,7
46,1	55,4	ZK 08	DN 125	35,5	50,0	865 x 450 x 244,5
30,6	36,7	ZK 081	DN 80	34,0	44,0	892 x 460 x 244,5
36,8	43,6	ZK 091	DN 80	47,0	52,0	983 x 550 x 273
47,7	56,9	ZK 09	DN 125	50,0	60,0	983 x 550 x 273
80	95,8	ZK 10	DN 150	76,0	74,5	1082 x 570 x 324

\*) Rendimiento total a 7 bar de sobrepresión, referido a 1 bar abs. y 20 °C



Separador centrífugo de ZK 01 a ZK 05



Separador centrífugo

## Accesorios y opciones para los filtros de aire comprimido KAESER

### Monitor del filtro

Indica el momento correcto para el cambio del filtro.

- Indicación del momento ideal para el cambio del elemento filtrante atendiendo a datos pregrabados
- Sistema electrónico inteligente para una medición continua
- Indicación bien visible en pantalla LCD, LED de alarma
- Indicación digital de la presión diferencial



### Purgador de condensados ECO DRAIN

- Sensor de medición electrónico sin desgaste y sin piezas móviles
- Funcionamiento fiable, sin pegarse ni ensuciarse
- Sin pérdidas de presión
- Tecla de test
- Sistema electrónico con autovigilancia con funciones automáticas de alarma
- Contacto de alarma libre de potencial
- LEDs de indicación de alimentación de corriente y aviso de alarma
- Versiones de corriente continua y alterna (50 hasta 60 Hz)
- Todos los elementos de mando y de regulación, protegidos contra salpicaduras acorde a IP 65



### Box del monitor

El box del monitor del filtro permite vigilar el filtro a distancia. Registra las señales del monitor del filtro y las del purgador de condensados



ECO DRAIN y cuenta con dos contactos de alarma para transmitir los avisos a un puesto de vigilancia a distancia.

### Avería colectiva (contacto libre de potencial)

- Indicación del intervalo (controlado por tiempo) de cambio del filtro
- Indicación del momento óptimo para cambiar el filtro gracias a una gestión de los valores medidos asistida por microprocesador
- Rebasamiento de la presión diferencial máxima (retardo de tiempo, dos minutos)
- Fallo en el purgador de condensados

### Alarma de seguridad (contacto libre de potencial, sólo activo en modo de seguridad)

- Rebasamiento de la presión diferencial máxima (retardo, cinco segundos)

El abastecimiento de corriente del monitor del filtro y del ECO DRAIN se efectúa por medio de la caja del monitor del filtro.

### Soporte para pared

Fácil montaje:

- Retirar el indicador de presión diferencial, aflojar y sacar los tornillos de sujeción
- Colocar el ángulo de soporte en la pared
- Atornillar la carcasa del filtro con la sujeción de montaje
- Volver a montar el indicador de presión diferencial



### Sistema de construcción modular

Gracias a la carcasa especial del filtro, se pueden combinar varios filtros sin necesidad de hacer más entubaciones, ahorrando costes y espacio.



### Calidad del aire comprimido segura y certificada



El contenido residual de aceite y de partículas sólidas en el aire comprimido se mantiene dentro de los límites de

la clase 1/ISO 8573-1. Dependiendo de la cadena de tratamiento elegida, el aire comprimido conseguido puede llegar a cumplir las exigencias de un aire técnicamente libre de aceite. La calidad del aire comprimido que se consigue con los sistemas KAESER está controlada y certificada por el organismo alemán TÜV.

Atención: Infórmese también sobre los sistemas de mantenimiento de la presión KAESER, que le asegurarán una alta calidad del aire comprimido (P-773).

**KAESER**  
COMPRESORES

### Elementos filtrantes de recambio originales: calidad controlada

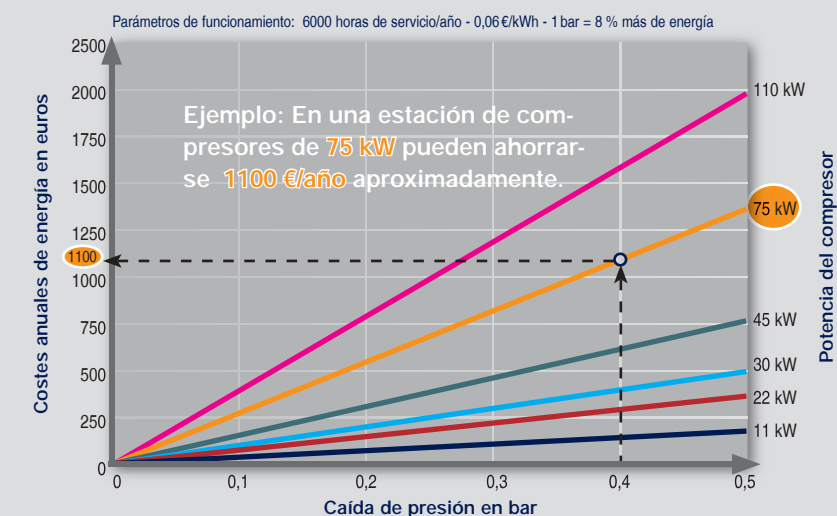
Sólo los elementos filtrantes de recambio originales KAESER le garantizan una filtración segura sin pérdidas de presión

- Filtros de coalescencia con nueva estructura de fibra de tejido cruzado
- Filtración de alta eficacia incluso con flujos pequeños, de solamente un 5% del flujo volumétrico nominal
- Hermetización segura entre el elemento de filtración y la carcasa
- Revestimiento de acero inoxidable, vaina y tapas resistentes al aceite y a los ácidos



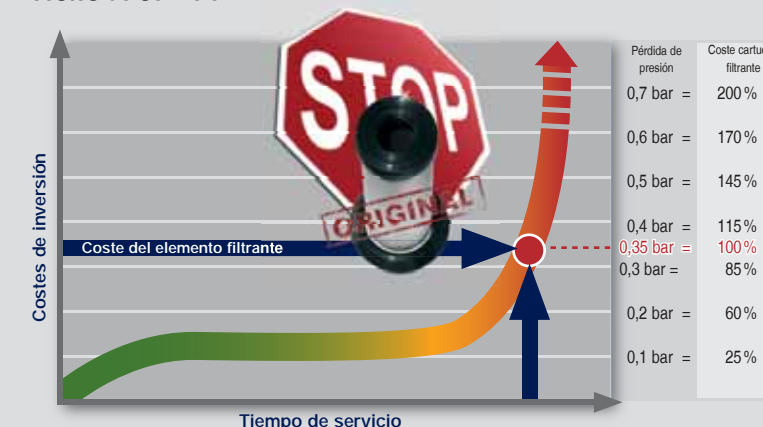
Los elementos filtrantes de recambio KAESER se suministran también para otras carcasas.

### Un cambio a tiempo del elemento filtrante ahorra costes de energía



### Reducción de los costes de servicio

A partir de una pérdida de presión de aprox. 0,35 bar, los costes de la energía adicional consumida superan los costes del cambio del filtro. Realizar el cambio del filtro con regularidad contribuye notablemente a reducir los costes de servicio.



## Planificación de la mano de expertos



El Sistema Kaeser de Ahorro de Energía (KESS) se encarga de calcular la producción de aire comprimido óptima para su empresa con aplicación de lo último en procesamiento de datos. Las estaciones de aire comprimido planificadas por Kaeser se distinguen por su buen rendimiento energético. Los índices de carga de los compresores alcanzan un 95-98%.

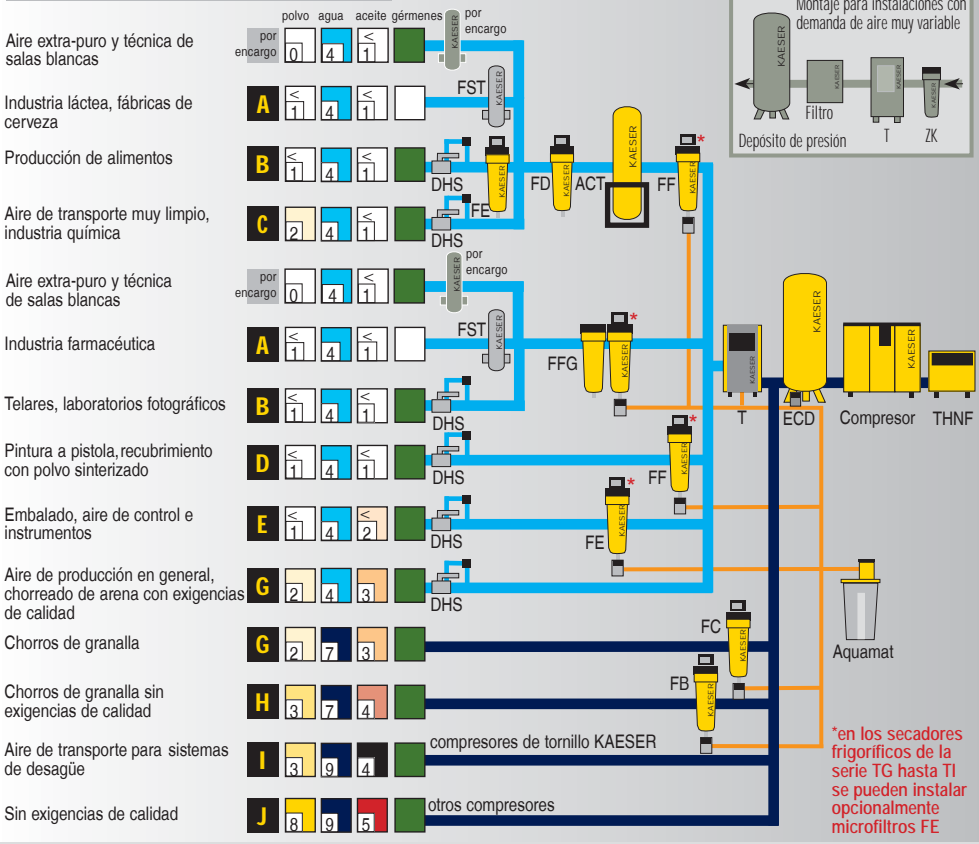
Otra característica de nuestras estaciones de aire comprimido son un aire comprimido de calidad adaptada al uso, los bajos costes y su alta

seguridad de servicio. Saque partido a nuestros conocimientos. Deje la planificación de su estación de aire comprimido en las manos de Kaeser Compresores.

## Elija el grado de tratamiento que se ajuste a sus necesidades:

Tratamiento del aire comprimido con secador frigorífico (punto de rocío 3 °C)

Ejemplos de uso: Grados de tratamiento ISO 8573-1<sup>1)</sup>



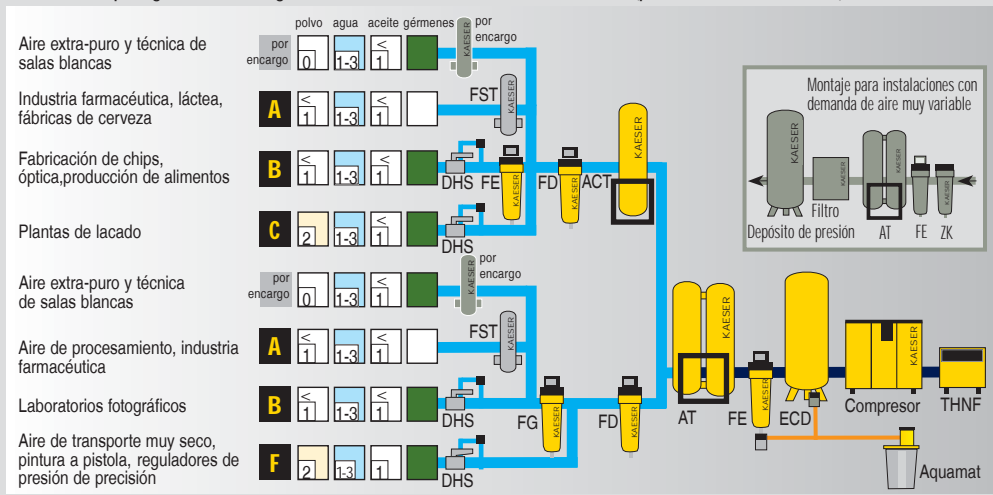
### Explicaciones:

- THNF = Prefiltro de aire de esterillas para limpiar aire de aspiración con un alto contenido de polvo y suciedad
- ZK = Separador centrífugo para eliminar condensados
- ECD = ECO-DRAIN purgador electrónico de condensados regulado según nivel
- FB = Prefiltro 3 µm
- FC = Prefiltro 1 µm
- FD = Postfiltro 1 µm (abrasión)
- FE = Microfiltro 0,01 ppm para eliminar neblinas de aceite y partículas sólidas
- FF = Microfiltro 0,001 ppm para eliminar aerosoles de aceite y partículas sólidas
- FG = Filtro de carbón activo para adsorción en la fase de vapor de aceite
- FFG = Combinación de filtros FF y FG
- T = Secador frigorífico para secar el aire comprimido, punto de rocío hasta +3 °C
- AT = Secador de adsorción para secar el aire comprimido, punto de rocío hasta -70 °C
- ACT = Adsorbente de carbón activo para adsorción en la fase de vapor de aceite
- FST = Filtro estéril para un aire libre de gérmenes
- Aquamat = Sistema de tratamiento de condensados
- DHS = Sistema de mantenimiento de la presión

### Sustancias extrañas al aire comprimido:

+	polvo	-
+	agua/condensado	-
+	aceite	-
+	gérmenes	-

Para redes no protegidas contra congelación: Tratamiento con secador de adsorción (punto de rocío hasta -70 °C)



### Grados de filtración:

Clase ISO 8573-1	Partículas sólidas/polvo <sup>1)</sup>		Humedad	Contenido total aceite
	Tamaño máx. partículas µm	Densidad máx. partículas mg/m <sup>3</sup>	Punto de rocío (x=agua en g/m <sup>3</sup> líquido)	mg/m <sup>3</sup>
0	Posible para aire extra-puro y salas blancas; consulte a KAESER			
1	0,1	0,1	≤ -70	≤ 0,01
2	1	1	≤ -40	≤ 0,1
3	5	5	≤ -20	≤ 1
4	15	8	≤ +3	≤ 5
5	40	10	≤ +7	-
6	-	-	≤ +10	-
7	-	-	x ≤ 0,5	-
8	-	-	0,5 < x ≤ 5	-
9	-	-	5 < x ≤ 10	-

<sup>1)</sup> Carga de partículas acorde a ISO 8573-1:1991

- A** Contenido residual de vapor de aceite ≤ 0,003 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 0,01 µm, estéril, inodoro e insipido
- B** Contenido residual de vapor de aceite ≤ 0,003 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 0,01 µm
- C** Contenido residual de vapor de aceite ≤ 0,003 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 1 µm
- D** Aerosol ≤ 0,001 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 0,01 µm
- E** Aerosol ≤ 0,01 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 0,01 µm
- F** Aerosol ≤ 0,01 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 1 µm
- G** Aerosol ≤ 1 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 1 µm
- H** Aerosol ≤ 5 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 3 µm
- I** Aerosol ≤ 5 mg/m<sup>3</sup>, libre de partículas de hasta 1 µm
- J** Sin tratamiento



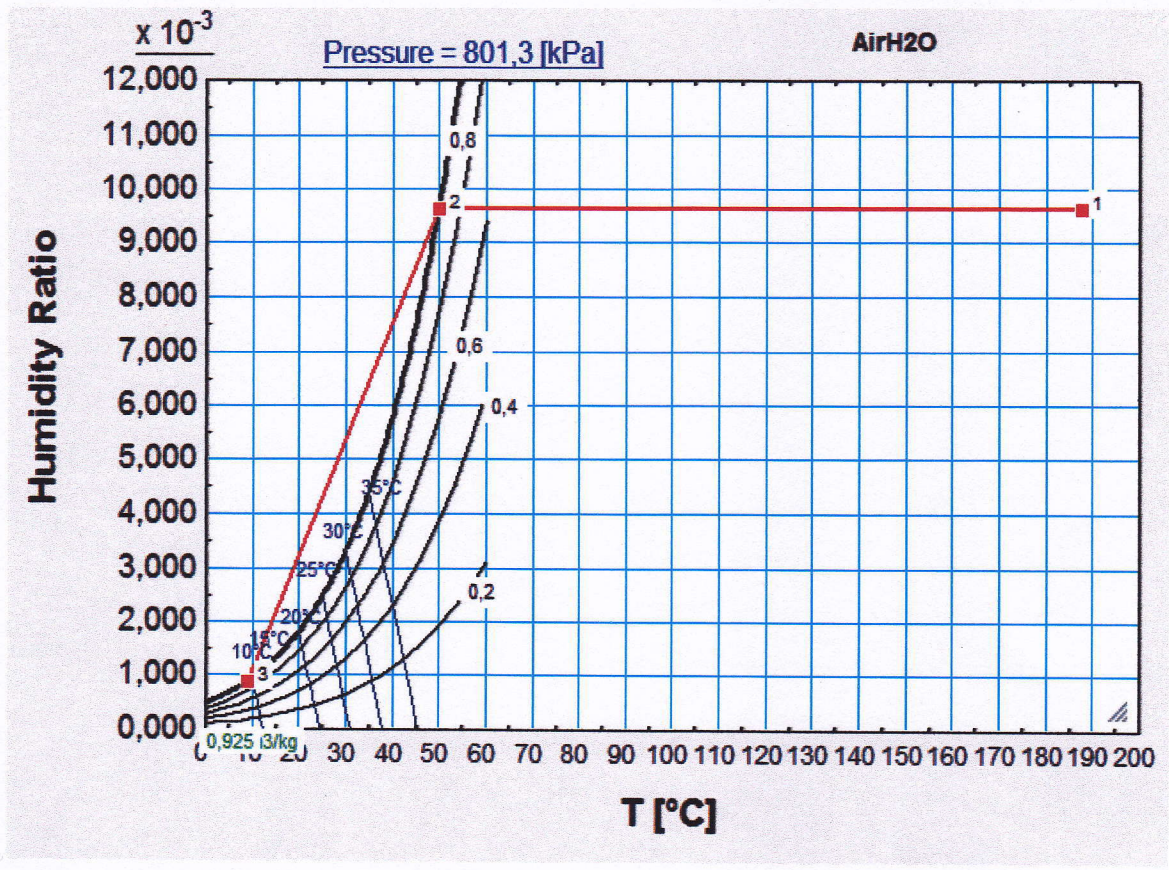
## KAESER COMPRESORES, S.L.

Pol. Ind. Malpica C/. E - Parcela 70 - E-50016 Zaragoza - ESPAÑA  
 Teléfono: 976 46 51 45 - Fax: 976 46 51 51 - Teléfono 24 h: 607 19 06 28  
 www.kaeser.com - E-Mail: info.spain@kaeser.com

# **ANEXO E**

**Programa EES.**





"COMPRESION DE AIRE HÚMEDO Y SU PERDIDA DE HUMEDAD AL ENFRIARSE"

"CONDICION EN LA ASPIRACIÓN"

p=101,3

T=20

HR=0,66

n=1,32

W=HumRat(AirH2O:T=T;r=HR;P=P)

TR=DewPoint(AirH2O:T=T;R=HR;P=P)

"CONDICION EN LA DESCARGA"

W=W[1]

$(T[1]+273)/(T+273)=(P[1]/p)^{((n-1)/n)}$

p[1]=801,3

Hr[1]=RelHum(AirH2O:T=T[1];w=W[1];P=P[1])

TR[1]=DewPoint(AirH2O:T=T[1];W=W[1];P=P[1])

"ENFRIAMIENTO DEL AIRE DESCARGADO HASTA SATURACION"

p[2]=p[1]

W[2]=W[1]

HR[2]=1

T[2]=TEMPERATURE(AirH2O:w=W[2];r=HR[2];P=P[2])

TR[2]=DewPoint(AirH2O:T=T[2];W=W[2];P=P[2])

"ENFRIAMIENTO BAJO PUNTO ROCIO"

p[3]=p[2]

T[3]=9

HR[3]=1

W[3]=HumRat(AirH2O:T=T[3];r=HR[3];P=P[3])

TR[3]=DewPoint(AirH2O:T=T[3];W=W[3];P=P[3])

**Arrays Table: Main**

	P <sub>i</sub>	T <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	Hr <sub>i</sub>	TR <sub>i</sub>
1	801,3	187,6	0,009624	0,01026	49,77
2	801,3	49,77	0,009624	1	49,77
3	801,3	9	0,0008916	1	8,985