



T
021.5
VAL m

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“MEJORAS EN EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN
UNA PLANTA INDUSTRIAL”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

HOMERO HERALDO VALAREZO ORTIZ

GUAYAQUIL-ECUADOR

2002



AGRADECIMIENTO

Mi infinito agradecimiento a Dios por haberme dado las facultades necesarias para llevar a feliz término este estadio de mi vida.

Especial agradecimiento a mis padres, quienes con sus sabios consejos y firmes valores, supieron motivarme hasta alcanzar la meta trazada.

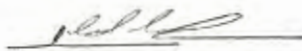
Agradecimiento a la ESPOL, y su cuerpo de docentes, muy en especial al Ing. Ernesto Martínez, amigo sincero, por su aporte y guía en el desarrollo de la presente obra.

DEDICATORIA

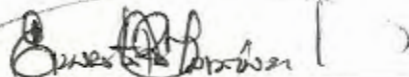
Dedico esta obra a mis queridos padres como prueba tangible de mi gratitud y cariño, a mis queridos hijos por su invaluable apoyo moral y espiritual , a mi esposa por su comprensión y ayuda y a mis apreciados hermanos, por su permanente aliciente para el logro del objetivo propuesto.



TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Mario Patiño A.
SUBDECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL



Ing. Julián Peña E.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponden exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Homero Heraldo Valarezo Ortiz

RESUMEN

El presente tema se realiza en las instalaciones de una Planta industrial, dedicada a la elaboración de aceites y grasas comestibles, específicamente, en la evaluación del sistema de aire comprimido, tomando en consideración desde la etapa de generación y tratamiento, hasta su respectiva distribución y consumo.

La planta industrial se encuentra dividida en tres áreas principales a saber, área de refinería, área de envasado, área de servicios industriales en el área de refinería, se llevan a cabo los procesos de neutralización, blanqueo, desodorización y fraccionamiento; en el área de envasado cuenta con tres procesos, llenado de aceites, preparación de mantecas y margarinas y envasado de mantecas y margarinas; el área de Servicios industriales contempla todos aquellos equipos dedicados a la generación de vapor, aire, agua potable y de proceso, subestaciones eléctricas y laboratorios.

La empresa dispone de toda la información técnica pertinente a los equipos de generación y tratamiento de aire comprimido, así como implantaciones de la red de distribución actual; de igual manera, se manejan estadísticas de consumos de energía eléctrica, pero no se ha ejecutado mediciones de consumos, cálculo de costos reales de generación y tratamiento del aire

comprimido, como tampoco se tiene establecida la eficiencia de la red y sus pérdidas inherentes.

El sistema de generación de aire comprimido está compuesto por cuatro compresores, de los cuales dos están enfrentando problemas de obsolescencia, en consecuencia, se presentan dificultades en el suministro de repuestos y asistencia técnica, provocando por consiguiente la ineficiencia en la operación del sistema, paralizaciones en las líneas productivas y una mayor demanda en el control por parte del departamento de mantenimiento.

El objetivo principal de la presente tesis de grado, consiste en establecer, mediante el **Desarrollo de un estudio integral del sistema existente**, las acciones requeridas para mejorar las condiciones actuales de generación, tratamiento y distribución del aire comprimido, paralelamente a lo descrito, permitirá determinar el uso eficiente de los recursos financieros de la Planta en base a la determinación de los consumos y costos reales del aire comprimido, tanto de la situación actual cuanto de lo proyectado, permitirá también definir los justificativos técnicos, el retorno de las inversiones a realizar, la actualización de la información técnica del sistema y su respectivos planes de mantenimiento.

Con base en la información existente en los archivos, en la documentación técnica, y estadísticas, de mantenimiento, de los procesos de producción y de operación de los equipos, se ha establecido tres alternativas ha analizar.

- Desarrollo de un estudio integral al sistema de aire comprimido
- Reordenamiento de la red de distribución
- Reparación total del sistema actual de generación y tratamiento

Del análisis de las tres alternativas, se decide llevar a cabo la primera opción, misma que permitirá, de una manera muy técnica y cuantitativa, conocer las fortalezas y debilidades del sistema actual, como también facilitará el desarrollo de propuestas de mayor y menor alcance, en función de las prioridades de la Planta.

El estudio será encaminado en primera parte, a definir las diferentes valoraciones del sistema actual, esto es, eficiencia y rentabilidad del sistema actual; en segunda parte, propondrá las diferentes mejoras y acciones a seguir; en tercera parte, determinará la inversión requerida para las mejoras propuestas, el retorno de la misma, los costos del sistema proyectado y en última parte, definirá los planes de mantenimiento necesarios para una adecuada operación y sostenimiento de la vida útil del sistema.

Con la implementación de las mejoras propuestas, se espera obtener los siguientes resultados:

- Reemplazar tres unidades de generación de aire comprimido por una única unidad, moderna de alta eficiencia, con menor consumo de energía y menores costos de mantenimiento, dejando el sistema de generación con dos unidades.
- Instalación de un sistema idóneo de tratamiento de la totalidad del aire comprimido de la Planta.
- Desarrollar el correspondiente programa de mantenimiento preventivo de todo el sistema de aire comprimido.
- Rediseñar el distribuidores principales e incorporar distribuidores secundarios de las principales áreas de consumo.
- Eliminar pérdidas y mejorar la eficiencia del transporte en la red de distribución y en los puntos de consumo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	PAG.
1.1 Sistema de generación.....	4
1.2 Sistema de tratamiento de aire comprimido.....	8
1.3 Sistema de distribución.....	11
1.4 Demanda instalada de aire comprimido.....	13
1.5 Costos de aire comprimido.....	19
1.6 Análisis.....	21

CAPÍTULO 2

2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

2.1 Desarrollo de estudio integral del sistema.....	24
2.2 Reordenamiento de Redes de Distribución.....	27
2.3 Reparación total del sistema actual de generación y tratamiento.....	28

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO DEL ESTUDIO INTEGRAL DEL SISTEMA

3.1 Levantamiento de la red de distribución.....	30
3.2 Detección y valoración de pérdidas.....	34
3.3 Determinación de consumos reales.....	41
3.4 Determinación del sistema de tratamiento.....	46
3.5 Determinación de necesidades reales de generación.....	56
3.6 Mejoras al sistema de generación.....	60
3.7 Mejoras al sistema de tratamiento.....	64
3.8 Mejoras al sistema de distribución.....	66
3.9 Presupuesto referencial para implementar mejoras.....	68
3.10 Costos de generación de aire comprimido con el sistema propuesto.....	70

3.11 Cálculo del retorno de la inversión.....	72
3.12 Programa de mantenimiento del sistema de aire comprimido propuesto.....	76

CAPÍTULO 4

4. EJECUCIÓN

4.1 Reemplazo de tres unidades de generación por una única unidad.....	82
4.2 Reemplazo de unidad secadora del aire.....	85
4.3 Instalación de filtros y sistema de trampeo.....	86
4.4 Reemplazo de distribuidor principal y secundarios.....	101
4.5 Eliminación de pérdidas y crear lazos en el sistema de distribución.....	102
4.6 Instalación de tanque pulmón en área de proceso.....	103

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
--	-----

APÉNDICE

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

bar	Bar
Bp	En by pass
CFM	Pies cúbicos por minuto
g/cm ³	Gramos por centímetro cúbico
HP	Caballo de potencia
HR	Humedad relativa
hr-máq.	Horas máquina
kw	Kilovatios
kwh	Kilovatios hora
m ³	Metros cúbicos
m ³ /min	Metros cúbicos por minuto
min	Minutos
mts	Metros
nm ³	Metros cúbicos normales
Op	En operación
P & D	Diagrama de tubería
PPM	Partes por millón
psi	Libras por pulgada cuadrada
psig	Libras por pulgada cuadrada manométricas
SCFM	Pies cúbicos por minuto estándar
\$	Dólares
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit

SIMBOLOGÍA

MN – P	Distribuidor principal
MNS – 1	Distribuidor secundario 1
MNS – 2	Distribuidor secundario 2
P1	Salida a tanque pulmón secundario
P2	Salida a distribuidor secundario
P3	Salida a envasado
P4	Salida a deodorizadores
P5	Salida a servicios y taller
P6	Salida para usos varios
P7	Salida para uso futuro
S 11	Salida a filtros prensa
S12	Salida a tablero de deodorizado
S13	Salida a neutralizado
S14	Reserva
S21	Salida a fraccionamiento
S22	Salida a laboratorio
S23	Salida a bomba de borra
S24	Reserva
TK – Prs	Tanque pulmón secundario

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pag.
Figura # 1	Instalación de aire comprimido en una planta industrial.....	9
Figura # 2	Distribución de requerimiento de aire comprimido de la planta...	16
Figura # 3	Distribución de requerimiento de aire comprimido en línea de envasado.....	18
Figura # 4	Pérdidas por fugas en agujeros	35
Figura # 5	Comportamiento típico de la fuga en un sistema de aire comprimido.....	36
Figura # 6	¿Porqué se debe secar el aire comprimido?.....	47
Figura # 7	Métodos de secado del aire comprimido.....	48
Figura # 8	Separación de condensado.....	54
Figura # 9	Separador centrífugo.....	54
Figura # 10	Filtro de aire en línea.....	55
Figura # 11	Filtro coalescente para remoción de aceite.....	55
Figura # 12	Cálculo de la presión máxima de un compresor.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla # 1	Descripción de equipos de generación.....	5
Tabla # 2	Consumo mensual promedio de energía del sistema de aire comprimido.....	6
Tabla # 3	Promedios anuales de paralizaciones por falla de aire comprimido.....	7
Tabla # 4	Descripción del sistema de tratamiento del aire comprimido.....	10
Tabla # 5	Distribución de los puntos de consumo por secciones.....	14
Tabla # 6	Distribución del requerimiento de aire comprimido en la planta	15
Tabla # 7	Distribución de los requerimientos de aire comprimido en las líneas de envasado.....	17
Tabla # 8	Comparativo entre tuberías de aire.....	32
Tabla # 9	Fugas detectadas por área.....	34
Tabla # 10	Pérdidas por desperdicio de caudal en la planta.....	36
Tabla # 11	Costo anual por las pérdidas por caudal.....	38
Tabla # 12	Valoración total de las pérdidas por aire comprimido en la planta.....	40
Tabla # 13	Distribución del consumo de aire comprimido en la planta.....	42
Tabla # 14	Distribución de los consumos de aire comprimido en las líneas de envasado.....	43
Tabla # 15	Consumo de aire por equipos en las líneas de envasado.....	45

Tabla # 16	Contenido máximo de agua en el aire.....	50
Tabla # 17	Cantidad de condensado del agua en el aire, en g/cm ³ , a temperaturas y valores de HR diversos.....	51
Tabla # 18	Cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento.....	52
Tabla # 19	Caída de presión.....	58
Tabla # 20	Valores de pérdidas de presión recomendados.....	59
Tabla # 21	Presupuesto estimativo de modificación del sistema de aire comprimido.....	69
Tabla # 22	Costos de generación del aire comprimido sistema propuesto....	71
Tabla # 23	Ahorro de energía con sistema de generación propuesto.....	72
Tabla # 24	Ahorro total anual con sistema propuesto.....	73
Tabla # 25	Retorno de la inversión.....	74
Tabla # 26	Programa de mantenimiento preventivo de un sistema de aire comprimido.....	79
Tabla # 27	Alternativas para instalar compresor.....	84
Tabla # 28	Programa de mantenimiento preventivo compresor kaeser.....	88
Tabla # 29	Programa de mantenimiento preventivo compresor gardner denver.....	91
Tabla # 30	Programa de mantenimiento preventivo del sistema de tratamiento del aire comprimido.....	94
Tabla # 31	Presupuesto anual de mantenimiento preventivo del sistema de generación y tratamiento de aire comprimido.....	96

INDICE DE PLANOS

- Plano # 1 Distribución sistema de aire comprimido actual
- Plano # 2 Distribución neutralización actual
- Plano # 3 Distribución Blanqueo actual
- Plano # 4 Distribución Deodorizado actual
- Plano # 5 Distribución Fraccionamiento actual
- Plano # 6 Distribución Envasado actual
- Plano # 7 Distribución Borrás-Tratamiento de aguas actual
- Plano # 8 Distribución Compresores actual
- Plano # 9 Distribuidor principal actual
- Plano # 10 Tanque recibidor actual
- Plano # 11 Sistema de Distribución aire comprimido propuesto
- Plano # 12 Distribuidor principal propuesto
- Plano # 13 Sistema de Alimentación a Distribuidores Secundarios y Tanque Pulmón propuesto.
- Plano # 14 Distribuidor secundario propuesto
- Plano # 15 Distribución Compresores propuesta
- Plano # 16 Distribución neutralización propuesta
- Plano # 17 Distribución Blanqueo propuesta
- Plano # 18 Distribución Deodorizado propuesta
- Plano # 19 Distribución tablero deodorizado propuesta
- Plano # 20 Distribución Fraccionamiento propuesta
- Plano # 21 Distribución Envasado propuesta
- Plano # 22 Distribución Borrás-Tratamiento de aguas propuesta

INTRODUCCION



Una de los principales enfoques en la actualidad, es aquel encaminado al manejo racional de la energía y sus formas, con la finalidad de poder mostrar procesos más eficientes y competitivos, que permitan la disminución de los costos de producción y en consecuencia, la expansión de los mercados y el logro de los resultados esperados.

Siendo el aire comprimido un recurso utilizado para desarrollar trabajo en las máquinas y sistemas, así como para varios procesos en las diferentes ramas de la ciencia, se hace necesario su estudio y análisis, con el firme propósito de dar un buen uso del mismo y convertir este fluido en un bien que permita obtener ganancias.

El presente trabajo, basa su objetivo principal, en el desarrollo de un cabal conocimiento sobre el funcionamiento del sistema de aire comprimido en una planta industrial y sus oportunidades de mejora, con miras a generar ahorros monetarios, merced al buen manejo de la energía.

La planta industrial en mención se dedica a la fabricación de productos de consumo masivo, en la línea de los aceites y grasas comestibles; esta ocupación la viene desempeñando desde hace muchos años dentro del mercado nacional y dispone de una importante participación en el mismo.

La planta ha tenido un crecimiento a lo largo de los años, si se puede decir un poco desordenado y es fácil apreciar dentro de sus instalaciones, combinaciones de vieja y nueva tecnología, así como también, aspectos poco técnicos, que no son otra cosa que la consecuencia de su expansión.

El sistema de aire comprimido, ha sido desde hace algún tiempo el promotor de pérdidas tangibles, significativas, principalmente por las continuas paralizaciones de las líneas productivas y el exceso de condensado que acarrea su red de distribución. Frente a esta situación la compañía decidió emprender acciones de mejora en el sistema, para lo cual, en mi calidad de gerente de mantenimiento, se me fue asignada la labor de establecer los diferentes cursos de acción a seguir, que permita disponer de un oportuno suministro de aire, tanto en volumen y presión como en calidad del mismo.

Para el efecto se planteo tres posibilidades de solución, de las cuales, el desarrollo de un estudio integral al sistema, se constituyó en la ruta a seguir, para la comprensión del sistema, identificación de los problemas, evaluación de las pérdidas y planteamiento de mejoras.

En tal virtud, el presente trabajo, durante su desarrollo, permite entender la situación actual del sistema del aire comprimido en la planta y define los cambios inmediatos y mediatos a seguir, que a su vez, tengan como

resultado, el normal desempeño de los procesos productivos, con un apropiado manejo de los recursos materiales y financieros de la empresa.

El estudio, también procura, fortalecer la cultura operativa y técnica del personal de la planta, de manera tal, que aseguren el uso apropiado del aire comprimido y de los equipos, evitando derroches innecesarios o un mal mantenimiento del sistema.

CAPITULO 1

1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Se describe a continuación el sistema de distribución de aire comprimido que se encontraba operando y que existían varios problemas con el, que se enunciaran posteriormente.

Se describe el sistema de aire comprimido desde la generación, filtración, almacenamiento, distribuidor hasta los puntos de consumo.

Se puede observar en el plano # 1, de la sección de anexos, el esquema de la instalación del sistema de aire comprimido, tema de este estudio.

1.1 Sistema de generación

El sistema de generación, plano # 8, estaba constituido por cuatro compresores de tornillo de las marcas Joy y Gardner Denver cuyas capacidades y estado operativo, se indican en la tabla # 1.

TABLA # 1

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE GENERACION

ITEM	Equipo	Marca	Potencia	Estado operativo	Capacidad estimada	
					m ³ /min	CFM
1	Compresor de tornillo	Joy	20 kw	Limitado	1.70	60
2	Compresor de tornillo	Joy	24 kw	Limitado	1.98	70
3	Compresor de tornillo	Gardner	20 kw	Bueno	2.55	90
4	Compresor de tornillo	Gardner	24 kw	Bueno	2.83	100
	Capacidad instalada		88	kw		
	Capacidad utilizada	0,90	79,2	kw		

De la tabla # 1 se puede derivar, que el consumo de energía de los compresores es 79,2 kw. por hora, observando que el 90% del tiempo se encuentran en operación la totalidad de los compresores durante el tiempo de inspección.

Sin embargo los registros de la Planta muestran en la tabla # 2, la distribución real del consumo de energía de acuerdo con las mediciones efectuadas por mes.

TABLA # 2

**CONSUMO MENSUAL PROMEDIO DE ENERGIA DEL
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO**

Capacidad Instalada Kw.	Factor de coincidencia	horas/dia	días/mes	Consumo mensual Kwh
88	0.9	6	30	14.256
88	0.5	18	30	23.760
Total				38.016

En función del promedio mensual de kilovatios hora consumidos, se puede deducir que la capacidad de generación promedio empleada por el sistema es de 52.8 kwh.

El control operativo del sistema de generación, estaba a cargo de los operadores del área y el mantenimiento del mismo a cargo del personal técnico de la Planta.

El mantenimiento preventivo del sistema consistía en realizar intervenciones basadas en tiempo de operación de los compresores, usualmente tanto la labor de mantenimiento cuanto el suministro de repuestos se lo realizaba con el personal de la empresa, de esta forma el gasto anual de mantenimiento del sistema de generación se encontraban en el orden de los \$ 13,500.

De acuerdo con las estadísticas anuales de la Planta, las cuales se muestran en la tabla # 3, se puede observar que se presentan marcadas paralizaciones principalmente en las líneas de envase, derivadas de las fallas en el suministro de aire, tanto por caídas de presión como por la insuficiencia en el caudal suministrado.

TABLA # 3

PROMEDIOS ANUALES DE PARALIZACIONES POR FALLA DE AIRE COMPRIMIDO

AREAS	TIEMPO DE PARALIZACIÓN (hr-máq/año)
Refinería	15
Preparación de manteca y margarina	10
Envasado de manteca y margarina	24
Envasado de aceites	300
Servicios	45

Por lo indicado en el párrafo anterior, se puede concluir que el sistema de aire comprimido adolecía de garantía operativa, a pesar de que en determinados momentos se encontraban en operación los cuatro compresores existentes, a menudo el problema de paralizaciones se agudizaba, cuando la Planta operaba a su mayor

capacidad y trabajaban simultáneamente varios consumidores, en las diferentes áreas.

Esta pérdida de tiempo de producción se reflejaba en los informes de tiempos perdidos y en el presente trabajo ha sido cuantificada como pérdida o costo de producción de aire comprimido, misma que alcanzaba la cifra de \$ 23,400 anuales.

Una falencia operativa que se había hecho una costumbre generalizada, constituía el hecho de que cuando se realizaba el barrido con aire de los filtros pulidores o de los filtros prensa, se ponían en operación los cuatro compresores, en la mayoría de las ocasiones, esta acción, no era suficiente y como consecuencia del barrido, la presión descendía, ocasionando las paralizaciones descritas en la tabla # 3.

1.2 Sistema de Tratamiento de Aire Comprimido

Para la utilización de aire comprimido en cualquier instalación industrial es necesario el empleo de un tratamiento del mismo, que consiste en retirar partículas y secar ó deshumidificar el aire, además de la respectiva eliminación de aerosoles de aceite, de tal manera que se garantice la calidad del aire comprimido a utilizar en los puntos de consumo.

En la figura # 1, se ilustra una instalación de un sistema de aire comprimido, donde se puede apreciar el sistema de tratamiento, básicamente constituido por el compresor de aire, separador de aceite, secador, filtro coalescente y un separador de agua – aceite.

Instalación de aire comprimido en una Planta Industrial

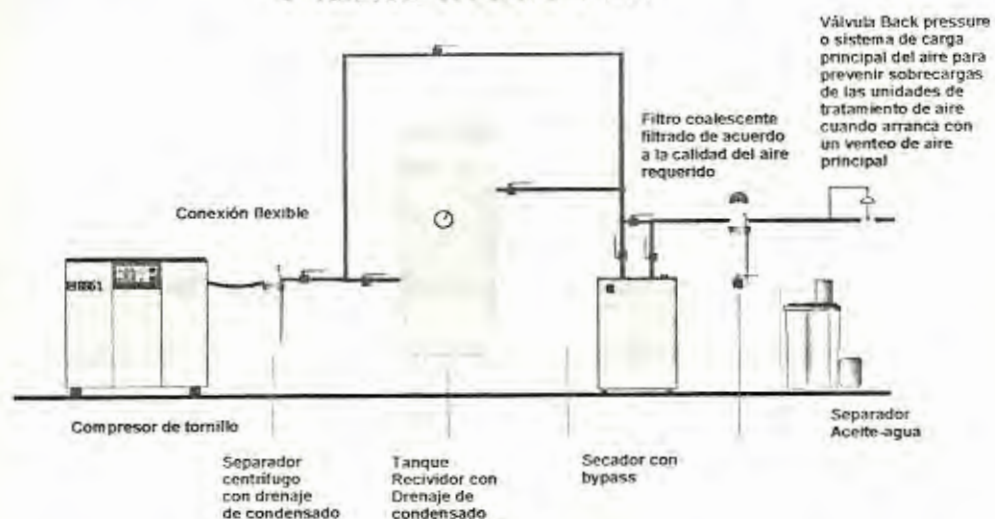


FIGURA # 1

A continuación la tabla # 4 presenta los equipos auxiliares existentes en la Planta, destinados a purificar ó realizar el tratamiento del aire comprimido y su condición operativa.

TABLA # 4

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO

ITEM	Equipo	Marca	Capacidad		Estado operativo
1	Post – enfriador	Joy			Bueno
2	Post – enfriador	Gardner			Bueno
3	Post – enfriador	Gardner			Bueno
5	Tanque recibidor		3 m ³		Bueno
7	Secador	Ingersoll Rand	m ³ /min 5.67	SCFM 200	Fuera de Servicio

Cabe indicar que el secador listado en la tabla # 4 se encuentran fuera de servicio además uno de los compresores Joy no posee Post enfriador por ser un equipo de anterior tecnología.

De igual manera que en el sistema de generación, los operadores del área también eran responsables por el control operativo del sistema de tratamiento del aire, y lo relacionado a mantenimiento, aunque se realizaba de manera correctiva y no preventiva, estaba a cargo del personal técnico del área.

Los gastos anuales de mantenimiento incurridos en el tratamiento del aire se encontraban en el orden de los \$ 3,200.

1.3 Sistema de Distribución

En el plano # 1, se pudo observar de igual modo, la instalación general del sistema de aire comprimido que existía. En los planos # 2, # 3, # 4, # 5, #6 y # 7 aparece la red actual de distribución de aire de las áreas neutralización, blanqueo, deodorizado, fraccionamiento, envasado, borras-tratamiento de aguas respectivamente.

Existe un distribuidor principal, plano # 9, en el área de compresores, cuyas dimensiones son de 150 mm de diámetro por 1.7 m de longitud, instalado después del tanque pulmón, sin pasar por un equipo deshumidificador, cuenta nueve salidas que alimentan o distribuyen aire comprimido a las siguientes áreas:

1. Línea envasado
2. Línea fraccionamiento
3. Línea bombas borras
4. Línea blanqueadores
5. Línea tablero desodorizado
6. Línea de neutralización
7. Línea desodorizadores
8. Línea servicios
9. Libre

La tubería se distribuye en forma lineal, ramificando de la tubería principal en cada una de las secciones.

El problema principal en la red constituía el arrastre de un excesivo volumen de condensado y en consecuencia los problemas consiguientes de corrosión, humedad en los equipos e instrumentos ó problemas diversos derivados de la propia caída de presión en el sistema.

En cada punto de consumo, existen unidades de mantenimiento y regulación, mismas que eran purgadas continuamente para evitar problemas con el condensado, especialmente al arranque de los equipos.

La temperatura ambiente del cuarto donde se encuentran ubicados los compresores de aire es de 37 °C, lo que representaba una condición térmica alta para el trabajo del compresor.

El tanque receptor ó también conocido como tanque pulmón, posee las siguientes dimensiones 1.35 mts de diámetro y 2.5 metros de altura, su espesor de pared es de 6 mm, se encuentra dotado de una válvula de entrada, una válvula de purga, una válvula de seguridad, manómetro y termómetro, ver plano # 10. El tanque receptor era

sujeto de inspección anual, principalmente basado en pruebas hidrostáticas y medición de espesores.

Los costos anuales de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de distribución, considerando los reemplazos de las unidades de mantenimiento y regulación, acoples, válvulas, tramos de tubería con perforaciones, etc, ascendía a los \$ 4,500 por año.

1.4 Demanda instalada de aire comprimido

La tabla # 5, pone de manifiesto la cantidad de puntos o líneas que requieren usar aire para su normal operación, en cada sección. Se puede determinar fácilmente, que existen 44 líneas que demandan consumo de aire comprimido en la planta, claro está, que cada una de ellas tiene incorporado, a más de la totalidad de las máquinas que conforman la línea propiamente, los equipos auxiliares y la respectiva instrumentación.

TABLA # 5
DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONSUMO POR SECCIONES

	Refinería				Envasado			Servicios	
	Neutralizado	Blanqueo	Deodorizado	Fraccionam.	Prep. Grasas	Env. Grasas	Env. Aceite	Lab. y Taller	Varios
Líneas	4	5	3	7	5	8	5	2	5

En la tabla # 6 se puede observar los requerimientos de aire comprimido en cada una de las secciones, tomado de la información suministrada por los fabricantes de los diferentes equipos, sin considerar pérdidas de ninguna naturaleza.

TABLA # 6

**DISTRIBUCIÓN DEL REQUERIMIENTO DE AIRE
COMPRIMIDO EN LA PLANTA**

SECCIONES	FLUJO		PORCENTAJE
	m ³ /min	CFM	%
Envasado	3.90	137.56	62.37
Fraccionamiento	0.23	8,00	3.63
Bombas borras	0.28	10,00	4.53
Blanqueadores	0.28	10,00	4.53
Tablero deodorizado	0.28	10,00	4.53
Neutralización	0.45	16,00	7.25
Deodorizadores	0.26	9,00	4.08
Uso futuro	0.57	20,00	9.07
TOTAL	6.25	220.56	100,00
Factor de coincidencia		0,90	
TOTAL REQUERIDO	5.63	198.50	

El requerimiento total de aire comprimido de la planta con un factor de coincidencia de 0.90 (90% de los equipos en operación en todo momento) es de 5.63 m³/min (198.5 CFM).

La distribución de los requerimientos de aire comprimido son mostrados en el figura # 2.



De acuerdo con la información de la tabla # 6, se puede notar que el mayor consumidor de aire comprimido es el área de envasado, absorbiendo el 60% del consumo de la Planta, dentro del consumo de envasado, la sección de envasado de aceites constituye el 86% del consumo.

No aparece en la tabla los valores de consumo del área de Preparación de Mantecas y Margarinas, tampoco aparecen los valores de consumo correspondientes al resto de consumidores del área de

Servicios, esto, debido a que su contribución en la demanda, es poco significativa y no contribuye en las variaciones o fluctuaciones, que se presentan en la Planta.

La tabla # 7, muestra con mayor detalle, los requerimientos de aire comprimido de las líneas de envasado, por cada equipo de producción se consideran las perdidas que existen por acoples, mismos que no son herméticos.

TABLA # 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AIRE COMPRIMIDO EN LAS LINEAS DE ENVASADO

LINEA DE ENVASE	FLUJO		PORCENTAJE %
	m ³ /min	CFM	
Línea 1	1.25	44,00	30.39
Línea 2	1.28	45,09	31,08
Línea 3	0.17	6,00	4.14
Línea 4	0.23	8,00	5,52
Línea 5	0.62	21,80	13.81
Línea 6	0.57	20,00	15.06
Total envase	4.10	144.8	100,00
Factor de coincidencia		0,95	
Total requerido	3.90	137.56	

El requerimiento total de aire comprimido en el área de envasado (considerado el mayor consumidor) con un factor de coincidencia de 0.95 (95% de los equipos en operación en todo momento) es de 3.90 m³/min (137.56 CFM).

La distribución de los requerimientos de aire comprimido para línea de nevasa se puede observar en el figura # 3.



FIGURA # 3

ESPOL

1.5 Costos Aire Comprimido

Aunque el aire se encuentra en abundancia con libertad en la naturaleza, la preparación de ese aire para hacerlo adecuado a las necesidades industriales, demanda la incursión en gastos y costos de generación.

El costo del aire comprimido para los sistemas neumáticos se debe calcular a 6 bar (man), que constituye la presión estándar en las líneas para uso industrial normal.

Los cálculos que interviene son bastantes sencillos, a continuación se presentan los factores mínimos que deben ser considerados para la determinación del costo del aire comprimido:

1. Capacidad del tanque receptor
2. Presión desarrollada
3. Costo de la planta generadora (costo del capital)
4. Costo de la mano de obra
5. Costo corriente del mantenimiento
6. Costo de la energía eléctrica

Presión de trabajo	6	bar	
Tanque	3	m ³	

Tiempo de llenar tanque	3.6	minutos	
Compresor	88	kw	
Costo mano de obra	1.47	\$/hora	
Costo planta generadora	60.000	\$	
Perdidas	5	%	
Costo kwh	0.08	\$	
Tiempo de depreciación	10	años	
Días laborables	360	días	
Horas laborables	24	horas	
Cantidad real de aire comprimido	3.15	m ³	
Tiempo necesario para comp 1 m ³	1.14285714	min.	
Energía eléctrica	1,67619048	kwh	
Costo de la energía eléctrica	0,13409524	\$	
Costo de la mano de obra	0,02793651	\$	
Costo de mantenimiento	0,02976000	\$	
Costo de depreciación	0,01322751	\$	
Costo total m ³ a 6 bar	0,20501926	\$	
Costo total CFM a 90 psi	0,00580561	\$	
Cantidad de aire atmosférico	6.92300099		
Costo de m ³ normal	0,02961449		

1.6 Análisis

Los dos compresores Joy no contribuían al sistema cuando la presión era mayor a 5.5 bar (80 psi), debido a la falta de capacitación y desconocimiento técnico de los operadores de producción encargados de los compresores, estos, hacían que operen los cuatro compresores de forma desordenada, tal como se pudo apreciar en la tabla # 2, con el factor de coincidencia indicado.

Debido a falencias de diseño en el distribuidor principal, el sistema presentaba oscilaciones exageradas, principalmente en lo referente a las presiones causando que los compresores carguen y descarguen continuamente en forma intermitente, dando lugar a lo que se conoce como un cuello de botella.

La caída brusca de presión en la mayoría de las veces se debía al consumo puntual causado por las actividades realizadas para evacuar el aceite los diferentes filtros, se estima que el caudal requerido en cada uno de los filtros es de $0.57 \text{ m}^3/\text{min}$ (20 CFM) por un lapso de 15 a 30 minutos cada vez que se lo realiza. Esta operación se ejecuta de 6 a 8 veces al día.

Además se estableció que los filtros prensa dejan perder aire comprimido a través de las empaquetadoras existentes entre placas, lo que causa que el consumo sea mayor al requerido.

Como se indicó en el párrafo anterior al momento de evacuar los filtros se produce caída de presión del sistema causando que algunos de los equipos dejen de operar como ejemplo la línea de llenado de 25g, razón por la cuál esta línea al igual que otros equipos deben esperar un lapso de tiempo antes de reiniciar las labores de producción.

Al no tener sistema de tratamiento de aire comprimido, las unidades de mantenimiento en los puntos de consumo registraban la presencia excesiva de condensado, lo que originaba que los elementos neumáticos y de control, trabajen en forma errática y su vida útil se vea afectada.

De la tabla # 6 se estableció que el requerimiento de aire comprimido es de $5.63 \text{ m}^3/\text{min}$ (198.5 CFM) a 7 bar (105 psi), lo cual, de acuerdo a las capacidades instaladas de compresores, bien se podría haber obtenido, operando sólo con los compresores Gardner, aunque desde el punto de vista de energía no era lo más acertado.

El problema general que presentan las instalaciones de esta planta referente al sistema de aire comprimido, era el desorden de las

diferentes líneas que componen la red de distribución, así como el tipo de válvulas empleadas, válvulas de compuerta, instaladas sin importar el diámetro ni las condiciones de operación en las que se utilizaban, válvulas que dejan escapar aire a través de su prensa estopa, todo esto hacía notar que era necesario, tomar las respectivas acciones preventivas y correctivas, así como de diseño, selección y aplicación, con la finalidad de eliminar las pérdidas actuales existentes y de esta forma generar ahorros en los costos del sistema.

CAPITULO 2

2. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Se procede a considerar tres alternativas para mejorar el sistema de distribución de aire comprimido de la planta, con la finalidad de que éste se mejore en la parte operativa y funcional, de forma tal que su operación sea económica, este último, aspecto muy importante a considerar en los actuales tiempos, por lo que se debe mejorar la eficiencia en el uso de la energía, máxime que en la actualidad, se esta produciendo un aumento constante al valor de la energía eléctrica y de los costos de mantenimiento y reparación.

2.1 Desarrollo de Estudio Integral del Sistema

Esta alternativa propone de manera ordenada, sistemática y objetiva, establecer con suficiente precisión, la distribución actual de la red de transporte del aire comprimido, su dimensiones y recorridos dentro de las áreas de la Planta, la detección y valoración de las pérdidas existentes, provocadas por fugas en los accesorios existentes, uniones, válvulas, uniones en T, mangueras, cilindros neumáticos, acoples, unidades de tratamiento, unidades reguladoras, filtros, purgas, instrumentos, equipos de codificación, etc. Con base en esta

información, determinar los cambios necesarios que se deben ejecutar en la red, para mejorar el flujo del aire que permitan garantizar la oportuna provisión a los puntos de consumo, tanto en flujo cuanto en condiciones de presión.

Propone de igual forma, la medición de los consumos reales de aire en los diferentes equipos, máquinas e instrumentos y establece de manera estimativa la valoración de ciertos consumos no controlados, como son, la utilización del aire comprimido para procesos de enfriamiento, soplado de líneas, sistemas de posicionamiento de envases y usos diversos en laboratorios y test de control.

Realiza una evaluación del tratamiento existente y especifica su idoneidad para las diferentes aplicaciones en toda la Planta, a la vez, analiza la situación actual del sistema de generación y lo confronta con las necesidades de consumo reales, basadas en las mediciones previas.

Tomando en consideración el total de la demanda requerida en la Planta, indica las modificaciones a realizar en la red de distribución, la calidad del aire para las aplicaciones en las diferentes áreas, la valoración del sistema actual de generación y del medio ambiente donde se encuentran instalados estos equipos, propone sistemas de

generación y tratamiento más eficientes, modernos, de menor consumo energético y menores costos de mantenimiento.

En el aspecto financiero, define un presupuesto referencial para el desarrollo de los cambios recomendados, establece el periodo de recuperación de las inversiones realizadas, especifica el programa de mantenimiento del sistema en general, así como adiciona algunas reglas y estándares aplicables para las instalaciones de aire comprimido en cualquier Planta industrial.

Adicional a lo indicado en los párrafos anteriores, proporciona la actualización de la información técnica del sistema de aire comprimido, tanto en el inventario de todo el sistema como en la disposición de documentación escrita y electrónica de procedimientos, estándares de instalación, selección e incorpora especificaciones de instalación, también permite la determinación de los costos actuales y propuestos del sistema, los potenciales ahorros derivados de las mejoras y las acciones a seguir para el manejo técnico y profesional del sistema.

Siendo esta una actividad metodológica, involucra tiempo en el levantamiento, revisión de la información, actividad de campo, coordinación y disponibilidad de equipos, elaboración de informes parciales para análisis, establecimiento de propuestas y discusión de las mismas; requiere de la conformación de un equipo de trabajo

destinado al desarrollo y análisis continuo de los resultados obtenidos del estudio.

2.2 Reordenamiento de Redes de Distribución

Esta alternativa enfoca su accionar en un análisis detallado del levantamiento de la red de distribución actual para el transporte del aire comprimido, tomando en consideración las dimensiones, distribuidores, recorridos y aplicaciones dentro de las áreas de la Planta, enfoca los cambios y desmontajes de líneas innecesarias, que se deben realizar en la red actual, con el fin de disminuir las caídas de presión del sistema, el uso irracional del aire y la generación de condensado por el exceso de longitud de tubería o la falta de lazos. Permite el levantamiento del inventario actual de unidades de mantenimiento y regulación, su respectiva valoración y potencial reemplazo en donde sea requerido.

El tiempo que se ejecuta esta solución es corto, por lo que representa una ventaja sobre la alternativa anterior.

Esta solución, no considera ningún análisis del tratamiento y generación del aire comprimido, por lo que los problemas derivados del sistema actual, persistirán aún con las modificaciones del sistema de distribución, aunque mejorará la oportuna provisión de aire a los

equipos y de igual forma, permitirá la supresión de algunas pérdidas por fugas, en los puntos donde se realicen los cambios propuestos.

2.3 Reparación total del sistema actual de generación y tratamiento

Una alternativa de solución , a tomar en consideración, aunque en cierta forma algo costosa, consiste en llevar a cabo, una reparación total (overhaul) al sistema de generación y tratamiento; esto es, realizar una evaluación pormenorizada de la eficiencia y capacidad de los equipos y compararla con las necesidades de aire comprimido indicadas por los fabricantes de las máquinas, proveedores de instrumentos, sistemas neumáticos y demás usos en la Planta; con el objeto de establecer si la capacidad instalada de los equipos es la adecuada o si se necesita restringir o incrementar la generación y en consecuencia el tratamiento del aire.

Si bien es cierto esta alternativa, permitirá desarrollar una renovación integral y alargar la vida útil de los equipos de generación y tratamiento, no es menos cierto que en el caso de los equipos de generación más antiguos, se debe tomar muy en consideración el grado de obsolescencia de los mismos y también el nivel máximo de eficiencia que pudieran alcanzar con el mantenimiento proporcionado.



En esta opción, tampoco se considera las mejoras que se deberá poner en práctica, para mejorar las condiciones ambientales del medio y en consecuencia de los parámetros físicos del aire a comprimir.

Finalmente, esta propuesta no permite incorporar mejoras al sistema de distribución, de modo tal, que aunque se mejore el tratamiento del aire, esta mejora, no será aprovechada por las áreas de proceso ni las de laboratorio, dado que, como se pudo observar en el capítulo uno, sólo se envía aire seco a las líneas de envase.

Esta alternativa es funcional pero no produce ninguna mejora para disminuir el consumo de energía eléctrica lo cual causaría que el costo de aire comprimido disminuya.

CAPITULO 3

3.DESARROLLO DEL ESTUDIO INTEGRAL DEL SISTEMA

3.1 Levantamiento de la Red de Distribución

Con la información planteada en el capítulo uno, sobre la red de distribución del aire comprimido, que existía en la Planta, se desprenden varias observaciones y análisis, que permitirán desarrollar una propuesta técnica razonable, que estará encaminada a establecer los cambios mínimos necesarios que se deben poner en práctica, para un mejor transporte y distribución del aire.

En el plano # 8, podemos notar que el distribuidor es demasiado pequeño, su diámetro para la cantidad de aire a manejar resulta insuficiente, constituyéndose en el denominado cuello de botella, ya que no es capaz de permitir el flujo necesario en el momento oportuno que se produce la demanda.

Además esta situado en la parte alta del cuarto de generación, haciendo difícil su acceso para el reemplazo, operación ó manipuleo de válvulas, estas válvulas no son las adecuadas, por ser del tipo de

compuertas, no posee válvulas de retención, ni manómetro para conocer la presión existente en el distribuidor y en cada uno de los ramales.

Todas las tuberías principales de distribución son de material acero galvanizado de 50 mm de diámetro, en ciertas áreas, se encontró cambios del diámetro de la tubería a tamaño menor en un determinado tramo, volviendo a aumentar su diámetro, a cierta distancia aguas abajo, provocando como es lógico, las consecuentes caídas de presión.

Existían recorridos no adecuados incluyendo que muchas secciones dependían de un mismo circuito, esto es, habían sido instaladas considerando un determinado número de puntos de consumo, pero se había realizado extensiones indiscriminadas, desde algún punto del lazo hacia otras áreas, esta anomalía se presentaba en todas las áreas de la Planta, principalmente en el área de Envasado y Servicios; se estima que esta situación fue originada por el crecimiento propio que ha tenido la planta, y a que no se previó un factor de crecimiento para los futuros requerimientos.

Sumado al crecimiento desordenado de la red, es muy fácil apreciar la ausencia casi total de piernas de condensado a lo largo de las tuberías de distribución, por lo que el arrastre de condensado hasta los puntos

de consumo, es inevitable, causando con ello, daños a los equipos, instrumentos, accesorios y válvulas instaladas en las diferentes líneas.

La tabla # 8, permite establecer comparaciones entre los diferentes tipos de materiales de tuberías, sus ventajas y desventajas, así como da pautas referenciales, para la toma de decisiones, en relación con el costo de cada tipo.

TABLA#8

Comparativo entre tuberías de aire

Material	HIERRO NEGRO	GALVANIZADO	ACERO INOXIDABLE	COBRE	Plástico
VENTAJAS	- Fácil de instalar - Bajo costo - Varios accesorios disponibles	- resistente a la corrosión - Varios accesorios disponibles	- altamente resistente a la corrosión - conexiones herméticas - uso de rigurosos estándares	- resistente a la corrosión - paredes interiores lisas	No recomendado para Servicio de aire comprimido
DESVENTAJAS	- corrosivo		- dificultad para instalar - disponibilidad limitada de accesorios		
COSTO*	1	2	5	4	

* 1 = menos caro; 5 = mas caro

Normalmente en las plantas industriales, se encuentran en operación dos tipos de sistemas de distribución, el central y el unitario; en el sistema central, uno o más grandes compresores alimentan de aire a

las secciones que lo necesitan, la tubería de distribución corre generalmente en forma de espira o lazo cerrado, alrededor de los departamentos que lo consumen.

El sistema unitario, utiliza compresores más pequeños, ubicados en los sitios donde se va a emplear el aire, normalmente en las Plantas, cada compresor presta servicio únicamente a la parte en donde se encuentra ubicado. Las conexiones de emergencia entre las diversas secciones dentro de la Planta, pueden o no ser instaladas, bajo un esquema racional de manejo de la energía.

Los sistemas de distribución central se han utilizado normalmente en grandes plantas industriales y proveen un excelente servicio. Los sistemas unitarios se utilizan tanto en plantas grandes como en pequeñas, aunque la tendencia actual es que sean utilizados en plantas pequeñas, para aplicaciones específicas. Con el gran volumen de aire que se necesita en la planta donde se desarrolló este estudio, lo más recomendado sería mantener el sistema central existente, a pesar de que para los lugares distantes como son el área de servicios y laboratorio, donde por la gran longitud de tubería existente, las caídas de presión y presencia excesiva de condensado son más severas; quizás convenga instalar un sistema unitario, obviamente, en función de sus reales necesidades.

3.2 Detección y valoración de pérdidas

Con el objeto de poder detectar los puntos de fuga en la tubería, se utilizó la prueba de la burbuja, mediante agua pura o una solución jabonosa, aplicada en diferentes tramos de las tuberías y en particular en válvulas, uniones roscadas, uniones en T, conectores, mangueras y unidades de mantenimiento. Paralelamente se realizó un sondeo de los usos indiscriminados del aire, esto es, para limpieza de partes, limpieza de equipos, otros, etc.

En el siguiente cuadro se resume los hallazgos encontrados de la anterior prueba.

TABLA # 9
FUGAS DETECTADAS POR AREA

Area	Tubería	Válvulas	Accesorios	Mangueras	Uso inadecuado
Refinería	-	5	17	2	2
Envasado	1	8	23	4	2
Servicios	1	4	12	2	1
Total Planta	2	17	52	8	5

La figura # 4, muestra el caudal y el costo estimado por las pérdidas debido a fugas de aire, en agujeros de diferente sección relacionados con la capacidad del compresor y a una presión de trabajo de 7 bar (100 psi) .

Pérdidas por fugas en agujeros

Diámetro del Orificio	Pérdida de aire a 7 BAR m ³ /min	kw	Pérdida \$*
○ 3 mm	1.13	7.5	5,100
○ 6 mm	2.97	18.6	13,500
○ 9 mm	6.80	37.3	30,600
○ 13 mm	11.9	75.0	53,500

* Costos de E'lectricidad: \$0.08/kWh
Horas de servicio: 8000 h/año

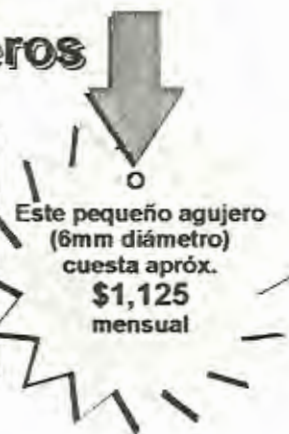


FIGURA # 4

La figura # 5, enfatiza en el manejo apropiado de las presiones de trabajo, basado en el hecho de que muchos sistemas requieren de presiones controladas para su funcionamiento, al mismo tiempo provee un regla de mano, que tiene que ver con el impacto del incremento de las presiones en los compresores de tornillo, sobre el incremento de la fuga.

Comportamiento típico de la fuga en un sistema de aire comprimido

La fuga decaese significativamente a bajas presiones

Regla de mano:

En un compresor de tornillo, un incremento de 0.7 bar (10 psig) en la presión del sistema, resulta en un 10% de incremento en la fuga.



FIGURA # 5

A continuación se presenta el comparativo entre los consumos registrados y los requerimientos para las diferentes líneas de la planta.

TABLA # 10

PERDIDAS POR DESPERDICIO DE CAUDAL EN LA PLANTA

SECCIONES	REQUERIMIENTO m ³ /min	CONSUMO m ³ /min	PERDIDA m ³ /min
Envasado	3.90	4.69	0.79
Fraccionamiento	0.23	0.43	0.20
Bombas borras	0.28	0.28	-
Blanqueadores	0.28	0.57	0.28
Tablero	0.28	0.28	-

deodorizado			
Neutralización	0.45	0.57	0.11
Deodorizadores	0.26	0.43	0.17
Uso futuro	0.57	0.57	-
TOTAL	6.25	7.81	1.55

En la tabla # 10, se establece el caudal de aire que se pierde en la planta como resultado de un mal manejo del mismo o por efecto de las fugas presentadas en la tabla # 9, las que ameritan corrección por ser considerables, dado que, es necesario reemplazar válvulas y principalmente realizar ajustes a los diferentes accesorios, así como ejecutar un control más frecuente de las inspecciones a las tuberías de distribución, por ejemplo en las líneas de envasado, en el equipo denominado posicionador, por falta de un sensor de proximidad se pierde alrededor de $0.45 \text{ m}^3/\text{min}$ (16 CFM), esto es notorio por cuanto se abre la válvula de suministro de aire comprimido y sin operar dicho equipo el medidor de caudal registra los $0.45 \text{ m}^3/\text{min}$ (16 CFM).

La tabla # 11, establece el costo anual de las pérdidas por fugas, mostradas en la tabla # 9, valoradas por sección y por toda la planta, como podemos apreciar, la cantidad de dinero que se está perdiendo resulta muy significativa, considerando que las acciones que se deben emprender para evitarlo, bien podrían ser menos onerosas.

Más adelante en la sección 3.9, se expone las mejoras a realizar en el sistema de distribución, donde se considera, la eliminación total de estas fugas, además de las acciones que realice el departamento de ingeniería y mantenimiento, se hace muy necesario el desarrollo de una cultura de utilización del aire comprimido, de forma tal que no se haga uso indiscriminado del mismo y que conjuntamente con esta concientización, se capacite al personal en lo relacionado a las inspecciones básicas, mantenimiento y control mínimo requerido del sistema.

TABLA # 11
COSTO ANUAL DE LAS PERDIDAS POR CAUDAL

SECCIONES	PERDIDA m ³ /min	COSTO/DIA \$	COSTO ANUAL
Envasado	0.79	4.23 \$/dia	1,210.47
Fraccionamiento	0.20		302.40
Bombas borras	-		-
Blanqueadores	0.28		432.00
Tablero deodorizado	-		-
Neutralización	0.11		172.80
Deodorizadores	0.17		259.20
Uso futuro	-		-
TOTAL	1.55			2,376.87

En adición a las pérdidas por fugas, se tiene también las pérdidas del sistema de generación; de acuerdo con la capacidad instalada se dispone de 88 kw, donde los equipos Joy, contribuyen con 44 kw, de acuerdo con los registros de operación de la planta, estos compresores operan la mayor parte del tiempo, alrededor del 90% del total del día, por lo que el aporte al consumo de energía promedio mensual, de acuerdo con la tabla # 2, de estos compresores es de 17.107,2 kwh. Durante la operación de estos compresores, se ha podido verificar que no contribuyen al sistema, cuando la presión es mayor a 5.5 bar (80 psi); es decir, que únicamente están cumpliendo una función de compensación cuando la presión baja del valor indicado, lo cual generalmente ocurre, cuando se produce el proceso de barrido de los filtros prensa en blanqueo ó cuando existe un uso irracional del aire; en el caso del barrido de los filtros, en el capítulo 1, se mencionó que se realiza 8 veces al día en un lapso de 30 min, lo cual equivale a 4 horas/día, tiempo en el cual, la operación de los compresores Joy es aprovechada, el resto del tiempo, 17.6 horas, se encuentran generando desperdicio de energía, este desperdicio equivale a 13.939.2 kwh mensuales, que a un costo del kwh de 0.08 dólares, representa la cantidad de \$ 1,115.14 al mes.

Otra pérdida provocada por la ineficiencia del sistema y quizás la más importante la constituye, el tiempo perdido por paralizaciones de las

líneas productivas, cuyo registro se muestra en la tabla # 3 y cuya valoración de acuerdo con la contabilidad de la empresa asciende a \$ 24,300 anuales.

Finalmente, se debe considerar, la pérdida generada por los daños provocados por el exceso de condensado en el sistema, cuyo gasto se refleja en el mantenimiento y reemplazo de los diferentes puntos afectados.

La tabla # 12, resume en forma detallada, el valor total de las pérdidas en la Planta, producto del deficiente sistema de aire existente.

TABLA # 12
VALORACIÓN TOTAL DE LAS PERDIDAS POR AIRE
COMPRESO EN LA PLANTA

PERDIDA	COSTO ANUAL
	\$
Paralización de líneas productivas	24,300.00
Fugas de aire	2,376.87
Sistema de generación	13,381.68
Gastos de mantenimiento	4,500.00
TOTAL	44,558.55

3.3 Determinación de consumos reales.

A efecto de establecer los consumos reales de las diferentes líneas y secciones de la planta, se adquirió un medidor de flujo, el mismo que fue instalado a manera de by-pass en la tubería de alimentación de cada línea, en las tuberías principales de alimentación de cada sección y en la tubería principal de aire comprimido.

De acuerdo con las mediciones realizadas en los diferentes ramales de la red de distribución, se han obtenido los siguientes resultados:

TABLA # 13

DISTRIBUCIÓN DEL COSUMO DE AIRE COMPRIMIDO EN LA PLANTA

SECCIONES	FLUJO	PORCENTAJE
	m ³ /min	%
Envasado	4.70	60,08
Fraccionamiento	0.43	5,44
Bombas borras	0.28	3,63
Blanqueadores	0.57	7,26
Tablero deodorizado	0.28	3,63
Neutralización	0.57	7,26
Deodorizadores	0.43	5,44
Uso futuro	0.57	7,26
TOTAL	7.8	100,00
Factor de coincidencia	0,90	
TOTAL REQUERIDO	7.03	

El consumo actual es de 7.08 m³/min (250 CFM) a una presión de trabajo de 7 bar (105 psi) por lo que, se debía emprender en acciones de racionalización del empleo de los compresores, dado que la demanda representa el 78.1% de la capacidad instalada.

La siguiente tabla, permite conocer, la distribución de los consumos en las diferentes líneas del área de mayor demanda, dentro de ella las líneas 1 y 2 de envasado de aceite, son las de mayor consumo, esto se puede explicar porque en ellas existen máquinas con una alta necesidad de aire comprimido, como es el caso del posicionador de botellas en la línea 1 y el encartonador en la línea 2.

TABLA # 14
DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS DE AIRE COMPRIMIDO
EN LAS LINEAS DE ENVASADO

LÍNEA DE ENVASADO	FLUJO m ³ /min	PORCENTAJE %
Línea 1	1.56	31,56
Línea 2	1.56	31,61
Línea 3	0.26	5,16
Línea 4	0.28	5,74
Línea 5	0.62	13,43
Línea 6	0.66	12,51
		0,00
Total Envase	4.94	100,00
Factor de coincidencia	0,95	
	4.70	

En el resto de las secciones de la planta los consumos son mucho menores, en virtud de que tanto en el área de refinería como en área de servicios, se tiene equipos grandes con menor número de sistemas neumáticos para accionar mecanismos y los procesos que se desarrollan son de transformación continua; únicamente se emplea aire comprimido, para accionar válvulas comandadas, sistemas neumáticos de control e instrumentos. Es importante hacer una salvedad en relación con el área de refinería, donde en la sección de blanqueo existen los filtros de tierra filtrante, los cuales utilizan aire comprimido para hacer el barrido del remanente de tierra usada y aceite y constituyen uno de los factores de fluctuación del sistema de aire comprimido en general.

La tabla # 15, detalla los diferentes equipos que componen las líneas de envasado y sus consumos, donde se puede observar con mejor claridad, los mayores puntos de demanda de aire.

TABLA # 15

CONSUMO DE AIRE POR EQUIPOS EN LAS LINEAS DE ENVASADO

EQUIPO	CONSUMO DE AIRE		
	LINEA 1		
	m ³ /min	bar	cfm
Posicionador	1.76	6	25.50
Dosificador	0.34	6	5.00
Etiquetador	0.21	6	3.00
Codificador	0.03	6	0.50
Encartonador	1.17	6	17.00
Sellador	0.28	6	4.00
TOTAL	3.79		55.00
	LINEA 2		
Llenadora	1.46	6	21.19
Encartonador	2.31	6	33.55
Probador sachets	0.02	6	0.35
TOTAL	3.80		55.09
	LINEA 3		
Dosificador lineal	0.14	6	2.00
Coronador	0.07	6	1.00
Codificador	0.07	6	1.00
Etiquetador	0.34	6	5.00
TOTAL			9.00
	LINEA 4		
Dosificador	0.43	6	6.20
Codificador	0.12	6	1.80
Encintador	0.14	6	2.00
TOTAL	0.69		10.00
	LINEA 5		
Coronador	1.38	6	20.00
Codificador	0.12	6	1.80
TOTAL	1.50		21.80
	LINEA 6		
Llenadora 1	0.34	6	5.00
Llenadora 2	0.34	6	5.00
Llenadora 3	0.48	6	7.00
Llenadora fundas	0.08	4	1.20
Llenadora fundas	0.08	4	1.20
Codificador	0.07		1.00
Llenadora sachets	0.14		2.00
Codificador	0.07		1.00
TOTAL	1.60		23.40

3.4 Determinación del sistema de tratamiento

De la tabla # 4 se puede observar que no existía tratamiento del aire comprimido, aunque existía un equipo secador instalado además de un Post – enfriador que tampoco estaba en operación, por cuánto el motor del ventilador estaba quemado, la posición que ocupaba el secador no resultaba ser la más idónea, debido a que el sitio donde estaba instalada la unidad, no permitía las facilidades de ventilación requeridas, para un eficiente funcionamiento de la misma, como tampoco permitía maniobras de mantenimiento y operación, a todo ello se sumaba el hecho de que por estos equipos solo pasaba el aire que va a línea de envasado, dejando a las otras líneas que trabajen en forma directa con el aire obtenido por el trabajo de los compresores, lo cual para los instrumentos de las áreas de refinería y laboratorio resultaba ser una condición muy crítica de operación debido al alto porcentaje de humedad que arrastraba consigo el aire.

La figura # 6, ilustra algunas de las razones para secar el aire comprimido, identificando los problemas en el sistema y en el proceso productivo.

¿Porqué se debe secar el aire comprimido?

Sin tratamiento	Problemas en el sistema	Problemas en Producción
suciedad	corrosion	contaminación
Aerosoles de aceite	Pérdidas de presión	Desgaste de herramientas
Vapor de agua	contaminación	Reprocesos de producto
	congelamiento	Paralizaciones del proceso
	mantenimiento	
	\$ \$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$ \$

FIGURA # 6

En la figura # 7 se puede observar los diferentes métodos de secado del aire comprimido, estos métodos se aplican de acuerdo al tipo de necesidad de la calidad del aire que se requiere, no es lo mismo un aire comprimido para una aplicación industrial, que para una aplicación en algún laboratorio de investigación científica o en alguna unidad médica como es el caso de un hospital.



FIGURA # 7

En el caso particular de la planta en estudio, se debe garantizar que el aire tenga la calidad adecuada para que los equipos operen sin tener acciones defectuosas o señales erráticas.

Además del compresor de aire se debe garantizar la instalación de los demás elementos que constituyen el sistema de aire comprimido.

Compresor

Post enfriador (en lo posible lo debe tener el compresor)

Filtro separador serie C (retiene partículas)

Tanque receptor con drenaje automático de condensados

Secador refrigerativo

Filtro serie A (retiene partículas)

Filtro serie H (retiene aerosoles de aceite)

Dichos componentes deben garantizar las siguientes condiciones de operación

Punto de rocío a presión	de 3.3 °C (38 °F) a 10°C (50°F)
Remoción de partículas sólidas	0.01 micrones y más grandes
Remoción de aerosoles de aceite	99.9999% +
Remoción de vapores de aceite	vapor de aceite hasta 0.01 PPM

Debido a que las necesidades de la planta, requieren que todo el aire que se produce sea tratado, el secador se debe colocar después del compresor o del tanque de almacenamiento.

Después del tanque de almacenamiento, el secador tratará todo el flujo de aire comprimido y debe ser calculado para la capacidad máxima del compresor.

Después del tanque receptor, el secador sacará provecho del enfriamiento adicional y la amortiguación de pulsaciones que ocurre en el tanque. La capacidad del secador, debe tomar en consideración, el ciclo de trabajo del compresor o el pico de demanda máxima del sistema, que para este caso es de 7 bar (250 CFM).

La capacidad del tanque de almacenamiento, se calcula con base en la presión y el caudal de aire que envía el compresor ó el sistema de *generación hacia la planta.*

El cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento, para la planta se presenta a continuación en la tabla # 18.

TABLA # 18

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

$V=(Q \times Pa)/(P1+Pa)$					
V= Volumen del tanque (m ³) Q= Caudal salida del compresor (m ³ /min) Pa= Presión atmosférica P1= Presión salida compresor K= factor de seguridad 1,5 - 3					
Compresor	Q m ³ /min	Pa bar	P1 bar	k	V m ³
Garner	1.70	1.01	7.24	3	0.63
Garner	1.98	1.01	7.24	3	0.73
Joy	2.55	1.01	7.24	3	0.94
Joy	2.83	1.01	7.24	3	1.04
	9.06				3.34
factor de uso	0.8				
	7.25	1.01	7.24	3	2.66

La capacidad del tanque receptor requerida, para el sistema que existía, debía ser de $2,66 \text{ m}^3$, el tanque actual es de 3 m^3 , por lo que en este punto no existía ninguna novedad, y se podía seguir utilizando el mismo tanque, únicamente es necesario instalar una purga automática de fondo, con el fin de que el condensado sea evacuado periódicamente y así evitar el control humano, que en este caso, adolecía de efectividad, por lo que el tanque no era drenado oportunamente, colaborando de esta forma con el arrastre de condensado a las líneas de producción.

A continuación se presenta algunas figuras que facilitan la ilustración en relación con separadores y filtros comúnmente utilizados en los procesos de tratamiento, en cada figura se hace una ligera explicación de las aplicaciones del separador ó del filtro y su capacidad de separación ó eliminación, de condensado, partículas, aerosoles de aceite, etc.

Filtro de aire en línea

1 micra

usado como filtro particulado
quita 70% de aerosoles de aceite,
y 99% de todas las gotas de agua

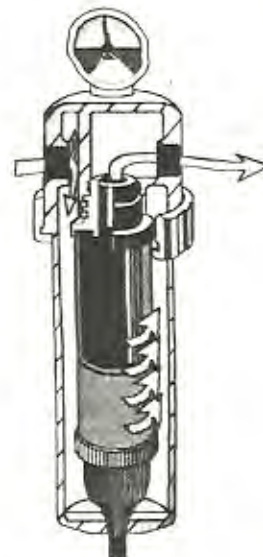


FIGURA # 10

Filtro coalescente para remoción de aceite

.025 micras

quita 100% de partículas de
.025 micra y más grande,
y quita 99.999+% de
aerosoles de aceite;
calidad del aire de .01 PPM

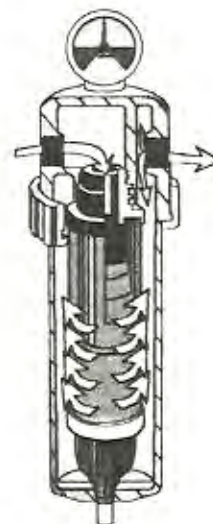


FIGURA # 11

Para conseguir el óptimo del tratamiento del aire, se debe instalar unidades de mantenimiento, para preparar el aire antes de su utilización en un dispositivo neumático. El aire debe ser depurado y de él debe extraerse el remanente de agua, que se haya podido condensar en la tubería. Esta operación la efectúa el filtro con separador de agua. La presión del aire deberá ser ajustada al un valor requerido y de forma constante, por medio de la válvula reguladora de presión. Finalmente, el aire deberá enriquecerse con una fina niebla de aceite, para lubricar las guías de los elementos de mando y de trabajo. El lubricador cumple con este cometido. En la planta, la gran mayoría de los equipos en las líneas, cuentan con este tipo de unidades, pero su durabilidad y operación se ven afectadas por el exceso de condensado que les llega, debido al deficiente sistema de tratamiento que existe.

3.5 Determinación de necesidades reales de generación.

Para la determinación del sistema de generación requerido para la planta se debe considerar los siguientes aspectos:

- Consumo real de aire comprimido
- Presión de trabajo del sistema y caídas de presión
- Margen para fugas
- Necesidades futuras

- Consumo de energía

De acuerdo con la información suministrada en la tabla # 13, el consumo real del sistema incluyendo las necesidades futuras y las fugas existentes en el sistema es de $7.03 \text{ m}^3/\text{min}$ (248 CFM), la presión del sistema requerida, según los datos proporcionados por los fabricantes es de 6.2 bar (90 psig).

Con el fin de plantear algunos conceptos sobre el manejo de la presión en el sistema, y a la vez, disponer de elementos para establecer la presión máxima del sistema, la figura # 12 y las tabla # 19 y 20, plantean algunas consideraciones importantes.

Cálculo de la Presión máxima de un Compresor

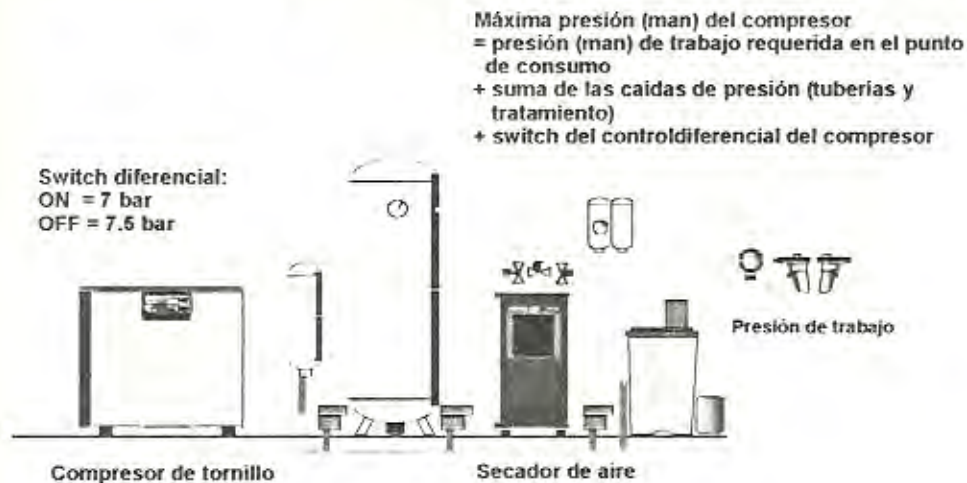


FIGURA # 12

TABLA # 19

Caída de presión

La presión normal de trabajo de un mecanismo neumático es 6 bar.

Un incremento de presión en el sistema cuesta dinero.

Ejemplo: $V = 28.3 \text{ m}^3/\text{min}$ (1000 CFM)
 demanda a 7 bar, 149 kw (200 HP)

A 8 bar aproximadamente, se requiere del 6% más de potencia, esto es alrededor de 8.9 kw (12 HP) 8.9 kW más.


Costos:
 $8.9 \text{ kW} \times \$0.08/\text{kWh} \times 8,000 \text{ h/año} = \$5,696/\text{año!}$

Principio del aire:
 En un buen diseño del sistema de aire, a caída de presión de 0.07 a 0.14 bar (1 to 2 PSI) no debería de excederse.

Sin embargo, a bajas presiones de trabajo, por ejemplo 2.8 bar (40 PSIG), una caída de presión de 0.07 a 0.14 bar (1 to 2 PSI) significa relativamente una mayor pérdida de potencia que en un sistema de aire de 7 bar (100 psig).
 Esto significa: La máxima caída de presión de un sistema de aire debería ser 1.5% de la presión de trabajo.

TABLA # 20

Valores de pérdidas de presión recomendados

		0.07 – 0.14 bar (1 - 2 PSI)
Secador refrigerativo		0.21 - 0.34 bar (3 - 5 PSI)
Secador desecante		0.21 - 0.34 bar (3 - 5 PSI)
Separador		0.07 – 0.69 bar (1 - 10 PSI)
Filtro particulado		0.34 - 0.69 bar (5 - 10 PSI)
Filtro removedor de aceite		0.34 - 0.69 bar (5 - 10 PSI)
Absorvedor de vapor de aceite		0.07 bar (1 PSI)
		varia con la aplicación
		0.69 bar (10 PSI)

En función de lo planteado para el cálculo de la presión máxima del compresor, los siguientes serían los datos a considerar:

- Presión en los puntos de consumo: 6 bar (90 psi)
- Caída de presión en sistema de tratamiento, secador, separador, filtros: 1 bar (14 psi).
- Caída en el switch de control diferencial: 0.07 bar. (1 psi)

Entonces, la presión máxima del sistema de generación para las necesidades de la planta debe ser de 7 bar (105 psig), y el flujo de aire comprimido de 7.08 m³/min (250 CFM); por lo que, si 1 kw produce 0.151 m³/min (5.33 CFM), se requerirá de un sistema de generación ó de un compresor de 47 kw.

Es importante plantear, que las condiciones del área donde se encuentra el sistema de generación debe tener las características apropiadas en lo referente a presión, temperatura y humedad relativa.

Dado que las condiciones físicas del aire al ingreso en el compresor, son muy importantes, para un buen funcionamiento del sistema y la ubicación actual de los compresores, registra una temperatura de 37°C y además no posee suficiente ventilación, debido a que existen paredes altas, que no permiten un fácil acceso del aire, se hace necesario, permitir una adecuada ventilación del sitio, y al mismo tiempo una apropiada evacuación del aire caliente del enfriamiento.

3.6 Mejoras al sistema de generación

Analizando las necesidades de generación de aire comprimido de la planta, se pueden establecer algunas alternativas, para mejorar las condiciones actuales de generación.

1. Eliminar los obsoletos compresores Joy y dejar en funcionamiento los dos compresores Gardner.
2. Reemplazar todo los compresores por uno sólo de 47 kw.

3. Reemplazar los compresores Joy y un Gardner, por un compresor de 47 kw y dejar como soporte un compresor Gardner, para el mantenimiento y posibles oscilaciones del sistema.

En los tres casos, no se ha tomado en consideración la reubicación de los compresores, en virtud de no existir un área próxima que no genere costos elevados por la reinstalación y porque la mejora en la ventilación del área es factible con poca inversión de dinero.

La primera alternativa, presenta un esquema muy probable, sí no va a existir nuevas incorporaciones de equipos, sistemas de control, instrumentos ó herramientas neumáticas en la planta; esto haría de que la demanda de aire disminuya a $5 \text{ m}^3/\text{min}$ (178,5 CFM), manteniendo el mismo ritmo de producción. El factor de carga de este esquema estaría en 94% sólo sería posible, si se elimina todas las fugas más un control estricto de las mismas y en base a una muy buena programación de la producción, de manera que no se incremente la coincidencia de las líneas de producción más consumidoras. Esta opción no reviste mayor inversión y a la falta de recursos económicos, sería la más viable; una ventaja adicional que presenta esta alternativa es que al eliminar los compresores Joy, se elimina a los compresores menos eficientes y de mayor producción de condensado.

La segunda alternativa, plantea en base a lo desarrollado del presente estudio, la adquisición de un compresor único de 47 kw, para suplir la demanda total de la planta. Si bien es cierto, con un compresor nuevo a la medida de las necesidades, se tendrá cubierta todas las necesidades de planta, incluso crecimiento y fugas, no es menos cierto que este equipo se convertirá en un "equipo crítico" de la planta, debido a que de producirse alguna falla imprevista, se paralizarán todos los puntos de consumo y si la paralización es mayor a una hora, las pérdidas serían muy altas. Para el manejo de este esquema, se debe realizar una labor de mantenimiento rigurosa y ordenada, de tal forma que toda la función recaiga sobre acciones preventivas y predictivas y que el porcentaje de imprevistos por falta de aire se disminuyan en lo posible a cero.

En la actualidad es muy común, no disponer de equipos alternos como medida de prevención, sino que se dispone de asistencia técnica del representante de la marca del nuevo equipo, bajo la modalidad "mantenimiento preventivo total", lo que tiene como ventajas principales, todas las actividades de mantenimiento está encargada a especialistas, se libera a la empresa del costo financiero del inventario de repuestos, se dispone de servicio de emergencias, cobertura de seguros y en especial se cuenta con un sistema estructurado de capacitación para el personal operativo, lo que trae como resultado,

personas con un mayor nivel de conocimiento en el tema, que luego pueden resolver problemas básicos y colaborar en el control y prevención de tiempos perdidos por fallos.

Las principales ventajas asociadas a esta decisión, son el ahorro de energía eléctrica y la mejora significativa de la calidad del aire, puesto que los compresores actuales poseen componentes de alto rendimiento y bajo consumo de energía. Una ventaja adicional, es la descongestión del área donde se encuentran instalados los compresores, lo que ayudará a las condiciones ambientales del lugar y permitirá mejorar sustancialmente la ventilación y aprovechamiento del espacio.

La tercera alternativa, que es la propuesta planteada por el estudio desarrollado, ver plano # 15, es similar a la anterior, pero junto con el compresor de 47 kw, sugiere mantener en funcionamiento la unidad Gardner de $2.83 \text{ m}^3/\text{min}$ (100 cfm), para prever las posibles fallas de la unidad nueva y evitar tener paralizaciones innecesarias en el sistema.

Esta unidad Gardner, servirá de soporte del compresor nuevo, principalmente cuando se produce el barrido en los filtros de blanqueo y por alguna circunstancia se realice un uso indiscriminado del aire, también será de gran utilidad, cuando se desee trabajar con alguna

sección en particular de la planta, este caso suele ocurrir en las paralizaciones programadas de la planta.

La mayor ventaja que presenta este sistema, la constituye, la flexibilidad en la programación del mantenimiento preventivo de los compresores, puesto que no será necesario paralizar toda la planta para esta actividad y se podrá trabajar en forma parcial, facilitando de esta forma la planificación de los planes de producción.

3.7 Mejoras al Sistema de Tratamiento.

En línea con las mejoras propuestas al sistema de generación, en la tercera alternativa, las mejoras propuestas al sistema de tratamiento son las siguientes:

- ✓ Reemplazo y reubicación de la unidad secadora de aire
- ✓ Incorporar tres filtros al sistema
- ✓ Instalar purga automática de condensado en el tanque receptor
- ✓ Adecuar las condiciones de operación de los compresores y del secador de aire.

El reemplazo de la unidad secadora de $5.67 \text{ m}^3/\text{min}$ (200 cfm), se hace necesario, debido a que sus condiciones operativas son deficientes y su capacidad no cubre los requerimientos propuestos de abarcar todas las necesidades de aire de la planta, además porque ya ha

alcanzado su vida útil y su eficiencia no es buena. Se deberá instalar una unidad de al menos $7.08 \text{ m}^3/\text{min}$ (250 CFM) o más, en nuestro caso particular, la empresa dispone de una unidad de $9.07 \text{ m}^3/\text{min}$ (320 CFM), que es la que iría a remplazar a la unidad actual, también es necesario revisar la ubicación del secador, si se mantiene o se mejora las condiciones del lugar.

Los tres filtros que se propone incorporar, deben ser instalados uno después de los compresores, otro después del tanque recibidor y un filtro coalescente para la eliminación de aerosoles, después del secador.

Para evitar un oportuno desalojo del agua que se condensa en el tanque recibidor, es necesario, retirar la purga manual actual y en su lugar, instalar una purga automática, que asegure el drenaje y la frecuencia del mismo.

Es muy importante mejorar la ventilación del área, con éste propósito, se debe abrir boquetes rectangulares a manera de ventanas en las paredes y permitir así el ingreso de aire fresco, conjuntamente con esto, para evitar que la expulsión de aire caliente del compresor de 47 kw, no afecte al secador refrigerativo se debe instalar un ducto a la salida del aire, de tal forma que el flujo sea dirigido hacia el exterior y

así conseguir que las condiciones térmicas de toda el área mejoren sustancialmente.

3.8 Mejoras al Sistema de Distribución

La distribución propuesta es la siguiente:

- A. Generación de aire comprimido
- B. Tratamiento de aire comprimido (filtrado de partículas)
- C. Almacenamiento en tanque pulmón
- D. Secado (deshumidificado) del aire comprimido tipo refrigerativo
- E. **Distribuidor principal (MN-P)** con siete salidas.

P1 Tanque pulmón secundario (**TK-Prs**) para filtros prensa
Distribuidor secundario (**MNS-1**)

P2 Distribuidor secundario (**MNS-2**)

P3 Envase

P4 Desodorizadores – Calderos – Achiote

P5 Cuarto de bombas – Taller

P6 Usos varios

P7 Reserva (demanda futura)

Los distribuidores secundarios son idénticos con cuatro salidas para diferentes equipos

DISTRIBUIDOR SECUNDARIO (MNS-1)

S11 Filtros prensa

S12 Tablero deodorizado

S13 Neutralización

S14 Reserva

DISTRIBUIDOR SECUNDARIO (MNS-2)

S21 Fraccionamiento

S22 Laboratorio

S23 Bomba Borra

S24 Reserva



En línea de envase se recomienda cerrar el circuito para formar un lazo, del diagrama de distribución se puede observar que cambian los circuitos de fraccionamiento y la distribución misma de este sector.

En el plano suministrado con las propuestas que se deben implementar consta el nuevo recorrido de la tubería para el sector de fraccionamiento, el cuál entra directamente a los distribuidores

secundarios que también se deben instalar en este sector al igual que el tanque pulmón, las pérdidas por fricción disminuirán al disminuir la longitud del circuito, ya que como se puede observar en los planos originales el recorrido de la instalación actual es considerablemente largo.

Se aconseja instalar nueva línea de distribución para cuarto de bombas y para taller de tal manera que la caída de presión para estos sectores disminuye ya que la longitud del circuito es menor, además la tubería hacia el taller podrá ser de diámetro pequeño para controlar el caudal hacia este sector.

Se recomienda cada 50 – 100 metros de tubería de distribución de aire comprimido instalar piernas de condensado para garantizar la calidad del aire comprimido en los diferentes puntos de consumo.

Los planos al final de la obra, están relacionados con la instalación existente y los cambios propuestos están indicados en los mismos, planos del 1 al 22.

3.9 Presupuesto referencial para implementar mejoras

A continuación se presenta la tabla valorada de las diferentes actividades que se deben ejecutar para la puesta en marcha los cambios indicados en el presente estudio.

TABLA # 21

**PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE MODIFICACIÓN DEL
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO**

ACTIVIDAD	Cantidad Un.	Costo unitario USD	Costo total USD	Días
Adecuar tanque de 120 galones T-30	1	967.76	967.76	8
Accesorios para modificar circuito	1	2,000.00	2,000.00	8
Adquirir filtros y drenadores	1	7,200.20	7,200.20	8
Sistema de tratamiento aire	1	6,646.79	6,646.79	8
Compresor 47 kw	1	21,963.00	21,963.00	150
Construcción distribuidor principal	1	4,428.49	4,428.49	8
Construcción distribuidores secundarios	2	2,223.69	4,447.38	8
Instalar compresor Nuevo	1	240.00	240.00	1
Instalar sistema de tratamiento de aire	1	997.02	997.02	1
Intercambiar secadores de aire	1	150.00	150.00	1
Modificar circuito de aire comprimido	1	889.48	889.48	20
Modificar circuito eléctrico compresores	1	120.00	120.00	1
Montaje de distribuidores	3	120.00	360.00	3
Montaje de tanque pulmón	1	100.00	100.00	2
Reemplazo de válvulas de compuerta	80	150	12000	20
Imprevistos	1	400	400.00	
TOTAL			62,909.92	

planta opere confiablemente sin ocasionar paradas de equipos y por lo tanto producción por falta de aire comprimido, además se debe tener *muy en cuenta que al realizar las modificaciones se obtiene que los costos de producción de aire comprimido disminuyen al existir un mejor uso de la energía eléctrica debido a la disminución de motores operando para suplir la demanda.*

Es necesario disminuir las pérdidas de aire comprimido a la atmósfera y corregir los sellos de los filtros prensa, además es importante corregir el consumo excesivo del posicionador, automatizando dicho equipo.

En el siguiente numeral, se presenta un programa de mantenimiento para instalaciones neumáticas que puede ser puesto en funcionamiento, para establecer un mejor programa de mantenimiento preventivo para este sistema, como resultado de la aplicación del mismo se obtendría ahorro de energía.

3.12 Programa de mantenimiento del sistema de aire comprimido propuesto.

En comparación con otros tipos de sistemas mecánicos, se encuentra que los sistemas neumáticos presentan menos problemas y, como consecuencia, su duración sin problemas es mayor. Sin embargo, la experiencia industrial hace ver que incluso el mejor de los sistemas

falla y, por consiguiente, para tener el cuidado necesario contra todas esas fallas, en especial las no pronosticadas y no programadas, es muy importante que se sujete el sistema neumático a verificaciones de mantenimiento preventivo, regulares y adecuadas, y debe llevarse a cabo una inspección rutinaria profunda de posibles descuidos para mantener el sistema funcionando con su eficiencia óptima. Con base en la experiencia de diversos ingenieros y técnicos comprometidos en el trabajo de mantenimiento y reparación en diferentes plantas y fábricas, en donde se emplean un gran número de aditamentos, accesorios y herramientas manuales neumáticas en las máquinas de producción y otros sistemas, se ha visto que un sistema neumático con buen mantenimiento presenta problemas mínimos y, probablemente, minimiza en gran parte el tiempo de paro, con ciclos de trabajo más fructíferos. Incluso si en ciertos momentos pudieran haberse colado algunos problemas, nunca se vuelven una pesadilla o traumáticos y podrían resolverse con menos herramientas y trabajo cerebral. Esto sólo prueba la gran ventaja que brinda el sistema neumático por encima de otros tipos de sistemas.

La frase más común que se usa hoy en día para referirse a un sistema neumático es automatización de bajo costo (ABC), lo cuál sugiere que el uso de la neumática para la automatización industrial proporciona al usuario grandes beneficios respecto al costo. Sin embargo, esto puede

falla y, por consiguiente, para tener el cuidado necesario contra todas esas fallas, en especial las no pronosticadas y no programadas, es muy importante que se sujete el sistema neumático a verificaciones de mantenimiento preventivo, regulares y adecuadas, y debe llevarse a cabo una inspección rutinaria profunda de posibles descuidos para mantener el sistema funcionando con su eficiencia óptima. Con base en la experiencia de diversos ingenieros y técnicos comprometidos en el trabajo de mantenimiento y reparación en diferentes plantas y fábricas, en donde se emplean un gran número de aditamentos, accesorios y herramientas manuales neumáticas en las máquinas de producción y otros sistemas, se ha visto que un sistema neumático con buen mantenimiento presenta problemas mínimos y, probablemente, minimiza en gran parte el tiempo de paro, con ciclos de trabajo más fructíferos. Incluso si en ciertos momentos pudieran haberse colado algunos problemas, nunca se vuelven una pesadilla o traumáticos y podrían resolverse con menos herramientas y trabajo cerebral. Esto sólo prueba la gran ventaja que brinda el sistema neumático por encima de otros tipos de sistemas.

La frase más común que se usa hoy en día para referirse a un sistema neumático es automatización de bajo costo (ABC), lo cual sugiere que el uso de la neumática para la automatización industrial proporciona al usuario grandes beneficios respecto al costo. Sin embargo, esto puede

ser un punto de debate, ya que todavía están surgiendo fuentes más nuevas y baratas de energía y en la actualidad se aplican, en la industria, en el campo de la ingeniería de manufactura y producción. Pero es cierto que, si no en la producción, al menos respecto al mantenimiento de un sistema neumático, el costo global es mucho menor que para otros sistemas; en especial, los sistemas mecánicos. Para formular los programas de mantenimiento preventivo y preparar la lista de verificación, se debe tener un panorama general completo de todo el campo neumático. Para la verificación e inspección periódicas de un sistema neumático, a las partes siguientes del sistema se les debe dar más importancia sobre las otras, ya que éstas constituyen áreas con más propensión a presentar problemas:

1. Líneas principales, secundarias y accesorios.
2. Unidad de acondicionamiento del aire; es decir, unidad FRL.
3. Válvula de conexión y desconexión de la línea.
4. Válvulas neumáticas de control.
5. Cilindros y motores neumáticos.
6. Elementos de transmisión mecánica.
7. Accesorios neumáticos y otros componentes asociados.

Se puede aplicar el siguiente programa:

- | | | |
|-----|--|-------------------|
| 10. | Ajustar el chorro de aceite | Según necesidad |
| 11. | Cambiar el aceite después de una limpieza completa del tazón | Anual o semestral |

Válvula de conexión y desconexión

- | | | |
|----|---|---------|
| 1. | Fugas de aire a través de la válvula y accesorio de la manguera | Mensual |
| 2. | Accionamiento de la manija de la válvula | Semanal |
| 3. | Restauración si es necesario y si es posible | Anual |

Válvulas neumáticas de control

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | Fugas posibles de aire y su supresión | Mensual |
| 2. | Verificación de falla posible sello | Semestral |
| 3. | Inspeccionar los elementos de actuación | Semestral |
| 4. | Verificar el ajuste de la válvula | Semestral |
| 5. | Verificar el solenoide y su parámetro eléctrico | Mensual |
| 6. | Verificar resortes y actuadores de las válvulas | Anual o antes si se abren debido a contingencias |

Cilindros y motores neumáticos

- | | | |
|----|---|-----------------------------|
| 1. | Verificar las fugas y su supresión | Mensual |
| 2. | Verificar las tensiones de las bandas | Semestral |
| 3. | Inspeccionar el soporte mecánico y los montajes del cilindro | Semestral |
| 4. | Inspeccionar el cilindro respecto a su fuerza y exactitud de su velocidad | Semanal |
| 5. | Verificar el alineamiento del pistón, la varilla del pistón y el cuerpo o tubo del cilindro | Anual ó según necesidad |
| 6. | Daños mecánicos a la varilla del pistón | Semanal |
| 7. | Reemplazar el sello de la copa | Semestral ó según necesidad |

8.	Verificar las r.p.m. del motor	Semanal
9.	Verificar el par del motor	Semanal
10.	Verificar la vibración producida por el motor	Semanal

Sistema de transmisión mecánica y otros accesorios neumáticos

1.	Los eslabones mecánicos hacia la fuente de potencia para comprobar si están flojos, etc	Mensual
2.	Inspeccionar los silenciadores	Semestral
3.	Verificar las guías respecto al movimiento mecánico	Semestral
4.	Realizar el alineamiento mecánico	Semestral

CAPITULO 4

4. EJECUCIÓN

4.1 Reemplazo de tres unidades de generación por una única unidad.

Una vez establecido el retorno de la inversión del proyecto y la respectiva factibilidad del estudio realizado, y habiéndose obtenido la aprobación de las direcciones técnica y financiera de la compañía, se procedió a establecer las especificaciones de compra de la nueva unidad de generación de aire comprimido, en base a las necesidades del sistema y en consistencia con lo planteado en el estudio.

Previo al establecimiento de las especificaciones se debe seleccionar el tipo de compresor a emplear, para ello, se analizaron los siguientes aspectos:

- ✓ Capacidad del compresor, en nuestro caso debe ser de tornillo 47kw con 7.08 m³/min (250 CFM) a 7 bar de presión.
- ✓ Motor de alta eficiencia y voltaje requerido
- ✓ Nivel de ruido en operación
- ✓ Control electrónico con autodiagnosticador y programación

Del análisis del cuadro precedente se decidió optar por la adquisición del compresor Kaeser, a pesar de ser la segunda alternativa desde el punto de vista económico. La decisión tuvo sus consideraciones en los siguientes puntos

- Experiencia del personal técnico en la operación de los compresores Kaeser
- Experiencia de la planta, en lo referente a repuestos y asistencia técnica
- Dimensiones y peso del compresor
- Nivel de ruido, acorde al permisible (75 dbA)
- Tecnología del control electrónico

4.2 Reemplazo de unidad secadora del aire

En el caso particular de la unidad secadora, no se realizó un proceso similar al cambio del compresor, debido al hecho de que se disponía de una unidad secadora, que se había retirado de otra operación de la compañía.

En tal virtud se decidió realizar una evaluación a la unidad secadora Ingersoll rand HG 550 de 9.9 m³/min (350 CFM) de capacidad, denotándose la necesidad de proceder con un mantenimiento integral previo a su instalación.

Con esta unidad, de $9.9 \text{ m}^3/\text{min}$ (350 CFM), se cubría ampliamente la demanda total de la planta, por lo que, su instalación debía considerar el paso de todo el aire por el equipo secador.

La ubicación del secador HG 550 debe ser el mismo del secador HG 201, solamente que se tiene que preveer la instalación de un ducto, que permita desviar el flujo del aire caliente expulsado por el compresor, adicionalmente se debe considerar, en la misma ubicación, dejar espacios que permitan la mantenibilidad del equipo. En el plano # 15, se puede observar la disposición final del área de generación y tratamiento.

4.3 Instalación de filtros y sistema de trampeo

Con el fin de dar el adecuado tratamiento al aire, se procedió a la instalación del sistema de filtrado, indicado en el presente estudio, esto es un filtro de partículas después del compresor, un filtro de partículas después del tanque recibidor y filtro coalescente para eliminar los aerosoles de aceite, después de la unidad secadora.

Para una adecuado trampeo del condensado, en su primera etapa, se instaló un trampa automática de condensado en la purga del tanque recibidor y otra trampa automática de condensado en la descarga del filtro de partículas después del recibidor y del filtro coalescente; la

descarga automática opera comandada por una válvula solenoide, que actúa periódicamente, garantizando de esa forma una adecuada evacuación del condensado.

Para completar el sistema de trampeo, se dejó para una segunda etapa, la instalación de las piernas de condensado en los diferentes puntos de la planta.

A continuación en las tablas # 28, # 29 y # 30, se presenta el programa de mantenimiento preventivo que se ha desarrollado con el representante de Kaeser, para atender el sistema de generación y tratamiento del aire comprimido.



TABLA # 28
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
COMPRESOR KAESER

Compresor de tornillo KAESER											
Tareas de Mantenimiento Preventivo	RESPONSABLE		DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	BI-ANUAL	TRI-ANUAL	Observación
	Interno	Externo									
1. SISTEMA DE AIRE											
1.1. Limpieza de manta filtrante	<input type="checkbox"/>			x							Op
1.2. Chequeo y limpieza de filtro de aire	<input type="checkbox"/>				x						Parado
1.3. Cambio de manta filtrante	<input type="checkbox"/>					x					Op
1.4. Chequeo de fugas en el sistema de aire	<input type="checkbox"/>				x						Parado
1.5. Chequeo de válvula de seguridad	<input type="checkbox"/>						x				Op
1.6. Chequeo de válvula de admisión de aire	<input type="checkbox"/>							x			Parado
1.7. Chequeo de válvulas solenoides	<input type="checkbox"/>							x			Parado
1.8. Chequeo de válvula de mínima presión y check	<input type="checkbox"/>							x			Parado
1.9. Cambio de filtro de aire	<input type="checkbox"/>							x			Parado
1.10. Chequeo de unidad compresora	<input type="checkbox"/>									x	Parado
1.11. Rebuilt de válvula de admisión	<input type="checkbox"/>									x	Parado
1.12. Rebuilt de válvula de mínima presión y check	<input type="checkbox"/>									x	Parado

2. SISTEMA DE ACEITE Y LUBRICACIÓN										
2.1. Chequeo de nivel de aceite	<input type="checkbox"/>	x								Op
2.2. Chequeo de circuito de aceite (fugas)	<input type="checkbox"/>		x							Parado
2.3. Chequeo de elemento termostático	<input type="checkbox"/>		x							Parado
2.4. Chequeo de Elemento Separador	<input type="checkbox"/>		x							Op
2.5. Chequear la presión de recirculación de aceite	<input type="checkbox"/>		x							Op
2.6 Análisis de Aceite	<input type="checkbox"/>					x				Parado
2.7. Cambio de filtro de aceite	<input type="checkbox"/>					x				Parado
2.8. Engrase de rodamientos de motor	<input type="checkbox"/>					x				Op
2.9. Cambio de aceite S460	<input type="checkbox"/>						x			Parado
2.10. Reemplazo de elemento termostático	<input type="checkbox"/>						x			Parado
2.11. Cambio de Kit elemento separador de aceite	<input type="checkbox"/>							x		Parado
3. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO										
3.1. Limpieza de Post enfriadores	<input type="checkbox"/>		x							Parado
4. SISTEMA DE CONTROL DE CARGA										
4.1. Revisión de la válvula de control y venteo	<input type="checkbox"/>					x				Parado
5. SISTEMA ELECTRICO										
5.1. Revisión de parámetros eléctricos (V, A)	<input type="checkbox"/>		x							Op
5.2. Reajuste de terminales eléctricos.	<input type="checkbox"/>					x				Parado
5.3. Comprobación de térmicos/ revisión de regulación	<input type="checkbox"/>					x				Parado
5.4. Limpieza del tablero eléctrico	<input type="checkbox"/>					x				Parado
5.5. Medición de resistencia de	<input type="checkbox"/>						x			Op

aislamiento del motor											
5.6. Chequeo de contactores									x		Parado
5.7. Revisión de estado de rodamientos de motor									x		Op
6. INSTRUMENTACIÓN											
6.1. Revisión de mensajes del SIGMA CONTROL			x								Op
6.2. Revisión de sensores de temperatura				x							Op
6.3. Chequeo de Horómetros				x							Op
6.4. Revisión de interruptor de presión								x			Op
6.5. Comprobación de manómetros									x		Op
6.6. Revisión de sensores de diferencial de presión									x		Parado
7. SISTEMA DE TRANSMISIÓN											
7.1. Revisión de la tensión en las bandas				x							Parado
7.2. Revisión de alineación de poleas				x							Parado
7.3. Recambio de bandas de transmisión									x		Parado
8. GENERAL											
8.1. Limpieza exterior del compresor			x								Op
8.2. Limpieza interior del compresor				x							Parado
8.3. Rajuste total de componentes del compresor									x		Parado
8.4. Análisis de Vibraciones								x			Op

TABLA # 29

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
COMPRESOR GARDNER DENVER**

Compresor de tornillo GARDNER DENVER											
Tareas de Mantenimiento Preventivo	RESPONSABLE		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	BI-ANUAL	TRI-ANUAL	Observación
	Interno	Externo									
1. SISTEMA DE AIRE											
1.1. Chequeo y limpieza de filtro de aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			x						Parado
1.2. Chequeo de fugas en el sistema de aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			x						Parado
1.3. Chequeo de válvula de seguridad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					x				Op
1.4. Chequeo de válvula de admisión de aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						x			Parado
1.5. Chequeo de válvulas solenoides	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						x			Parado
1.6. Chequeo de válvula de mínima presión y check	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						x			Parado
1.7. Cambio de filtro de aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						x			Parado
1.8. Chequeo de unidad compresora	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							x		Parado
1.9. Rebuilt de válvula de admisión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							x		Parado
1.10. Rebuilt de válvula de mínima presión y check	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							x		Parado
2. SISTEMA DE ACEITE Y LUBRICACIÓN											
2.1. Chequeo de nivel de aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x								Op
2.2. Chequeo de circuito de aceite (fugas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			x						Parado
2.3. Chequeo de elemento termostático	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			x						Parado

2.4. Chequeo P Elemento Separador				x					Funcionando
2.5. Chequear la presión de recirculación de aceite				x					Op
2.6 Análisis de Aceite							x		Parado
2.7. Cambio de filtro de aceite							x		Parado
2.8. Engrase de rodamientos de motor							x		Op
2.9. Cambio de aceite AEON 4000							x		Parado
2.10. Reemplazo de elemento termostático							x		Parado
2.11. Cambio de elemento separador de aceite							x		Parado
3. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO									
3.1. Limpieza de Post enfriadores				x					Parado
4. SISTEMA DE CONTROL DE CARGA									
4.1. Revisión de la válvula de control y venteo				x					Parado
5. SISTEMA ELECTRICO									
5.1. Revisión de parámetros eléctricos (V, A)				x					Op
5.2. Reajuste de terminales eléctricos.							x		Parado
5.3. Comprobación de térmicos/ revisión de regulación							x		Parado
5.4. Limpieza del tablero eléctrico							x		Parado
5.5. Medición de resistencia de aislamiento del motor							x		Op
5.6. Chequeo de contactores							x		Parado
5.7. Revisión de estado de rodamientos de motor							x		Op
6. INSTRUMENTACIÓN									
6.1. Revisión de mensajes del Auto-Sentry S			x						Op
6.2. Revisión de sensores de temperatura				x					Op
6.3. Revisión de interruptor de							x		Op

presión													
6.4. Comprobación de manómetros	<input type="checkbox"/>								x				Op
6.5. Revisión de sensores de diferencial de presión	<input type="checkbox"/>								x				Parado
7. SISTEMA DE TRANSMISIÓN													
7.1. Revisión de la tensión en las bandas	<input type="checkbox"/>			x									Parado
7.2. Revisión de alineación de poleas	<input type="checkbox"/>			x									Parado
7.3. Recambio de bandas de transmisión	<input type="checkbox"/>								x				Parado
8. GENERAL													
8.1. Limpieza exterior del compresor	<input type="checkbox"/>		x										Op
8.2. Limpieza interior del compresor	<input type="checkbox"/>			x									Parado
8.3. Rajuste total de componentes del compresor	<input type="checkbox"/>								x				Parado
8.4 Análisis de Vibraciones	<input type="checkbox"/>								x				Op

TABLA # 30

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO**

Secador de Aire refrigerativo, Filtros de línea y Tanque de Almacenamiento											
Tareas de Mantenimiento Preventivo	RESPONSABLE		DIARIO	SEMAMANAL	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	BI-ANUAL	TRI-ANUAL	Observaciones
	Interno	Externo									
9. SECADOR DE AIRE REFRIGERATIVO											
9.1. Limpieza Exterior del Secador	x		x								Bp
9.2. Revisión de compresor	x			x							Bp
9.3. Limpieza de Condensador		x			x						Bp
9.4. Limpieza del evaporador		x			x						Bp
9.5. Revisión del termostato		x			x						Bp
9.6. Revisión del switch de presión		x			x						Bp
9.7. Revisión de estado de líneas de cobre		x			x						Bp
9.8. Revisión de aislamiento de tuberías		x			x						Bp
9.9. Revisión del estado de aspas de ventilador		x			x						Bp
9.10. Revisión del estado de rodamientos de motor de ventilador		x			x						Bp
9.11. Limpieza de trampa automática		x			x						Bp
9.12. Revisión de líneas de drenaje		x			x						Bp
9.13. Revisión de presión del refrigerante		x			x						Bp
9.14. Limpieza Interior del Secador		x			x						Bp
9.15. Revisión de parámetros eléctricos (V, A) del compresor refig.		x			x						Bp
9.16. Revisión regulador de bypass de gas caliente		x					x				Bp
9.17. Recambio de rodamientos de motor de ventilador		x						x			Bp

9.18. Recambio de elemento separador centrífugo	x							x		Bp
9.19. Revisión de manómetros de control	x							x		Bp
9.20. Revisión de fugas en el circuito de refrigeración	x							x		Bp
10. FILTROS KFS375 / KOR375 y KVF 375										
10.1 Inspección de estado del elemento	x			x						Bp
10.2. Limpieza de trampas automáticas de drenaje TET052S	x			x						Bp
10.3. Recambio del elemento KFS375	x							x		Bp
10.4. Recambio del elemento KOR375	x							x		Bp
10.5 Recambio del elemento KVF 375	x							x		Bp
10.6. Recambio kit de mantenimiento de trampas automáticas TET052S	x							x		Bp
11. TANQUE DE ALMACENAMIENTO										
11.1. Limpieza de trampa automática de drenaje TET 052S	x			x						Op
11.2. Recambio kit de mantenimiento de trampas automáticas TET 052S	x							x		Op
11.3. Revisión de válvula de seguridad	x							x		Op
11.4. Medición de espesores por ultrasonido	x								x	Op
11.5. Pintura exterior de tanque de almacenamiento	x								x	Op

Los costos para el manejo del programa de mantenimiento preventivo anual, tanto para la generación como para el tratamiento de aire, mostrado en las tablas precedentes, se indica en la tabla # 30.



TABLA # 31

**PRESUPUESTO ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DEL SISTEMA DE GENERACION Y TRATAMIENTO DE AIRE
COMPRESIDO**

Visita No.	Descripción	Cant.	Part. No.	P.Unitario	P.Total
1	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Filtro de Aceite	1	6.1981.1	27,75	27,75
	Engrase de Motor	2	6.3234.0	6,08	12,16
	Gardner Denver				
	Diagnostico y Puesta a punto	1		150,00	150,00
			Sub Total Repuestos		209,07
			Sub Total Mano de Obra		200,00
			IVA 12%		49,09
			TOTAL:		458,16
2	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Elemento KFS375	1	USFS375	196,77	196,77
	Elemento KOR375	1	USOR375	192,00	192,00
	Gardner Denver				
	Filtro de Aceite	1	2116128	59,00	59,00
	Filtro de Aire	1	2116150	130,00	130,00
	Set de Bandas	1	13AG6304	165,00	165,00
	Elemento Separador	1	55B57	515,00	515,00

	Lubricante AEON 4000	10	28H57	67,50	675,00
			Sub Total Repuestos		1.951,93
			Sub Total Mano de Obra		320,00
			IVA 12%		272,63
			TOTAL:		2.544,56
3	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Gardner Denver				
			Sub Total Repuestos		19,16
			Sub Total Mano de Obra		320,00
			IVA 12%		40,70
			TOTAL:		379,86
4	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Filtro de Aceite	1	6.1981.1	27,75	27,75
	Filtro de Aire	1	6.2085.0	139,23	139,23
	Engrase de Motor	2	6.3234.0	6,08	12,16
	Kit elemento separador de aceite	1	6.2013.1	458,00	458,00
	Kit de Bandas	1	6.2523.0	285,00	285,00
	Elemento termostatico	1	7.1975.0	125,00	125,00
	Aceite Sintetico S460	20	ANS460	60,97	1.219,40
	Gardner Denver				
			Sub Total Repuestos		2.285,70
			Sub Total Mano de Obra		

					59,07
			Sub Total Mano de Obra		320,00
			IVA 12%		45,49
			TOTAL:		424,56
8	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Filtro de Aire	1	6.2085.0	139,23	139,23
	Gardner Denver				
	Filtro de Aceite	1	2116128	59,00	59,00
	Elemento Separador	1	55B57	515,00	515,00
	Lubricante AEON 4000	10	28H57	67,50	675,00
			Sub Total Repuestos		217,39
			Sub Total Mano de Obra		320,00
			IVA 12%		64,49
			TOTAL:		601,88
9	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Gardner Denver				
			Sub Total Repuestos		19,16
			Sub Total Mano de Obra		320,00
			IVA 12%		40,70
			TOTAL:		379,86
10	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16

	Filtro de Aceite	1	6.1981.1	27,75	27,75
	Engrase de Motor	2	6.3234.0	6,08	12,16
	Gardner Denver				
	Filtro de Aire	1	6.2085.0	139,23	139,23
			Sub Total Repuestos		198,30
			Sub Total Mano de Obra		320,00
			IVA 12%		62,20
			TOTAL:		580,50
11	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Kit elemento separador de aceite	1	6.2013.1	458,00	458,00
	Gardner Denver				
	Filtro de Aceite	1	2116128	59,00	59,00
			Sub Total Repuestos		536,16
			Sub Total Mano de Obra		320,00
			IVA 12%		102,74
			TOTAL:		958,90
12	KAESER				
	Mantas filtrantes	1	6.1945.0	19,16	19,16
	Filtro de Aire	1	6.2085.0	139,23	139,23
	Filtro de Aceite	1	6.1981.1	27,75	27,75
	Gardner Denver				
			Sub Total Repuestos		186,14
			Sub Total Mano de Obra		

			320,00
		IVA 12%	60,74
		TOTAL:	566,88
TOTAL:			10.573,25

A este presupuesto de mantenimiento preventivo, se debe adicionar los gastos que se deriven del mantenimiento del sistema de distribución y de las unidades de acondicionamiento de aire, así como también los gastos generados por imprevistos y reparaciones, dichos valores normalmente se encuentran en el orden de los \$ 6,000 anuales, con lo que el gasto total del sistema quedaría en \$ 16,573.25, que resulta más económico que el costo que se tenía con el sistema anterior de \$ 21,200.00.

4.4 Reemplazo de distribuidor principal y secundarios

Siguiendo la propuesta indicada en el numeral 3.8 donde se indicaron las mejoras que se requieren efectuar en la red de distribución de aire comprimido, se debe reemplazar el distribuidor principal actual, subdimensionado, con el distribuidor indicado en el plano # 12, adicionalmente, debe ser reubicado de acuerdo a lo sugerido, es decir, en la parte inferior de la ubicación actual, para facilitar la operación de válvulas y reemplazo de las mismas.

Estas acciones aún no han sido desarrolladas, a causa exclusivamente de factores económicos y de disponibilidad de la planta, ya que para el reemplazo, tanto del distribuidor principal como la instalación de los distribuidores secundarios, ejecutar la comprobación de los flujos y buen funcionamiento de los equipos con los cambios realizados, es necesario contar con al menos 8 días calendario con la planta paralizada.

En el aspecto económico, sólo se obtuvo aprobación de la dirección por las mejoras en la generación y tratamiento del aire comprimido; para proceder con las mejoras de la red, es necesario, solicitar una nueva aprobación.

4.5 Eliminación de pérdidas y crear lazos en el sistema de distribución

La eliminación de las pérdidas relativas a fugas, fue realizada en base a una orden de trabajo con una de las compañías contratistas de la empresa, este fue un proceso metódico y sistemático, que fue dando resultados de inmediato.

Con el reemplazo de los dos compresores Joy y del Gardner, se eliminó definitivamente las paralizaciones de las líneas productivas y su operación fue más continua y eficiente, de la misma forma ya no se

presentaron problemas graves en los instrumentos y equipos de codificación, por causa del exceso de humedad del aire.

Al disponer el compresor Kaeser de suficiente capacidad para solventar la demanda y los picos de la misma, el compresor Gardner de 24 kw, prácticamente opera muy rara vez, y sólo se utiliza para proveer de aire comprimido a ciertas áreas cuando se debe realizar labores de mantenimiento del compresor Kaeser.

Una vez que se obtenga la aprobación de la Dirección de la empresa, para emprender con las mejoras en la red de distribución, se realizará también el análisis de los lazos que deben ser cerrados, aunque como ya se indicó el lazo de envasado deberá ser el primero en atenderse.

4.6 Instalación de tanque pulmón en área de proceso

Una de las recomendaciones realizadas en el numeral de mejoras a la red de distribución la constituye la instalación de un tanque pulmón secundario para que suministre aire comprimido al los filtros prensa durante la operación de barrido del remanente de tierra y aceite, con el fin de eliminar la caída de presión del sistema, al momento de ejecutarse dicha acción.

Esta es una acción que aún no ha sido desarrollada, pero que se la tiene programada realizar, aún más considerando de que en la planta,

se cuenta con un tanque T-30 de un compresor Ingersoll rand , que fue dado de baja, y se encuentra en muy buenas condiciones.

Al momento, se tiene desarrolladas las especificaciones del trabajo, con base en lo indicado en el estudio y posterior a ello, se procederá a invitar a ofertar, para la instalación del tanque pulmón secundario, que con seguridad estará operando, a partir del segundo trimestre de este año.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del desarrollo del tema aquí tratado se pueden desprender algunas conclusiones y recomendaciones, las cuales se indican a continuación.

CONCLUSIONES

- 1) Se debe eliminar de inmediato las fugas de aire comprimido existentes, en las diferentes áreas de la planta, de acuerdo con la tabla # 9.
- 2) Es necesario proceder a la instalación del compresor de tornillo de 47 kw y 7 bar de presión, a fin de generar la disminución en los gastos de energía eléctrica y disponer de una moderna unidad con capacidad para abastecer la totalidad de la demanda de aire de la planta.
- 3) Proceder al traslado e instalación del secador de $9.07 \text{ m}^3/\text{min}$, que permita el secado de la totalidad del aire comprimido generado.
- 4) Es necesario realizar la instalación del sistema de filtrado y trampeo, de modo que el tratamiento del aire sea completo y en

especial, se evite la acumulación de condensado en la red, o que éste alcance los puntos de consumo.

- 5) Realizar las mejoras sugeridas, en relación con la ventilación del área de generación y tratamiento, de manera que la temperatura sea la idónea para una normal operación de los compresores.
- 6) Se hace imperativo, para mejorar la distribución del aire comprimido, el reemplazo del distribuidor principal, la incorporación de los distribuidores secundarios, así como también la readecuación de los lazos, principalmente en lo referente a fraccionamiento y servicios.
- 7) El uso inapropiado de válvulas de compuerta sin un previo análisis de las condiciones de operación y aplicación, promueve necesariamente el reemplazo de las mismas por válvulas esféricas de cierre rápido, que permitan un mejor manejo del flujo y faciliten su operación.
- 8) Se debe programar la instalación del tanque pulmón secundario en el área de blanqueo, con el fin de evitar las continuas caídas de presión en el sistema, al momento del barrido de los remanentes de aceite y tierra filtrante en los filtros prensa.

- 9) Finalmente para complementar las diferentes mejoras al sistema de aire comprimido analizado, se debe proveer al mismo de una apropiada instrumentación y de un estructurado programa de mantenimiento, que permita sostener los beneficios del sistema mejorado y de esa manera contar con un sistema eficiente y bien protegido.

RECOMENDACIONES

- 1) La principal recomendación derivada de este trabajo, la constituye, lo importante de su desarrollo y aplicación, no sólo en las plantas industriales de gran tamaño, donde evidentemente los resultados que se puedan obtener, serán muy alentadores, como lo es en el caso de la industria analizada, sino también en medianas y pequeñas instalaciones fabriles, donde existan usos del aire comprimido como una fuente de generación de trabajo en sus máquinas y equipos.
- 2) Usualmente en casi la mayoría de las industrias se desconoce los valores reales de los procesos de transformación de la energía, como son, sistemas de aire comprimido, sistemas de vacío, bombeo de líquidos, sistemas de calentamiento y enfriamiento, etc., por lo que este tipo de estudios y valoraciones constituyen una excelente fuente de información para la toma de decisiones en

los procesos productivos, con miras a obtener reducciones en los costos energéticos y por ende contribuir con el margen de utilidad de cada bien producido.

- 3) Se recomienda que periódicamente las empresas realicen estudios para auditar sus instalaciones y determinar desviaciones.

APENDICE A
ESPECIFICACIONES MECANICAS
PARA SISTEMAS DE AIRE
COMPRIMIDO

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS PARA SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO

CONTENIDO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Especificaciones básicas de diseño
2. Especificaciones básicas de control
3. Requerimientos mecánicos
 - 3.1 Tuberías
 - 3.1.1 Condiciones de diseño
 - 3.1.2 Materiales
 - 3.2 Instalación de tuberías
 - 3.2.1 Introducción
 - 3.2.2 Protección
 - 3.2.3 Instalación
 - 3.2.4 Manguitos
 - 3.3 Válvulas
 - 3.3.1 Introducción
 - 3.3.2 Válvulas de servicio
 - 3.3.3 Válvulas de retención
 - 3.3.4 Válvulas de alivio de presión
 - 3.3.5 Válvulas de control
 - 3.4 Conexiones de tuberías
 - 3.4.1 Introducción
 - 3.4.2 Uniones roscadas

- 3.4.3 Soldadura
- 3.4.4 Condiciones de soldadura
- 3.4.5 Electrodo de soldadura

3.5 Inspección, pruebas y condiciones de tuberías

- 3.5.1 Introducción
- 3.5.2 Pruebas y certificados de soldadura
- 3.5.3 Inspección
- 3.5.4 Pruebas de presión

1. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Toda instalación de aire comprimido debe garantizar que el aire tenga la calidad adecuada para que los equipos operen sin tener acciones defectuosas o señales erráticas.

Además del compresor de aire se debe garantizar la instalación de los demás elementos que constituyen el sistema de aire comprimido.

Compresor

Post enfriador (en lo posible lo debe tener el compresor)

Filtro separador serie C (retiene partículas)

Tanque receptor con drenaje automático de condensados

Secador refrigerativo

Filtro serie A (retiene partículas)

Filtro serie H (retiene aerosoles de aceite)

Se pueden instalar secadores pequeños en cualquier lugar de la planta para proteger instrumentos específicos, o para ciertas aplicaciones en los puntos de uso. Cuando el secador sea para todo el sistema de distribución, normalmente se coloca después del compresor o del tanque receptor (de almacenamiento).

Después del compresor, el secador tratará todo el flujo de aire comprimido y debe ser calculado para la capacidad máxima del compresor.

Después del tanque receptor, (normalmente la mejor instalación) el secador saca provecho del enfriamiento adicional y la amortiguación de pulsaciones que ocurre en el contenedor. El tamaño se debe basar en el ciclo de trabajo del compresor o en el pico de demanda máxima del sistema.

Dichos componentes deben garantizar las siguientes condiciones de operación

Punto de rocío a presión (50°F)	de 3.3 °C (38 °F) a 10°C
Remoción de partículas sólidas grandes	0.01 micrones y más grandes
Remoción de aerosoles de aceite	99.9999% +
Remoción de vapores de aceite 0.01 PPM	vapor de aceite hasta 0.01 PPM

Unidad de mantenimiento

Una unidad de mantenimiento debe preparar el aire antes de su utilización en un dispositivo neumático. El aire debe ser depurado y de él debe extraerse el agua. Esta operación la efectúa el filtro con separador de agua. La presión del aire puede ajustarse a un valor determinado y constante, por medio de la válvula reguladora de presión. Finalmente, el aire debe enriquecerse con una fina niebla

de aceite, para lubricar las guías de los elementos de mando y de trabajo. El lubricador cumple con este cometido.

2. ESPECIFICACIONES DE CONTROL

Toda instalación de aire comprimido debe garantizar que se pueda monitorear las características del mismo, esto es presión, temperatura, debe existir válvulas de control y válvulas de seguridad que permitan que el sistema sea seguro.

3. Requerimientos Mecánicos

3.1 Tuberías

Al tender el sistema de tuberías del aire comprimido, el único factor al que se le debe dar una importancia primordial es de reducir la caída en la presión en el extremo más alejado de la tubería. *Esto es muy importante para el uso económico global del aire comprimido. Con el fin de lograrlo, es esencial que se use el tipo de tubería de circuito cerrado.*

3.1.1 Condiciones de diseño

Presión de diseño	200 PSI
Máxima presión de trabajo	100 PSI
Temperatura de operación	Ambiente
Rango de temperatura	Ambiente

Todos los materiales deben ser suministrados en el sitio de trabajo de acuerdo a la NORMA ASA B.31.1 ANSI ASME B 16.10 BS 3600 o un agregado equivalente.

Las tuberías con tamaños sobre 50 mm deben ser marcadas de tal manera que sea posible su identificación durante y después de la construcción. La remarcada debe ser hecha empleando métodos de estampado.

(DIN 50049 puede ser usado solo después de la aprobación escrita del vendedor).

3.1.2 Materiales

En adición a los requerimientos de un adecuado esfuerzo elástico de los materiales de la tubería, para aire comprimido acero al carbono estirado ASTM A.53 Gr. A, ASTM A.83 aceptable para 2" y menores.

El comprador debe verificar por el mismo los límites de aplicación del material

Adecuadas precauciones deben ser tomadas por el comprador para asegurar que solo componentes con las especificaciones y agregados son usados.

Información adicional para clases de tubería

Tubería

Materiales alternativos solo pueden ser usados si son aprobados por DIPJN

Accesorios

En general el uso de accesorios debe estar en concordancia con los estándares para sistemas de aire comprimido 1 1/2" y menores. Hierro maleable 300 libras roscados

Cuándo un accesorio es soldado, tales como válvulas, estas deben ser de acero de bajo carbón ($\leq 0.25\%$ de carbón) y deben ser compatibles con la tubería.

Empaques

No se permite empaques que contengan asbestos

Se usarán empaques de amianto.

Bridas

Bridas cuando sea necesario su utilización deben ser acero al carbono ASTM A.181 Gr. I, 150 PSI ASA, de cuello, RF de 1/16"

3.2 Instalaciones de Tuberías

3.2.1 Introducción

Las especificaciones de los materiales incluyendo clase de material deben ser estrictamente adheridas para una adecuada instalación y distribución de tuberías, cualquier desviación de los materiales especificados, solo puede ser permitida si existe una aprobación escrita por el ingeniero al vendedor

Las tuberías deben ser limpiadas, inspeccionadas y probadas de acuerdo a los procedimientos especificados, Solo después de las inspecciones y pruebas que hayan sido completadas, las tuberías pueden ser pintadas, aisladas, etc.

3.2.2 Protección

Las tuberías deben recibir un tratamiento anticorrosivo

Especial cuidado debe ser tomado para tapar los extremos de las tuberías para evitar el ingreso de suciedad y materia extraña, durante el periodo de almacenamiento y transporte

3.2.3 Instalación

Todas las tuberías deben ser agrupadas en forma recta para presentar buena apariencia, los tubos deben ser instalados paralelamente uno con respecto a otro sobre estructura cuyos miembros son de ángulos.

No se deben unir o formar grupos o almacenar en posición inaccesible

Los tubos para ser aislados o cubiertos deben ser fijados para así permitir la aplicación del aislamiento y la cubierta alrededor de la circunferencia completa y además tener un adecuado espacio entre los tubos cubiertos

La deflexión de los tubos, como resultado de los efectos térmicos debe ser cuidadosamente diseñado

Debe dejarse suficiente espacio para permitir que se puedan operar válvulas de servicio

Donde las válvulas de servicio y control se necesite operar, se requiere suficiente espacio alrededor de estas válvulas.

3.2.4 Manguito de tubería

Introducción

Cuando las tuberías pasan a través de paredes, pisos o penetran de cualquier forma la construcción, manguitos de tubería deben ser suministrados y colocados exactamente en el elemento estructural

Manguitos de tubería para barreras de fuego y humo, todas las tuberías al pasar a través de paredes son diseñados como barreas de fuego y humo

3.3 VALVULAS

3.3.1 Introducción

La política es utilizar válvulas con cuerpos de acero fundido y/o acero forjado en los sistemas de aire comprimido tanto como sea posible.

El uso de válvulas con cuerpos de hierro maleable y accesorios en los circuitos de aire comprimido deben utilizarse en cantidades mínimas

3.3.2 Diseño de válvulas

Válvulas de compuerta 1 1/2" y menores Latón, 150 PSI SWP roscadas, husillo externo.

2" y mayores. Hierro fundido 125 PSI ASA embridadas OS e Y, partes internas de latón

Válvulas de globo 1 1/2" y menores latón 250 PSI SWP roscadas, husillo ascendente bonete de unión.

2" y mayores, se debe usar válvulas de compuerta.

Válvulas de retención 1 1/2" y menores latón 250 PSI SWP roscadas, horizontal de pistón, asiento y disco de aleación de Ni

2" y mayores. Hierro fundido. 125 PSI ASA basculante, partes internas de latón.

Las válvulas deben tener sello sobre el vástago para prevenir perdidas cuando se encuentren completamente abiertas.

Las válvulas deben ser presurizadas previo a la instalación de las mismas para asegurar su hermeticidad.

Las válvulas que no serán utilizadas durante la normal operación de la planta deben ser cubiertas

Las válvulas deben ser operadas en forma manual a menos que se especifique otra forma.

Para válvulas que no son accesibles fácilmente se puede emplear rueda y cadena o un arreglo similar debe ser suministrado.

Válvulas de seguridad y alivio de presión debe colocarse en el sistema de acuerdo a la norma ANSI - B16.5

En los siguientes párrafos se encuentran algunas de las marcas de válvulas que han sido aprobadas por DIPJN, sin embargo puede utilizarse otras válvulas que cumplan las normas.

3.3.3 Válvulas de aislamiento

Aquí debe colocarse marcas y códigos de válvulas de aislamiento aprobadas por DIPJN

3.3.4 Válvulas de retención

Aquí debe colocarse marcas y códigos de válvulas de retención aprobadas por DIPJN

3.3.5 Válvulas de alivio de presión

Aquí debe colocarse marcas y códigos de válvulas de alivio de presión o seguridad aprobadas por DIPJN

3.3.6 Válvulas de control

Aquí debe colocarse marcas y códigos de válvulas de control aprobadas por DIPJN

3.4 Conexión de tuberías

3.4.1 Introducción

Los tubos para ser unidos deben ser suministrados con los terminales planos, para una mejor unión, cada unión debe ser preparada con propiedad para soportar el esfuerzo realizado por la presión interna, el peso del tubo, accesorios etc.

3.4.2 Uniones roscadas

Se deben tener en cuentas varias precauciones en la instalación de tuberías.

Limpiar bien el interior de la tubería antes de proceder a su instalación, después de tarrajear los tramos de tubería se deberá tener la precaución de eliminar las rebabas.

Al ejecutar uniones roscadas entre tubos y válvulas y/o accesorios se debe aplicar teflón u otro sellante exclusivamente a las roscas macho.

Al conectar un tubo con una válvula por medio de unión a rosca, debe emplearse las fuerzas indicadas en la Norma par evitar que se causen deformaciones en cuerpo de la válvula.

3.4.3 Soldadura

Las uniones deben ser hechas por fusión con penetración de soldadura fina, el número de uniones debe ser lo mínimo posible, los tubos deben ser instalados tan largo como sea posible.

Los tubos prefabricados deben ser construidos en talleres y deben pasar la prueba hidráulica en el mismo sitio.

En sitio debe utilizarse en forma minima la soldadura, y donde sea posible utilizar método manual.

El propósito de utilizar soldadura en el sitio debe ser chequeada cuidadosamente durante el diseño para asegurar que existe un adecuado acceso para soldar, probar e inspeccionar

Se debe desmontar las partes operativas de las válvulas antes de soldar.

Todas las uniones soldadas deben a ser tipo a tope

3.5 INSPECCION

3.5.1 Introducción

Después del montaje y erección, todas las líneas deberán pasar la prueba de presión tal como se describe a continuación.

3.5.4 Prueba de presión

Cada sección de la tubería deberá ser ensayada a una presión igual a dos (2) veces la presión primaria de clasificación de los accesorios, válvulas y bridas en la línea pero en ningún caso a una presión menor que una vez y media (1.5) la presión normal de operación.

La presión de ensayo no debe ser superior que vez y media (1.5) la presión máxima admisible de trabajo de la tubería o la calculada de acuerdo con los requerimientos del Código.

La presión de ensayo no debe ser mayor que la máxima admisible del componente más débil del sistema.

La presión mínima de ensayo debe ser de 150 PSIG.

Las válvulas de seguridad deben ser excluidas del ensayo hidrostático general. Se instalarán placas ciegas entre la entrada de la válvula y la sección de la línea de ensayo.

APENDICE B
HOW TO DESIGN A COMPRESSED
AIR SYSTEM

How to Design a Compressed Air System, Select the Components, and Get Trouble-Free Performance

Remember the good old days when an instrument air system upgrade meant adding another reciprocating compressor? Well, the controls and equipment that use compressed air are now sophisticated. We worry about air quality, parts per million oil carryover and condensate disposal.

Air Quality

The instruments, controls, and equipment determine air quality requirements. An oil-free air system avoids plugging orifices in pneumatic control devices with oil and moisture. On the other hand, pneumatic actuators work better with some oil in the air and need a lubricated compressor.

Investigate individual components to set the system design. The main determinant is the oil concentration in parts per million. Equipment vendors give oil concentration limits either in their operation manuals or by calling the customer service department.

Provide filtration to protect against build-up or erosion caused by particulate matter in the large volumes of air that compressors handle. Moisture in compressed air can lead to scaling, rust, frozen lines, wear, and malfunctioning controls and air logic devices. The pressure dew point defines the amount of moisture removal necessary.

Condensate Disposal

When air is compressed, it is heated. When later cooled, condensate forms. Lubricated compressors leave oil in the condensate. In many areas this condensate is considered hazardous waste so evaluate maintenance and future laws before selecting a water/ oil separator system.

Oil-free systems

Select an oil-free system for applications that cannot tolerate lubricant. An air receiver downstream of the compressor stabilizes system pressure, acts as a demand reservoir, and collects some moisture. Put an air dryer, selected to provide the proper pressure dew point, downstream of the receiver to trap remaining moisture.

A coalescing filter after the dryer provides protection if upstream components fail. For instance, the coalescing filter captures a large portion of moisture traveling downstream of malfunctioning condensation traps.

Installing a "dry" receiver after the coalescing filter further stabilizes pressure and acts as a reservoir for heavy demands.

Lubricated compressors and downstream purification

A modern, lubricated compressor and high-efficiency purification system produce instrument quality air with the minimum of stages of efficient compression. The built-in separator in the compressor removes the bulk of the oil.

This system is similar to the oil-free system with a "wet" receiver, air dryer, and coalescing filter. An activated charcoal filter between the coalescing filter and "dry" receiver removes residual oil vapors.

The following guidelines will assist you on your selection journey.

Air Compressors

The key issues in purchasing a compressor are reliability, cost-effectiveness, ease of operation and maintainability. Compressor reliability is based on the following factors.

Type of control system -- State-of-the-art electronic controls eliminated problems, mechanical switches, and relays. Older pneumatic compressor controls using compressed air taken before the air dryer can prove troublesome because moisture in the air leads to sluggish performance and damage to the compressor. The rubber diaphragms used with these pneumatic control systems are a common weak link in control systems.

Ambient temperatures -- The compressor must be capable of operating in ambient temperatures approaching 110-115EF because compressor rooms are 5-10 degrees warmer than the outdoor temperature. Higher temperature ratings mean longer, more reliable periods between maintenance.

Motor design -- As a minimum, motor insulation must be class F. Temperatures inside the sound attenuating enclosures for motor and compressors are warmer than the ambient air. Summertime operation gives internal temperatures from 110 to 115EF. Standard Class B insulation motors are designed for a maximum installed temperature of only 104EF.

Cooling system -- Compressing air produces heat of compression that must be removed. The compressor oil removes some of heat. Lubricated compressors remove even a higher portion of the heat since the oil is in the compression chamber. The oil is then cooled in a forced draft air-cooled heat exchanger. That portion of the heat remaining is removed in inter-cooler and after-coolers of sufficient capacity to permit continuous, fully-loaded compressor operation in high ambient temperatures. The aftercooler approach temperature, that is, the temperature difference

between the compressed air outlet and ambient air temperature, should be in the 15E to 20EF range.

Cost Effectiveness

Power, maintenance, and downtime costs outweigh first cost over the life of the compressor. Since you pay for kW, not horsepower, assemble the data to calculate input kW. Identify all power into the package, including compressor brake horsepower at shaft and motor efficiency at this BHP level, fan horsepower and motor efficiency, oil pump horsepower and efficiency, and so on. Calculate input kW and operational costs by the following formulae:

$$\text{Input kW} = \frac{0.07457 \text{ BHP}}{\text{Motor Efficiency}} + \frac{0.07457 \text{ Fan HP}}{\text{Fan Motor Efficiency}} + \dots$$

Operational Cost (\$/year) =

Input kW x Power Cost (\$/kWh) x operating hours per year.

Insist that vendors supply performance numbers based on the same criteria. Air-end performance testing does not account for losses in the compressor package. Requiring testing in accordance with an industry standards such as acceptance test PN2CPTC2 that is endorsed by the compressed air and gas institute and the European committee of manufacturers of compressors, vacuum pumps, and pneumatic tools insures valid performance comparisons.

Ease of operation

The control system should be easy to use and provide required data. Microcontrollers provide real-time adjustments, but beware of those systems needing arcane codes or hand-held programmers.

The sound level can mean the difference between hearing and not hearing. Sound levels from 75-80 dBA are acceptable, with 85 dBA being the maximum allowable. Avoid unenclosed rotary compressors and others that exceed these noise levels.

Maintainability

The compressor should be easily accessible for maintenance. If enclosed, the panels should be easily removed. Leave at least three feet of clearance around the compressor.

The primary maintenance items on a compressor are the inlet filter, oil drain, oil fill, motor greasing, condensate traps, and control calibration. Each should be easily accessible. Service indicators help guarantee timely maintenance.

In lubricated compressors, the oil travels downstream and must be replenished regularly. Synthetic lubricants provide superior lubricating characteristics, longer service life, and lower vaporization rates. Polyglycols extend changeout intervals to 8,000 hours, have the lowest vaporization rate, and are biodegradable. Oil-free compressors require limited amounts of lubricant for bearings and gears.

Use SAE O-rings on fittings along with 37 flared connections to avoid oil leaks. Standard pipe fittings will leak in time, given the temperatures and the viscosity of the lubricant.

Air Purification System

Focus on the air purification after selecting the compressor. The air system designer must consider the following:

- Delivering the required air quality
- Maintaining air quality during upsets
- Minimizing operating costs

Generally, air purification falls into one of three categories: filters, dryers, and receivers.

Compressed Air Filters

Filters remove condensed liquids, particulates, and oil vapors. Coalescing filters to remove water and oils have efficiencies from 99.98% at 0.1 micron particle size to 99.9999% at 0.01 micron. The filters should have a maximum wetted pressure drop of 3 to 3.5 psi. The maximum pressure drop, normally 10 psi, determines the service life of these filters. Expect to replace the filter elements every six to twelve months.

High-performance coalescing filters require changeout every five years. Although these filters have a higher first cost, the lower pressure drop and reduced energy and maintenance costs provide a simple payback of less than one year.

Particulate filters installed downstream of a dessicant dryer should have a different pressure gauge to indicate the condition of filter elements rated for a nominal efficiency of 99.95% at 1 micron particle size and initial pressure drop of 1 psi. Coalescing filters must have a high-quality automatic condensate drains.

Vapor removal and filters absorb oil vapors with activated charcoal. Location and the oil concentration determines filter element life. Normal pressure drop for a vapor removal filter is 1 psi.

Air Dryers

An aftercooler discharging compressed air at 100EF passes 67 gallons of water per 1,000 scfm per 24 hours. Instrumentation fails when water and lubricant condense as the air is further cooled in the piping system or as the air expands through the orifices.

The air exiting the aftercooler is saturated and any further temperature drop results in more condensation. A useful "rule of thumb" states that "a

20 degree reduction in temperature condenses one half the water vapor in saturated air."

Air dryers reduce the moisture content as measured in terms of a pressure dew point (pDp) that is based on a specific set of inlet conditions to the dryer.

Dew point is the temperature at which water vapor condenses -- saturated, 100% relative humidity. Pressure dew point is the dew point of the air at operating pressure. Atmospheric dew point refers to air expanded to atmospheric conditions. To avoid confusion, specify dryer performance in terms of pressure dew point.

Dryer Selection

The instruments and the lowest expected ambient temperature determine the drying method. The most common dryer is a refrigerated unit that cools the compressed air, condenses water and oil vapors, separates them, and drains them from the system. The "dried" compressed air is then fed to the instrument air system.

Dryer performance is specified as a pressure dew point class that is based on a specific inlet and ambient conditions. The lowest pressure dew point class with a refrigerated dryer is Class H. This class delivers a pressure dew point that of 33E to 39EF. Refrigerated dryers should not operate below the Class H range because the water vapor will freeze in the dryer. The highest practical pressure dew point for a refrigerated dryer is 60EF because higher pressure dew points give condensation in downstream piping.

In the United States, most dryer manufacturers base the pressure dew point performance on standard conditions: inlet air flow, 100EF inlet air temperature, 100 psig operating pressure, 100EF maximum ambient temperature (air-cooled units), 85EF cooling water temperature (water-cooled units), and 5 psi maximum pressure drop.

- Adjust air dryer sizing to account for deviation from standard conditions. For example, elevating the inlet air temperature 10 degrees increases the load on the dryer by more than 25 percent and raises the outlet pressure dew point above 50EF. Maintaining the original 33E-39EF dew point now requires a dryer 35% larger.

Desiccant dryers give pressure dew points below 33EF if piping is exposed to freezing temperatures. Desiccants dry air through adsorption in which a hygroscopic material -- chemical, alumina, silica, molecular sieve -- removes the water and oil to reduce the dew point to the standard pressure dew point of -40EF. Special designs produce dew points of 100EF or lower.

Standard conditions for rating a desiccant dryer's pressure dew point inlet air flow in scfm, 100EF inlet air temperature, 100 psig operating pressure, and outlet air flow in scfm to account for the inlet air flow used during regeneration.

Dryer Selection Guidelines

Non-cycling and cycling are the two types of refrigerated dryers. On a non-cycling dryer, the refrigeration compressor runs continuously regardless of dryer load. A thermostatic expansion valve and hot gas bypass valve regulate the flow of refrigerant into the heat exchanger to maintain dew point and minimize "freeze-up." Since the unit uses full input power at all times, a non-cycling dryer should be selected for systems with a constant air flow.

In cycling dryers, the refrigerant cools an intermediate fluid that cools and "dries" the air. During low-load operation, the refrigeration circuit stops its compressor and restarts it when the fluid temperature rises. The cycling type dryer conserves energy and minimizes dryer freeze-up making

ing dryers the choice with fluctuating air flow and inlet temperatures.
er-sized cycling dryers provide additional drying capacity for future air
em upgrades.

ew the subsystems when selecting the refrigerated dryer.

rigerant system -- Look for:

- Low input power (Kw) refrigeration compressor (ignore compressor horsepower, you pay for Kw);
- Hermetic compressors above 2,500 scfm; below, use semi-hermetic with valve unloaders;
- Refrigerant HFC-134A on dryers to 100 scfm, HCFC-22 above 100 scfm;
- Refrigerant pressure below 100 psig for 100 scfm and smaller dryers to increase compressor reliability; and

Air-cooled refrigerant condenser designed for 130EF maximum ambient temperature to assure trouble-free operation during hot summers.

system -- Look for:

- Precooler/reheater to remove up to 65% of the heat from the compressed air to allow using a smaller refrigeration compressor
- Smooth copper tubes on heat exchangers to reduce maintenance and eliminate prefiltering air entering the dryer
- Water/polypropylene glycol solution as the intermediate fluid in cycling dryers

umentation and controls -- Look for:

- easy operation monitoring with parameters displayed digitally

- simple, manual adjustment of pressure dew point in cycling dryers
- controls that sense ambient temperature to maintain dew point suppression.

Desiccant Dryers

There are two designs -- heatless and heated. Heatless dryers provide a consistent pressure dew point with minimal maintenance and maximum desiccant life. However, the air compressor must deliver excess flow to compensate for the 13-plus percent of the inlet air flow consumed for desiccant regeneration. If the desiccant absorbs oil vapor then it must be replaced so desiccant life is lower on lubricated systems.

Use a heated dryer when the compressor cannot deliver the required excess flow. The four types of heated dryers are internally heated, externally heated, blower purge, and heat of compression. Both the internally and externally heated designs use a heater and a low-rate air purge to regenerate the desiccant.

The blower purge design uses a heater and a 3 psig blower instead of compressed air for regeneration. The heat of compression dryer, specifically designed for use with an oil-free compressor, uses the hot compressed air to regenerate the desiccant and yields the lowest utility costs.

Be sure to check temperature limits on instrumentation. Heated dryers produce a spike in dew point and a 180 to 200EF temperature spike immediately after regeneration.

Other things to look for are:

- Vessels that avoid fluidizing the desiccant while drying;
- ASME coded vessels for quality and safety;

- Easily accessible low-maintenance valves with externally mounted valve actuators permit cool operation;
- Energy saving control systems to match purge consumption and heater usage to actual dryer load; and
- Purge mufflers to reduce depressurization noise.

Review the application with a reputable manufacturer because desiccant dryer selection can be a time consuming and tricky process.

Air Receivers

The final components needed, the air receivers:

- provide storage capacity to prevent rapid compressor cycling
- reduce wear and tear on compression module, inlet control system, and motor
- eliminate pulsing air flow
- avoid overloading purification system with surges in air demand
- damp out the dew point and temperature spikes that follow regeneration.

A rule of thumb is to provide a minimum of one gallon of receiver capacity for each cubic foot of compressor flow.

The Engineered Instrument Air System

The preferred instrument air systems are shown in figures 1 and 2. Both systems meet the designers goals by:



- using a combination of dryers and filters to provide the required air quality; maintaining the desired air quality even if the drain valve on the dryer plugs or malfunctions
- by locating the coalescing filter downstream of the refrigerated dryer;
- Protecting the desiccant and final air quality by placing the coalescing filter ahead of the desiccant dryer; and
- Minimizing operating costs by eliminating the need for redundant and ineffective filtration.

Low pressure drop is important. One "rule of thumb" states that for every 1 psi increase in pressure drop, the compressor uses 0.5% additional power. In other words, 1 psi of pressure drop on a 200 hp air system will cost approximately \$500 more per year.

Conclusión

Instrument air systems provide reliable, high quality compressed air if the designer properly selects the components and system layout. Selecting the suppliers for the system can be the difference between a good installation and one which never quite works. Look for the following when selecting a vendor:

- Supplier's qualifications and references to confirm expertise with the system components;
- Extensive product knowledge to assist you select components;
- Ability to supply the system components for a cohesive fit;

- One source of warranty support to eliminate the finger pointing among multiple vendors;
- Factory trained and certified service technicians during installation and system start- up;
- A supply of consumables like filter elements, intake filters, and lubricant; and
- Preventative maintenance contracts.

Through proper definition of system requirements and vendor and component selection, the modern instrument air system can be as easy to design and maintain as those of years gone by.

APENDICE C
COTIZACION DE COMPRESOR
KAESER, SISTEMA DE FILTRADO Y
TRAMPEO



Compresor Kaeser Serie CS



Señores

Ciudad

ATENCIÓN: Ing. Homero Valarezo

FECHA: 2/15/02

PROPUESTA NUMERO:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SELECCIÓN DE COMPRESOR KAESER

Capacidad:	282 cfm	Modelo:	CS76
Presión de Descarga:	110 psig	Motor:	60 hp
Requerimiento Eléctrico:	460V/3Ph/60Hz	Eficiencia del Motor:	93.6 %
<input checked="" type="checkbox"/> Enfriado por Aire	<input type="checkbox"/> Enfriado por Agua	Nivel de Ruido Estimado:	75 dB(A)

ALCANCE DE SUMINISTRO Y PRECIO

1) Compresor de tornillo rotativo Kaeser modelo CS76 diseñado para operar bajo las siguientes condiciones. El compresor de tornillo rotativo Kaeser incluye los siguientes accesorios y características estándar

- Compresor de tornillo rotativo modelo CS76 de una etapa, con inyección de aceite con el exclusivo Perfil Sigma de ahorro de energía.
- Motor TEFC de alta eficiencia, con protección contra sobrecargas térmicas, aislamiento clase F, factor de servicio 1,15 y cumplimiento de norma EPAct. Presenta un 150% mínimo de torque, guarda grasa exterior y conexiones para drenes.
- Arrancador magnético Estrella-Delta con panel de control NEMA 4.
- Control Sigma: Sistema de control basado en tecnología de cómputo con procesador Intel y sistema operativo de tiempo real que monitorea todas las funciones del compresor y mantiene en memoria en memoria no volátil los últimos 100 mensajes para la simplificación de problemas y mantenimiento de registro. Encendido/Apagado remoto, cronómetros programables y secuenciador de dos unidades.
- El control Sigma ofrece las opciones de control Dual automático, Quadro o Vario. El cronómetro de operación apaga el compresor si no existe requerimiento de aire en un período de tiempo establecido dependiendo del tipo de control seleccionado.
- Filtro de aire de dos etapas de 4 micrones, con pre-separación de ciclónica y elemento reemplazable.
- Dispositivos de protección: Válvula de seguridad, interruptor de emergencia, indicador de nivel de aceite, y cerraduras de seguridad en puertas de mantenimiento.
- Cubierta anti-ruido con paneles revestidos y acabado de alta resistencia con pintura electrostática. El compresor está montado sobre una base sólida con piso de metal y soportes anti-vibratorios. Incluye aisladores de vibración adicionales en el bloque compresor, motor y tanque separador. El equipo es de fácil mantenimiento por medio de sus amplias puertas y paneles removibles.
- Dispositivo de ajuste automático de tensión de correas / bandas.
- Sesenta (60) meses de garantía limitada en Control Sigma.
- Garantía de veinticuatro (24) meses en unidad de compresión, motor y arrancador.

Precio del compresor modelo CS76

\$21,963.00 neto c/u

Tiempo de Entrega: 5-7 semanas.

Forma de Pago: 50% como Anticipo, saldo contra entrega del Equipo

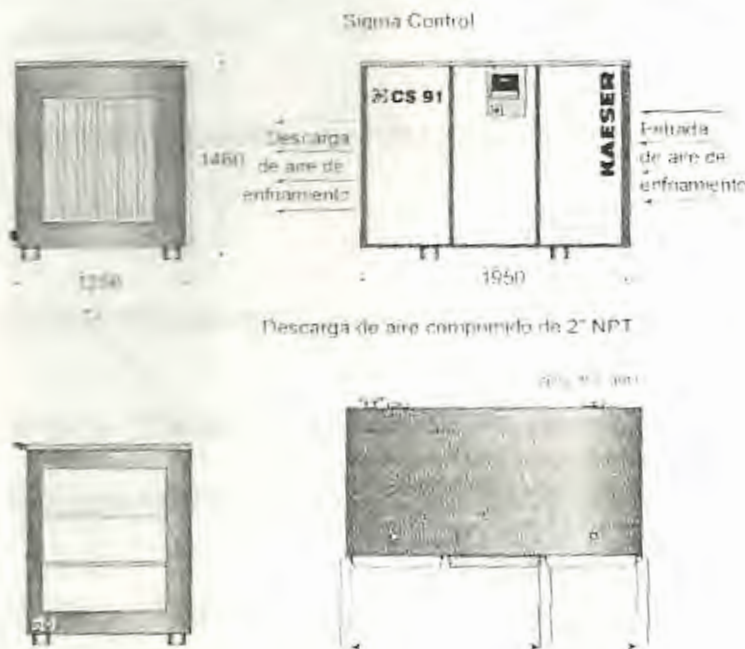
Estado de Entrega: ENTREGADO EN SITIO

Plazo: 30 días

COMPRESOR & OPCIONES:

	PRECIO C/U	PRECIO
CS76	\$21,963.00	\$21,963.00
Filtro separador Centrifugo KAESER modelo KFS375	\$750.00	\$750.00
Filtro coalescente removedor de aceite KAESER mod. KOR375	\$750.00	\$750.00
Trampas eléctricas temporizadas KAESER mod. TET052S	\$230.00	\$690.00
Filtro adsorbedor de vapores de aceite	\$750.00	\$750.00
		\$0.00
		\$0.00
TOTAL		\$ 24,903.00

COMPRESOR DE TORNILLO ROTATIVO KAESER – DIMENSIONES – SERIE CS



SIGMA CONTROL™ CARACTERÍSTICAS ESTÁNDAR

Información de estado (estadísticas, mensajes, alarmas)
 Ciclo de operación en % (para periodos programables)
 Min/max En presión principal de aire
 Horas de Motor por intervalo de tiempo
 Tiempo de parada
 Tiempo de operación en vacío
 Tiempo apagado de motor
 Mensajes de alarma
 Mensajes de servicio
 Alarmas activadas
 Mensajes de servicio activadas
 Mensajes activados

Contador de horas para:

- Horas totales
- Horas de carga
- Ciclo de trabajo total
- Número de arranques de motor
- Tiempo de corrida de motor
- Tiempo de corrida de unidad de compresión
- Tiempo de corrida de Control Sigma

Pantalla de información para:

- Presión de sistema de aire
- Incremento de presión
- Presión de corte
- Temperatura de descarga en unidad de compresión
- Temperatura antes de arranque
- Alza de temperatura

Contado de horas de servicio para:

- Filtro de aceite
- Separador de aceite
- Cambio de aceite
- Filtro de aire
- Bandas
- Tensión de bandas
- Rodamientos de motor
- Componentes eléctricos

Puertos serial estándar:

- RS 232 (para módem, impresora)
- RS 485 (para secuenciador)
- Profibus

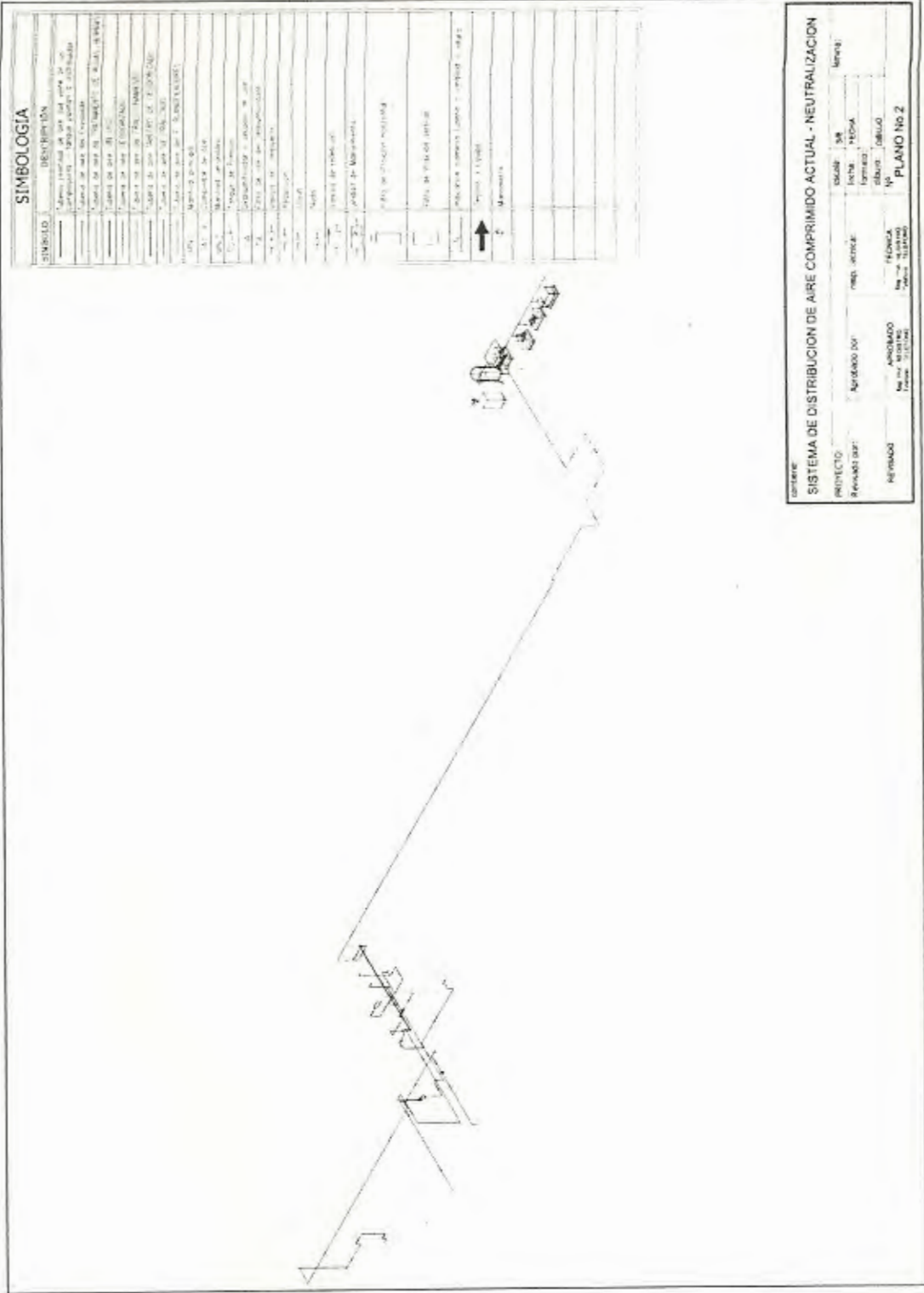
ACCESORIOS ADICIONALES:

BIBLIOGRAFÍA

1. CMG. Curso sobre Generación, Tratamiento y Manejo del aire comprimido. 2001.
2. Curso de Neumática para la formación profesional, Festschrift – 7300, 1978.
3. Energy Management, McGraw-Hill Book Company Europe, 1993.
4. Greene Richard W, Compresores, Selección, Uso y Mantenimiento McGraw-Hill/Interamericana de Mexico S.A. de C.V. 1995.
5. Heinz p. Bloch, Guía práctica para la tecnología de los compresores, McGraw-Hill, Primera edición español, Febrero 1998.
6. Hicks Tyler G., P.E.; Hicks S. David , Leto Joseph, P. E., Manual de Cálculos para las Ingenierías, McGraw-Hill, Tercera edición, Tomo II, 1998.
7. Industrial pneumatic technology, Bulletin 0275 - b1, Parker fluidpower, 1980.
8. José Roldan Victoria, Neumática, Hidráulica y Electricidad aplicada, Paraninfo, Quinta edición, 1997.

9. S. R. Majumdar, Sistemas Neumáticos Principios y Mantenimiento, ,
Primera edición español, Diciembre 1997.
10. Westerkamp Thomas A., Maintenance Manager's Standard Manual, ,
Prentice Hall, Second Edition, 1997.

Red de Aire Comprimido Neutralización - Actual



SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
[Symbol]	Tanque de almacenamiento de aire comprimido
[Symbol]	Motor de aire comprimido
[Symbol]	Valvula de cierre de línea
[Symbol]	Manómetro
[Symbol]	Regulador de presión
[Symbol]	Deposito de agua
[Symbol]	Deposito de aceite
[Symbol]	Deposito de lodo
[Symbol]	Deposito de arena
[Symbol]	Deposito de carbón activo
[Symbol]	Deposito de zeolita
[Symbol]	Deposito de sílice gel
[Symbol]	Deposito de óxido de zinc
[Symbol]	Deposito de níquel
[Symbol]	Deposito de cobre
[Symbol]	Deposito de plata
[Symbol]	Deposito de oro
[Symbol]	Deposito de platino
[Symbol]	Deposito de iridio
[Symbol]	Deposito de rutenio
[Symbol]	Deposito de rodio
[Symbol]	Deposito de paladio
[Symbol]	Deposito de cobalto
[Symbol]	Deposito de níquel
[Symbol]	Deposito de hierro
[Symbol]	Deposito de aluminio
[Symbol]	Deposito de silicio
[Symbol]	Deposito de boro
[Symbol]	Deposito de carbono
[Symbol]	Deposito de nitrógeno
[Symbol]	Deposito de oxígeno
[Symbol]	Deposito de hidrógeno
[Symbol]	Deposito de helio
[Symbol]	Deposito de neón
[Symbol]	Deposito de argón
[Symbol]	Deposito de kriptón
[Symbol]	Deposito de xenón
[Symbol]	Deposito de radón

CONTENIDO
SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO ACTUAL - NEUTRALIZACION

PROYECTO:

Revisado por: map. actual
 Aprobado por:

Elaborado por:
 Fecha:

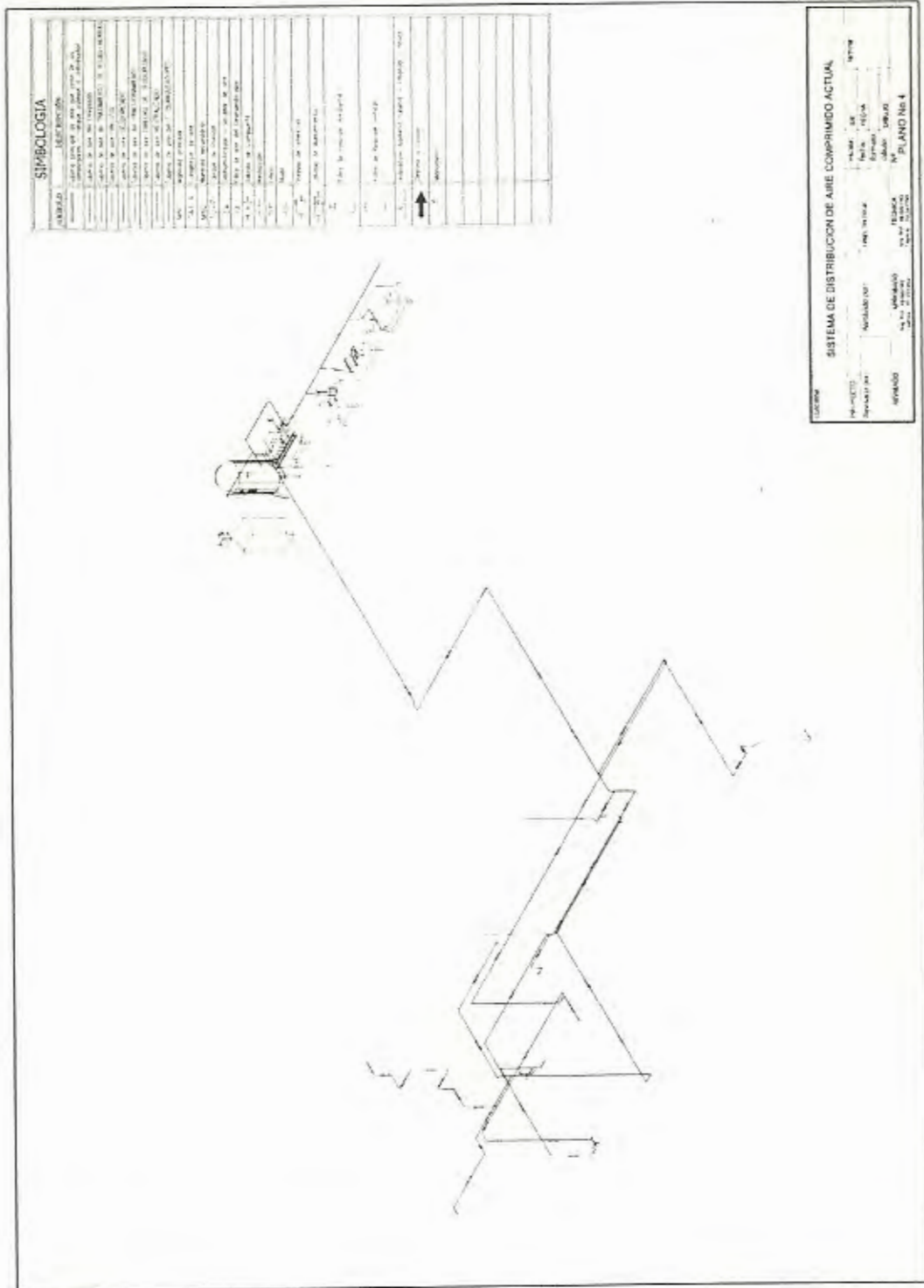
Escala:

Fecha:

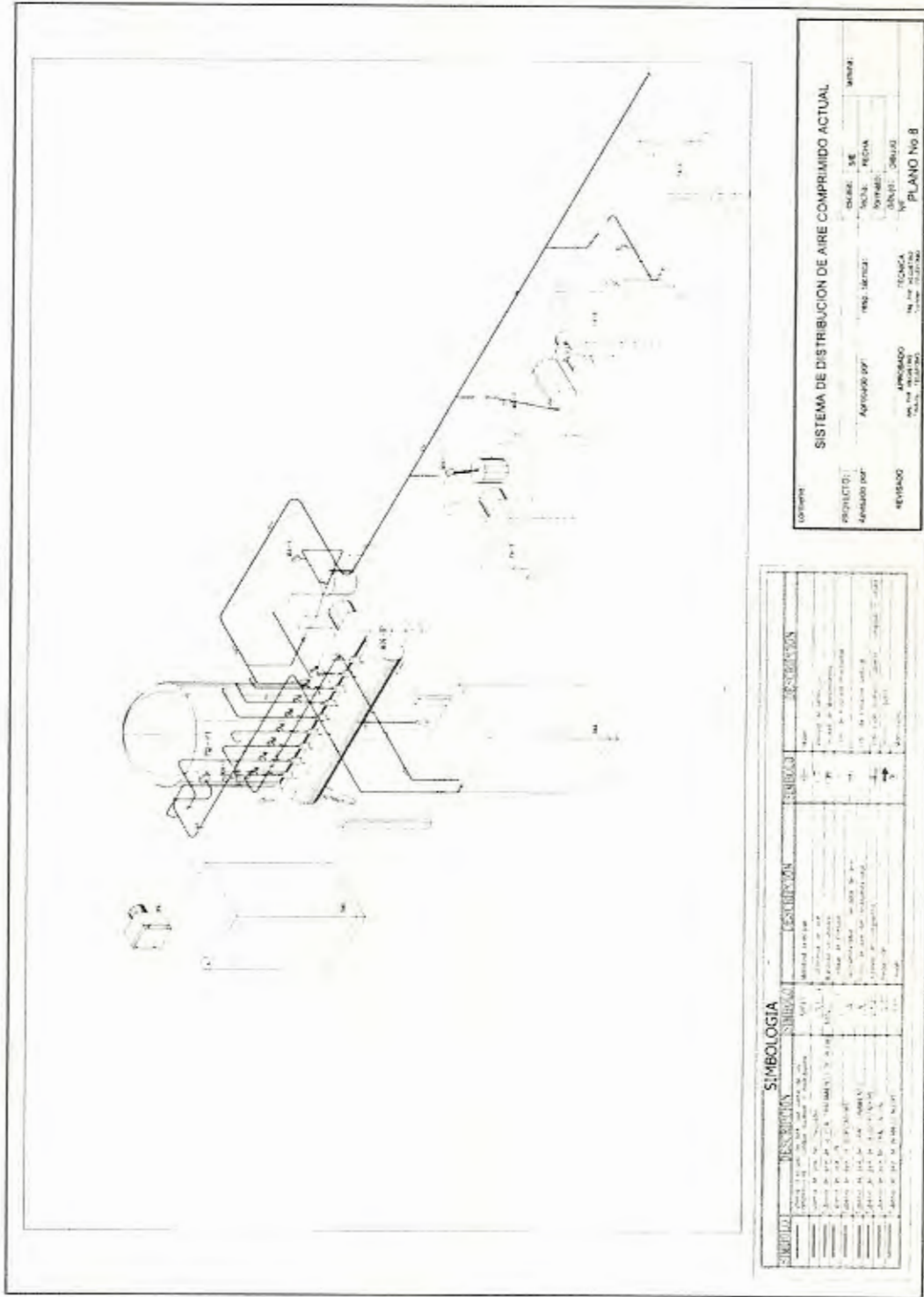
Hoja: de

PLANO No 2

Red de Aire Comprimido Deodorizado - Actual



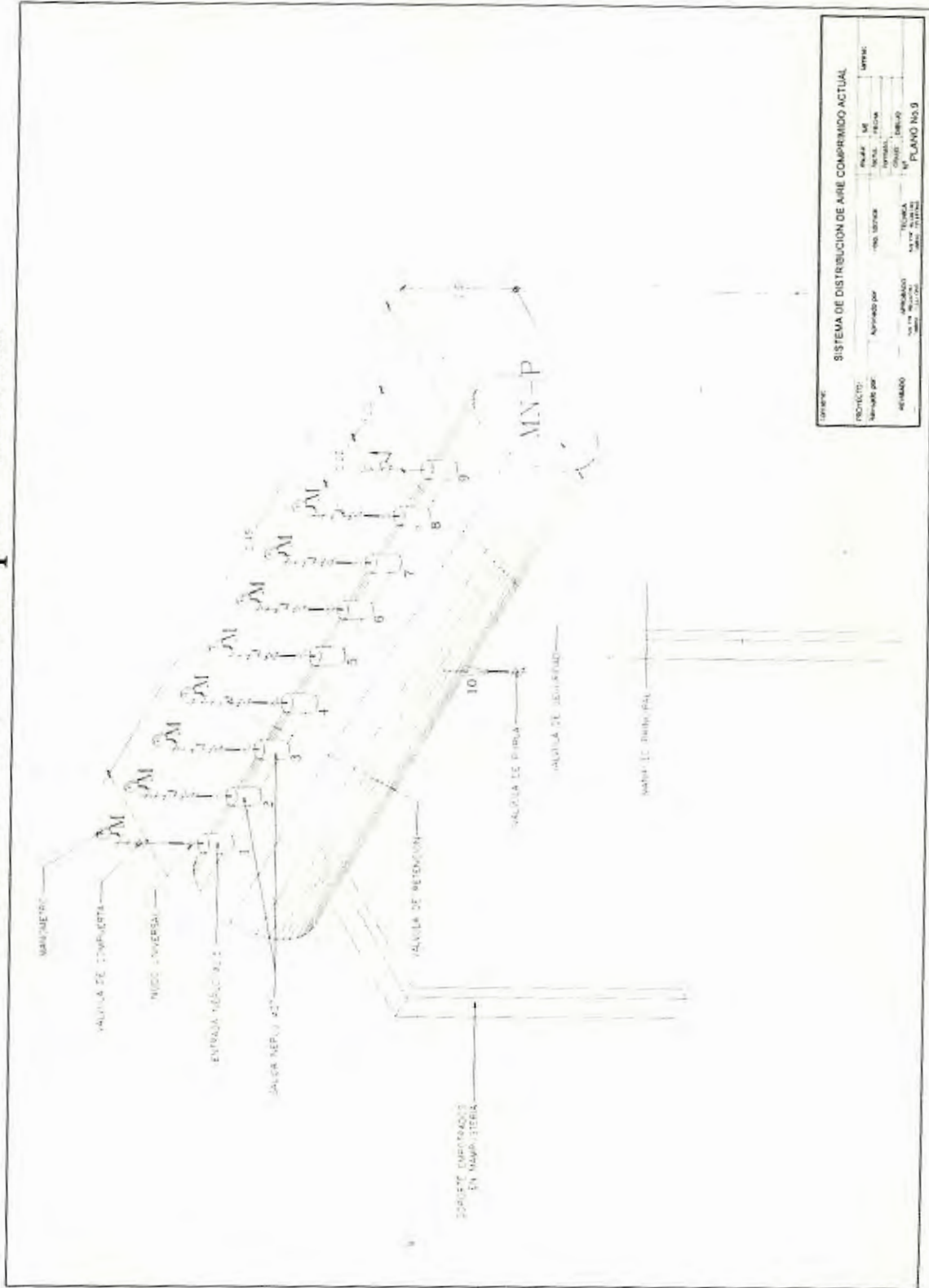
Red de Aire Comprimido Distribución de Compresores - Actual



SIMBOLOGIA		DISTRIBUCION		REVISIONES	
TIPO	DESCRIPCION	TIPO	DESCRIPCION	FECHA	REALIZADO POR
1	...	1	...	...	...
2	...	2	...	...	...
3	...	3	...	...	...
4	...	4	...	...	...
5	...	5	...	...	...
6	...	6	...	...	...
7	...	7	...	...	...
8	...	8	...	...	...
9	...	9	...	...	...
10	...	10	...	...	...
11	...	11	...	...	...
12	...	12	...	...	...
13	...	13	...	...	...
14	...	14	...	...	...
15	...	15	...	...	...
16	...	16	...	...	...
17	...	17	...	...	...
18	...	18	...	...	...
19	...	19	...	...	...
20	...	20	...	...	...
21	...	21	...	...	...
22	...	22	...	...	...
23	...	23	...	...	...
24	...	24	...	...	...
25	...	25	...	...	...
26	...	26	...	...	...
27	...	27	...	...	...
28	...	28	...	...	...
29	...	29	...	...	...
30	...	30	...	...	...

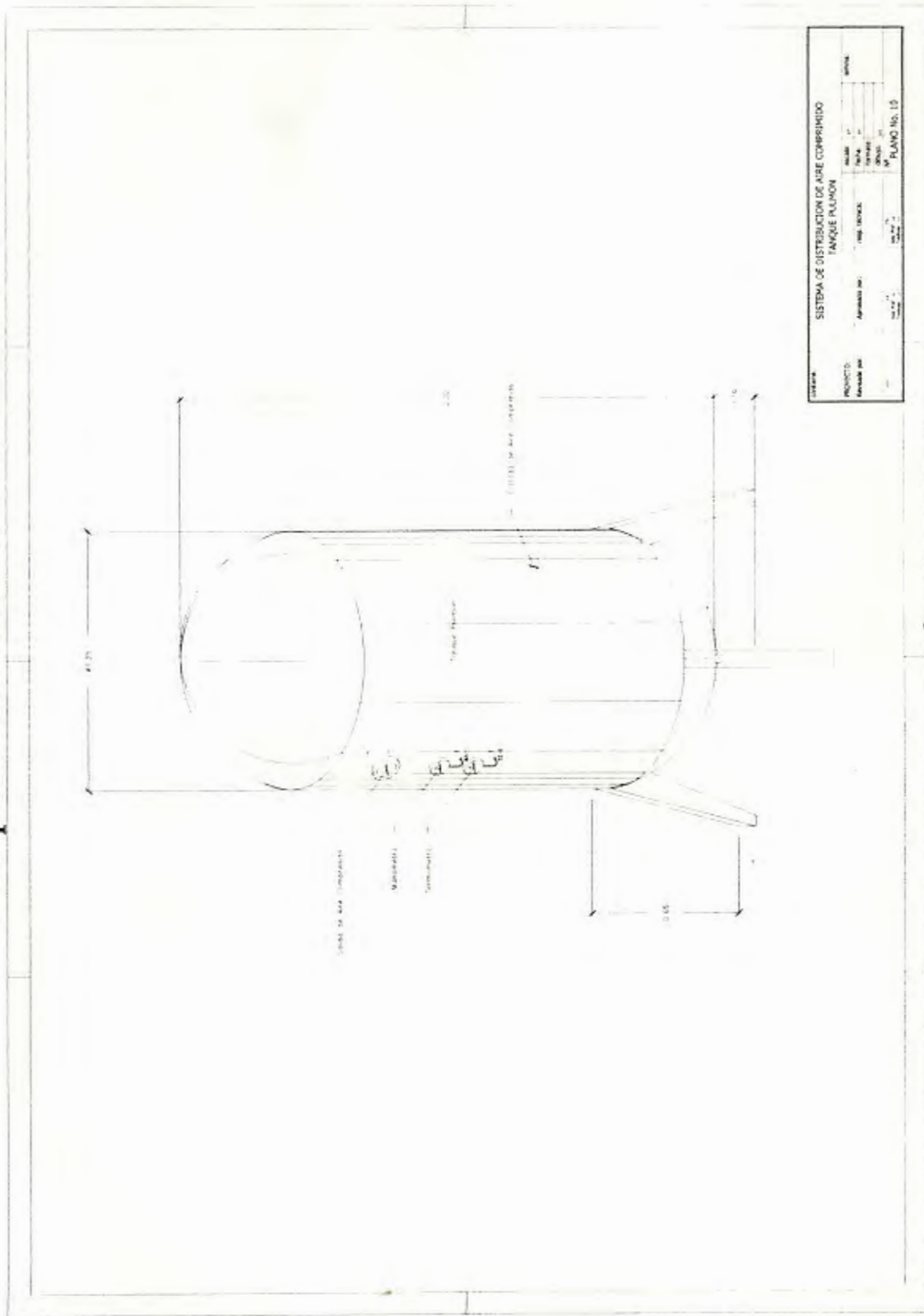
SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO ACTUAL
 PROYECTO: **AMBIADO 007**
 DISEÑO: **SE**
 REVISIONES: **REDA**
 AUTORIZADO: **REDA**
 FECHA: **15/03/2005**
 PLANO No B

Red de Aire Comprimido Distribuidor Principal - Actual

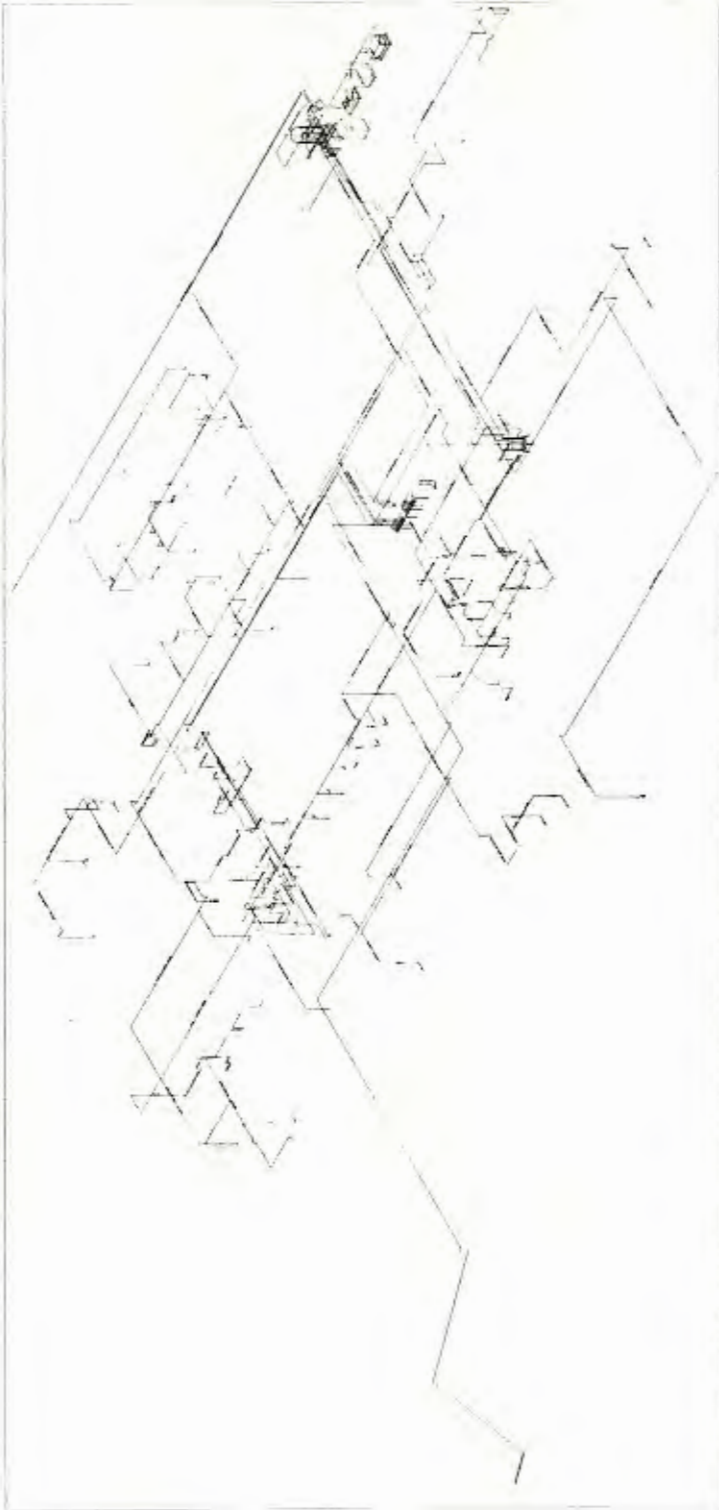


SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO ACTUAL			
PROYECTO:	PROYECTO	FECHA:	1970
ELABORADO POR:	ELABORADO POR	FECHA:	1970
REVISADO:	REVISADO	FECHA:	1970
TITULO:		PLANO No. 9	

Red de Aire Comprimido Tanque Pulmón - Actual



Sistema de Distribución de Aire Comprimido Propuesto



SIMBOLOGIA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	1/2" tubo		Valve
	3/4" tubo		Receptor de aire
	1" tubo		Receptor de aire
	1 1/2" tubo		Receptor de aire
	2" tubo		Receptor de aire
	3" tubo		Receptor de aire
	4" tubo		Receptor de aire
	6" tubo		Receptor de aire
	8" tubo		Receptor de aire
	10" tubo		Receptor de aire
	12" tubo		Receptor de aire
	14" tubo		Receptor de aire
	16" tubo		Receptor de aire
	18" tubo		Receptor de aire
	20" tubo		Receptor de aire
	24" tubo		Receptor de aire
	30" tubo		Receptor de aire
	36" tubo		Receptor de aire
	42" tubo		Receptor de aire
	48" tubo		Receptor de aire
	54" tubo		Receptor de aire
	60" tubo		Receptor de aire
	72" tubo		Receptor de aire
	84" tubo		Receptor de aire
	96" tubo		Receptor de aire
	108" tubo		Receptor de aire
	120" tubo		Receptor de aire

PROYECTO: SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO PROPUESTO

FECHA: 11/11/2022

PROYECTANTE: []

REVISOR: []

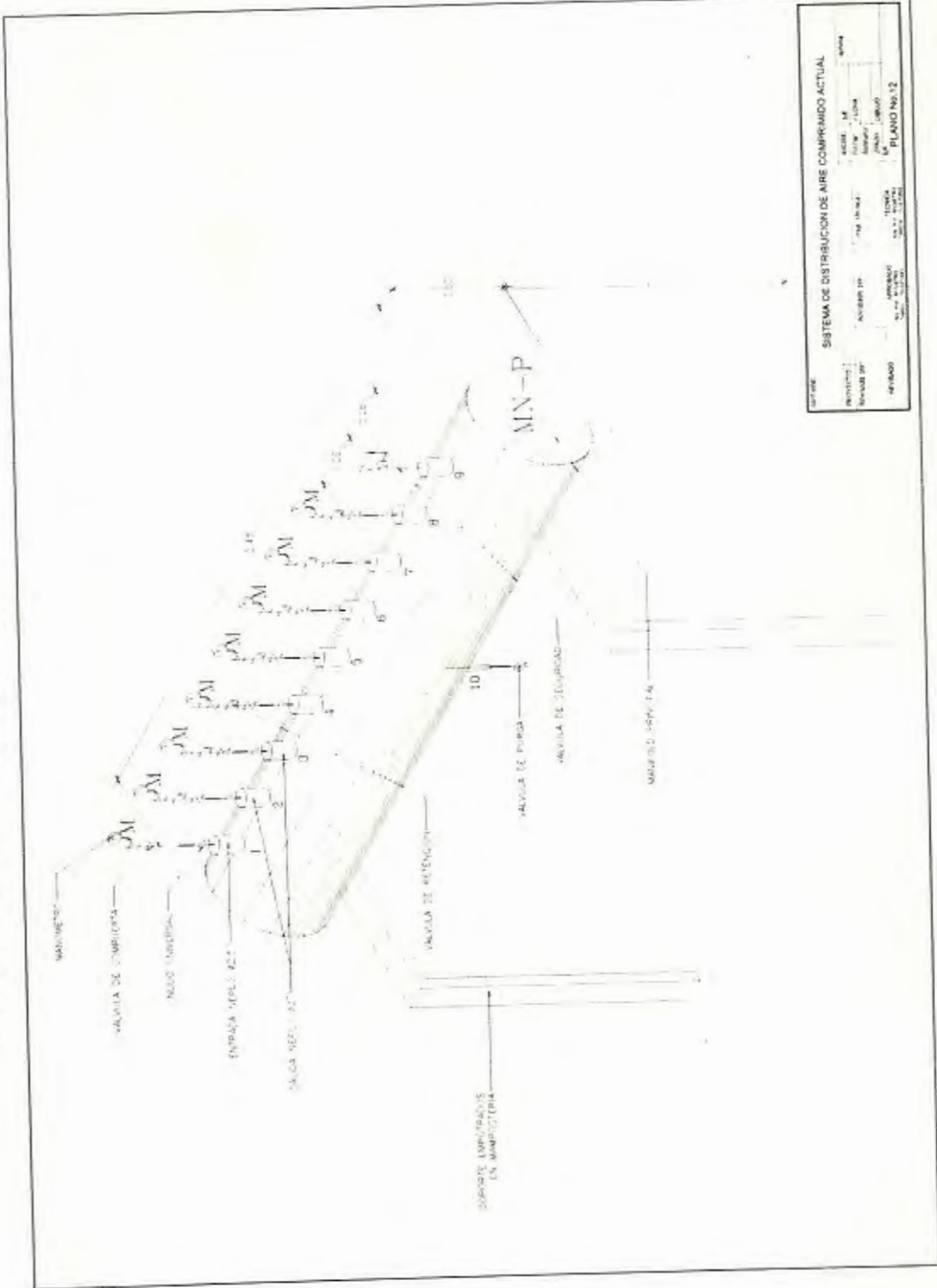
VERIFICADOR: []

APROBADO: []

ESCALA: 1:1

HOJA: 1 DE 1

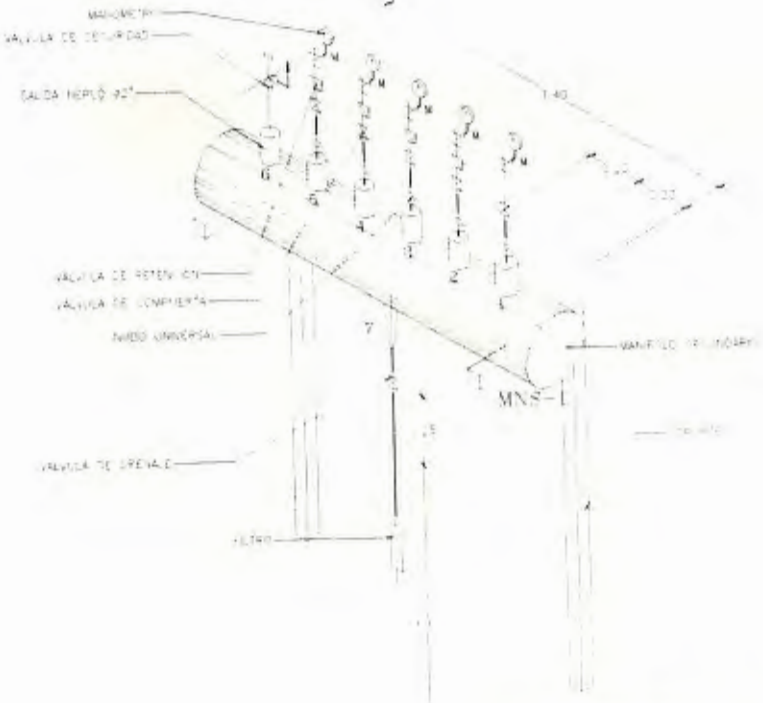
Red de Aire Comprimido Distribuidor Principal - Propuesto



SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO ACTUAL					
PROYECTO:	ACCION:	M:	FECHA:	M:	ANIO:
FECHA DE:	NOVIEMBRE DE:	1954:	10/11/54:	1954:	1954:
FECHA DE:	AGOSTO DE:	1954:	10/08/54:	1954:	1954:
FECHA DE:	AGOSTO DE:	1954:	10/08/54:	1954:	1954:
					PLANO No. 12

Red de Aire Comprimido

Distribuidor Secundario - Propuesto



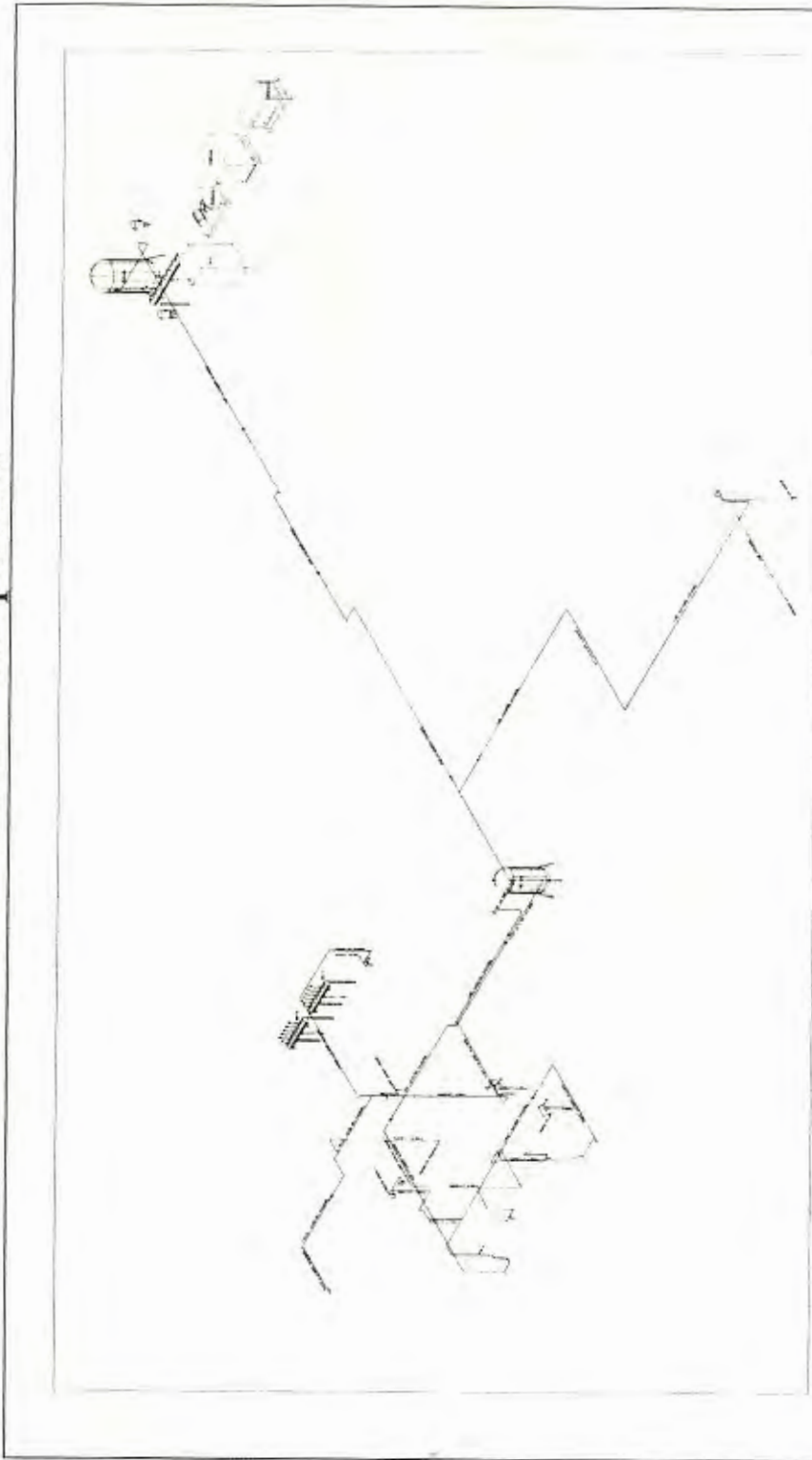
SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE

PROYECTO: FOLIO: 14
 Elaborado por: Revisado por:
 Ejecutado por: Aprobado por:
 DISEÑADO: REVISADO
 AUTORIZADO: TECNICO
 REVISADO: INSTRUMENTADO
 AUTORIZADO: REVISADO

ESTADO DEL PROYECTO ACTUAL

EN DISEÑO	00%
ELABORANDO	00%
REVISANDO	00%
OTRO	00%
PROYECTO NÚM 14	

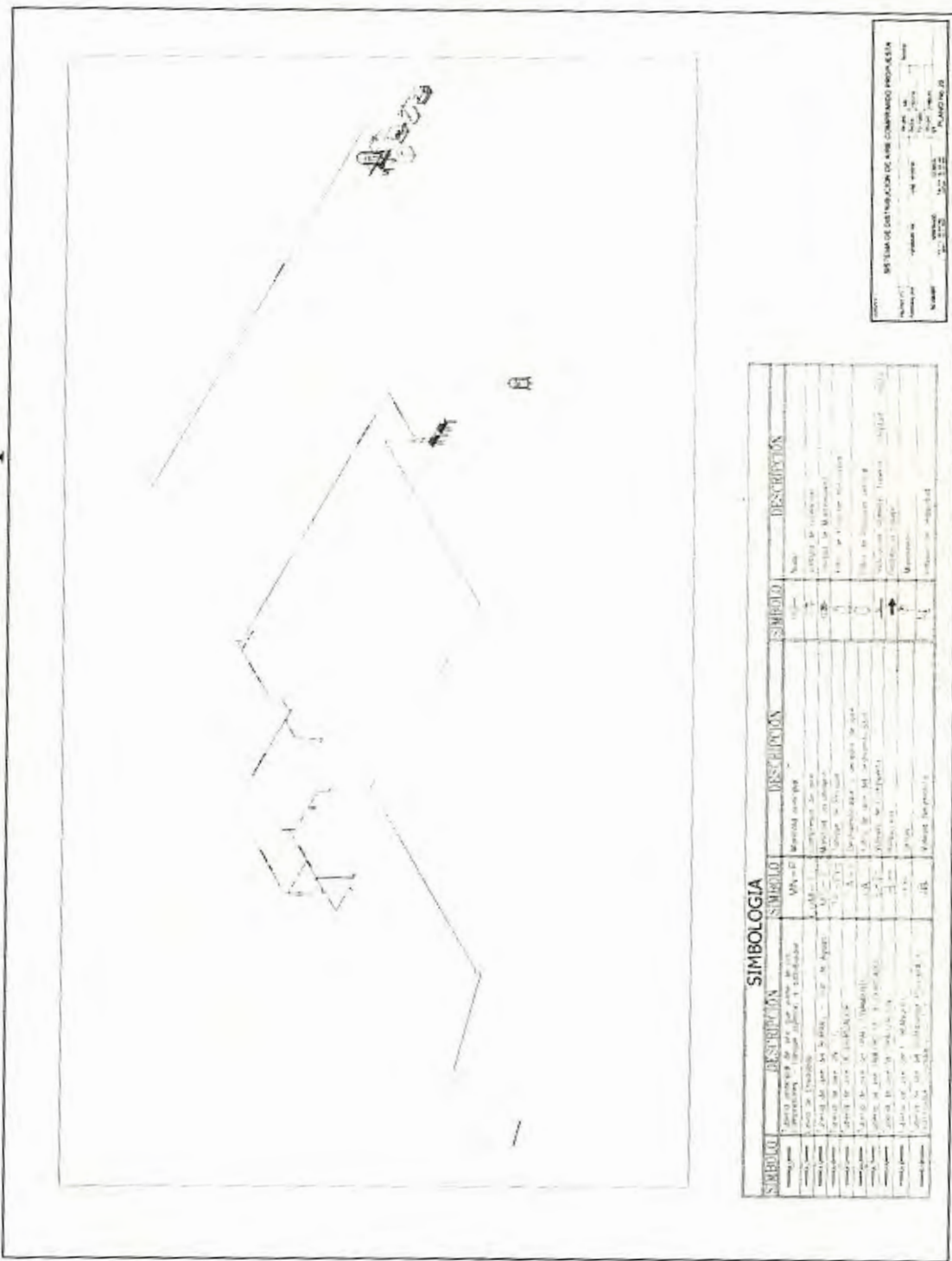
Red de Aire Comprimido Deodorizado - Propuesto



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Línea principal de 10" A.C. en tubería de 12"		Manómetro de aire		Redes
	Línea de 4" A.C. en tubería de 4"		Cartucho de aire		Traca de 10' con una red
	Línea de 2" A.C. en tubería de 2"		Manómetro de aire		Redes de 10' con una red
	Línea de 1" A.C. en tubería de 1"		Traca de 10' con una red		Redes de 10' con una red
	Línea de 1/2" A.C. en tubería de 1/2"		Manómetro de aire		Redes de 10' con una red
	Línea de 3/4" A.C. en tubería de 3/4"		Traca de 10' con una red		Redes de 10' con una red
	Línea de 1" A.C. en tubería de 1"		Manómetro de aire		
	Línea de 1 1/2" A.C. en tubería de 1 1/2"				
	Línea de 2" A.C. en tubería de 2"				

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO PROPUESTO					
PROYECTO	CONTRATISTA	FECHA	ESCALA	HOJA	TOTALES
Red de Aire Comprimido		19/11/2023	1:100	1	1
PROYECTANTE	APROBADO	FUENTE	PROYECTANTE	PROYECTANTE	PROYECTANTE

Red de Aire Comprimido Fraccionamiento - Propuesto



SIMBOLOGIA			
SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION
	Línea de aire comprimido		Valvula
	Manómetro		Sacabocinas
	Manifold		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas con valvula		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas con valvula		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas con valvula		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas con valvula		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas con valvula		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas con valvula		Sacabocinas con valvula
	Sacabocinas con valvula		Sacabocinas con valvula

SE TEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO PROYECTO
 Nombre: [] Fecha: []
 Número: []

