

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Diseño e instalación del sistema de aire comprimido de una planta procesadora de pollo en la Ciudad de Guatemala”

Trabajo de graduación presentado por

Juan Carlos Rodolfo Francisco Rivera Córdova

para optar al título de **Ingeniero Químico** en el grado de Licenciado.

Guatemala

2010

“Diseño e instalación del sistema de aire comprimido de una planta procesadora de pollo en la Ciudad de Guatemala”

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería

“Diseño e instalación del sistema de aire comprimido de una
planta procesadora de pollo en la Ciudad de Guatemala”

Trabajo de graduación presentado por


Juan Carlos Rodolfo Francisco Rivera Córdova

para optar al título de **Ingeniero Químico** en el grado de Licenciado.

Guatemala


2010

Vo.Bo.:


(f) 

Ing. Jaime Rosales Solórzano
Colegiado No.320
Asesor

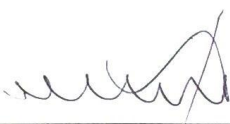
TERNA EXAMINADORA:

(f) 

Ing. Jaime Rosales Solórzano
Colegiado No.320
Asesor

(f) 

Ing. Gamaliel Zambrano Ruano
Colegiado No.686

(f) 

Ing. Oscar Armando Maldonado
Colegiado No.90

Fecha de aprobación: 28 de octubre de 2010

PREFACIO

Este trabajo de graduación tiene como finalidad instruir y guiar todos aquellos estudiantes y profesionales que desean tener una visión general de cómo realizar un diseño e instalación de un sistema de aire comprimido y que puedan tomar en cuenta aspectos básicos relacionados con este tema.

Dedico este trabajo de graduación y agradezco a:

A Dios y a la Virgen María, que siempre me iluminan, me guían y me bendicen en todo momento,

A mis padres, Raúl Alfonso Rivera Aparicio (+) y María Eugenia Córdova de Rivera, por ser unos padres ejemplares, unos grandes amigos, que me han enseñado siempre a seguir adelante, acompañándome en todo momento con su espíritu, amor y fortaleza.

A mi esposa, Ana Lucrecia Gándara de Rivera, el amor de mi vida, lo más importante de mi vida, mi fuente de inspiración y admiración, porque siempre me está brindándome su amor, su fuerza, su ternura, su entusiasmo, etc.,

A mis hijos, Juan Andrés, Francesca y José Miguel, porque siempre me iluminan el alma y mis días con la forma de apreciar todo lo que los rodea y por sus risas y ocurrencias,

A mis hermanos Raúl Alfonso, Alvaro, Rodrigo y Ana Lucía por sus consejos y apoyo incondicional,

A mis Abuelos por su ejemplo,

A mi suegra, Anabella por apoyarme siempre.

A Karlheinz Schlaffke por ser siempre un gran amigo, un hermano,

A mi asesor de tesis, Ing. Jaime Rosales por toda su ayuda,

Al Ing. Gamaliel Zambrano, Jefe del Departamento de Ingeniería Química, así como a mis catedráticos, por compartir sus conocimientos y su apoyo.

Nuevamente les doy gracias, ya que sin su confianza, ayuda, apoyo y colaboración no hubiera podido llegar hasta donde he llegado. ¡Siempre para adelante!

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	vi
LISTADO DE CUADROS	x
LISTADO DE FIGURAS	xii
LISTADO DE FOTOS	xiii
LISTADO DE GRÁFICAS	xiv
LISTADO DE TABLAS	xvi
RESUMEN	xvii
CAPÍTULOS	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
A. Principios básicos utilizados en los sistemas de aire comprimido	3
B. Sistemas de aire comprimido	7
1. El sistema de distribución	7
2. Elementos de un sistema de aire comprimido	8
a. Compresor	8
b. Filtros	10
c. Secadores	11
d. Reguladores de presión	12
e. Unidad de lubricación	13
f. Equipo de protección	14
g. Válvulas	15
h. Elementos conductores	19
i. Accesorios tubería	20
j. Tanques de almacenamiento	21
C. Diseño del sistema de aire comprimido	22
1. Determinación del flujo máximo	23
2. Determinación de la presión del sistema	24

3.	Selección del compresor	24
4.	Sistema de distribución	25
5.	Cálculo de tuberías	26
III.	JUSTIFICACIÓN	29
IV.	OBJETIVOS	31
A.	Objetivo general	31
B.	Objetivos específicos	31
V.	PROBLEMA A RESOLVER	33
VI.	METODOLOGÍA	35
VII.	BASES DE DISEÑO	37
VIII.	RESULTADOS	39
A.	Diagrama de flujo	39
B.	Selección de equipo	40
C.	Parámetros de diseño	45
D.	Planos del sistema de aire comprimido modificado	48
E.	Análisis financiero	53
IX.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
X.	CONCLUSIONES	63
XI.	RECOMENDACIONES	65
XII.	BIBLIOGRAFÍA	67
XII.	ANEXOS	69
	Anexo 1: Fotos	
1.	Foto # 3 Instalación de los compresores -condiciones iniciales	69
2.	Foto # 4 Instalación de red de aire comprimido condiciones iniciales	69
3.	Foto # 5 Instalación de los compresores sistema mejorado	70
4.	Foto # 6 Instalación de los compresores sistema mejorado - Ductos para eliminación de aire caliente	70
5.	Foto # 7 Instalación de red de aire comprimido sistema mejorado	71
6.	Foto # 8 Instalación de red de aire comprimido sistema mejorado	71
	Anexo 2: Tablas	
1.	Tabla No. 2 Factores para calcular las pérdidas de presión debidas a la fricción en tuberías para cualquier presión inicial	72

2.	Tabla No. 3 Tabla de conversiones	73
Anexo 3: Datos y cálculos		
1.	Análisis económico en condiciones iniciales	74
	-Conversión a moneda nacional	
	-Conversión de energía de trabajo	
	-Cálculo del costo energético anual	
2.	Cálculo de pérdida de presión	76
	-Sistema original	
	-Sistema modificado (optimizado)	
3.	Balance de masa y energía con sistema modificado	80
4.	Costo del sistema de aire comprimido modificado	98
	Anexo 4: Especificaciones de los compresores Sullair	101
	Anexo 5: Especificaciones de los secadores Sullair	103
	Anexo 6: Especificaciones de los filtros Sullair	106
	Anexo 7: Especificaciones de equipo Data Logger de Sullair para auditorías de aire comprimido	110

LISTADO DE CUADROS

Cuadro # 1: Especificaciones de los compresores de tornillo	40
Cuadro # 2: Especificaciones del secador 1	41
Cuadro # 3: Especificaciones del secador 2	41
Cuadro # 4: Especificaciones del filtro coalescente SCF	42
Cuadro # 5: Especificaciones del filtro coalescente SCH	43
Cuadro # 6 Especificaciones del manifold o sistema de distribución	44
Cuadro # 7: Especificaciones de la tubería de acero galvanizada	45
Cuadro # 8: Resumen de resultados de consumo energético anual a carga completa	45
Cuadro # 9: Resultados de pérdidas por presión	45
Cuadro # 10: Resumen del rendimiento de los compresores con el sistema modificado	46
Cuadro # 11: Resumen del sistema de aire comprimido	46
Cuadro # 12: Reporte comparativo: sistema original vs sistema mejorado del aire comprimido	47
Cuadro # 13: Flujo de caja	53
Cuadro # 14: Parámetros de rentabilidad	54
Cuadro # 15: Condiciones de trabajo	75
Cuadro # 16: Datos para consumo eléctrico	76
Cuadro # 17: Reporte del sistema de aire comprimido condiciones iniciales	77
Cuadro # 18: Reporte del sistema mejorado del aire comprimido	79
Cuadro # 19: Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) del compresor # 1	80
Cuadro # 20: Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) del compresor # 2	82
Cuadro # 21: Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) del compresor # 3	84
Cuadro # 22: Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) de los tres compresores	86
Cuadro # 23: Medición por 7 días de la presión en libras por pie cuadrado (psi) de los tres compresores	88

Cuadro # 24: Consumo de amperios del compresor # 1	91
Cuadro # 25: Consumo de amperios del compresor # 2	93
Cuadro # 26: Consumo de amperios del compresor # 3	95
Cuadro # 27: Consumo de amperios de los tres compresores	96
Cuadro # 28: Inversión del sistema de aire comprimido modificado	99
Cuadro # 29: Listado de maquinaria y equipo que utiliza aire comprimido	100

LISTADO DE FIGURAS

Figura No. 1 Tipos de compresores	9
Figura No. 2 Tipos de filtros	11
Figura No. 3 Reguladora de presión	13
Figura No. 4 Unidad de lubricación	14
Figura No. 5 Equipo de protección	15
Figura No. 6 Válvula de globo	16
Figura No. 7 Válvula de compuerta	17
Figura No. 8 Válvula de diafragma	18
Figura No. 9 Válvula de seguridad	19
Figura No. 10 Tipos de accesorios para tuberías	21
Figura No. 11 costos típicos de un sistema de aire comprimido	22
Figura No. 12 diagrama de flujo sistema actual	39

LISTADO DE FOTOS

Foto # 1: Compresores: 10-25H, LS10B-25H y LS10-40L	40
Foto # 2: Compresor Sullair LS10-40L de 40 HP	40
Foto # 3: Instalación de los compresores condiciones iniciales	69
Foto # 4: Instalación de red de aire comprimido condiciones iniciales	69
Foto # 5: Instalación de los compresores sistema mejorado	70
Foto # 6: Instalación de los compresores sistema mejorado - ductos para eliminación de aire caliente	70
Foto # 7: Instalación de red de aire comprimido sistema mejorado	71
Foto # 8 Instalación de red de aire comprimido sistema mejorado	71

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica # 1: Reporte comparativo de costos: sistema original vs sistema mejorado de aire comprimido	54
Gráfica # 2: Medición de flujo volumétrico del 19-3-09 al 26-3-09 compresor # 1 - Sullair LS 10 A-40L-40HP	81
Gráfica # 3: Medición del flujo volumétrico promedio compresor #1-Sullair LS 10A-40L-40HP	81
Gráfica # 4: Medición del flujo volumétrico compresor #2 -Sullair 10B-25HP	83
Gráfica # 5: Medición del flujo volumétrico del 19-3-09 al 26-3-09 compresor # 3-Sullair 10-25HP	85
Gráfica # 6: Medición del flujo volumétrico promedio compresor #3-Sullair 10-25HP	85
Gráfica # 7: Medición del flujo volumétrico del 19-3-09 al 26-3-09 de los tres compresores Sullair	87
Gráfica # 8: Medición de flujo volumétrico promedio de los tres compresores	87
Gráfica # 9: Medición de la presión de los compresores Sullair del 19-3-09 al 26-3-09	90

Gráfica # 10: Medición de la presión promedio de los compresores Sullair del 19-3-09 al 26-3-09	91
Gráfica # 11: Medición por 7 días del gasto energético en amperios compresor # 1 - Sullair LS 10 A-40L-40HP	92
Gráfica # 12: Medición por 7 días del gasto energético en amperios compresor # 1 - Sullair LS 10 A-40L-40HP	93
Gráfica # 13: Medición por 7 días del gasto energético en amperios compresor #2-Sullair 10B-25HP	94
Gráfica # 14: Medición por 7 días del gasto energético en amperios compresor # 3-Sullair 10-25HP	96
Gráfica # 15: Gasto energético promedio en amperios de los tres compresores	97

LISTADO DE TABLAS

Tabla No. 1 Composición del aire seco	4
Tabla No. 2 Factores para calcular las pérdidas de presión debidas a la fricción en tuberías para cualquier presión inicial	72
Tabla No. 3 Tabla de conversiones	73

RESUMEN

En este trabajo de graduación se considera el diseño e instalación de un sistema de aire comprimido para una industria de procesamiento de pollo, de forma tal que pueda ser eficiente y adecuado a las actuales necesidades de producción; logrando de esta manera, mejorar sus costos de energía eléctrica. Este objetivo fue logrado por medio de un estudio sobre la demanda de aire y por el correcto dimensionamiento de un sistema de aire comprimido.

Es posible poder llegar a incrementar la productividad de la planta al reducir reproceso o re trabajos, rechazos, desperdicio y tiempos de ajuste por minimizar las caídas de presión del sistema neumático, y esto es posible cuando se tiene un sistema neumático eficiente y dimensionado para las necesidades de proceso.

El sistema de aire comprimido con que se contaba no era capaz de responder por la demanda de aire que se requería para la producción, se considera que no es necesario invertir en otro compresor, sino que con solo mejorar el sistema de aire comprimido mediante un rediseño y reubicación de los compresores, el sistema será eficiente para la actual demanda, teniendo una reducción de costos de energía; con lo que el proyecto será rentable.

Se encontró que el sistema de aire comprimido inicial era ineficiente, generando altas pérdidas por fricción en la tubería del 48.0585% debido al tamaño de la tubería utilizada, además no se presentaban circuitos cerrados, por lo que se

experimentaban caídas de presión en los equipos y un alto costo de energía por funcionamiento de los tres compresores.

Por lo que se procede a realizar la modificación incrementando el diámetro de la tubería de 20 y 25 mm ($\frac{3}{4}$ y 1 plg) de diámetro a 50 mm (2 plg) de diámetro. Se realizaron circuitos cerrados interconectados para así mantener una misma presión en todo el sistema, se trasladaron los compresores a un área más limpia para tener un aire menos contaminado y se eliminaron fugas. Con lo que se tiene un ahorro de un 38.89413% al año, el cual incrementa luego de pagarse la inversión en tubería.

También se logró mejorar el porcentaje de pérdidas por fricción del sistema de aire comprimido, teniéndose actualmente 2.177%.

La auditoria de aire comprimido, realizada a la planta procesadora de pollos del 19 al 26 de marzo del 2009, avala completamente la propuesta del cambio del tamaño de tubería a 50 mm (2 plg) de diámetro con un circuito cerrado para todo el sistema mejorado de aire comprimido. Verifica que realmente solo es necesario el funcionamiento de dos compresores, el de 29.84 kW (40 hp) y uno de los de 18.65 kW (25 hp); y comprueba los ahorros logrados.

Se realizó un análisis económico para saber si el proyecto es rentable y se determinó que el valor actual neto (VAN) es de Q273, 488.42, la inversión que se realizó fue de Q421, 350.00, la cual se recupera en 1.65 años (20 meses).

En conclusión, se logró establecer un sistema de aire comprimido eficiente y rentable, ya que se recupera la inversión a corto plazo.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo profesional comprenderá el diseño e instalación del sistema de aire comprimido que será utilizado en una planta procesadora de pollo, para que sea eficiente y adecuado a la demanda actual de su maquinaria.

La industria avícola es uno de los sectores más importantes dentro de la actividad agropecuaria de país. La avicultura tiene gran importancia por su creciente participación en el aporte de proteína animal al mercado de la carne. Esta actividad es intensiva en mano de obra, en inversiones de infraestructura, en una red de mercadeo amplia y en empresas usualmente integradas verticalmente para competir y obtener ventajas de las economías de escala.

La avicultura es una de las fuentes de carne de mayor y más rápido crecimiento en el mundo. Representa alrededor de un 22% de la producción mundial de carne y se triplicado en los últimos 20 años. En Guatemala es una rama importante del sector agroindustrial que sobrepasa los tres mil millones de quetzales en inversión, con un incremento anual promedio de cien millones de quetzales. La carne de pollo es la proteína animal más popular en Latinoamérica, por una importante variedad de razones: es barata, saludable y deliciosa, y se está presentando cada día en formas más convenientes para el consumidor. En Guatemala se han tenido incrementos de consumo per cápita de pollo de 8 kg en 1998 a 16 kg en 2007, según fuentes de la Asociación Latinoamericana de Avicultura.

En la industria, el aire comprimido es utilizado como una fuente de energía; esto se da tanto en los pequeños talleres como en las grandes operaciones de producción. En los procesos modernos de producción, el aire comprimido, es utilizado en las diversas máquinas y herramientas de proceso, para sistemas de control y para limpieza.

II. ANTECEDENTES

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos. Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Sólo desde aproximadamente 1950 se puede hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación (Rollins, 1989).

El aire comprimido es la mayor fuente de potencia en la industria con múltiples ventajas. Es segura, económica, fácil de transmitir, y adaptable. El costo de aire comprimido es relativamente económico frente a las ventajas y la productividad que representa (Majumdar, 1996).

Hoy en día, el aire comprimido está presente en casi todos los procesos industriales. Se tienen aparatos neumáticos cuya alimentación continua y adecuada de aire garantizará el exitoso y eficiente desempeño de los procesos involucrados en la producción. Por lo que, el diseño y mantenimiento adecuado de redes de aire comprimido y sus respectivos accesorios, juega un papel decisivo en los procesos productivos involucrados cuya energía utilizada es el aire (Rollins, 1989).

A. Principios básicos utilizados en los sistemas de aire comprimido:

1. Aire: Es un fluido compresible, incoloro, insípido e inodoro. Es una mezcla gaseosa, que descontando el vapor de agua que contiene en diversas

proporciones, se compone principalmente de oxígeno y de nitrógeno, así como de gases inertes, como argón, helio, neón, kriptón, radón y xenón, según la tabla:

Tabla No. 1 Composición del aire seco

Substancia	Volumen, %	Peso, %
Nitrógeno	78	75.32
Oxígeno	21	23
Gases Inertes	0.94	1.42
Dióxido Carbono	0.03	0.03
Misceláneos	0.03	0.03

(Kohan, 1995).

En misceláneos se contemplan a aquellas sustancias como vapor de agua.

El aire posee las siguientes propiedades físicas: volumen, peso, presión y temperatura.

a. **Volumen:** es la magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en tres dimensiones: largo, ancho y alto. El aire ocupa un volumen, el cual está determinado por la presión y la temperatura. El volumen específico (V_s) es la relación entre el volumen de un cuerpo y su masa (Maron y Prutton, 1980).

$$V_s = V / m$$

b. **Presión:** se define como la componente normal de una fuerza sobre un área determinada. La presión de un gas en equilibrio es la misma en todas las direcciones (Maron y Prutton, 1980).

$$P = F / A$$

La presión puede medirse de dos maneras, la primera en términos absolutos, y la segunda en términos relativos.

1) La presión absoluta: esta se mide con relación al cero absoluto o vacío total. Es también conocida como presión real y es equivalente a la suma de la presión atmosférica más la presión manométrica (Majumdar, 1996).

$$P_A = P_a + P_g$$

2) La presión atmosférica: es la que ejerce la masa de aire de la atmósfera sobre la superficie terrestre, medida mediante un barómetro. La presión atmosférica varía inversamente con la altura sobre el nivel del mar. La presión existente a nivel del mar es de 14.696 lbs/pulg² o 1.033 kg/cm² o 1.01 x 10⁵ Pa (Majumdar, 1996).

3) La presión manométrica: es la presión medida con referencia a la presión atmosférica; la diferencia entre la presión medida y la presión atmosférica real. Es el diferencial de presión, entre la presión atmosférica en la parte exterior de un recipiente y la presión en el interior del recipiente (Majumdar, 1996).

4) Ley de Boyle-Mariotte: Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión) (Marron y Prutton, 1980).

La ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte. A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \text{constante}$$

$$P_2 = P_1 \frac{V_1}{V_2}$$

(Marron y Prutton, 1980).

5) Ley de Charles: establece que a presión constante, el volumen de un gas es directamente proporcional a la temperatura del gas. Si la temperatura aumenta, el volumen del gas aumenta. Si la temperatura del gas disminuye, el volumen del gas disminuye.

$$\boxed{\frac{V}{T} = k} \quad \text{por lo tanto} \quad \boxed{\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}} \quad (\text{Majumdar, 1996}).$$

6) Ley de Avogadro: establece que para un gas a temperatura y presión constantes, el volumen es directamente proporcional al número de moles del gas (Majumdar, 1996).

7) Ley de los Gases Ideales: al proceder a combinar todas las leyes anteriores (Boyle, Charles y Avogadro) se obtiene la ley de los Gases Ideales: $PV = nRT$, en donde P = presión absoluta, V = volumen del gas, n = número de moles del gas, T = temperatura y R = constante universal de los gases. La constante R tiene el mismo valor para todos los gases y puede calcularse a partir del volumen molar y de las denominadas condiciones normales de un gas (0°C y 1 atm) (Majumdar, 1996).

c. **Caudal:** es la cantidad de aire a presión atmosférica que un compresor es capaz de comprimir en una unidad de tiempo (Majumdar, 1996).

B. Sistemas de aire comprimido:

1. **El Sistema de distribución:** La red de distribución debe suministrar el aire comprimido con una pérdida mínima para cualquier punto del sistema. Un sistema bien dimensionado en trazado y diámetros de las tuberías debe garantizar una pérdida máxima del 5% para el punto más alejado (en el sitio de la utilización del aire comprimido), respecto a la presión generada por el compresor (Scales y McCulloch, 2003).

La mayoría de los sistemas de distribución consisten en líneas principales, de las cuales se desprenden los ramales principales para atender las diferentes zonas de la fábrica. De las ramificaciones principales, se desprenden las líneas que alimentan los usuarios. La pérdida máxima permitida en el punto más alejado de los ramales principales es del 2% calculadas con el máximo flujo probable. Igualmente la pérdida para el punto más alejado de las ramificaciones debe ser inferior o igual al 3% calculado con el máximo caudal esperado. La pérdida en las líneas de alimentación no debe superar el 1% incluyendo las mangueras como ocurre en la herramienta neumática (Scales y McCulloch, 2003).

Para los ramales, el flujo de diseño debe tomarse para la situación pico que está entre el 150% y el 175% del consumo promedio estimado. Los ramales secundarios que “bajan” el aire a nivel de los operarios deben dimensionarse para el consumo máximo considerando una simultaneidad extrema de usuarios (Scales y McCulloch, 2003).

Los sistemas de aire comprimido responden a los diferentes esquemas de tuberías de distribución, que son:

a. Circuito abierto: el compresor está ubicado cerca de los puntos de uso y está limitado a aquellos sistemas en los que sus puntos de uso son pocos. En aplicaciones en instalaciones grandes, se producen grandes caídas de presión o mucha fluctuación de la presión en la línea de operación (Scales and McCulloch, 2003)

b. Circuito cerrado: éste es el sistema más utilizado, se obtiene una alimentación uniforme cuando el consumo de aire es constante. Se tienen dos o más ramales principales paralelos, unidos entre sí, formando un anillo con salidas a intervalos en todo su perímetro, de esta manera las demandas elevadas en sitios alejados se pueden atender por dos vías, mejorando significativamente el desempeño de la red (Scales y McCulloch, 2003)

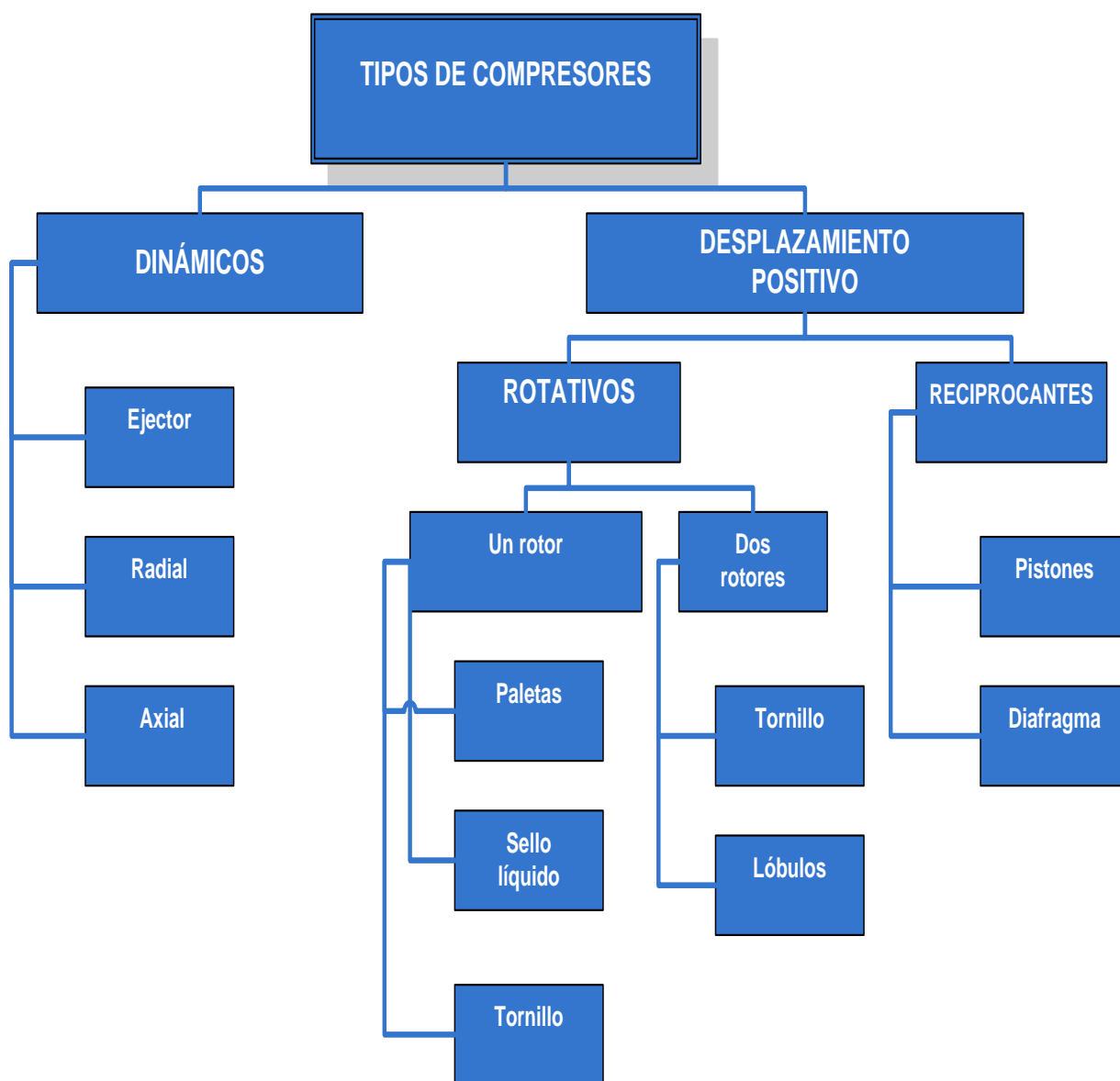
Dependiendo de la forma de la planta, la distancia y la ubicación de los puntos de más consumo, definirá cual es la mejor distribución para la tubería (Scales y McCulloch, 2003).

2. Elementos de un sistema de aire comprimido:

a. Compresor: son llamados compresores a las máquinas destinadas a comunicar energía potencial al aire, mediante su compresión y almacenamiento en uno o más recipientes en los cuales queda confinado a la presión deseada; para luego ser utilizada en el accionamiento de herramientas y equipos neumáticos. Se habla de compresores cuando la presión alcanzada sobrepasa los 3 bar. Por debajo de esta presión, los denominamos soplantes. Si la presión obtenida es cercana a la atmosférica, entonces los denominamos ventiladores (Bloch, 2006).

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción. Así como por la forma de comprimir el aire pueden clasificarse en Compresores Dinámicos y Compresores de Desplazamiento Positivo (Sinnott, 2005).

Figura No. 1 Tipos de compresores



(Sinnott, 2005)

b. Filtros: el propósito de los filtros de aire comprimido es suministrar aire libre de contaminantes a los diferentes puntos de aplicación. Contaminantes tales como agua, aceite, polvo, partículas sólidas, neblinas, olores, sabores y vapores, pueden atacar su sistema (Scales y McCulloch, 2003).

1) Filtros de partículas: estos filtros están diseñados para retener partículas sólida, interceptando las mismas mediante un elemento filtrante que puede ser de diversos materiales: papel, rejillas metálicas, mallas de nylon, espumas, etc. Dichos elementos son recambiables y deben ser remplazados periódicamente puesto que se van saturando y ocasionan altas perdidas de presión (Scales y McCulloch, 2003).

2) Filtros coalescentes: el propósito de estos es retener lubricantes, emulsiones y neblinas, mediante el principio de coalescencia, el cual consiste básicamente en tener una red aleatoria de fibras, la cual ante el paso de aire, produce formación de gotas alrededor de las fibras, cayendo luego estas a un recipiente de acumulación por efecto de gravedad. Como consecuencia del diseño del filtro pueden retenerse partículas sólidas incluso de menor tamaño que las retenidas por un filtro de partículas, por esto se recomienda instalar primero un filtro de partículas antes que uno coalescente y así evitar que este se sature. Dichos elementos son recambiables y deben ser remplazados periódicamente puesto que se van saturando y ocasionan altas perdidas de presión (Scales y McCulloch, 2003).

3) Filtros de vapores: son filtros diseñados para remover olores, sabores y vapores orgánicos. Su principio de funcionamiento consiste en lechos de

carbón activado que mediante adsorción remueven dichos contaminantes. Dichos elementos son recambiables y deben ser remplazados periódicamente puesto que se van saturando y ocasionan altas pérdidas de presión (Scales y McCulloch, 2003).

Figura No. 2 Tipos de filtros



(Internet, 5)

c. Secadores: Tienen como objetivo reducir el contenido de vapor de agua existente en el aire comprimido. A causa del calor generado durante el proceso de compresión, el aire comprimido sale con un grado de saturación del 100% en la mayoría de los casos; al ir disminuyendo la temperatura del aire comprimido durante su permanencia en el tanque y su paso por los diferentes accesorios y tuberías, pierde capacidad de retener vapor de agua, lo cual genera inevitablemente condensados, (agua líquida). La presencia de condensados en el aire produce diversos problemas tales como corrosión, mal funcionamiento de herramientas neumáticas, etc. La solución a este problema son los secadores, de los cuales hay de dos clases:

1) Refrigerados: Consisten en una máquina con un circuito de refrigeración típico, el cual se encarga de enfriar el aire por debajo de la temperatura mínima en la red, produciéndose condensados que son retirados por medio de un separador centrífugo. Solo pueden ser utilizados en sitios donde el punto de rocío sea mayor o igual a 0°C , ya que de lo contrario el agua se congela y obstruye la tubería (Rollins, 1989).

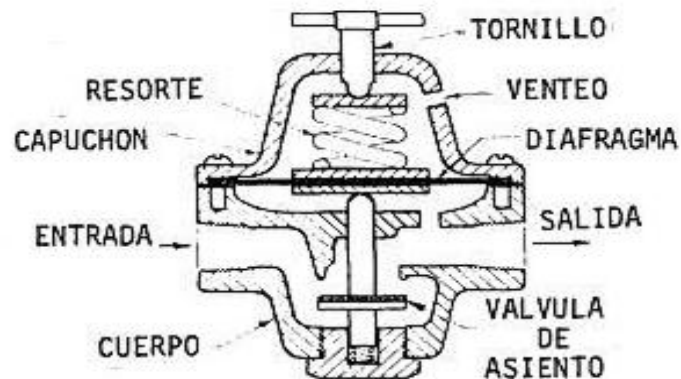
2) Regenerativos: funcionan bajo un principio diferente que permite que alcancen puntos de rocío por debajo de 0°C . Trabajan utilizando materiales desecantes, capacidad que se va perdiendo al irse saturando; esta capacidad para absorber el agua se puede recuperar regenerando el material desecante (Rollins, 1989).

d. Reguladores de presión: El objetivo del regulador es mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria (Majumdar, 1996).

El regulador tiene su válvula de asiento abierta por la acción de un resorte que fue comprimido por el tornillo ajustable, en este estado hay circulación desde la entrada hacia la salida, cuando la presión en la salida se va acercando al nivel establecido por la posición del tornillo, el aire a través del orificio piloto actúa sobre el diafragma comprimiendo el resorte y cerrando el pasaje previniendo un incremento de la presión de salida. En la práctica, el regulador se autoajusta rápidamente para

balancear las condiciones establecidas creando una pérdida de carga en la válvula de asiento que mantiene la presión de salida constante (Majumdar, 1996).

Figura No. 3 Reguladora de presión



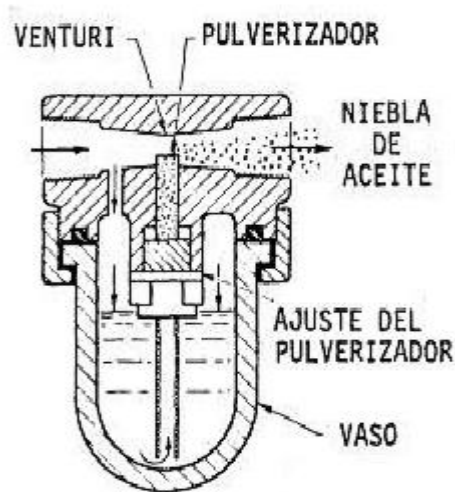
(Internet, 4)

e. Unidad de lubricación: El lubricador es un elemento muy importante, ya que los cilindros y válvulas requieren ser lubricados para su correcto funcionamiento y larga vida útil (Majumdar, 1996).

En la figura, el flujo de aire a través de una ligera restricción llamada "Venturi ", provoca una pequeña caída de presión entre la entrada y la salida. Esta pequeña presión es suficiente, para que aplicada sobre la superficie del aceite contenido en el vaso, provoque el ascenso del mismo hasta el cuello del tubo. El flujo de aire pulveriza en ese punto el aceite. Ajustando la altura del tubo en la corriente de aire, se aumenta la superficie expuesta y se incrementa la alimentación de aceite.

Cuando cesa el flujo de aire, la caída de presión a través del Venturi desaparece el aceite y asciende por el tubo. Los lubricadores no deben ser instalados a más de 3 metros del equipo al cual deben lubricar (Majumdar, 1996).

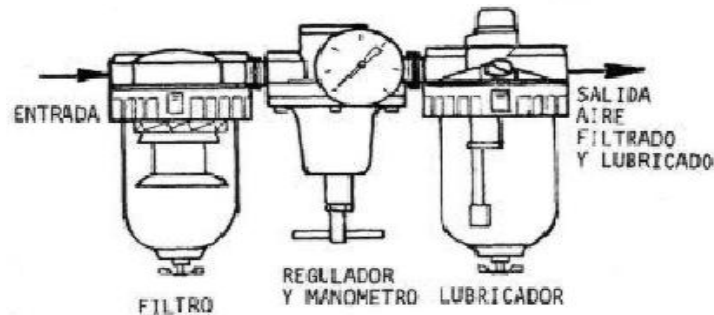
Figura No. 4 Unidad de lubricación



(Internet, 4)

f. Equipo de protección: está constituida por un filtro, regulador con manómetro y lubricador. El conjunto está montado de tal forma que el filtro protege los elementos siguientes, siendo el último elemento el lubricador, de forma tal que la niebla de aceite que el produce no se precipite en el regulador. Cuando se instala un equipo de protección debe cuidarse la dirección de circulación del aire ya que en forma inversa el conjunto no funciona correctamente (Majumdar, 1996).

Figura No. 5 Equipo de protección



(Internet, 4)

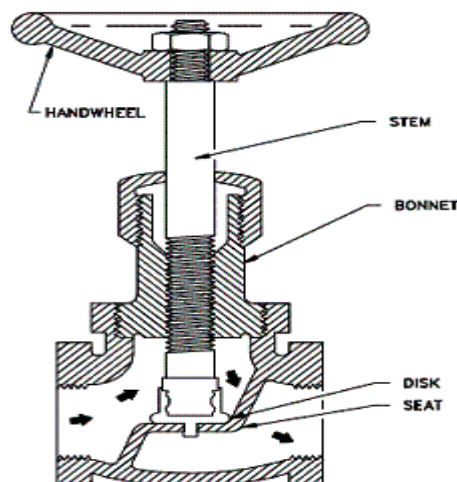
g. Válvulas: Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc. Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y elementos de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas (Rollins, 1989).

Según su función, las válvulas se subdividen en 5 grupos: 1) Válvulas de vías o distribuidoras, 2) Válvulas de bloqueo, 3) Válvulas de presión, 4) Válvulas de caudal y 5) Válvulas de cierre. Así mismo, están las válvulas de abastecimiento y las válvulas de seguridad (Rollins, 1989).

1) Válvulas de abastecimiento: Utilizadas para controlar el flujo de aire en las líneas de distribución del sistema de aire comprimido. Comúnmente se encuentran válvulas de globo, de compuerta y de diafragma (Rollins, 1989).

1. Válvulas de globo: Una válvula globo es una válvula de movimiento lineal. Usada para parar, iniciar y regular el flujo de fluido. El principio esencial de la operación de la válvula globo es el movimiento perpendicular del disco fuera del asiento. Esto hace que el espacio anular entre el disco y el anillo del asiento se cierre gradualmente a medida que la válvula es cerrada. Esta característica da a la válvula globo una buena capacidad de estrangulación, lo que permite su uso en la regulación de caudal. Por lo tanto, la válvula globo puede ser usada para cerrar o abrir el paso de fluido, así como para la regulación del paso del mismo (Rollins, 1989).

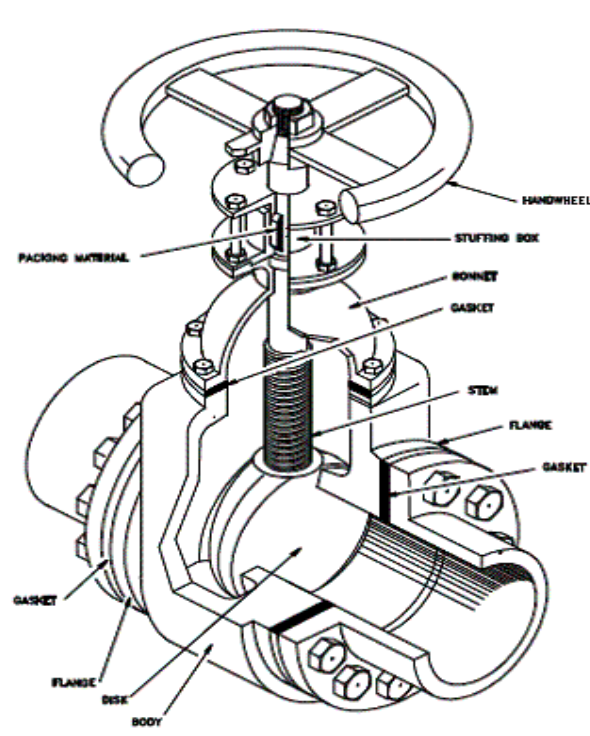
Figura No. 6 Válvula de globo



(Internet, 4)

2. Válvula de compuerta: Una válvula compuerta es una válvula de movimiento lineal usada para permitir o detener un flujo de fluido, no regula ni restringe el fluido. El nombre deriva de la apariencia del disco en la corriente de fluido. El disco de una válvula compuerta es completamente removido del caudal de fluido cuando la válvula está completamente abierta. En consecuencia, existe poca caída de presión a través de una válvula compuerta (Rollins, 1989).

Figura No. 7 Válvula de compuerta

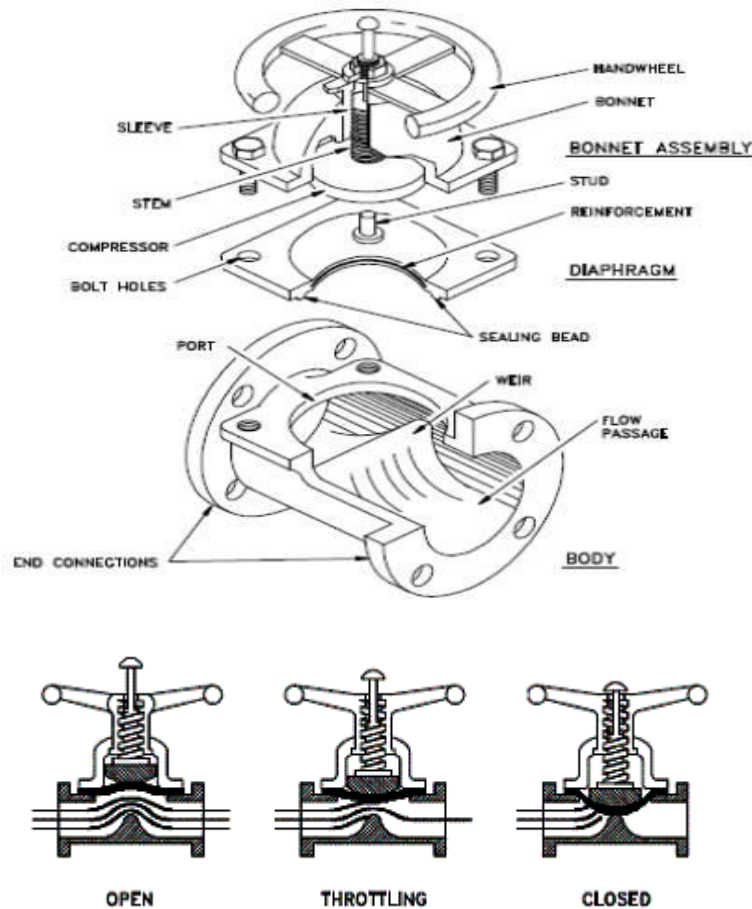


(Internet, 4)

3. Válvula de diafragma: es una válvula de movimiento lineal que es usada para iniciar, regular y detener el paso de fluido. El nombre deriva de su

disco flexible, que se adapta al asiento localizado en el área abierta en la parte superior del cuerpo de la válvula para formar el sello. Las válvulas de diafragma pueden además ser usada para servicios de estrangulamiento (Rollins, 1989).

Figura No. 8 Válvula de diafragma

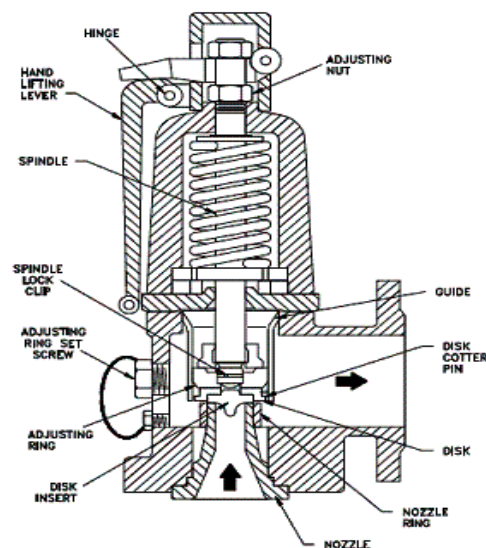


(Internet, 4)

4. Válvulas de seguridad: están diseñadas para evitar daños al equipo al liberar excesos de presurización accidentales de los sistemas de fluido. Una válvula de seguridad salta rápidamente a la posición de abierto tan pronto como el valor de consigna ("set point") es alcanzado. Una válvula de seguridad

permanecerá completamente abierta hasta que la presión caiga debajo del valor de reposición. El valor de reposición es más bajo que el valor de consigna de la presión actuante. La diferencia entre el valor de consigna de la presión actuante y la presión a la cual la válvula de seguridad se repone es llamado subpresión de reasiento (“blowdown”). La subpresión de reasiento se expresa como un porcentaje del valor de consigna de la presión actuante (Rollins, 1989).

Figura No. 9 Válvula de seguridad



(Internet, 4)

h. Elementos conductores: Las tuberías y mangueras son los elementos utilizados como medios de conducción en los sistemas de aire comprimido. En las tuberías tenemos las siguientes clasificaciones:

1) Tubería principal: Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible y ser lo más recta o lineal para evitar pérdidas de presión; y prever

futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal (Scales y McCulloch, 2003).

2) Tuberías secundarias: Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro (Scales y McCulloch, 2003).

3) Tuberías de servicio: Son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento (Scales y McCulloch, 2003).

El diámetro de las tuberías debe de elegirse según: el caudal, la longitud de las tuberías, la pérdida de presión (admisibile), la presión de servicio y la cantidad de estrangulamientos y accesorios en la red (Rollins, 1989).

i. Accesorios: Los accesorios más utilizados en las líneas de distribución de aire son tées, codos, reductores, cruces y acoples. Son utilizados para conectar y formar la tubería. Generalmente son elaborados de hierro galvanizado, aunque en algunos casos se utiliza el cobre. Los accesorios pueden ser suministrados para uniones de rosca o por medio de bridas; las uniones roscadas son utilizadas para diámetros de hasta cuatro pulgadas y para diámetros mayores se utilizan bridas. Es recomendable que los accesorios sean del mismo diámetro de la tubería, para evitar caídas de presión por fricción (Rollins, 1989).

Los codos se utilizan para cambiar la dirección de una tubería, ya sea a 90° ó a 45° . Es recomendable que los accesorios sean de curvatura grande, para evitar

pérdidas por fricción. Las tées conectan tres tubos y las cruces cuatro. Las secciones rectas de tubo se conectan por medio de coples. Estos son cilindros cortos roscados en su interior. Un reductor es semejante a un cople, pero tiene sus dos extremos roscados para tubos de diferente diámetro. Los tubos se conectan también roscándolos dentro de bridas y uniendo las bridas por medio de pernos (Scales y McCulloch, 2003).

Figura No. 10 Tipos de accesorios para tuberías



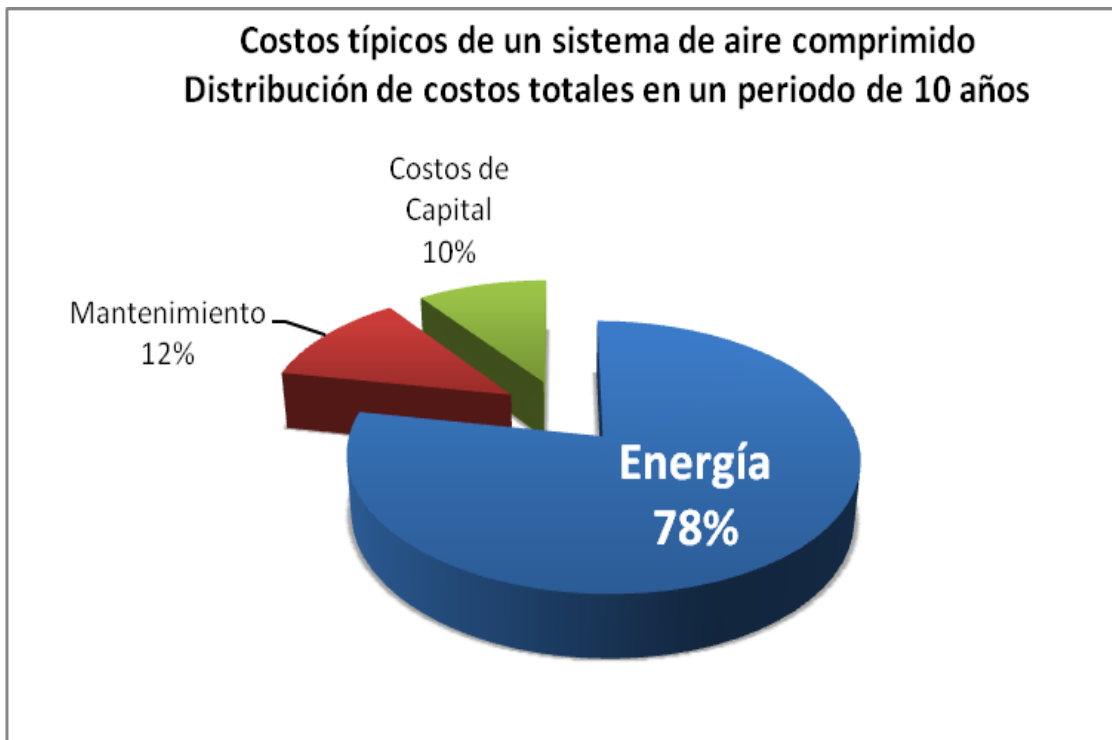
(Internet, 4)

j. Tanques de almacenamiento: Estos permiten absorber las pulsaciones inherentes al sistema de compresión recíproca, a la vez que suministra una superficie grande de intercambio de calor que permite disminuir parcialmente la alta temperatura del aire luego de la compresión. También absorbe sobre picos de consumo alto y de corta duración ocasionados por aplicaciones que requieren grandes cantidades de aire en lapsos cortos de tiempo; permitiendo de esta manera tener no tener un compresor sobredimensionado para satisfacer las demandas (Majumdar, 1996).

C. DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

Para obtener lo mayores beneficios y ventajas de la utilización del aire comprimido, es esencial tener una buena planificación y diseño. Se debe de tener una decisión bien estudiada con respecto a la selección del equipo, su ubicación y su correcta instalación para así obtener los ahorros y rendimientos esperados; tomando siempre en cuenta el mantenimiento para el buen funcionamiento del sistema (Rollins, 1989).

Figura No. 11 Costos típicos de un sistema de aire comprimido



(Scales y McCulloch, 2003).

Es por esto que se deben hacer varias consideraciones importantes al momento de diseñar el sistema de aire comprimido, las cuales deben incluir:

1. La determinación del flujo máximo, para así poder definir la capacidad necesaria del compresor; para lo cual se debe considerar:

a. Determinar e identificar la utilización de aire comprimido (flujo necesario y presión) en cada parte del proceso, utilizados en los equipos y herramientas.

b. Hacer un listado de equipo y herramienta neumática a utilizar en cada parte de la planta. Sobre todo, si existe alguna aplicación que requiera una presión o calidad de aire diferente al uso general de la planta.

c. Conocer la cantidad de turnos de producción y si hay variaciones en la cantidad de equipos y herramientas neumática que se utiliza en cada uno de los turnos. Determinando si la demanda de aire comprimido es constante o intermitente en los procesos.

d. Considerar y anticipar las futuras expansiones de la planta, para así evitar sobrecargar el sistema de distribución de aire comprimido. A mayor cantidad de aire que tiene que pasar por la tubería inicial de distribución, mayor será la caída de presión resultante entre el o los compresores y los puntos finales de uso. En el diseño del sistema, se debe de considerar un mínimo de un 25% de crecimiento en la demanda para así tomarlo en cuenta al momento de calcular el diámetro de la tubería, válvulas y controles; pero esta consideración no debe tomarse en cuenta para el compresor. Si se sobredimensiona el compresor, se

tendrá un costo de operación sobredimensionado, con lo cual nos afecta grandemente nuestros costos finales (Scales y McCulloch, 2003).

2. Determinar la presión que se necesita, por lo que se debe de considerar los siguientes puntos:

a. La presión mínima requerida que se puede utilizar en los equipos y herramientas neumáticas, manteniendo tanto la producción, como la calidad. Por lo que el control del compresor deberá estar ajustado para no permitir presiones menores a las establecidas.

b. La presión máxima requerida. Se debe de tener en cuenta que la presión requerida a la descarga del compresor será mayor que la que se tiene en los puntos finales, esto es debido a las caídas de presión que se da a través de la tubería, válvulas y accesorios.

c. Los usos finales del aire comprimido: ya que si se tiene varios requerimientos similares de aire comprimido, tanto de la presión, como de la calidad del aire; estos deberán de agruparse lo más cercano posible para así tener una menor distribución en tubería, controles y tratamiento del aire (Scales y McCulloch, 2003).

3. Selección del compresor: Una vez que se han determinado las necesidades individuales de aire comprimido de las distintas aplicaciones, el siguiente paso es combinarlas para así poder establecer los requerimientos totales para el compresor. Se debe de tomar una decisión de tipo económico, viendo el

costo de operación, costo de mantenimiento y garantías. Considerar si es un solo compresor o bien varios compresores conectados en serie (Rollins, 1989).

4. Sistema de distribución (cálculo de tuberías): para la selección de las tuberías a utilizar y su dimensión, se debe de tener las siguientes consideraciones:

a. Toda caída de presión entre el compresor y el punto de uso no es recuperable y es considerada una pérdida. Es por esto que el dimensionamiento de la tubería debe ser lo suficientemente grande para que esta caída de presión por fricción no exceda del 10% de la presión inicial. Accesorios que ofrecen baja resistencia al flujo, como los codos con curvatura larga, deben de seleccionarse. Esta previsión debe de hacerse no solo para los requerimientos presentes, sino también para los futuros.

b. Se debe de tratar de hacer un anillo cerrado de tubería para que así se tenga un sistema con presiones equilibradas en todos los puntos de uso. Esto hace también que se tengan dos direcciones de distribución para el punto donde la demanda es mayor.

c. Cada anillo de tubería debe de tener sus tomas o puntos de uso lo más cercanos al punto de aplicación, lo cual permite utilizar mangueras más cortas y evitar grandes caídas de presión en las mangueras. Las salidas o tomas de aire, deben ser siempre tomadas de la parte superior de la tubería para así evitar el acarreo de condensado hacia los equipos y herramientas.

d. Toda la tubería debe de tener cierta inclinación para poder drenar cualquier condensado, la inclinación debe de ser hacia una o varias trampas de condensado; evitando de esta forma que llegue a los equipos y que los dañe. La

inclinación de la tubería siempre debe de ser comenzando como punto más alto cerca del compresor, para evitar un retorno hacia el compresor; la parte más baja de la tubería debe de ser el punto más distante del compresor, para así utilizar la gravedad para eliminar el condensado. La inclinación debe de ser de $\frac{1}{4}$ in/ft (2.0 mm/m).

e. Para sistemas que utilizan compresores libres de aceite, se recomienda el uso tubería resistente a la corrosión o inoxidable. A diferencia de un sistema donde se utiliza un compresor lubricado, donde se formara una capa fina de aceite, la cual servirá de protección ante el efecto de corrosión de la humedad presente en el aire caliente; un sistema no lubricado o libre de aceite si va experimentar la corrosión. Esta corrosión va generar la contaminación de los productos y los sistemas de control (Rollins, 1989).

5. Cálculo de la tubería: debido a la fricción del flujo de aire dentro de la tubería y a otras pérdidas y resistencias, siempre existe una caída o pérdida de presión. Es por esto que es necesario seguirse los siguientes pasos: a) Establecer la longitud de la tubería recta que incluye una longitud para posibles ampliaciones, b) establecer el número y tipo de accesorios al calcular su longitud equivalente en tubería y c) establecer el total de la longitud de la tubería recta más la longitud equivalente de los accesorios, y tomarla como la longitud total para efectos de cálculo (ver tablas en el apéndice) (Majumdar, 1996).

Cuando se hacen los cálculos de caída de presión, se debe de tener en cuenta lo siguiente: a) La máxima caída de presión para tuberías de diámetro

pequeño debe de estar alrededor de los 0.05 bar de la presión aplicada de 6 bar, y b) para tuberías de un diámetro mayor en donde se aplica una presión de 6 bar, la máxima caída de presión debe de estar alrededor de 0.1 bar (Majumdar, 1996).

La máxima caída de presión desde el compresor hasta el punto más lejano de distribución de la tubería, no debe de exceder en el 10% de la presión de descarga del compresor (Scales y McCulloch, 2003).

III. JUSTIFICACIÓN

Debido a la baja de demanda en los productos de consumo, derivada de la crisis financiera mundial actual y de la que Guatemala no escapa, se debe buscar ser eficientes en todas las actividades productivas para así poder optar a un mejor precio para que el cliente siga demandando o consumiendo los bienes a producir.

Por lo cual, es necesario la implementación e instalación de un sistema de aire comprimido eficiente y dimensionado a las necesidades y demandas reales del proceso; para que se contribuya a una disminución de los costos. Actualmente la empresa tiene problemas en este sistema, pues está experimentando caídas de presión en algunos puntos de la línea de abastecimiento y adicionalmente el sistema presenta fugas en diversos puntos.

Al contar con un sistema de aire comprimido como el actual, es necesario una reingeniería y un nuevo sistema que involucre instalar una nueva línea de tubería con anillos cerrados y que se tengan las tomas de aire necesarias para cada etapa del proceso; teniendo como objetivo una reducción de costos en el gasto de energía.

Dada la necesidad de tener productos de alta calidad en el mercado y a precios competitivos, es necesario la verificación de los procesos de producción y sobretodo de los sistemas de servicio como los son aire comprimido, vapor,

electricidad, etc. Por lo que al implementar un sistema de aire comprimido, se deberá corroborar que desde su inicio esté enfocado a proveer la cantidad de aire comprimido necesaria al menor costo de operación.

Ir creando concientización en el sector industrial de que se pueden tener ahorros significativos cuando se toma en cuenta los sistemas de servicio secundarios y hacerlos eficientes. Al mismo tiempo, esto lleva a ser más amigables con el Medio Ambiente.

Con este estudio, se pretende lograr un cambio en el sistema de aire comprimido de la empresa: ubicación de los compresores, análisis de la capacidad de aire producido versus lo consumido, cambio de tubería.

IV.OBJETIVOS

Objetivo general:

1. Diseñar, instalar e implementar un sistema de aire comprimido para la actual demanda de la maquinaria de una planta procesadora de pollo.

Objetivos específicos:

1. Analizar el sistema de aire comprimido existente y determinar la demanda real según la capacidad de producción de la empresa.
2. Dimensionar adecuadamente el sistema de aire comprimido para el proceso.
3. Realizar el diagrama de distribución (Lay out) del sistema de aire comprimido para obtener la eficiencia del mismo.
4. Hacer un estudio de costos comparativo del funcionamiento y operación del sistema de aire comprimido, antes y después de implementar las mejoras en el nuevo sistema.

V. PROBLEMA A RESOLVER

Actualmente, en Guatemala no se ha considerado importante los costos de los servicios secundarios, como lo son los sistemas de aire comprimido. Es muy común encontrar que en las industrias no comprenden su sistema de aire comprimido y no conocen: ¿Cuánto les cuesta realmente? ¿Con qué presión de aire realmente operan? ¿Qué presión de aire necesitan? ¿Cuántos cfm (pies cúbicos por minuto) necesitan realmente? ¿Cuántos cfm desperdician? Etc. Pero si se vuelven eficientes, se pueden lograr ahorros significativos en los costos, haciendo que los productos guatemaltecos sean competitivos en los grandes mercados internacionales, sobretodo en tiempos de crisis como la actual.

Es posible poder llegar a incrementar la productividad de la planta al reducir reproceso o re trabajos, rechazos, desperdicio y tiempos de ajuste por minimizar las caídas de presión del sistema neumático, y esto es posible cuando se tiene un sistema neumático eficiente y dimensionado para las necesidades de proceso.

El sistema de aire comprimido con que se contaba no era capaz de responder por la demanda de aire que es requerida para la producción, se considera que no es necesario invertir en otro compresor, sino que con solo mejorar el sistema de aire comprimido mediante un rediseño y reubicación de los

compresores, el sistema será eficiente para la actual demanda, teniendo una reducción de costos de energía; con lo que el proyecto será rentable.

VI.METODOLOGÍA

- a. Análisis del sistema actual de aire comprimido con respecto del proceso de producción:
 - Observar el área física ya existente y el equipo utilizado en el proceso de producción.
 - Determinar si existen puntos de mejora.
- b. Se determinará la situación inicial del sistema actual de aire comprimido. Así mismo se determinará los consumos reales de cada equipo y maquinaria de proceso.
- c. Ingeniería y diseño del nuevo sistema de aire comprimido.
- d. Montaje del nuevo sistema de aire comprimido.
- e. Realizar auditorías de aire al terminar la implementación del nuevo sistema de aire comprimido que se instalará:
 - Al echar andar el nuevo sistema de aire comprimido y dejar de utilizar en anterior.
- f. Determinar la pérdidas que se tenía y los ahorros que se van a lograr establecer con la mejora al sistema de aire comprimido.
- g. Proponer mejoras: en base a las observaciones del proceso productivo y las distintas aplicaciones de aire comprimido.

VII. BASES DE DISEÑO

A. Alcance del trabajo:

Para poder definir las condiciones actuales del sistema de aire comprimido, se debe realizar un estudio previo del aire que se está produciendo y observar y evaluar las condiciones en las que se encuentra; para así poder determinar la mejor ubicación y la reingeniería de todo el sistema de aire comprimido.

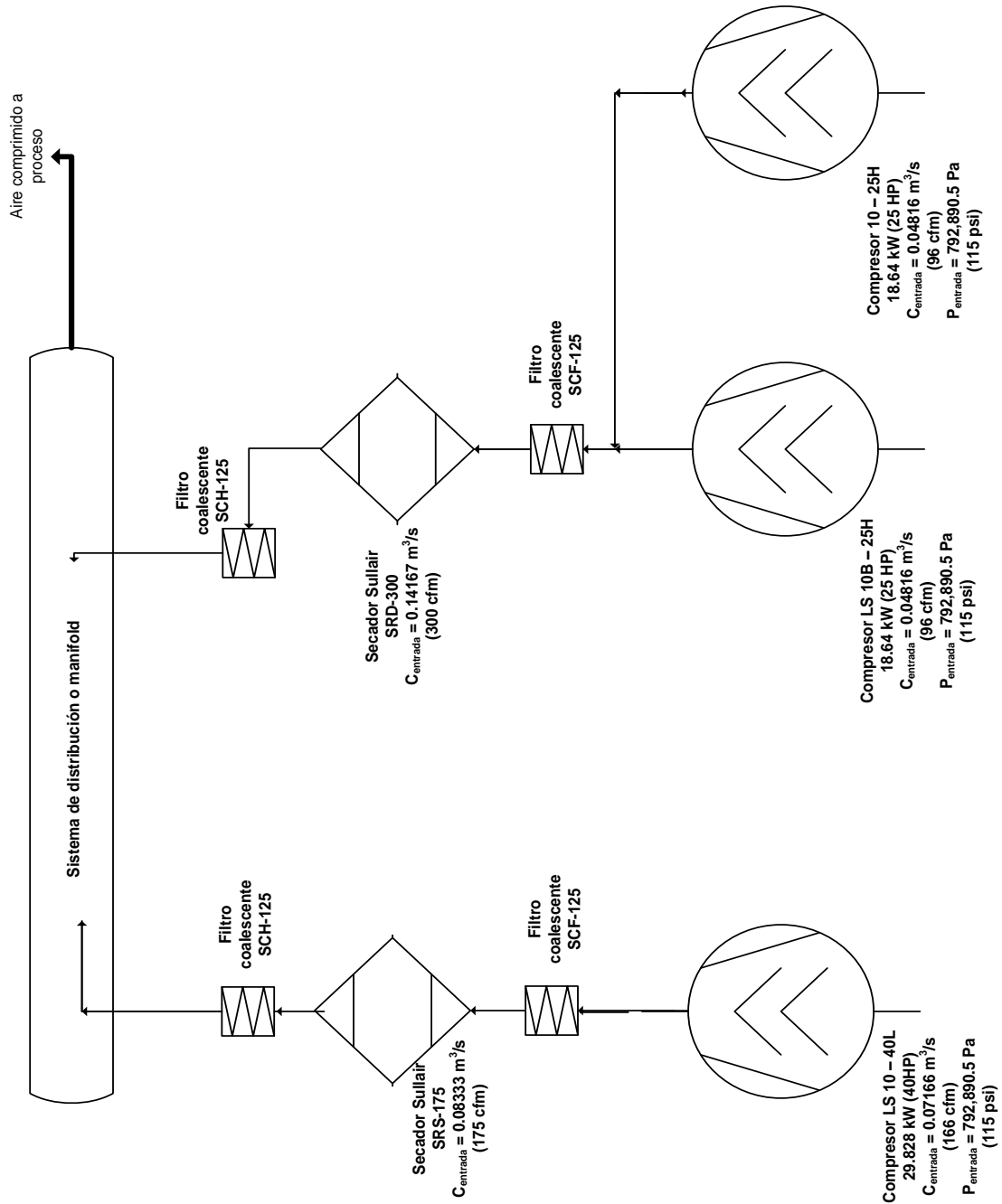
Es importante, tener en cuenta que al momento de estar comprimiendo el aire, también se está comprimiendo humedad, partículas de polvo y cualquier otro contaminante que se encuentre presente en el área de los compresores.

Se va a utilizar un equipo de última tecnología para realizar auditorías de aire comprimido para así determinar los costos reales (Kwh) en lo que respecta a energía, consumo del caudal real (flujo volumétrico), presión de trabajo de la planta utilizando sensores y un Data Logger, satisfaciendo así los más altos requerimientos de información. La información de la auditoría es analizada mediante el programa Systemate de Sullair donde se utilizan las tablas del Instituto de Gas y Aire Comprimido –CAGI--.

VIII. RESULTADOS

A. Diagrama de flujo

Figura No. 12 Diagrama de flujo sistema



B. Selección del equipo:

1. Compresores

Cuadro # 1 : Especificaciones de los compresores de tornillo

Nombre del compresor Tipo de compresor	Fabricante	Modelo sistema de control	Potencia	Eficiencia motor	Presión de trabajo	Caudal	Dimensiones (largo x ancho x alto)	Peso
Compresor 1 Tornillo lubricado de una sola etapa	SULLAIR	LS10-40L Modulación interna	29.828 kW (40 hp)	0.941	758,4170 Pa (110 psi)	0.0782966 m ³ /s (166 cfm)	1.448 x 0.846 x 0.991 m	2,513 kg
Compresor 2 Tornillo lubricado de una sola etapa	SULLAIR	LS10B-25H Modulación interna	18.6425 kW (25 hp)	0.93	861,837.5 Pa (125 psi)	0.04528 m ³ /s (96 cfm)	1.448 x 0.846 x 0.991 m	2,238 kg
Compresor 3 Tornillo lubricado de una sola etapa	SULLAIR	10-25H Modulación interna	18.6425 kW (25 hp)	0.93	861,837.5 Pa (125 psi)	0.04528 m ³ /s (96 cfm)	1.448 x 0.846 x 0.991 m	2,238 kg

Foto # 1 - Compresores: 10-25H, LS10B-25H y LS10-40L



Foto # 2- Compresor Sullair LS0-40L de 40 HP



2. Secadores

Cuadro # 2: Especificaciones del secador 1

Características	Especificaciones
Fabricante	Sullair
Modelo	SRS- 175: Secador refrigerado con módulo de intercambiador de calor 3 en 1: aire-aire, aire-refrigerante y un separador de niebla.
Caudal nominal	0.0816666 m ³ /s (175 cfm)
Presión diferencial	9,997.315 Pa (1.45 psi)



Cuadro # 3: Especificaciones del secador 2

Características	Especificaciones
Fabricante	Sullair
Modelo	SRS- 300: Secador refrigerado con un separador tipo ciclón con una válvula solenoide que funciona en base al tiempo programado.
Caudal nominal	0.1416666 m ³ /s (300 cfm)
Presión diferencial	13,789.4000 Pa (2 psi)



3. Filtros

Cuadro # 4: Especificaciones del filtro coalescente SCF

Características	Especificaciones
Fabricante	Sullair
Modelo	SCF- 125
Flujo de aire a 689,470 Pa (100 psig)	0.0599716 m ³ /s (127 cfm)
Características estándar de los filtros	Remoción de partículas hasta 1 micrón, incluyendo agua y lubricantes. Contenido remanente máximo de aerosol después del filtro es de 0.5 ppm a 21.11°C.
Instalación	Antes del secador refrigerado
Presión máxima de operación	1,599,570.4000 Pa (232 psig)
Caída de presión	20,684.10 Pa (3 psi) seco 27,578.80 Pa (4 psi) a 12 meses de uso



Cuadro # 5: Especificaciones del filtro coalescente SCH

Características	Especificaciones
Fabricante	Sullair
Modelo	SCH- 125
Flujo de aire a 689,470 Pa (100 psig)	0.0599716 m ³ /s (127 cfm)
Características estándares de los filtros	Remoción de partículas hasta 0.01 micrón, incluyendo agua y aceites en aerosol. Contenido remanente máximo de aerosol después del filtro es de 0.01 ppm a 21.11°C.
Instalación	Después del secador refrigerado
Presión máxima de operación	1,599,570.4000 Pa (232 psig)
Caída de presión	20,684.10 Pa (3 psi) seco 27,578.80 Pa (4 psi) a 12 meses de uso



4. Manifold o sistema de distribución

Cuadro # 6: Especificaciones del manifold o sistema de distribución

Características	Especificaciones
Diámetro interno	203 mm (8 plg)
Largo del manifold o sistema de distribución	2, 000 mm (78 3/4 plg)
Tipo de soldadura	soldadura de penetración
Diámetro niples entrada	38.1 mm (1 1/2 plg)
Presión máxima de operación	1,378,940.000 Pa (200 psig)



5. Tubería

Cuadro # 7: Especificaciones de la tubería de acero galvanizada

Características	Especificaciones
Medida comercial	50.8 mm (2 plg)
Diámetro externo	59.8 mm (2.3543 plg)
Espesor de pared nominal	3.6 mm (0.14173 plg)
Largo estándar	6,000 mm (6 m)
Tipo de rosca	NPT 11.5
Peso nominal liso	5.03 kg/m
Peso nominal rosca y coplado	5.10 kg/m
Presión nominal de trabajo	1,516,834.0 Pa (220 psi)



C. Parámetros de diseño:

Cuadro # 8: Resumen de resultados de consumo energético anual a carga completa

	Potencia	Caudal a carga completa	Demanda energética (kW)	Energía de trabajo (kWh/año)	Costo energético anual
Compresor # 1: Sullair LS10-40L	29.84 kW (40 Hp)	0.078343 m ³ /s (166 cfm)	29.8400	239,764.4000	Q250,414.11
Compresor # 2: Sullair LS10B-25H	18.65 kW (25 Hp)	0.045307 m ³ /s (96 cfm)	18.6500	149,852.7500	Q156,508.82
Compresor # 3: Sullair 10-25H	18.65 kW (25 Hp)	0.045307 m ³ /s (96 cfm)	18.6500	149,852.7500	Q156,508.82
TOTAL	67.14 kW (90Hp)	0.168957 m³/s (358 cfm)	67.1400	539,469.9000	Q563,431.75

Es decir que se tiene un gasto de Q. 563,431.75 anuales (us\$ 70,131.09) por la operación de los tres compresores a carga completa.

Cuadro # 9 Resultados de pérdidas por presión

Red de aire comprimido	diámetro de la tubería	Longitud de la red	Caudal	Pérdidas de presión	% de pérdida
Sistema anterior	25 mm (1 plg)	170 m	0.10516 m ³ /s (224 cfm)	380,059.99 Pa (55.1231 psi)	48.06%
Sistema actual	50 mm (2plg)	500 m	0.10516 m ³ /s (224 cfm)	17,216.88Pa (2.33 psi)	2.177%

La siguiente información, Cuadros 10 y 11, son un resumen obtenido al analizar toda la información de la auditoría de aire comprimido con la modificación de la ubicación de los compresores y el aumento del diámetro de la tubería a 50 mm (2

plg). La información de la auditoría de aire comprimido es analizada mediante el programa Systemate de Sullair donde se utilizan las tablas del Instituto de Gas y Aire Comprimido –CAGI--.

Cuadro # 10: Resumen del rendimiento de los compresores con el sistema modificado (sistema actual)

	Potencia nominal	% de tiempo de funcionamiento	Potencia promedio	% de potencia descargada	% de flujo descargado	Presión promedio	Flujo Promedio	Eficiencia CFM/bHP	Costo anual
Compresor # 1: Sullair LS10-40L	29.84 kW (40 Hp)	68.3	24.692 kW (33.1 Hp)	87	0.031617 m3/s (67 cfm)	659,138.1 Pa (95.6 psi)	93.1	2.81	Q 162,198.02
Compresor # 2: Sullair LS10B-25H	18.65 kW (25 Hp)	10.4	20.589 kW (27.6 Hp)	127	0.04813 m3/s (102 cfm)	628,111.72 Pa (91.1 psi)	81.2	2.95	Q 20,767.84
Compresor # 3: Sullair 10-25H	18.65 kW (25 Hp)	74.4	19.471 kW (26.1 Hp)	117	0.04766 m3/s (101 cfm)	689,465 Pa (100 psi)	80.9	3.09	Q 141,124.89

Total Q 324,090.75

**Cuadro # 11: Resumen de resultados de auditoría de aire comprimido
-- Resumen del sistema de aire comprimido --**

	Caudal	Presión	Potencia
Mínimo	0 m3/s (0 cfm)	0 Pa (0 psi)	0 kW (0 Hp)
Promedio	0.06233 m3/s (132.1 cfm)	632,938.05 Pa (91.8 psi)	33.4954 kW (44.9 Hp)
Máximo	0.10599 m3/s (224.6 cfm)	790,827.82 Pa (114.7 psi)	58.2327 kW (78.06 Hp)

COSTO ANUAL Q. 324,090.75

Cuadro # 12

Reporte comparativo: Sistema original vs. sistema mejorado del aire comprimido



PROGRAMA PARA ANALISIS DE SISTEMAS

Nombre del sistema	Total HP	Total ACFM	Costos energía	Costo del ciclo de vida	Ahorro
Condiciones iniciales	90.00	358.00	Q. 563,585	Q. 1,306,470	
Sistema mejorado	65.00	262.00	Q. 333,377	Q. 797,154	Q. 509,316

Ciclo de vida proyecto
2 años

Condiciones iniciales

Nombre	Modelo	HP	*	ACFM	Turnos					Tarifa energía	Demanda	Costo demanda							
					1	2	3	4	5										
Compresor 1	LS10-40L	40.0	C	166.00	100	100	0	0	0	4,368	3,476	0							
Compresor 2	LS10-25H	25.0	C	96.00	100	100	0	0	0	262.00	262.00	0.00							
Compresor 3	LS10-25H	25.0	C	96.00	1	1	0	0	0	0.00	0.00	0.00							
Machine order										Q. 1.04	0.00	0							
					% Capacidad por turno					Costo de energía por turno	Costo energía instalación	Otros costos	Costos mant. anual						
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
					100	100	0	0	0	172,039	136,894	0	0	0	0	Q. 308,933	0	0	Q. 40,750
					100	100	0	0	0	112,114	89,211	0	0	0	0	Q. 201,325	0	0	Q. 24,450
					1	1	0	0	0	29,697	23,630	0	0	0	0	Q. 53,327	0	0	Q. 24,450
Machine order										Q. 313,850	Q. 249,735	0	0	0	Q. 563,585	0	0	Q. 89,650	

Sistema mejorado

Nombre	Modelo	HP	*	ACFM	Turnos					Tarifa energía	Demanda	Costo demanda							
					1	2	3	4	5										
Compresor 1	LS10-40L	40.0	C	166.00	100	100	0	0	0	4,368	1,040	0							
Compresor 2	LS10-25H	25.0	C	96.00	100	4	0	0	0	262.00	170.00	0.00							
Machine order										Q. 1.04	0.00	0							
					% Capacidad por turno					Costo de energía por turno	Costo energía instalación	Otros costos	Costos mant. anual						
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
					100	100	0	0	0	172,039	40,962	0	0	0	0	Q. 213,001	0	0	Q. 40,750
					100	4	0	0	0	112,114	8,262	0	0	0	0	Q. 120,376	0	0	Q. 24,450
Machine order										Q. 284,153	Q. 49,224	0	0	0	Q. 333,377	0	0	Q. 65,200	

* A - Carga / descarga
E - Velocidad variable

B - Inlet modulation no blowdown
F - Variable speed w/ variable displacement

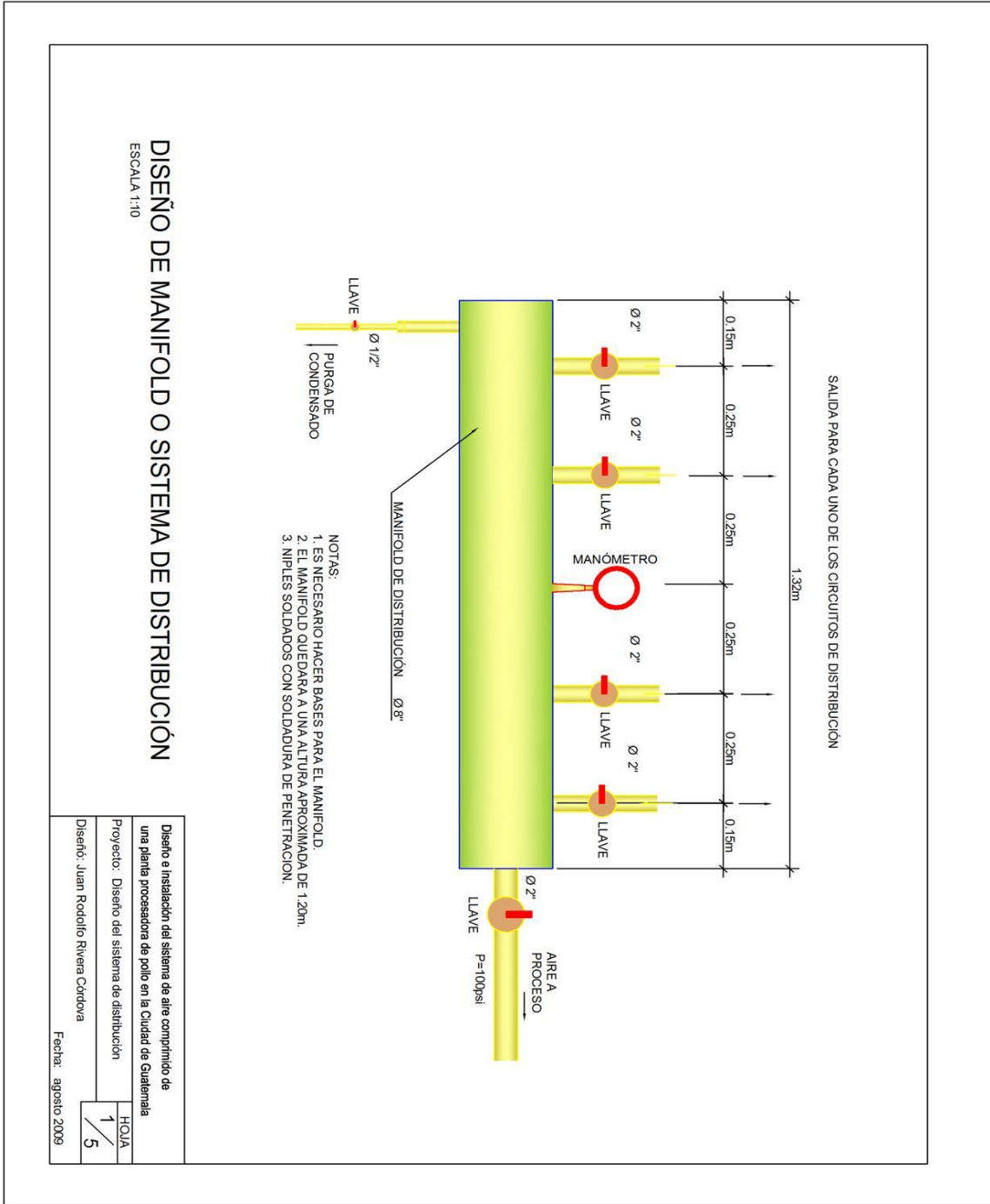
C - Inlet modulation with blowdown
G - Three step

D - Variable displacement
H - Five step

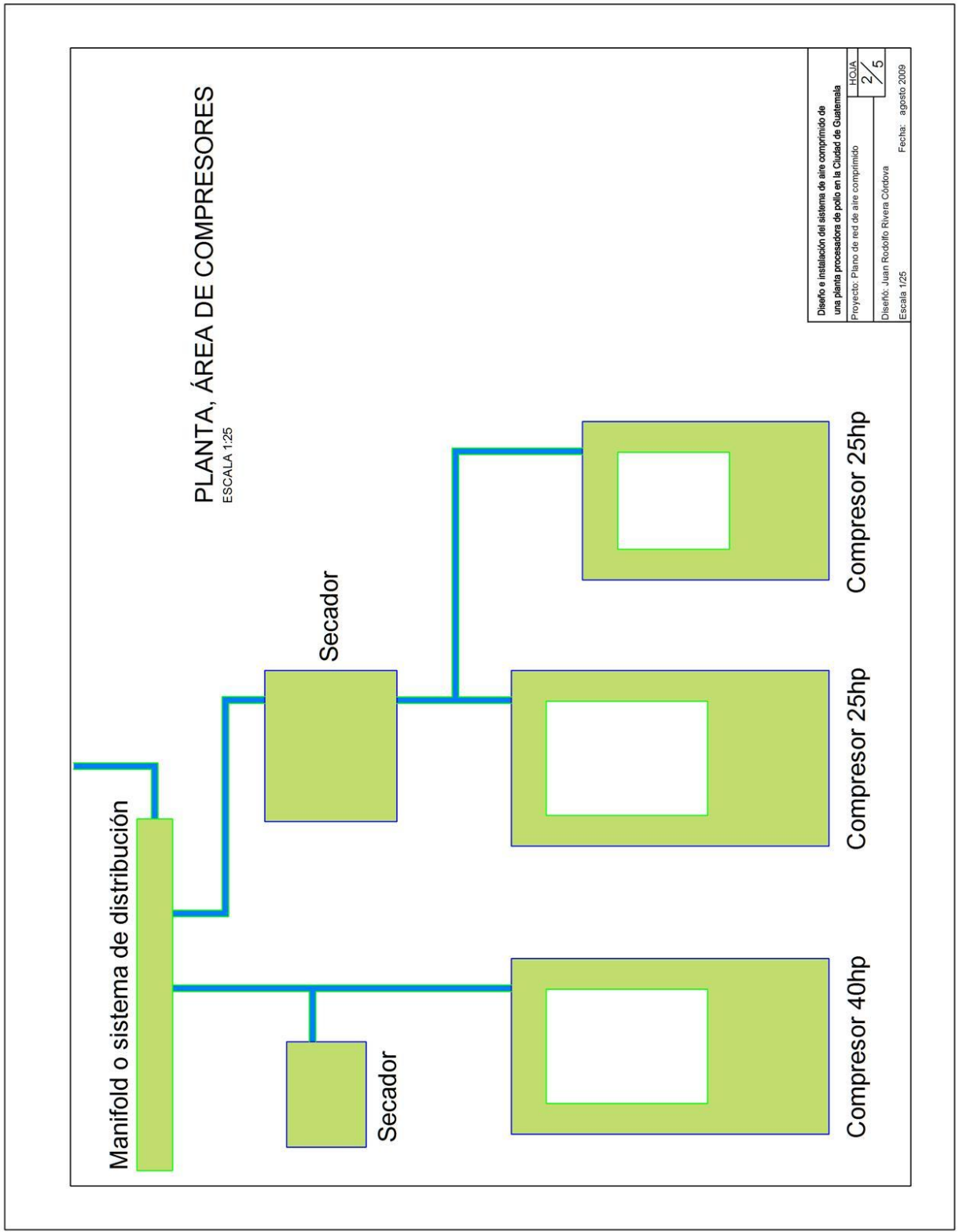


D. Planos del sistema de aire comprimido modificado:

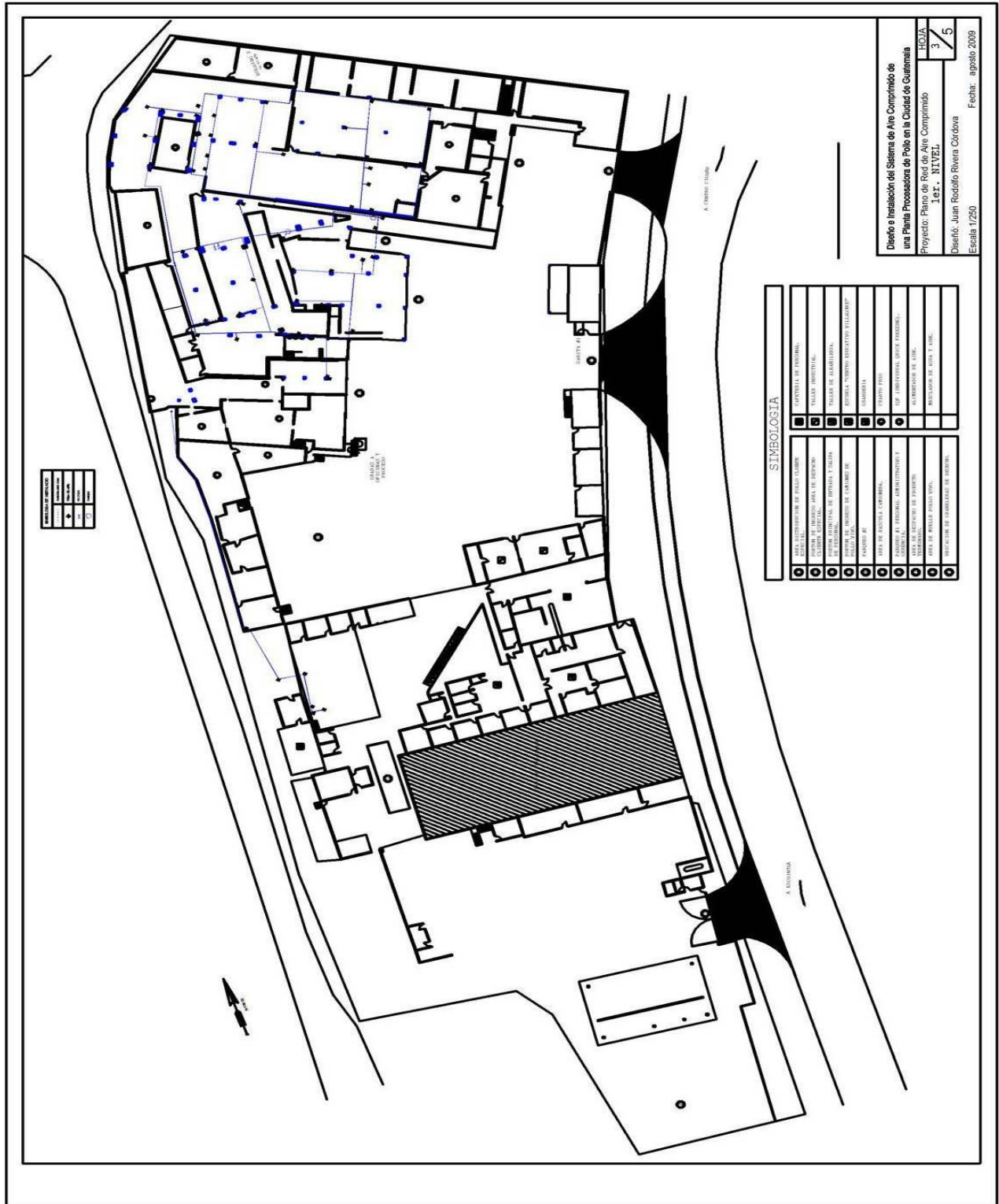
1. Diseño de manifold o sistema de distribución



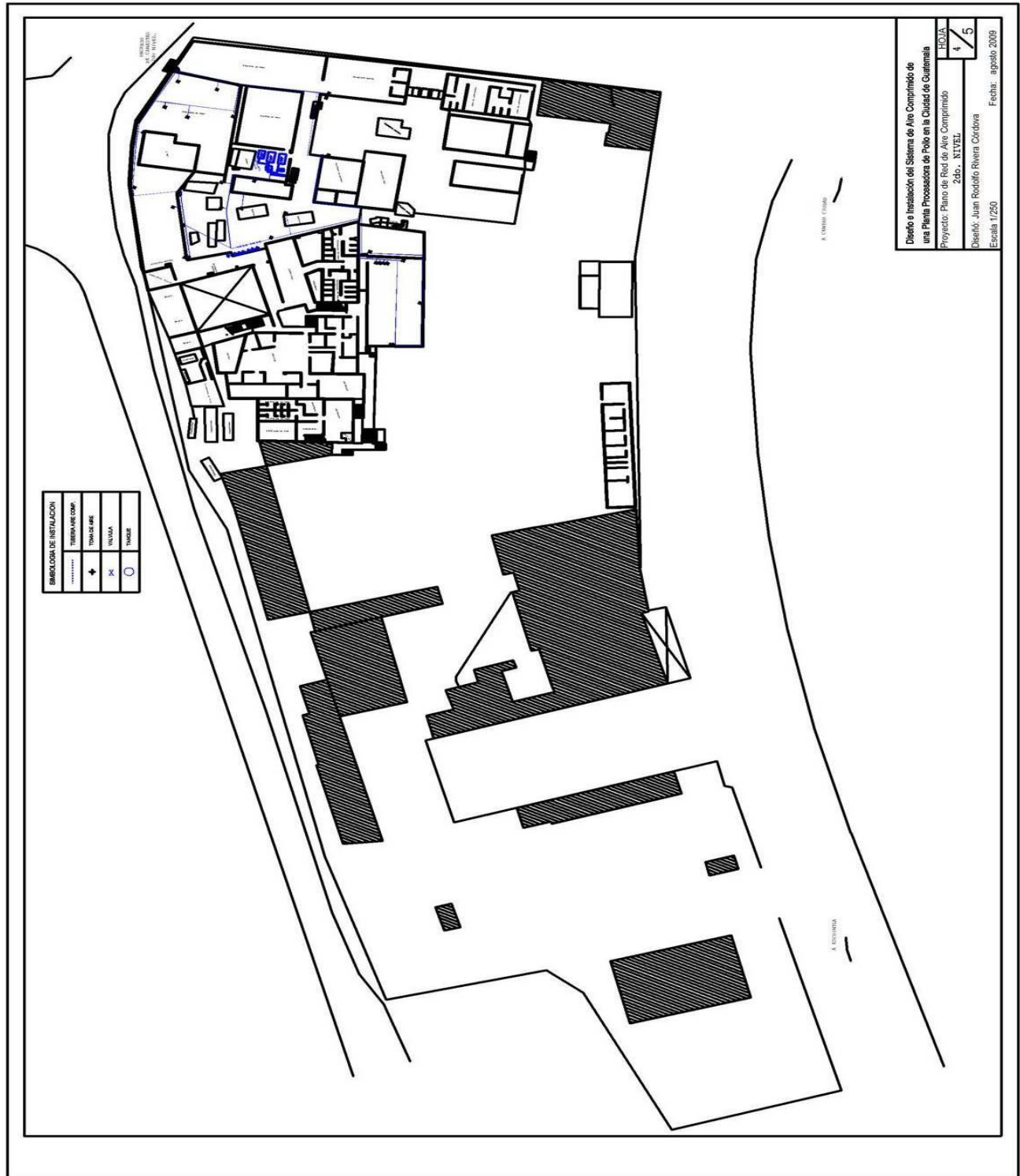
2. Planta de área de compresores



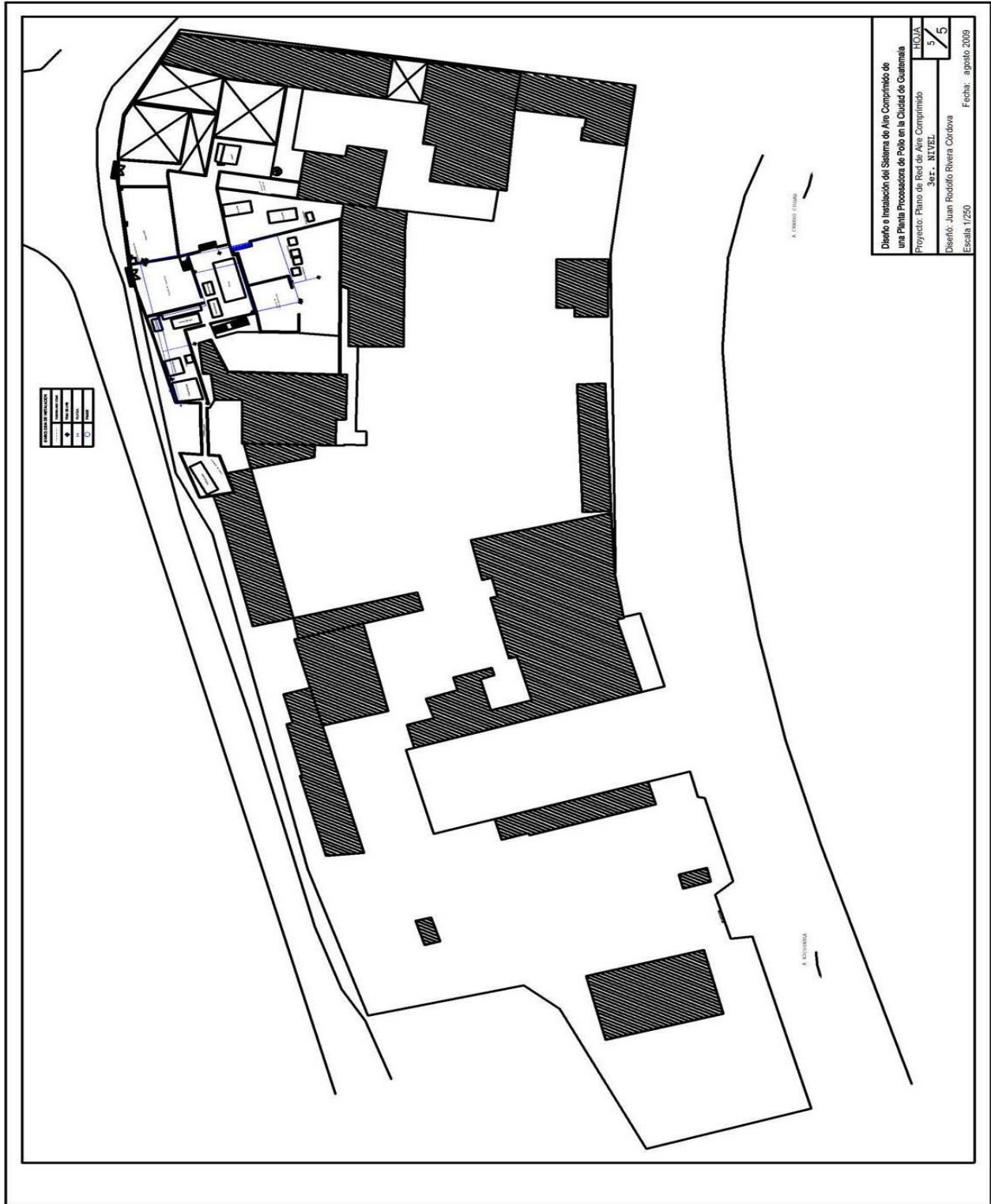
3. Plano de Red de Aire Comprimido 1er. nivel



4. Plano de Red de Aire Comprimido 2do. nivel



5. Plano de Red de Aire Comprimido 3er. nivel



E. Análisis financiero:

Cuadro #13 Flujo de caja

FLUJO DE CAJA	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
Ingresos por ahorro						
Energía eléctrica		Q 563,431.75	Q 563,431.75	Q 563,431.75	Q 563,431.75	Q 563,431.75
Mantenimiento		Q 89,650.00	Q 89,650.00	Q 89,650.00	Q 89,650.00	Q 89,650.00
Total ingresos		Q 653,081.75	Q 653,081.75	Q 653,081.75	Q 653,081.75	Q 653,081.75
Egresos						
Energía eléctrica compresores						
Energía eléctrica compresor # 1 de 40 hp		Q 213,001.00	Q 213,001.00	Q 213,001.00	Q 213,001.00	Q 213,001.00
Energía eléctrica compresor # 2 de 25 hp		Q 120,376.00	Q 120,376.00	Q 120,376.00	Q 120,376.00	Q 120,376.00
Mantenimiento						
Mantenimiento compresor # 1 de 40 hp		Q 40,750.00	Q 40,750.00	Q 40,750.00	Q 40,750.00	Q 40,750.00
Mantenimiento compresor # 2 de 25 hp		Q 24,450.00	Q 24,450.00	Q 24,450.00	Q 24,450.00	Q 24,450.00
Inversión						
Instalación nuevo sistema de aire comprimido para la planta producción	Q 421,350.00					
TOTAL EGRESOS	Q 421,350.00	Q 398,577.00	Q 398,577.00	Q 398,577.00	Q 398,577.00	Q 398,577.00
FLUJO DE FONDOS	Q (421,350.00)	Q 254,504.75	Q 254,504.75	Q 254,504.75	Q 254,504.75	Q 254,504.75
FLUJO ACUMULADO	Q (421,350.00)	Q (166,845.25)	Q 87,659.50	Q 342,164.25	Q 596,669.00	Q 851,173.75

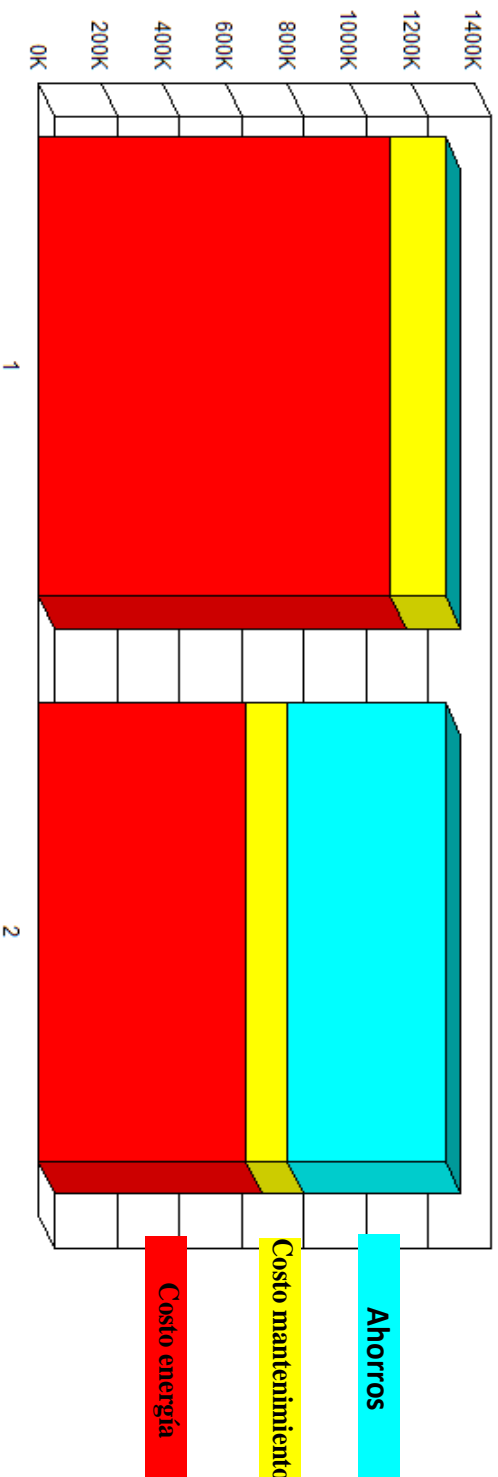
Cuadro # 14 Parámetros de rentabilidad

PARÁMETRO	VALOR
VALOR PRESENTE NETO (VAN)	Q 273,488.42
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	35.78%
RECUPERACIÓN DE CAPITAL (AÑOS)	1.65

Gráfica # 1
Reporte comparativo de costos:
Sistema original vs. sistema mejorado del aire comprimido

Ciclo de vida proyecto: 2 años

Nombre del sistema	Costos instalación	Costos de energía	Costos de mantenimiento	Costos totales	Ahorro
1 Condiciones iniciales	n.a.	Q. 1,127,170	Q. 179,300	Q. 1,306,470	
2 Sistema mejorado	n.a.	Q. 666,754	Q. 130,400	Q. 797,154	Q. 509,316



IX. DISCUSIÓN

El objetivo principal de la implementación de un sistema de aire comprimido para la actual demanda de la maquinaria de una planta procesadora de pollo, es poder competir en un mercado globalizado con un producto de alta calidad y a un precio competitivo; para ello se logró eficientar y adecuar el funcionamiento de sistema de aire comprimido a sus actuales necesidades, logrando mejoras sustanciales en sus costos de energía eléctrica.

El Sistema de aire comprimido con que se contaba no era capaz de responder por la demanda de aire que es requerida para la producción, debido a que éste utilizaba a los tres compresores de forma individual. Su sistema de distribución era de tipo lineal y se utilizaban los compresores para satisfacer las necesidades para ciertas áreas de producción. Así mismo, se encontró que debido al crecimiento desorganizado que se tuvo, las tuberías de aire comprimido iban y venían, lo cual hizo que se incrementaran las pérdidas por fricción hasta llegar a un 48.0585%.

Se hizo un análisis preliminar del sistema de aire comprimido que tenía la planta procesadora de pollos, encontrándose que la ubicación de los compresores no era la más adecuada, debido a que el aire caliente a la salida del compresor está chocando contra la pared y está siendo recirculado en la entrada del compresor (ver Foto #3, Anexo 1). Esto hace que se aumente toda la temperatura del área de compresores y se aumente la humedad del aire que entra a los compresores. Con lo cual se tendrá mayores costos de mantenimiento y por la otra parte se estará disparando y parando el compresor por exceso de

temperatura. Lo que sucede es que cuando el aire atmosférico entra en el compresor es sometido a presión (de 4 a 12 kg/cm²). A esas presiones, la capacidad de portación de humedad en fase de vapor disminuye, lo que provoca que se forme condensado. La cantidad de agua será función de la humedad relativa del aire aspirado, de su temperatura, de la presión de compresión y del caudal de aire suministrado. De este volumen de líquido sólo dos terceras partes son retenidas y drenadas por el compresor (mediante el filtro separador), mientras que la humedad restante se incorpora al flujo de aire comprimido entregado al sistema.

Por lo que fue necesario reubicar los compresores y ponerles un sistema de distribución mediante un Manifold o sistema de distribución y la colocación de secadores adecuados a la capacidad de los compresores (ver Fotos # 5 y 6, Anexo 1), en donde se descarga el aire caliente de los compresores al ambiente.

Para hacer los estudios del análisis del sistema de aire comprimido, se trabajó conjuntamente con la empresa representante de compresores SULLAIR para Guatemala, Distribuidora Técnica, S.A. Se utilizó el programa "SYSTEM WIZARD" de AirMetrix de SULLAIR, con el cual, se determinó las capacidades de trabajo de cada uno de los compresores, así como las demandas de aire, los costos de energía por turno y, por lo tanto, los costos de energía anual y de mantenimiento. Se encontró que del caudal disponible de 0.16894 m³/s (358 cfm) solamente se estaban demandando o utilizando 0.12364 m³/s (262 cfm) en cada uno de los dos

turnos, un 73.19%. Adicionalmente se determinó que los costos por energía anual son de Q563, 585.00 (ver Cuadro # 8).

Derivado de lo anterior y de las pérdidas por fricción calculadas, se procedió a la modificación e instalación de la red de tubería para el sistema de aire comprimido que se suministra para toda la planta procesadora de pollos. Se realizó una nueva instalación de tubería en la cual el sistema de aire comprimido tendría la capacidad de poder responder a la actual demanda de caudal de aire (cfm), sin tener mayores caídas de presión, evitando la inversión de un nuevo compresor que generaría un mayor consumo de energía eléctrica; logrando de esta forma que, con el ahorro obtenido se pueda pagar la inversión de la nueva instalación y que una vez cancelada esta inversión los ahorros permitirían ser más eficientes y por el otro lado, les da a producción la posibilidad de un crecimiento. El nuevo sistema de red de aire comprimido se realizó incrementando el diámetro de la tubería de 20 mm ($\frac{3}{4}$ plg) y 25 mm (1 plg) de diámetro a 50 mm (2 plg) de diámetro (el cual se le llamó, para este estudio, como el sistema mejorado de aire comprimido). Se llevaron a cabo circuitos cerrados interconectados para así mantener una misma presión en todo el sistema y se eliminaron fugas; lográndose mejorar el porcentaje de pérdidas por fricción del sistema de aire comprimido, teniéndose actualmente 2.177% de pérdida por caída de presión.

Para el sistema mejorado de aire comprimido, también se utilizó el programa "SYSTEM WIZARD" de AirMetrix de SULLAIR, determinando así las capacidades de trabajo de cada uno de los compresores, las demandas de aire, los costos de

energía por turno y por lo tanto los costos de energía anual y de mantenimiento. Se determinó que con la modificación del sistema de aire comprimido solamente se va estar trabajando con dos compresores, es decir 48.49 kW (65 hp), ya que solo se necesitan 0.12364 m³/s (262 cfm) en cada uno de los dos turnos. Lo cual nos deja un compresor de 18.65 kW (25 hp) y 0.04530 m³/s (96 cfm) de reserva para cualquier requerimiento adicional. Así mismo, se logró mejorar la eficiencia en los procesos de producción con lo cual el 2do. Turno se redujo en un 50%, ya que se tenían menos paros en producción por caídas de presión. Adicionalmente se determinó que los costos por energía anual son de Q333, 377.00 (ver Cuadro # 12).

Así mismo, se procedió a realizar una auditoría de aire comprimido, este estudio consistió en un análisis de demanda de aire; para lo cual se utilizó un Data Logger de SULLAIR, un equipo de última tecnología para realizar auditorías de aire comprimido, determinando los costos reales (Kwh) en lo que respecta a energía, consumo del caudal real (flujo volumétrico) y presión de trabajo de la planta, utilizando sensores; satisfaciendo así los más altos requerimientos de información. La información de la auditoría es analizada mediante el programa Systemate de Sullair donde se utilizan las tablas del Instituto de Gas y Aire Comprimido –CAGI--.El Data Logger utiliza un transductor de presión, un medidor de flujo, un transformador de corriente, un amperímetro y un microcontrolador. La auditoria de aire se realizo durante siete (7) días, desde el 19 al 26 de marzo del 2009, con estas mediciones se obtuvieron datos de flujo volumétrico (demanda de

aire) generadas por cada uno de los tres compresores, datos de la presión y el consumo eléctrico (en amperios).

En el desarrollo de esta auditoría de aire, se pudo identificar que realmente solo era necesario el funcionamiento de dos compresores, el de 29.84 kW (40 hp) con 0.07833 m³/s (166 cfm) y uno de los de 18.65 kW (25 hp) con 0.04530 m³/s (96 cfm), dejando de reserva el otro de 18.65 kW (25 hp) con 0.04530 m³/s (96 cfm). La demanda de aire (flujo volumétrico) se mantuvo dentro de 0.03115 a 0.09344 m³/s (66 a 198 cfm) durante todo el tiempo de la auditoría de aire, teniendo algunos picos de tiempos muy cortos en donde llegó a sobrepasar los 0.117975 m³/s (250 cfm). Así mismo, se presentaron pequeños ciclos de caída de presión, manteniéndose dentro de un rango de 551,580 a 792,896.25 Pa (80 a 115 psi) según los requerimientos de producción, se reflejan dos paros por mantenimiento los días domingo. En lo que respecta al consumo eléctrico, se ve claramente que el compresor # 2 de 18.65 kW (25 hp) solamente trabajó durante un período de 16 horas el día lunes 23 de marzo, lo cual indica que es muy poca su participación dentro del proceso de producción.

Es por esto que se puede resumir la auditoría de aire de la siguiente forma: el compresor # 1 de 29.84 kW (40 hp) trabajó un 68.3% del tiempo de funcionamiento con 24.6926 kW (33.1 hp) promedio, lo cual indica que trabajó a un 87% de su potencia y descargó solamente un 67% de su capacidad volumétrica a una presión de 659,138.1 Pa (95.6 psi). El compresor # 2 de 18.65 kW (25 hp) trabajó un 10.4% del tiempo de funcionamiento con 20.5896 kW (27.6

hp) promedios, lo cual indica que trabajó un 127% de su potencia y descargó en ese tiempo el 102% de su capacidad volumétrica a una presión de 628,111.72 Pa (91.1 psi). Y el compresor # 3 de 18.65 kW (25 hp) trabajó un 74.4% del tiempo de funcionamiento con 19.4706 kW (26.1 hp) promedio, lo cual indica que trabajó un 117% de su potencia y descargó 101% de su capacidad volumétrica a una presión de 689,475 Pa (100 psi). Por lo tanto, se tubo en promedio una demanda de aire o caudal volumétrico de 0.062338 m³/s (132.1 cfm) a una presión promedio de 632,938.05 Pa (91.8 psi) con una potencia de 33.4954 kW (44.9 hp); dandonos un costo anual de operación de Q324,090.75 (ver cuadros # 10 y 11). Por lo tanto, esta Aditoría de Aire realizada, avala completamente la propuesta del cambio de tubería a 50 mm (2 plg) de diámetro con un circuito cerrado para toda la planta de producción (Sistema mejorado de aire comprimido) y compueba que los ahorros logrados, así como la rentabilidad del proyecto.

Como todo diseño, es necesario saber si el proyecto es rentable o no, y si es factible poder ejecutar la mejora proyectada. Se cuantificó que la inversión costo del Sistema mejorado de aire comprimido es de Q 421,350.00 (ver Cuadro # 28, Anexo 3d). En este costo de inversión, se incluyeron los costos de materiales de los tres anillos de tubería, costos de instalación (mano de obra), pintura epóxica, materiales para los soportes y cargadores.

Finalmente se procedió a realizar el flujo de caja anual para el proyecto (ver Cuadro # 13). En el flujo de caja se mencionan como ingresos los ahorros que se tienen por energía eléctrica y mantenimiento de los compresores, en egreso se

tienen los costos de operar solamente los dos compresores (energía y mantenimiento), por lo que su flujo de caja total durante 5 años de Q851,173.75, con un Valor Actual Neto (VAN) de Q273,488.42; con una tasa interna de retorno (TIR) de 35.78%, por lo tanto el proyecto es bastante atractivo, considerandose rentable.

Tomando en cuenta que al hacer el comparativo del sistema de aire comprimido en condiciones iniciales versus el sistema de aire comprimido mejorado, se tienen ahorros de Q.254, 504.75 al año. Se calculo el tiempo de retorno de capital, el cual indica cuanto tiempo tarda el proyecto en recuperar la inversión inicial, basandose en los flujos de caja descontados. Se tiene un tiempo de recuperación de 1.65 años, o sea aproximadamente 20 meses; y sin tener que hacer la inversión del costo de un nuevo compresor y su costos de funcionamiento, instalación y mantenimiento. En conclusión, el proyecto es rentable.

X. CONCLUSIONES

1. Se cumplió con el objetivo general de diseñar, instalar e implementar un sistema de aire comprimido para la actual demanda de una planta procesadora de pollo. La metodología planteada para la realización de este trabajo fue seguida y cumplida a cabalidad.
2. Los compresores están trabajando en un ambiente más limpio y ventilado, ya que se instalaron ductos para sacar el aire caliente, generado por los motores, al ambiente. Con lo cual se está evitando comprimir aire caliente que no solo tiene más humedad, sino que otros contaminantes; con lo que se tiene que dar un menor mantenimiento a los filtros y secadores. La calidad del aire de admisión afecta directamente el desempeño y longevidad del compresor. Así mismo, se logro que los compresores trabajen de acorde a la presión promedio de 632,938.05 Pa (91.8 psig). La sobre-presión es costosa.
3. Se han dejado de tener paros en los equipos, en diferentes áreas de proceso, por caídas de presión. Lo que representa una mejora en la continuidad del proceso y por ende una mejora en la productividad de la planta.
4. Se construyeron tres anillos interconectados entre sí para las distintas áreas de producción, con tubería de 50 mm (2 plg) de diámetro; con lo que se logró estabilizar la presión de trabajo y se tienen pérdidas por fricción de 2.177%

5. La auditoría de aire comprimido, realizada a la planta procesadora de pollos del 19 al 26 de marzo del 2009, avala completamente la propuesta del cambio del tamaño de tubería a 50 mm (2 plg) de diámetro con un circuito cerrado para todo el Sistema Mejorado de Aire Comprimido. Verifica que realmente solo es necesario el funcionamiento de dos compresores, el de 29.84 kW (40 hp) y uno de los de 18.65 kW (25 hp); y comprueba los ahorros logrados.

6. Los parámetros de rentabilidad indican que el proyecto es atractivo y rentable con el Sistema Mejorado de Aire Comprimido, ya que se tienen ahorros de Q 254,504.75 anuales y el costo de esta mejora se paga en un período de 1.7 años, es decir 20 meses. Esto se debe a que ahora se está trabajando únicamente con dos compresores: un compresor de 28.84 kW (40 hp) y un compresor de 18.65 kW (25 hp), quedando un compresor de 18.65 kW (25 hp) en reserva.

7. Se determinó una tasa interna de retorno (TIR) de 35.78%, la cual se encuentra por encima de la tasa de interés bancario; lo cual confirma la factibilidad del proyecto.

XI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir las indicaciones e instrucciones de operación y mantenimiento del fabricante de los compresores, secadores y filtro, las cuales se encuentran incorporadas a los Manuales de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo de la Planta, ubicados en la oficina del Jefe de Mantenimiento.
2. Se debe revisar todas las unidades de mantenimiento, filtros y válvulas reguladoras de cada una de las máquinas y equipo, a fin de verificar su correcto funcionamiento y cambiar las que estén dañadas. Evitando de esta forma tener fugas de aire en estos puntos.
3. Se debe hacer revisiones periódicas de la tubería para mantener un control de fugas de aire.
4. Se recomienda inspeccionar periódicamente el funcionamiento de los secadores, filtros y drenadoras, para que su funcionamiento sea adecuado. Si no lo es, debe desarmarse y revisarse y sustituir las partes dañadas.
5. Para las drenadoras manuales, es necesario un purgarlas a diario para evitar que los condensados lleguen hasta los equipos o herramientas y los dañen, según lo especificado en los Manuales de Mantenimiento de la Planta

6. Tener siempre presente las siguientes medidas de seguridad al realizar mantenimientos en los sistemas de aire comprimido:

- a. Asegurarse que el compresor no se pueda poner en funcionamiento mientras se realicen las labores de mantenimiento o reparación.
- b. Si el punto anterior no es posible, se debe aislar la sección a trabajar asegurándose que su válvula esté totalmente cerrada, antes de vaciar los conductores.
- c. Seguir las instrucciones sugeridas en el manual del fabricante.
- d. Debe contarse con piezas de repuesto para evitar paros largos.
- e. Cerciorarse que todos y cada uno de los elementos estén debidamente colocados antes de poner a funcionar el compresor o la sección reparada.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Bloch, H., 2006. *A Practical Guide to Compressor Technology*. 2^{da}. Edition. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A.
2. Kohan, A. L., 1995, *Plant Services & Operations Handbook*. McGraw Hill Inc. U.S.A.
3. Majumdar, S. J. 1996. *Pneumatic Systems – principles and maintenance*. McGraw Hill, U.S.A.
4. Maron, S., Prutton, C. 1980. *Fundamentos de Fisicoquímica*. Editorial Limusa. México.
5. McCabe, Smith, Harriot. 2002. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. McGraw Hill Interamericana S. A. de C. V.
6. Millan, S., 1996. *Automatización Neumática y Electroneumática*. Alfa Omega Grupo Editorial S. A. de C. V. México.
7. Perry, R., Green, D. 1999. *Perry's Chemical Engineering Handbook*. 6^{ta} Edición. McGraw Hill.
8. Rollins, J., 1989. *Compressed Air and Gas Handbook*. 5^{ta} Edición. Prentice Hall PTR. New Jersey, USA.
9. Scales W., McCulloch, D. 2003 *Best Practices for Compressed Air Systems*. Compressed Air Challenge®.
10. Severns W. H., H. E. Degler y Miles, J.C. 1972. *La Producción de Energía Mediante El Vapor de Agua, el Aire y los Gases*. Editorial Reverté, S. A. Barcelona, España.

11. Sinnott, R. K. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering. Chemical Engineering Design*. Volume 6, 4^{ta}. Edition. Elsevier Butterworth Heinemann. U.S.A.

Referencias de Internet:

- 1-<http://www.sapiensman.com/ESDictionary/docs/d7.htm>
- 2-<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica1.htm>
- 3- <http://www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID2.pdf>
- 4-<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm>
- 5-<http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>
- 6-http://www.sapiensman.com/ESDictionary/R/Technical_vocabulary_Spanish.htm
- 7-<http://www.cagi.org/>

XIII. ANEXOS

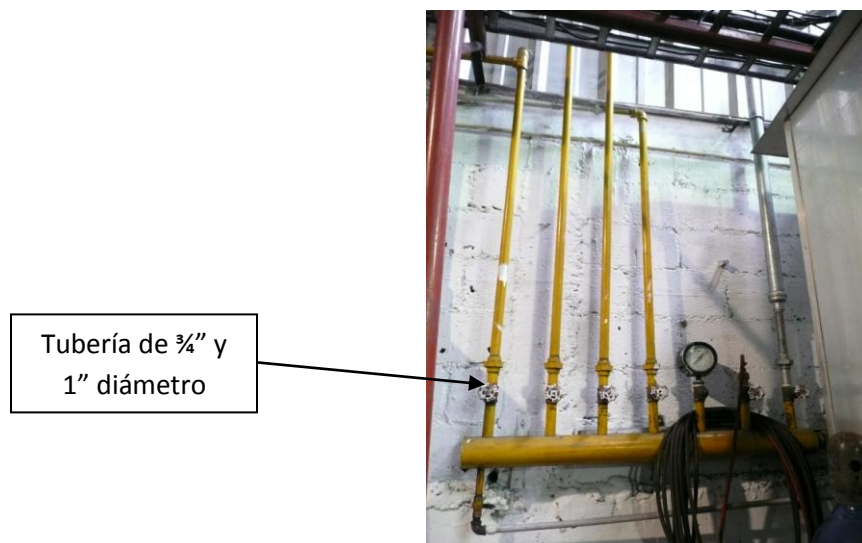
Anexo 1:

1. Fotos de sistema de aire comprimido en condiciones Iniciales:

Foto # 3 Instalación de los compresores condiciones iniciales



Foto # 4 Instalación de red de aire comprimido condiciones iniciales



2. Fotos de sistema mejorado de aire comprimido:

Foto # 5 Instalación de los compresores **sistema mejorado**



Foto # 6 Instalación de los compresores **sistema mejorado** – ductos para eliminación de aire caliente.



Foto # 7 Instalación de red de aire comprimido **sistema mejorado**

Red de aire
comprimido
sistema
mejorado



Foto # 8 Instalación de red de aire comprimido **sistema mejorado**

Red de aire
comprimido
sistema
mejorado



Anexo 2: Tabla No. 2 FACTORES PARA CALCULAR LAS PÉRDIDAS DE PRESIÓN DEBIDAS A LA FRICCIÓN EN TUBERÍAS PARA CUALQUIER PRESIÓN INICIAL

CFM = pies ³ de aire por minuto	Diámetro Nominal (pulgadas)										
	1/2	3/4	1	1 ¼	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	13
5	0.0127	0.0012	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0.0507	0.0078	0.0023	0.0005	-	-	-	-	-	-	-
15	0.114	0.0176	0.0049	0.0011	-	-	-	-	-	-	-
20	0.202	0.0304	0.0087	0.002	0.0009	-	-	-	-	-	-
30	0.811	0.0704	0.0196	0.0045	0.002	-	-	-	-	-	-
40	-	0.1253	0.0348	0.0081	0.0036	-	-	-	-	-	-
50	-	0.196	0.0544	0.0126	0.0056	0.0015	-	-	-	-	-
60	-	0.282	0.0783	0.0182	0.008	0.0022	-	-	-	-	-
70	-	0.385	0.1066	0.0247	0.0109	0.0029	0.0011	-	-	-	-
80	-	0.503	0.1392	0.0323	0.0143	0.0038	0.0015	-	-	-	-
90	-	0.646	0.1762	0.0409	0.0181	0.0048	0.0019	-	-	-	-
100	-	0.785	0.2174	0.0505	0.0223	0.006	0.0023	-	-	-	-
150	-	-	0.49	0.1136	0.0503	0.0134	0.0052	0.0016	-	-	-
200	-	-	0.87	0.202	0.0894	0.0239	0.0093	0.0029	-	-	-
300	-	-	-	0.454	0.201	0.0537	0.0209	0.0066	-	-	-
400	-	-	-	-	-	0.0947	0.0371	0.0117	0.0027	-	-
500	-	-	-	-	-	0.15	0.058	0.0183	0.0043	-	-
600	-	-	-	-	-	0.215	0.0815	0.0263	0.0062	-	-
700	-	-	-	-	-	0.294	0.1137	0.0358	0.0085	0.0026	-
800	-	-	-	-	-	0.382	0.1484	0.0467	0.0111	0.0033	-
900	-	-	-	-	-	0.486	0.188	0.0591	0.014	0.0042	-
1000	-	-	-	-	-	0.6	0.232	0.073	0.0173	0.0052	-
1100	-	-	-	-	-	0.723	0.2806	0.0884	0.021	0.0063	-
1200	-	-	-	-	-	0.85	0.344	0.1052	0.025	0.0075	-
1300	-	-	-	-	-	-	0.932	0.1234	0.029	0.0088	-
1400	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0339	0.0102	-
1500	-	-	-	-	-	-	-	-	0.039	0.0118	-
1600	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0443	0.0134	-
1700	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0501	0.0151	-
1800	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0561	0.0169	-
1900	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0627	0.0189	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0693	0.0209	-
3000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1083	0.0326	-
4000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.156	0.047	-
5000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.277	0.0836	0.0002
6000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.433	0.131	0.0004

Tabla No. 3: Tabla de conversiones:

Longitud			
1	Metro	=	3.2808 pies
1	Pie	=	12 pulgadas
1	Pulgada	=	0.0254 metros

Presión			
1	Psi	=	6894.75 Pascales

Caudal			
1	Cfm	=	0.000471947 m ³ /s

Energía			
1	Hp	=	0.7457 kW

Anexo 3: Datos y cálculos

➤ **Análisis del sistema de aire comprimido inicial (sistema de aire comprimido sin modificación alguna):****1. Análisis económico:****a. Condiciones iniciales de operación sin modificación del sistema de aire comprimido:****- Conversión a moneda nacional:**

Para realizar el cambio a Quetzal (moneda de curso legal de Guatemala) se basó en las cotizaciones oficiales presentadas por el Banco de Guatemala para el tipo de cambio de referencia del día 02 de julio de 2010 (consultar www.banguat.gob.gt), el cambio es de Q8.03398 por us\$1.00.

- Conversión de energía de trabajo:

Se está determinando la energía de trabajo en las condiciones iniciales a las que está operando la planta procesadora. Con base a datos tomados de las placas de los motores de los compresores se tiene una energía de trabajo en hp y se necesita convertirla a kW para obtener la demanda energética.

- Para el compresor # 1 Sullair LS10-40L con motor de 40 hp:

$$(40 \text{ hp}) \times \left(\frac{0.746 \text{ kW}}{1 \text{ hp}} \right) = 29.8400 \text{ kW}$$

- Para el compresor # 2 Sullair LS10B-25H con motor de 25 hp:

$$(25 \text{ hp}) \times \left(\frac{0.746 \text{ kW}}{1 \text{ hp}} \right) = 18.6500 \text{ kW}$$

- Para el compresor # 3 Sullair 10-25H con motor de 25 hp:

$$(25 \text{ hp}) \times \left(\frac{0.746 \text{ kW}}{1 \text{ hp}} \right) = 18.6500 \text{ kW}$$

Demanda energética total inicial

(antes de modificación de tubería) = comp.1 + comp.2 + comp.3

Demanda energética total inicial = 67.1400 kW

(antes de modificación de tubería)

- Cálculo de la determinación de energía de trabajo:

Se tienen las siguientes condiciones de trabajo:

Cuadro # 15 Condiciones de trabajo

Lugar	Ciudad de Guatemala
Elevación	1,399.66 m (4592 ft)
Temperatura ambiente	292.04 °K (20 °C = 66°F)
Humedad del ambiente	70 % de Humedad relativa

Cuadro # 16 Datos para consumo eléctrico

Horas de operación anual	8,035	
Empresa que provee	EGSA	
Tarifa de costo energía/ kWh	\$0.13	Q1.044
Tarifa demanda energía	\$0.00	Q0.00

$$\text{Energía de Trabajo} = (\text{Horas de trabajo}) \times (\text{kW})$$

$$\text{Energía de Trabajo} = (8,035 \text{ horas/año}) \times (67.1400 \text{ kW})$$

$$\text{Energía de Trabajo} = 539,469.9000 \text{ kWh/año}$$

- Cálculo del costo energético anual:

Con el precio energético unitario en kWh y la cantidad de energía de trabajo consumida anualmente, se tiene

$$\text{Costo Energético} = (\text{kWh/año}) \times (\text{QkW/h})$$

$$\text{Costo Energético} = (539,469.9000 \text{ kWh/año}) \times (\text{Q}1.044/\text{kWh})$$

$$\text{Costo Energético} = \text{Q } 563,431.75/\text{año}$$

-Cálculo de pérdidas por presión:

Adicionalmente se tiene condiciones de pérdidas por fricción debido al sistema de aire comprimido que se encontró inicialmente:

- **Para las condiciones iniciales de la planta procesadora, tenemos:**

$$\text{Pérdida de Presión} = \frac{\text{factor fricción} \times \text{longitud equivalente}}{R}$$

En donde el factor de fricción se obtiene de las tablas dadas en relación a los cfm de aire libre que se tienen en base a los distintos diámetros nominales (plg). R es la relación de presión, tomando en cuenta el intervalo máximo de presión.

Se tiene tubería de diámetro nominal de 25 mm (1 plg) con una longitud aproximada 170 m, ya que han tenido un crecimiento desordenado y es difícil identificar las tuberías de aire comprimido. Se tienen $1.051568 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{s}$ (224 cfm) y circuitos abiertos, por lo que se tienen que tener encendidos los tres compresores.

El factor de fricción es = 0.8700, la longitud total es de 170 m (557.7394 ft) y la R es:

$$R = \frac{\text{Presión máxima} + 14.7}{14.7} = \frac{114.7 + 14.7}{14.7} = 8.802721 \text{ psi} = 60,692.561 \text{ Pa}$$

$$\text{Pérdida de Presión} = \frac{0.8700 \times 557.7394}{8.802721} = 55.1231 \text{ psi} = 380,059.99 \text{ Pa}$$

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{55.1231 \times 100}{114.7} = 48.0585 \%$$

El porcentaje de pérdidas de presión para estas condiciones iniciales es de 48.0585%, lo cual está por encima de lo permitido.

➤ **Análisis del sistema de aire comprimido modificado (optimizado):**

b. Pérdidas de presión para el sistema de aire comprimido modificado:

Se tiene tubería de diámetro nominal de 50 mm (2 plg) con una longitud de 500 m, para la construcción de los tres anillos identificados con color de pintura azul y un caudal de $1.051568 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{s}$ (224.6 cfm).

El factor de fricción es = 0.0134, la longitud total es de 500 m (1,640.40 ft) y la R es:

$$R = \frac{\text{Presión máxima} + 14.7}{14.7} = \frac{114.7 + 14.7}{14.7} = 8.802721 \text{ psi} = 60,692.561 \text{ Pa}$$

$$\text{Pérdida de Presión} = \frac{0.0134 \times 1640.40}{8.802721} = 2.4971 \text{ psi} = 17,216.88 \text{ Pa}$$

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{2.4971 \times 100}{114.7} = 2.177 \%$$

Cuadro # 18

**Reporte del sistema mejorado del aire comprimido
-Planta procesadora de pollo-**



PROGRAMA PARA ANALISIS DE SISTEMAS

Nombre del sistema SISTEMA MEJORADO Total HP 65.00 Total ACFM 262.00 Costos energía Q. 333,377 Costo del ciclo de vida Q. 797,154 Ciclo de vida proyecto 2 años

SISTEMA MEJORADO

Modo de secuencia: Machine order

Nombre	Modelo	HP *	ACFM					Costo de energía por turno					Costo energía anual	Instalación	Otros costos mant. anual	Costo demanda		
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5						
Compresor 1	LS10-40L	40.0 C	166.00	0	0	0	0	172,039	40,962	0	0	0	0	0	Q. 213,001	0	0	Q. 40,750
Compresor 2	LS10-25H	25.0 C	96.00	0	0	0	0	112,114	8,262	0	0	0	0	0	Q. 120,376	0	0	Q. 24,450
		65.0	262						284,153	49,224	0	0	0	0	Q. 333,377	0	0	Q. 65,200

* A - Carga / Descarga

B - Inlet modulation no blowdown

C - Inlet modulation with blowdown

E - Velocidad variable

F - Variable speed w/ variable displacement

G - Tres etapas

H - Cinco etapas

D - Desplazamiento variable

H - Cinco etapas

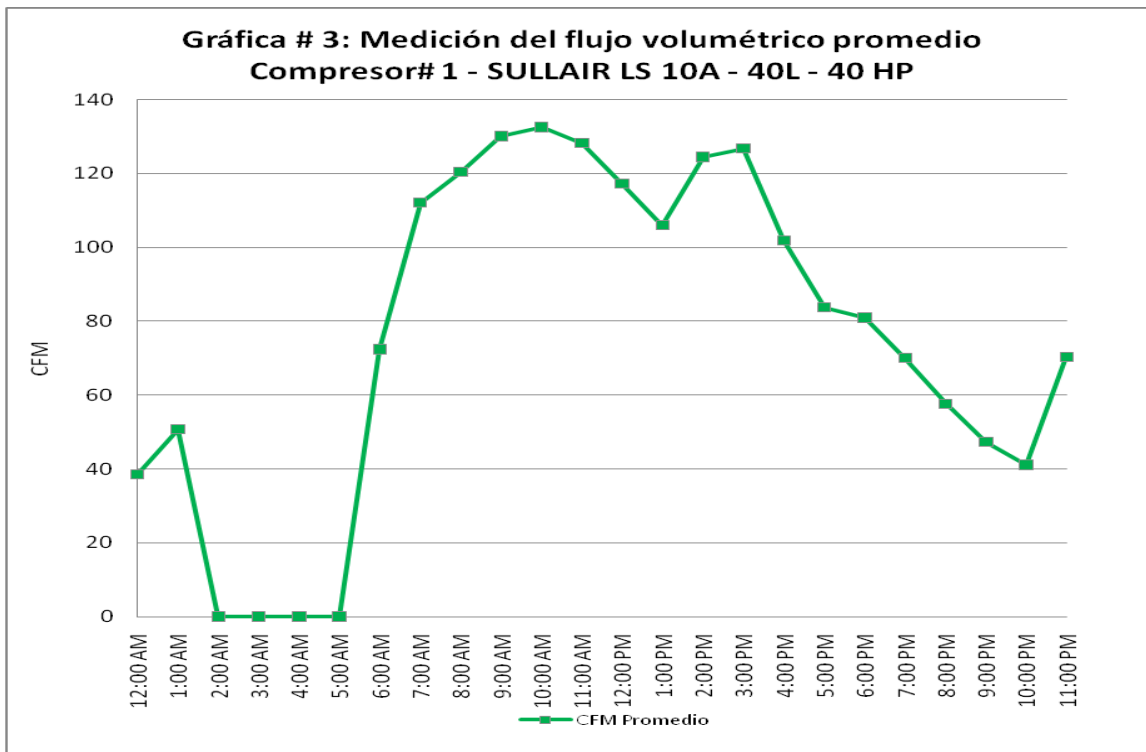
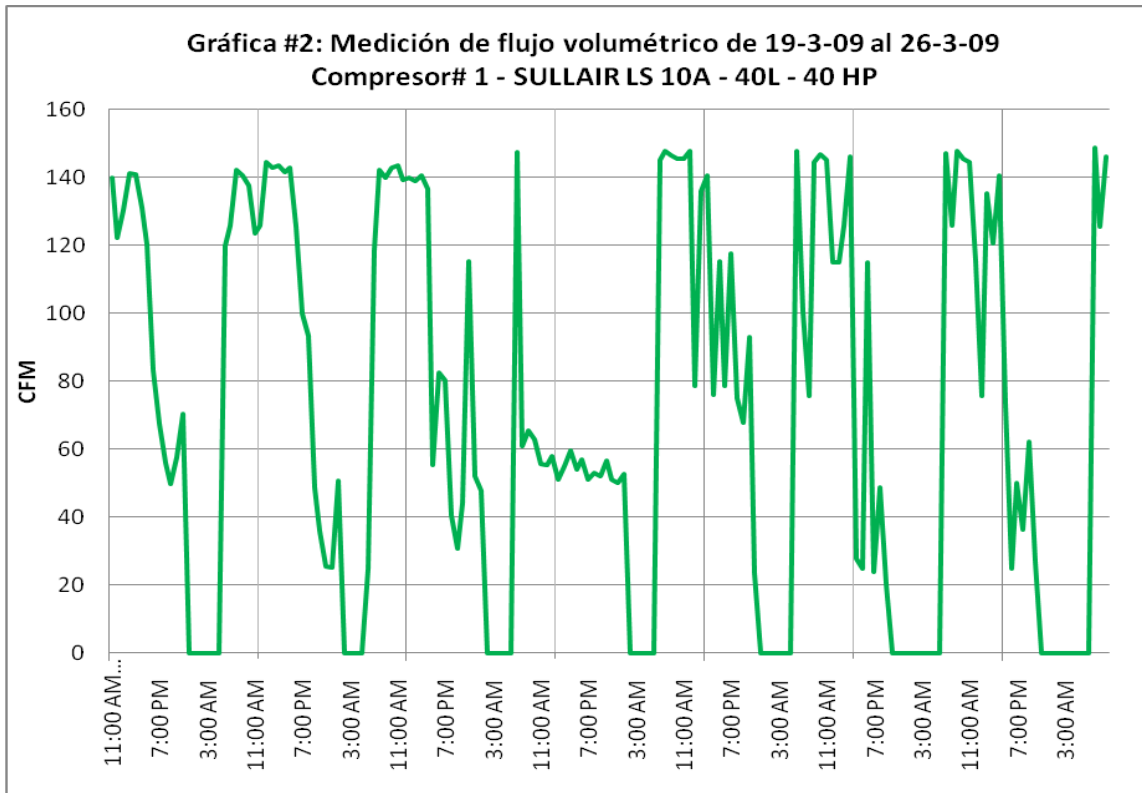


c. Balance de masa y energía:

Auditoría de aire comprimido realizada del 19 al 26 de marzo del 2009, ya con la modificación del diámetro de la tubería del sistema de aire comprimido de 20 mm ($\frac{3}{4}$ plg) de diámetro a 50 mm (2 plg) de diámetro.

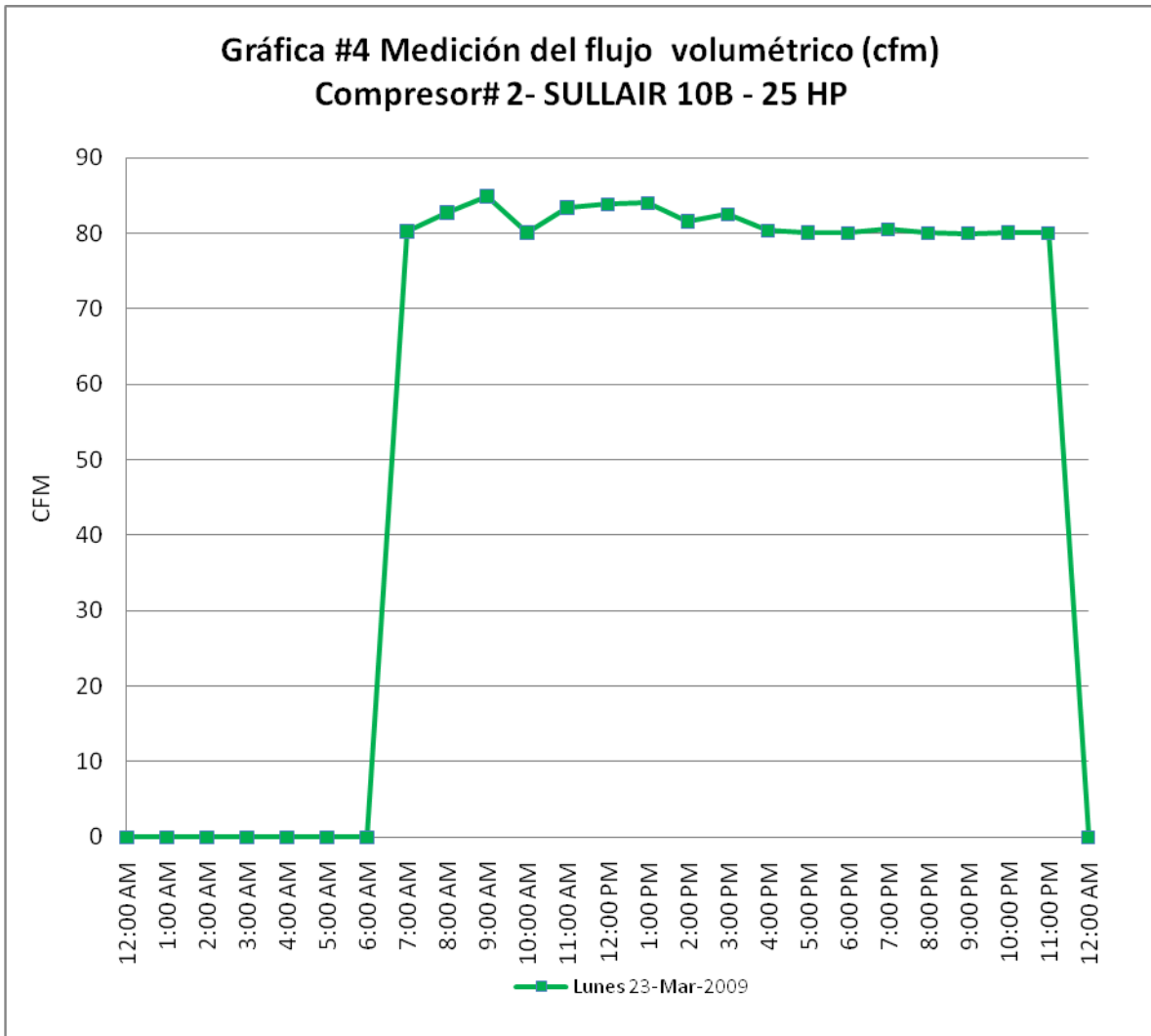
Cuadro # 19 Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) del compresor # 1 - CANAL # 1-- SULLAIR LS 10A - 40L- 40HP durante el mes de marzo del 2009

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	CFM Promedio
12:00 AM		0.0000	25.0013	52.0671	50.1628	0.0000	0.0000	0.0000	38.5342
1:00 AM		0.0000	50.6761	47.6423	52.6720	0.0000	0.0000	0.0000	50.6761
2:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:00 AM		120.0567	24.6613	0.0000	0.0000	147.6423	0.0000	0.0000	72.3590
7:00 AM		125.6612	118.6851	147.3005	145.3162	100.6452	146.9752	0.0000	112.0833
8:00 AM		142.1681	142.3367	60.7905	147.6518	75.6492	125.6799	148.6231	120.4142
9:00 AM		140.6892	139.8735	65.4756	146.5364	144.6510	147.6425	125.3643	130.0332
10:00 AM		137.6452	142.7834	62.9831	145.6230	146.9427	145.6318	146.1250	132.5335
11:00 AM	140.0278	123.4965	143.6741	55.6733	145.3641	145.0240	144.3652		128.2321
12:00 PM	122.1934	125.6437	139.2674	55.4216	147.6923	115.0276	115.3246		117.2244
1:00 PM	130.2465	144.3691	139.8825	57.9456	78.6424	115.0642	75.6987		105.9784
2:00 PM	141.0765	142.8160	138.9972	51.0672	135.8832	125.6432	135.4698		124.4219
3:00 PM	140.8743	143.5302	140.4364	54.9782	140.6860	146.1542	120.6479		126.7582
4:00 PM	130.9873	141.6472	136.4962	59.6726	75.9816	27.6425	140.6729		101.8715
5:00 PM	120.3429	142.8534	55.3671	54.0233	115.2673	24.6795	73.1982		83.6760
6:00 PM	83.1631	125.6135	82.6792	56.8762	78.6915	115.0354	24.6543		80.9590
7:00 PM	67.3542	99.8967	80.3642	50.9924	117.6420	23.9055	50.1697		70.0464
8:00 PM	55.9245	93.4526	40.6572	53.1463	75.0531	48.6254	36.2530		57.5874
9:00 PM	49.8769	48.7893	30.6742	51.9675	67.6243	20.1165	62.0346		47.2976
10:00 PM	57.6158	35.8169	44.0035	56.5612	93.1366	0.0000	26.8811		41.0793
11:00 PM	70.3567	25.3469	115.3211	50.9956	23.6473	0.0000	0.0000		70.3416



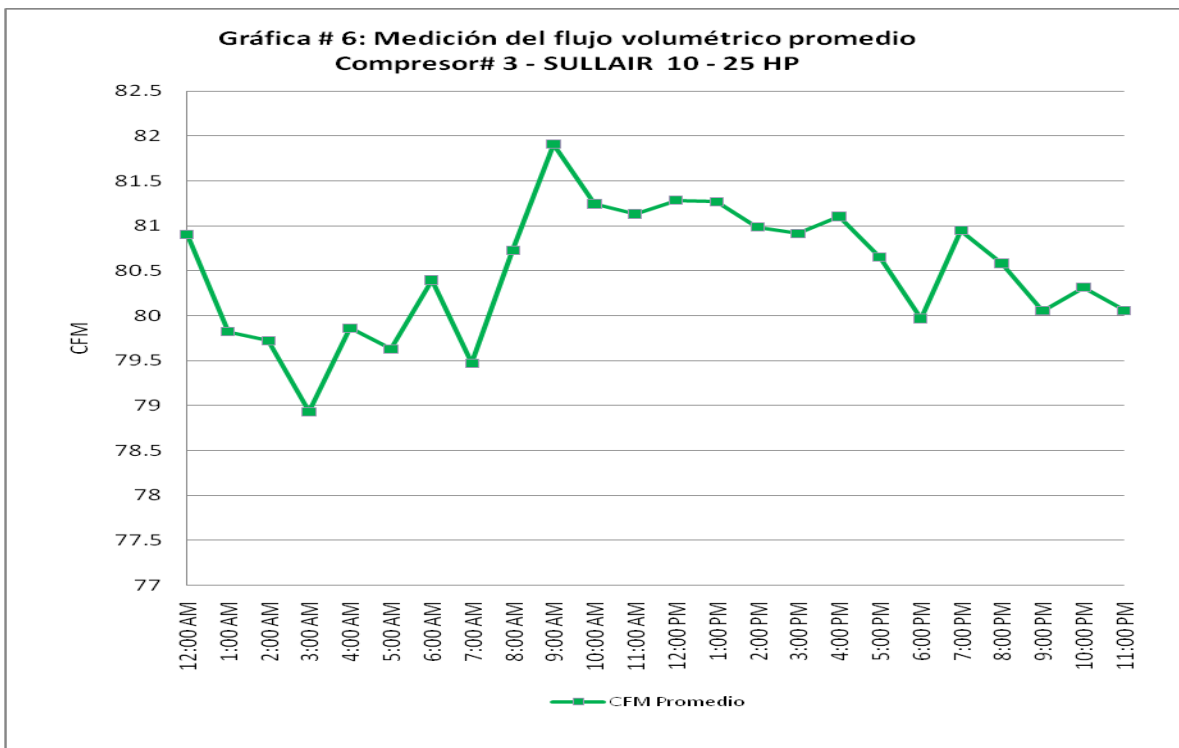
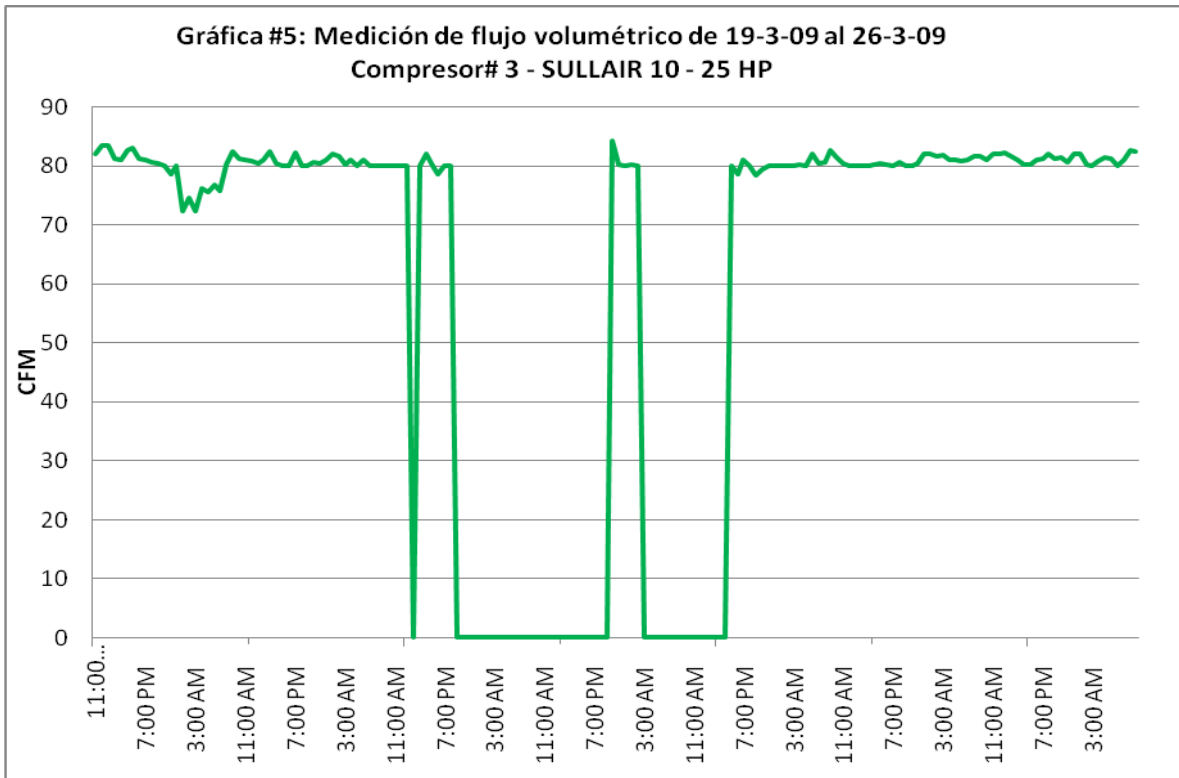
Cuadro # 20 Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) del compresor # 2- CANAL #2 -- SULLAIR 10B - 25 HP durante el mes de marzo del 2009

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	CFM Promedio
12:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	80.2548	0.0000	0.0000	0.0000	80.2548
8:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	82.7351	0.0000	0.0000	0.0000	82.7351
9:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	84.9360	0.0000	0.0000	0.0000	84.9360
10:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	80.1237	0.0000	0.0000	0.0000	80.1237
11:00 AM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	83.4263	0.0000	0.0000		83.4263
12:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	83.8288	0.0000	0.0000		83.8288
1:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	83.9946	0.0000	0.0000		83.9946
2:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	81.5639	0.0000	0.0000		81.5639
3:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	82.5275	0.0000	0.0000		82.5275
4:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.3451	0.0000	0.0000		80.3451
5:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.1257	0.0000	0.0000		80.1257
6:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.0361	0.0000	0.0000		80.0361
7:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.5429	0.0000	0.0000		80.5429
8:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.0562	0.0000	0.0000		80.0562
9:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.0086	0.0000	0.0000		80.0086
10:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.1240	0.0000	0.0000		80.1240
11:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	80.0254	0.0000	0.0000		80.0254



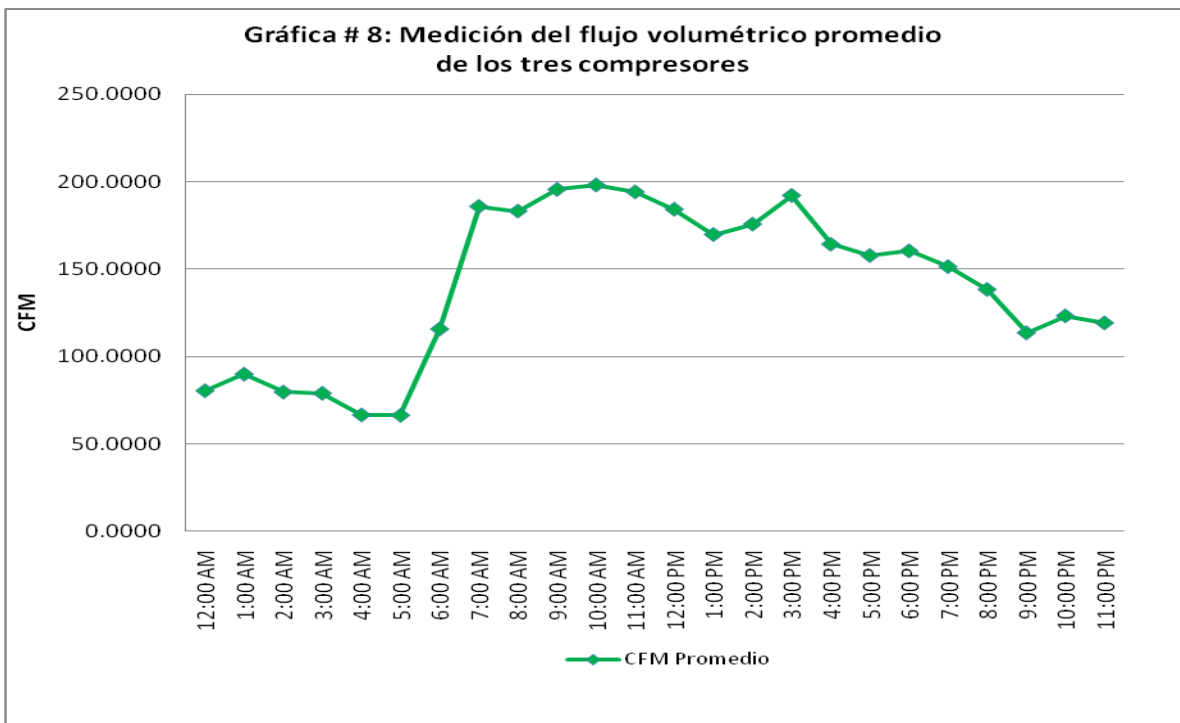
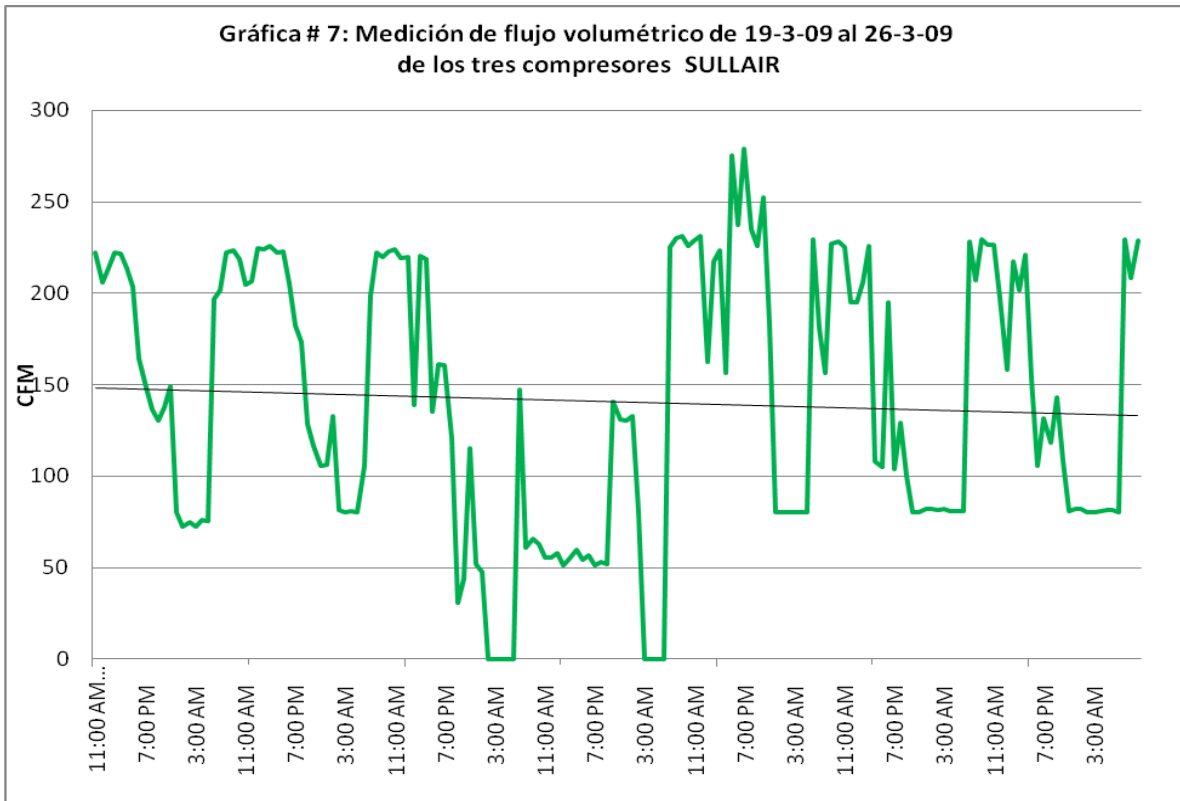
Cuadro# 21 Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) del compresor # 3- CANAL #3 -- SULLAIR 10 - 25HP durante el mes de marzo del 2009

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	CFM Promedio
12:00 AM		80.1246	81.0654	0.0000	80.0246	80.0159	82.1650	82.0167	80.9020
1:00 AM		72.4561	82.0935	0.0000	80.2654	80.0046	82.0064	82.1120	79.8230
2:00 AM		74.6611	81.6752	0.0000	80.1322	80.0024	81.6891	80.1686	79.7214
3:00 AM		72.3490	80.2167	0.0000	0.0000	80.0050	81.9426	80.1463	78.9319
4:00 AM		76.1452	81.0068	0.0000	0.0000	80.2463	81.0655	80.8462	79.8620
5:00 AM		75.6183	80.0035	0.0000	0.0000	80.1476	80.9982	81.3791	79.6293
6:00 AM		76.8912	81.0066	0.0000	0.0000	82.0461	80.7586	81.2864	80.3978
7:00 AM		75.8267	80.0022	0.0000	0.0000	80.4236	81.0463	80.0534	79.4704
8:00 AM		80.1923	80.0173	0.0000	0.0000	80.7416	81.6542	81.0364	80.7284
9:00 AM		82.4921	80.0065	0.0000	0.0000	82.6756	81.6252	82.7346	81.9068
10:00 AM		81.2001	80.0135	0.0000	0.0000	81.4625	81.0057	82.5432	81.2450
11:00 AM	82.0166	81.0167	80.1300	0.0000	0.0000	80.4796	82.0164		81.1319
12:00 PM	83.4628	80.8865	80.0456	0.0000	0.0000	80.0163	82.0027		81.2828
1:00 PM	83.5174	80.4792	80.0068	0.0000	0.0000	80.0013	82.3362		81.2682
2:00 PM	81.3265	80.9634	0.0000	0.0000	0.0000	80.0068	81.6423		80.9847
3:00 PM	81.0018	82.4920	80.0046	0.0000	0.0000	80.0013	81.0684		80.9136
4:00 PM	82.6490	80.4476	82.0460	0.0000	0.0000	80.1975	80.1685		81.1017
5:00 PM	83.0249	80.0005	80.0035	0.0000	80.1164	80.4162	80.3465		80.6513
6:00 PM	81.1832	80.0125	78.6987	0.0000	78.6945	80.2205	80.9956		79.9675
7:00 PM	80.9954	82.3698	80.0022	0.0000	80.9782	80.0022	81.3490		80.9495
8:00 PM	80.6492	80.0061	80.0173	0.0000	80.1267	80.6793	82.0065		80.5808
9:00 PM	80.4207	80.0050	0.0000	0.0000	78.4437	80.1462	81.2560		80.0543
10:00 PM	80.0024	80.6981	0.0000	84.3642	79.3668	80.0325	81.4762		80.3152
11:00 PM	78.6891	80.4291	0.0000	80.2670	80.0250	80.4963	80.6489		80.0577



Cuadro # 22 Medición por 7 días del flujo volumétrico en pies cúbicos por minuto (cfm) de los tres compresores durante el mes de marzo del 2009

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	CFM Promedio
12:00 AM		80.1246	106.0667	52.0671	130.1874	80.0159	82.1650	82.0167	80.4093
1:00 AM		72.4561	132.7696	47.6423	132.9374	80.0046	82.0064	82.1120	89.8697
2:00 AM		74.6611	81.6752	0.0000	80.1322	80.0024	81.6891	80.1686	79.6393
3:00 AM		72.3490	80.2167	0.0000	0.0000	80.0050	81.9426	80.1463	78.9319
4:00 AM		76.1452	81.0068	0.0000	0.0000	80.2463	81.0655	80.8462	66.5517
5:00 AM		75.6183	80.0035	0.0000	0.0000	80.1476	80.9982	81.3791	66.3578
6:00 AM		196.9479	105.6679	0.0000	0.0000	229.6884	80.7586	81.2864	115.7249
7:00 AM		201.4879	198.6873	147.3005	225.5710	181.0688	228.0215	80.0534	185.8150
8:00 AM		222.3604	222.3540	60.7905	230.3869	156.3908	207.3341	229.6595	183.1482
9:00 AM		223.1813	219.8800	65.4756	231.4724	227.3266	229.2677	208.0989	195.5383
10:00 AM		218.8453	222.7969	62.9831	225.7467	228.4052	226.6375	228.6682	198.0560
11:00 AM	222.0444	204.5132	223.8041	55.6733	228.7904	225.5036	226.3816		194.1110
12:00 PM	205.6562	206.5302	219.3130	55.4216	231.5211	195.0439	197.3273		184.1928
1:00 PM	213.7639	224.8483	219.8893	57.9456	162.6370	195.0655	158.0349		169.7368
2:00 PM	222.4030	223.7794	138.9972	51.0672	217.4471	205.6500	217.1121		175.6755
3:00 PM	221.8761	226.0222	220.4410	54.9782	223.2135	226.1555	201.7163		192.0878
4:00 PM	213.6363	222.0948	218.5422	59.6726	156.3267	107.8400	220.8414		164.2196
5:00 PM	203.3678	222.8539	135.3706	54.0233	275.5094	105.0957	153.5447		157.7329
6:00 PM	164.3463	205.6260	161.3779	56.8762	237.4221	195.2559	105.6499		160.3680
7:00 PM	148.3496	182.2665	160.3664	50.9924	279.1631	103.9077	131.5187		151.3691
8:00 PM	136.5737	173.4587	120.6745	53.1463	235.2360	129.3047	118.2595		138.3466
9:00 PM	130.2976	128.7943	30.6742	51.9675	226.0766	100.2627	143.2906		113.5110
10:00 PM	137.6182	116.5150	44.0035	140.9254	252.6274	80.0325	108.3573		123.1923
11:00 PM	149.0458	105.7760	115.3211	131.2626	183.6977	80.4963	80.6489		119.1643



Cuadro # 23 Medición de la presión en libras por pie cúbico (psi) durante 7 día del mes de marzo 2009 de los tres compresores sullair (40 HP, 25 HP y 25 HP)

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar-2009	Lunes 23-Mar-2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Promedio
12:12 AM		117.4592	108.9382	114.6755	paro de comp.	112.9530	114.0318	114.0525	113.6850
12:30 AM		117.7425	107.1792	112.8762	paro de comp.	112.3575	114.0562	114.8065	113.1697
12:48 AM		117.6792	105.4762	48.6295	paro de comp.	114.3569	114.3520	105.8820	101.0626
1:06 AM		116.6439	107.9845	22.7589	paro de comp.	105.2199	114.1520	108.9270	95.9477
1:24 AM		116.3852	105.1387	9.6505	paro de comp.	107.3150	114.2635	114.7613	94.5857
1:42 AM		117.2517	106.3354	paro de comp.	paro de comp.	109.9960	114.4509	103.5081	112.0085
2:00 AM		117.1207	112.4573	paro de comp.	paro de comp.	115.3501	114.1030	113.9055	114.5873
2:18 AM		117.1210	112.6570	paro de comp.	paro de comp.	115.6519	114.2205	104.3560	114.9126
2:36 AM		117.5087	112.1576	paro de comp.	paro de comp.	115.4219	114.0520	111.6426	114.7851
2:54 AM		116.8590	111.7523	paro de comp.	paro de comp.	115.1922	114.0053	112.2534	114.4522
3:12 AM		117.0150	111.5738	paro de comp.	paro de comp.	115.4652	113.8565	112.9540	114.4776
3:30 AM		116.8575	110.4538	paro de comp.	paro de comp.	115.6516	113.7561	108.6645	114.1798
3:48 AM		116.9095	111.3100	paro de comp.	90.3575	112.6513	113.9314	114.4362	109.0319
4:06 AM		116.6572	111.2005	paro de comp.	112.9550	112.0648	113.6677	113.7622	113.3090
4:24 AM		116.7795	111.5075	paro de comp.	112.3108	115.2654	112.0531	112.1530	113.5833
4:42 AM		115.5580	111.8590	paro de comp.	112.6283	113.7531	113.6540	113.5463	113.4905
5:00 AM		115.9785	112.0000	paro de comp.	112.5075	110.5075	112.1560	112.1134	112.5438
5:18 AM		113.4580	111.7525	paro de comp.	107.2530	109.8565	108.4530	112.0061	110.1546
5:36 AM		108.9075	109.3281	paro de comp.	112.2080	112.0165	112.7510	107.2539	111.0422
5:54 AM		110.7535	109.9775	paro de comp.	111.1575	108.6541	110.0000	112.6498	110.1085
6:12 AM		102.4570	106.3575	paro de comp.	108.7529	103.6455	98.1835	103.0479	103.8793
6:30 AM		100.0000	97.8724	paro de comp.	96.0510	102.4532	97.8865	98.9130	98.8526
6:48 AM		95.8779	80.0000	paro de comp.	95.6538	103.1506	93.6548	97.0034	93.6674
7:06 AM		69.1352	73.4573	paro de comp.	96.0050	99.1602	90.8831	98.4411	85.7282
7:24 AM		66.2084	83.6580	paro de comp.	94.7520	95.6108	94.9956	95.7639	87.0450
7:42 AM		70.6492	82.5075	106.2570	94.9015	88.1699	96.4625	73.8610	89.8246
8:00 AM		98.1382	91.3362	108.5034	66.2590	73.0265	97.5360	76.9135	87.3875
8:18 AM		95.9876	73.6691	108.2215	67.3387	89.0355	72.0356	73.8640	82.8789
8:36 AM		97.3582	63.4528	108.6679	65.0055	89.7865	96.3354	77.6492	85.4651
8:54 AM		95.8731	75.1826	107.8732	66.3210	105.3460	74.3546	94.9530	88.5576
9:12 AM		96.9895	99.8925	108.1501	76.5458	101.3566	57.9560	95.0064	90.8424
9:30 AM		105.2791	99.0050	107.6634	104.8298	90.0645	74.2530	93.9531	96.4354

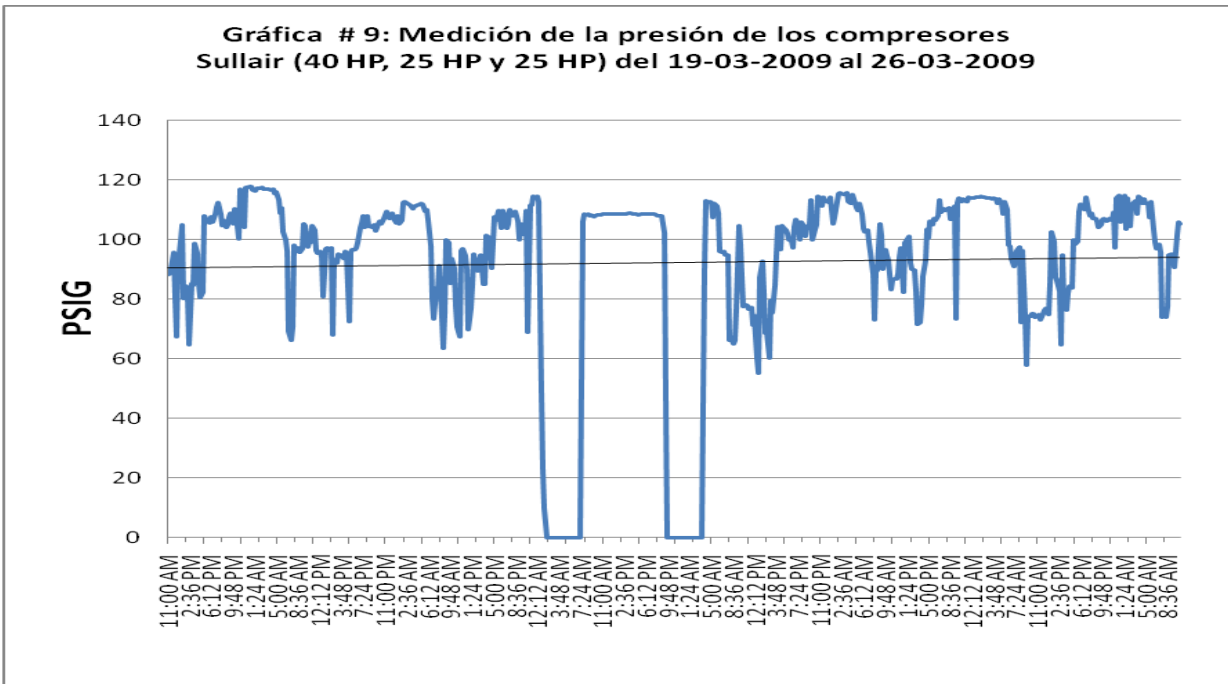
Continuación Cuadro # 23

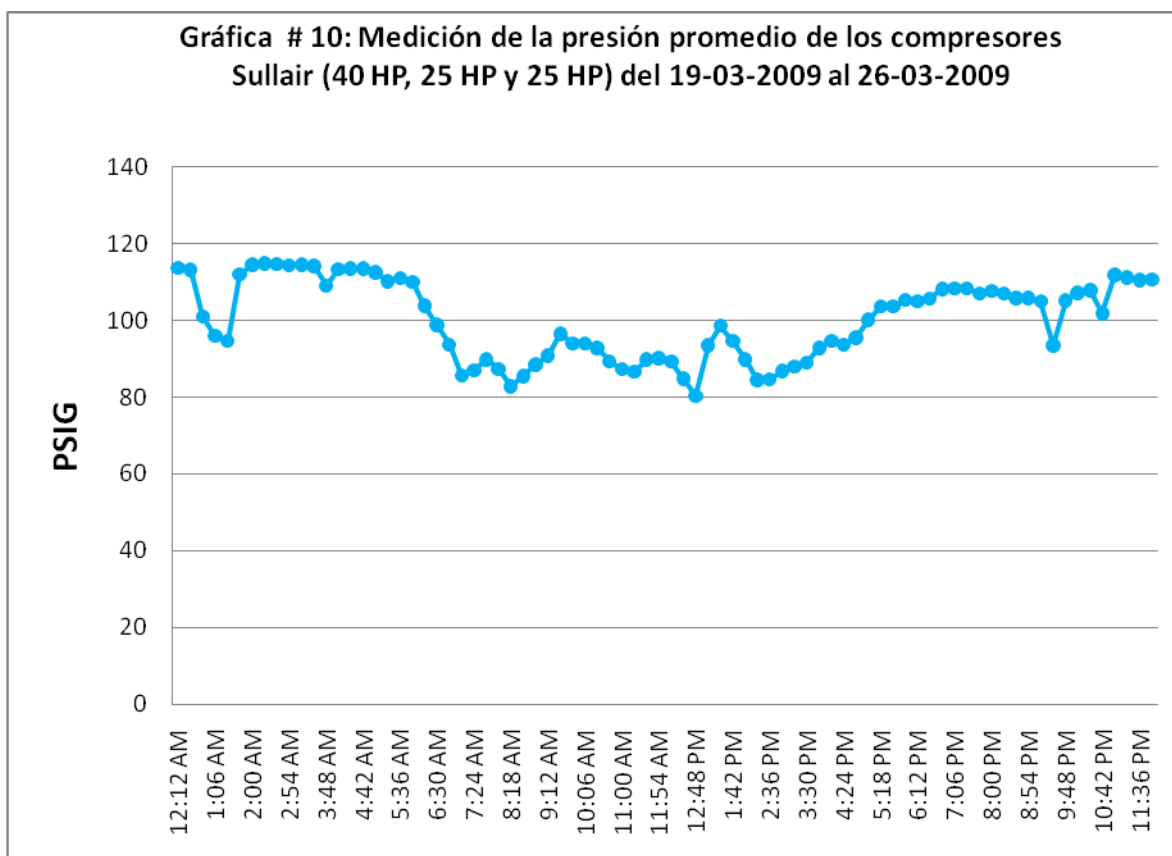
HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar-2009	Lunes 23-Mar-2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Promedio
9:48 AM		104.7672	85.3581	108.0005	98.3015	96.6504	74.3756	90.6143	94.0097
10:06 AM		97.6529	93.6535	108.3018	87.6590	94.6542	75.0561	101.6422	94.0885
10:24 AM		99.6674	90.2566	108.2985	77.5281	93.1576	75.2560	105.9657	92.8757
10:42 AM		99.0000	77.5823	108.4026	78.1529	83.1677	74.0053	105.3546	89.3808
11:00 AM	88.3516	104.6489	70.6732	108.5500	77.8875	86.5506	74.1555		87.2596
11:18 AM	88.5583	103.2397	67.4528	108.4926	76.5580	86.9075	74.8563		86.5807
11:36 AM	90.4201	96.4399	96.2387	108.6138	77.3560	86.8816	73.1234		89.8676
11:54 AM	95.8705	95.2987	96.8743	108.5564	71.3552	88.6025	75.0000		90.2225
12:12 PM	80.1186	96.1378	94.6582	108.5010	74.6512	94.2006	76.4485		89.2451
12:30 PM	67.3698	94.0000	90.0000	108.4852	60.0590	97.1645	76.9530		84.8616
12:48 PM	90.9234	80.8077	69.8876	108.6615	55.0158	82.1699	74.9033		80.3385
1:06 PM	99.9877	96.9429	76.8799	108.6519	87.4531	99.0647	85.1530		93.4476
1:24 PM	105.1135	97.1248	84.6572	108.6835	92.7511	99.7568	102.6031		98.6700
1:42 PM	80.0965	96.3872	95.0000	108.6020	82.0605	101.0065	99.4356		94.6555
2:00 PM	84.4592	97.3297	90.5000	108.6510	68.5503	92.0367	87.4531		89.8543
2:18 PM	80.1323	67.9874	89.3421	108.4631	68.9510	90.0516	86.1920		84.4456
2:36 PM	64.6523	93.2349	93.4587	108.6529	60.1520	89.6144	82.5675		84.6190
2:54 PM	85.2422	92.1253	94.7629	108.6842	79.6011	82.5698	64.6775		86.8090
3:12 PM	84.7465	95.1429	84.9854	108.8441	75.3549	71.6495	94.9222		87.9494
3:30 PM	98.7739	94.5836	85.0021	108.7530	84.8034	72.0065	79.4068		89.0470
3:48 PM	95.3298	94.7729	101.3345	108.7719	94.8830	78.1660	76.3970		92.8079
4:06 PM	85.1429	93.5628	100.7659	108.6827	104.3522	87.6451	82.0052		94.5938
4:24 PM	80.4821	96.1098	96.1635	108.7021	96.6045	93.1654	84.3560		93.6548
4:42 PM	82.3356	95.3854	90.4579	108.6210	104.7506	103.4689	83.8473		95.5524
5:00 PM	108.0127	72.5783	107.6525	108.3319	104.2078	100.3564	100.0000		100.1628
5:18 PM	107.1083	95.6932	106.4588	108.4587	103.0534	106.1556	98.3520		103.6114
5:36 PM	106.3072	96.5049	107.8835	108.4220	102.0215	105.0148	99.4065		103.6515
5:54 PM	105.5631	96.5392	109.6528	108.4790	100.0209	107.2035	109.3473		105.2580
6:12 PM	107.7267	97.0872	103.6523	108.5100	99.7560	106.5560	111.7680		105.0080
6:30 PM	106.0248	99.1097	109.7571	108.4961	97.3546	107.8210	111.4310		105.7135
6:48 PM	108.6498	104.0178	108.5465	108.4830	104.3506	113.2075	110.0053		108.1801

Continuación Cuadro # 23

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar-2009	Domingo 22-Mar-2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Promedio
7:06 PM	110.9301	105.5027	103.7528	108.4921	106.6541	109.0695	114.1108		108.3589
7:24 PM	112.3942	108.0142	105.3255	108.4710	105.0016	110.3310	109.3366		108.4106
7:42 PM	108.4857	104.0753	110.0015	108.4614	100.0164	109.6514	107.8609		106.9361
8:00 PM	104.6029	108.0287	107.9572	108.0032	105.8826	110.1588	108.9761		107.6585
8:18 PM	106.3297	104.2759	108.3328	107.9935	104.3561	110.5430	106.9573		106.9698
8:36 PM	104.2341	104.2972	109.5428	107.9921	100.9859	106.7032	107.1044		105.8371
8:54 PM	105.0385	104.0273	106.2541	107.9520	104.3252	107.4015	106.3015		105.9000
9:12 PM	107.5432	104.8422	100.0000	102.2580	104.8560	111.3261	104.0364		104.9803
9:30 PM	108.9824	103.0000	105.3527	45.8672	113.4562	73.2645	104.9065		93.5471
9:48 PM	105.1824	105.3397	101.6509	Paro de comp.	100.0132	112.3356	106.8534		105.2292
10:06 PM	110.4207	106.0872	101.9015	Paro de comp.	103.4623	114.0530	107.2015		107.1877
10:24 PM	108.4572	105.4134	109.8572	Paro de comp.	104.8531	112.6618	106.0679		107.8851
10:42 PM	100.1454	107.0378	68.8725	Paro de comp.	114.6130	113.5655	106.5031		101.7896
11:00 PM	116.8599	108.2908	111.4585	Paro de comp.	114.0000	113.0165	107.2016		111.8046
11:18 PM	115.2583	109.5204	111.6575	Paro de comp.	111.3164	112.8560	106.3346		111.1572
11:36 PM	103.9861	107.0187	114.5471	Paro de comp.	114.3468	114.2103	109.1674		110.5461
11:54 PM	117.4466	107.9843	114.2283	Paro de comp.	112.6571	114.0351	97.3388		110.6150

Gráfica # 9: Medición de la presión de los compresores Sullair (40 HP, 25 HP y 25 HP) del 19-03-2009 al 26-03-2009





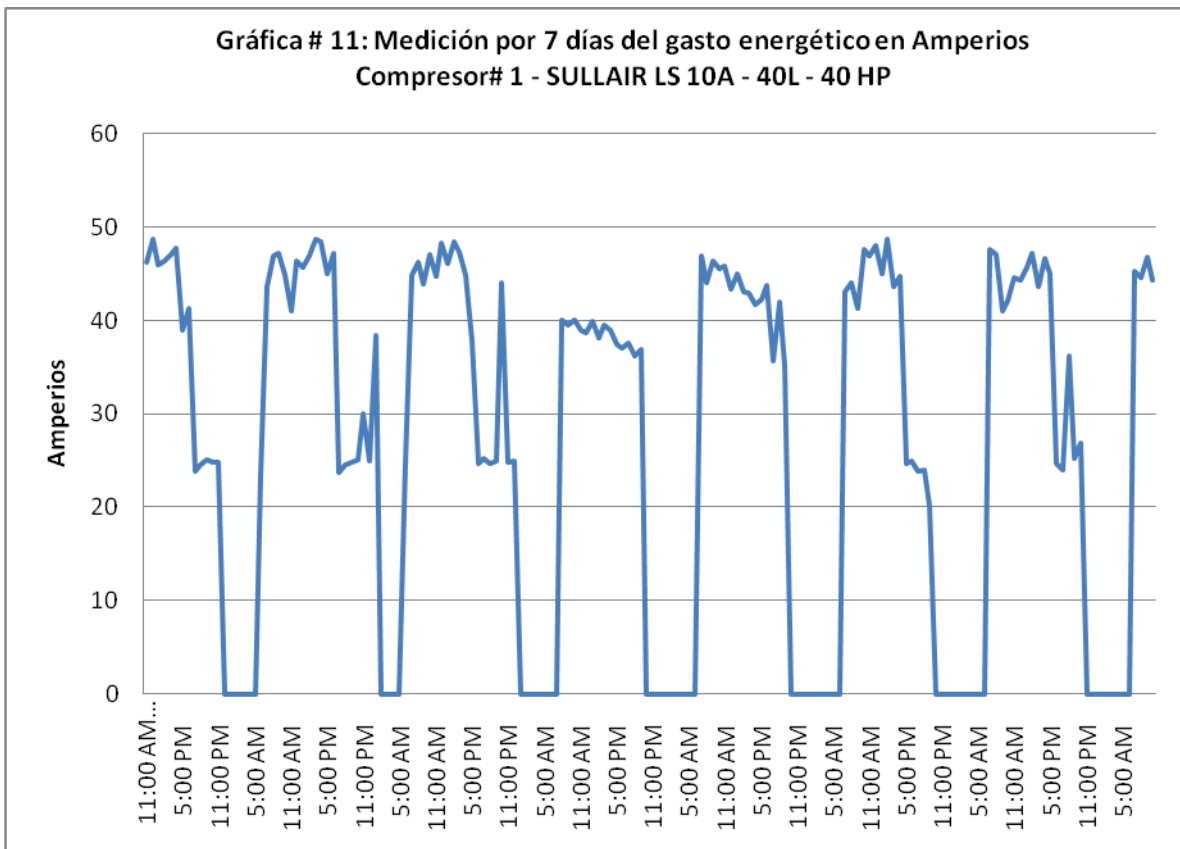
Cuadro # 24 Consumo de Amperios del compresor # 1

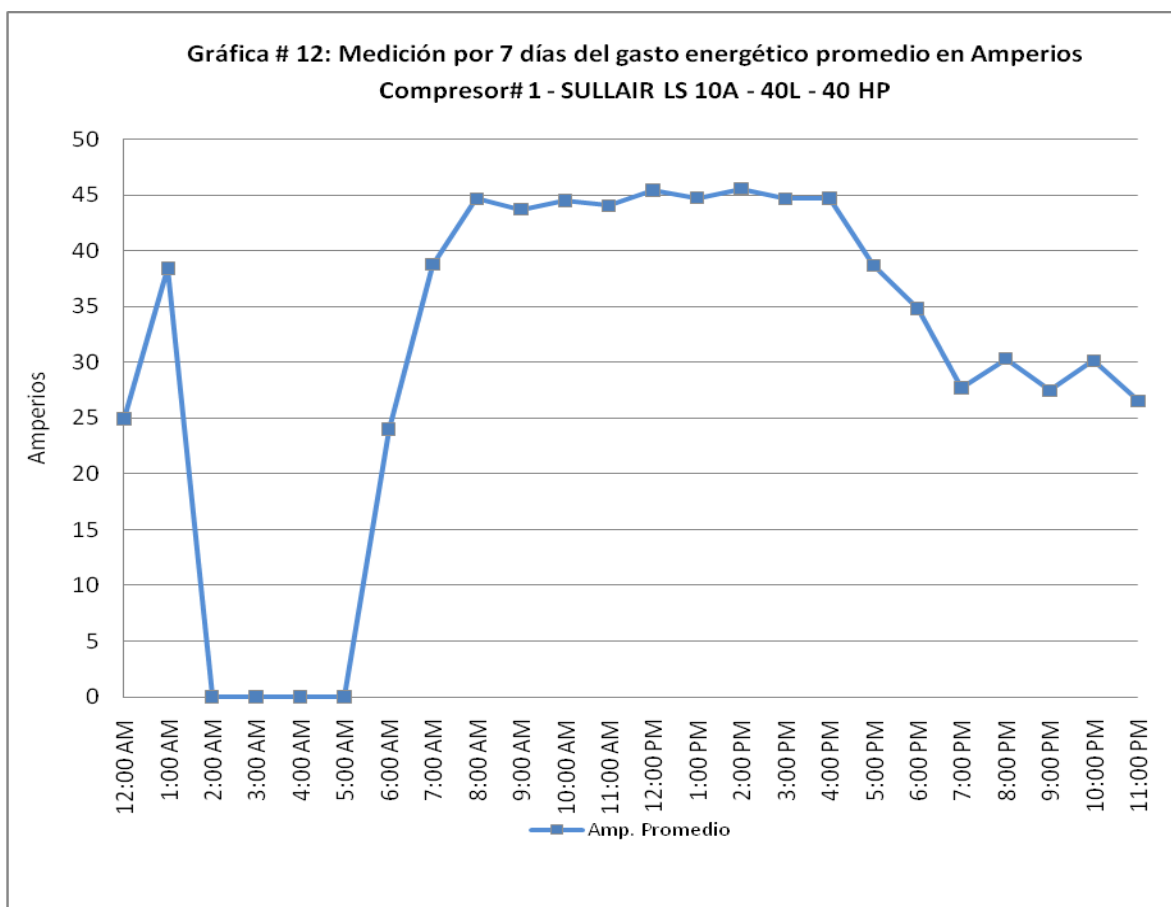
CANAL # 1-- SULLAIR LS 10A - 40L- 40HP

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Amp. Promedio
12:00 AM		0.0000	25.0013	24.8792	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.9402
1:00 AM		0.0000	38.4391	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	38.4391
2:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:00 AM		23.3480	24.6613	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.0047
7:00 AM		43.6132	44.8672	0.0000	46.8562	43.0565	47.6580	45.3348	38.7694
8:00 AM		46.8570	46.1928	40.1165	44.0015	44.0153	46.9956	44.6155	44.6849
9:00 AM		47.1364	43.9135	39.4563	46.3576	41.3216	41.0563	46.7640	43.7151
10:00 AM		44.8627	46.9953	40.0187	45.6154	47.6521	42.0556	44.3654	44.5093
11:00 AM	46.2356	41.0065	44.6765	39.0063	45.8861	46.9857	44.6452		44.0631

Continuación Cuadro # 24

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Amp. Promedio
12:00 PM	48.7682	46.4433	48.3346	38.6540	43.3546	48.0053	44.3644		45.4178
1:00 PM	46.0015	45.6523	46.1156	39.8712	45.0000	45.0012	45.6523		44.7563
2:00 PM	46.4067	46.9836	48.4435	38.1694	43.0152	48.7562	47.2458		45.5743
3:00 PM	47.0229	48.7620	47.3205	39.5123	42.8969	43.5612	43.6789		44.6792
4:00 PM	47.6890	48.4652	44.8615	38.9867	41.6542	44.7764	46.6466		44.7257
5:00 PM	38.9462	45.0002	37.6812	37.4621	42.2205	24.6795	45.0000		38.7128
6:00 PM	41.3568	47.2641	24.6795	36.9862	43.7856	25.0045	24.6543		34.8187
7:00 PM	23.8561	23.7615	25.1689	37.5192	35.6843	23.9055	23.9723		27.6954
8:00 PM	24.5437	24.5460	24.6481	36.1488	42.0463	24.0181	36.2530		30.3149
9:00 PM	25.0564	24.8291	24.9768	36.9567	35.1136	20.1165	25.1562		27.4579
10:00 PM	24.7560	25.0128	44.0035	0.0000	0.0000	0.0000	26.8811		30.1634
11:00 PM	24.8553	30.0153	24.7691	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		26.5466





Cuadro # 25 Consumo de Amperios del compresor # 2

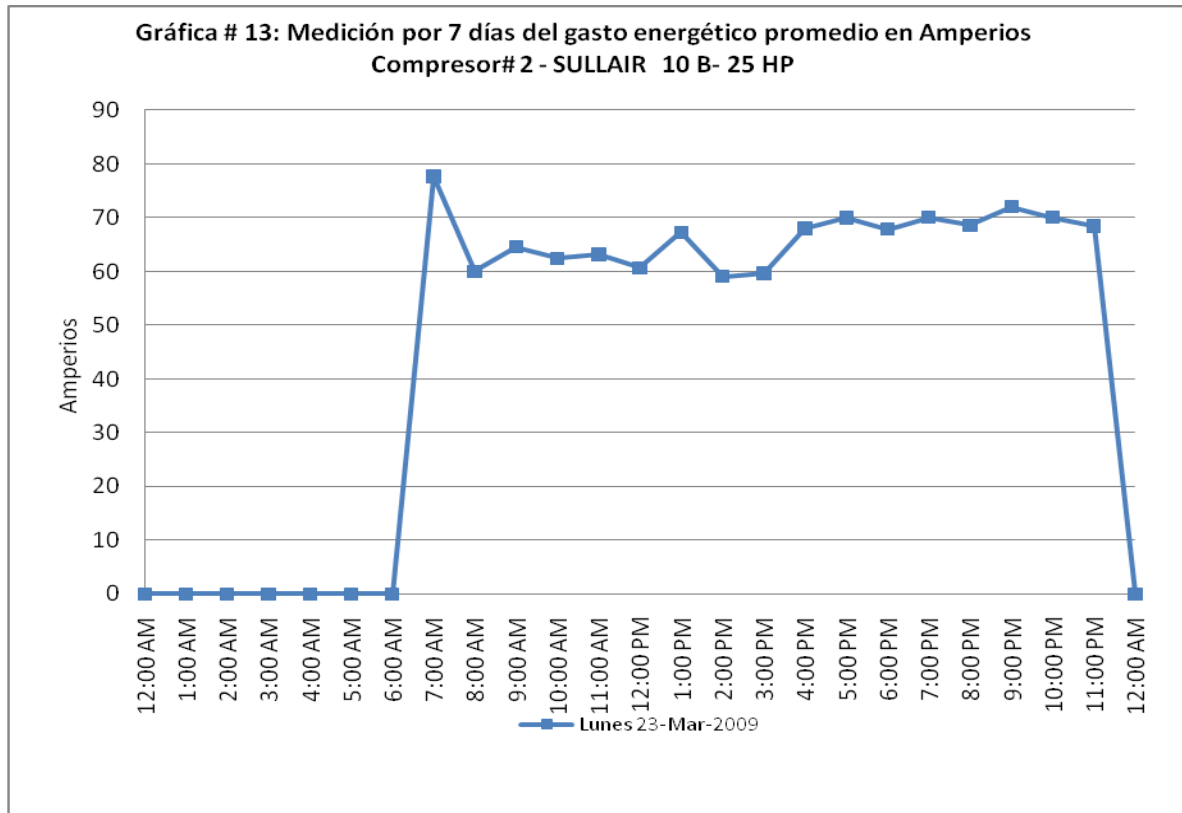
CANAL # 1-- SULLAIR LS 10A - 40L- 40HP

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Amp. Promedio
12:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	77.6523	0.0000	0.0000	0.0000	77.6523
8:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	60.0356	0.0000	0.0000	0.0000	60.0356
9:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	64.5698	0.0000	0.0000	0.0000	64.5698
10:00 AM		0.0000	0.0000	0.0000	62.4596	0.0000	0.0000	0.0000	62.4596

Continuación Cuadro # 25

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Amp. Promedio
11:00 AM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	63.1862	0.0000	0.0000		63.1862
12:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	60.6452	0.0000	0.0000		60.6452
1:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	67.2546	0.0000	0.0000		67.2546
2:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	59.0531	0.0000	0.0000		59.0531
3:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	59.6875	0.0000	0.0000		59.6875
4:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	67.9864	0.0000	0.0000		67.9864
5:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	69.9427	0.0000	0.0000		69.9427
6:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	67.8872	0.0000	0.0000		67.8872
7:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	70.0442	0.0000	0.0000		70.0442
8:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	68.5530	0.0000	0.0000		68.5530
9:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	72.0183	0.0000	0.0000		72.0183
10:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	70.0542	0.0000	0.0000		70.0542
11:00 PM	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	68.4623	0.0000	0.0000		68.4623

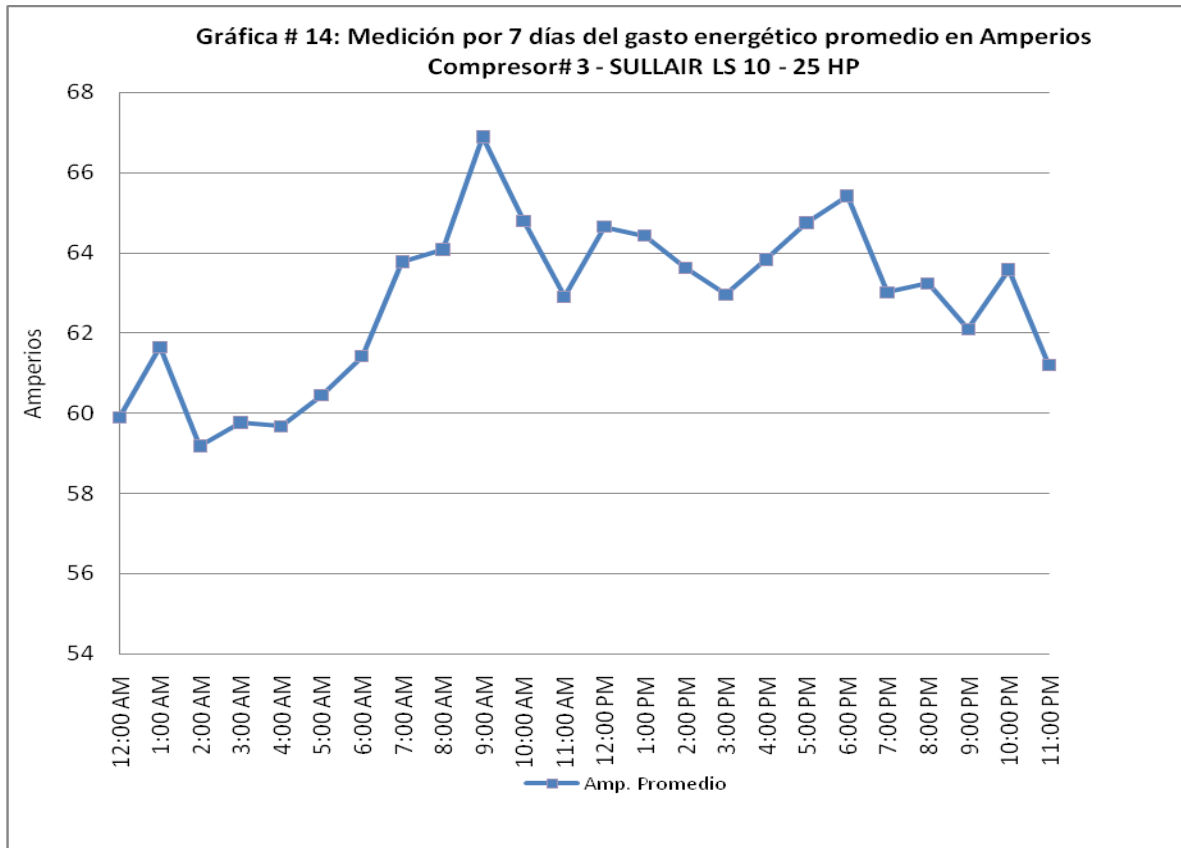
**Gráfica # 13: Medición por 7 días del gasto energético promedio en Amperios
Compresor# 2 - SULLAIR 10 B- 25 HP**



Cuadro # 26 Consumo de Amperios del compresor # 3

CANAL # 1-- SULLAIR LS 10A - 40L- 40HP

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Amp. Promedio
12:00 AM		56.3345	63.6312	58.6019	0.0000	60.3108	59.5617	60.8768	59.8862
1:00 AM		57.4016	64.1892	0.0000	0.0000	60.9751	59.3014	66.3756	61.6486
2:00 AM		57.2044	59.7011	0.0000	0.0000	60.3312	58.6891	60.0015	59.1855
3:00 AM		57.6788	60.0025	0.0000	0.0000	60.4509	58.7304	62.0017	59.7729
4:00 AM		57.4532	59.8205	0.0000	60.0338	60.9837	59.6790	60.1004	59.6784
5:00 AM		58.2269	59.9318	0.0000	61.1402	61.3699	61.0052	61.0000	60.4457
6:00 AM		59.2463	62.0617	0.0000	60.1687	63.5760	62.1302	61.3479	61.4218
7:00 AM		59.7560	60.4560	0.0000	0.0000	68.3471	63.3248	67.0100	63.7788
8:00 AM		66.5132	64.0116	0.0000	0.0000	61.4321	66.4467	62.0070	64.0821
9:00 AM		66.0147	67.2608	0.0000	0.0000	67.4530	68.2513	65.5046	66.8969
10:00 AM		66.3102	67.1004	0.0000	0.0000	65.3466	58.4099	66.8133	64.7961
11:00 AM	63.1123	67.7755	59.5069	0.0000	0.0000	62.6074	61.5307		62.9066
12:00 PM	64.5468	67.0325	65.8632	0.0000	0.0000	63.4790	62.3487		64.6540
1:00 PM	65.8931	66.0150	62.1065	0.0000	0.0000	66.1088	62.0053		64.4257
2:00 PM	62.0015	63.2645	64.5566	0.0000	0.0000	64.5290	63.7761		63.6255
3:00 PM	64.0216	65.7063	65.4916	0.0000	0.0000	58.7311	60.8644		62.9630
4:00 PM	64.2235	64.4265	67.2011	0.0000	0.0000	61.0864	62.2567		63.8388
5:00 PM	65.0463	60.0020	64.3610	0.0000	0.0000	66.6451	67.7321		64.7573
6:00 PM	64.5236	66.8024	64.7830	0.0000	0.0000	67.0186	63.9946		65.4244
7:00 PM	63.6671	63.4685	62.9070	0.0000	0.0000	62.0469	63.0023		63.0184
8:00 PM	62.0021	63.6991	63.4862	0.0000	0.0000	62.5087	64.5142		63.2421
9:00 PM	63.7563	62.0025	0.0000	0.0000	60.0162	60.1369	64.5791		62.0982
10:00 PM	61.6823	64.3347	0.0000	0.0000	67.1347	60.3650	64.4120		63.5857
11:00 PM	58.7585	63.6758	58.3469	0.0000	57.3790	59.9546	66.2694		61.2075

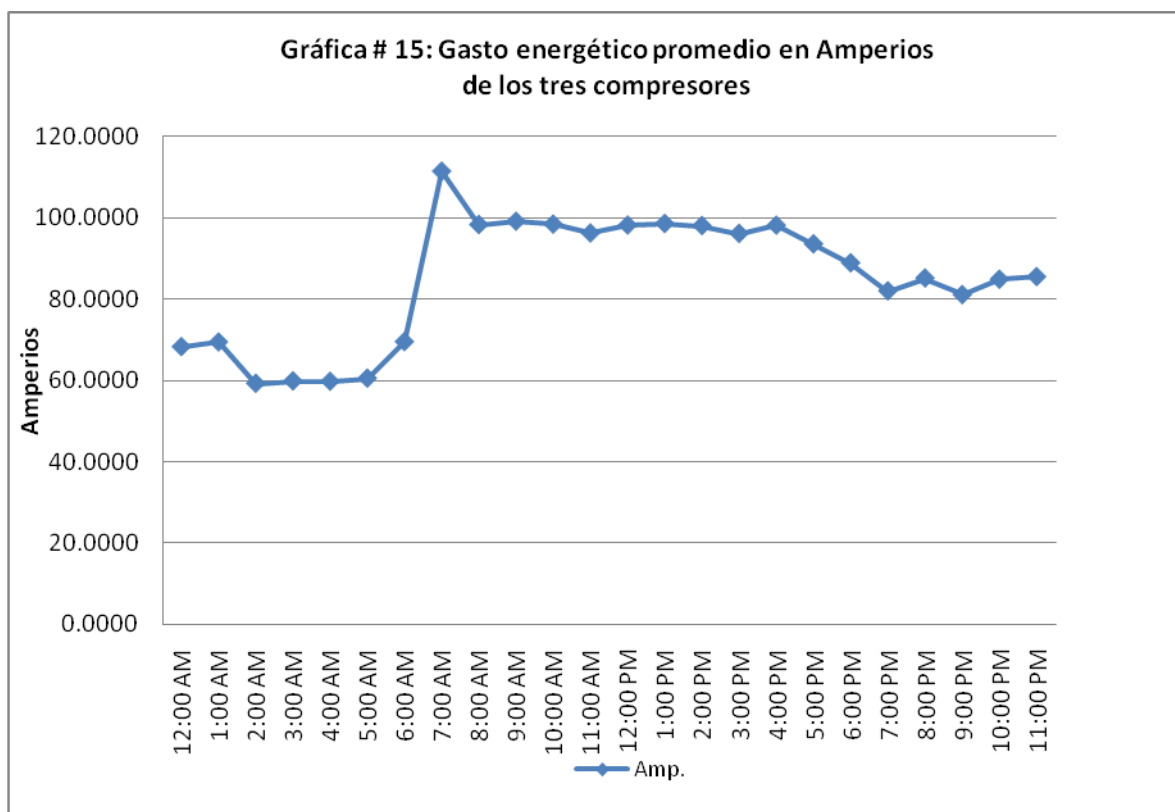


Cuadro # 27 Consumo de Amperios de los tres compresores

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Amp. Promedio
12:00 AM		56.3345	88.6325	83.4811	0.0000	60.3108	59.5617	60.8768	68.1996
1:00 AM		57.4016	102.6283	0.0000	0.0000	60.9751	59.3014	66.3756	69.3364
2:00 AM		57.2044	59.7011	0.0000	0.0000	60.3312	58.6891	60.0015	59.1855
3:00 AM		57.6788	60.0025	0.0000	0.0000	60.4509	58.7304	62.0017	59.7729
4:00 AM		57.4532	59.8205	0.0000	60.0338	60.9837	59.6790	60.1004	59.6784
5:00 AM		58.2269	59.9318	0.0000	61.1402	61.3699	61.0052	61.0000	60.4457
6:00 AM		82.5943	86.7230	0.0000	60.1687	63.5760	62.1302	61.3479	69.4234
7:00 AM		103.3692	105.3232	0.0000	124.5085	111.4036	110.9828	112.3448	111.3220
8:00 AM		113.3702	110.2044	40.1165	104.0371	105.4474	113.4423	106.6225	98.2006
9:00 AM		113.1511	111.1743	39.4563	110.9274	108.7746	109.3076	112.2686	99.0221
10:00 AM		111.1729	114.0957	40.0187	108.0750	112.9987	100.4655	111.1787	98.3217

Continuación Cuadro # 27

HORA	Jueves 19-Mar- 2009	Viernes 20-Mar- 2009	Sábado 21-Mar- 2009	Domingo 22-Mar- 2009	Lunes 23-Mar- 2009	Martes 24-Mar- 2009	Miércoles 25-Mar- 2009	Jueves 26-Mar- 2009	Amp. Promedio
11:00 AM	109.3479	108.7820	104.1834	39.0063	109.0723	109.5931	106.1759		96.1355
12:00 PM	113.3150	113.4758	114.1978	38.6540	103.9998	111.4843	106.7131		98.0875
1:00 PM	111.8946	111.6673	108.2221	39.8712	112.2546	111.1100	107.6576		98.4638
2:00 PM	108.4082	110.2481	113.0001	38.1694	102.0683	113.2852	111.0219		97.9655
3:00 PM	111.0445	114.4683	112.8121	39.5123	102.5844	102.2923	104.5433		96.0355
4:00 PM	111.9125	112.8917	112.0626	38.9867	109.6406	105.8628	108.9033		98.0580
5:00 PM	103.9925	105.0022	102.0422	37.4621	112.1632	91.3246	112.7321		93.4544
6:00 PM	105.8804	114.0665	89.4625	36.9862	111.6728	92.0231	88.6489		88.8100
7:00 PM	87.5232	87.2300	88.0759	37.5192	105.7285	85.9524	86.9746		81.9134
8:00 PM	86.5458	88.2451	88.1343	36.1488	110.5993	86.5268	100.7672		85.0703
9:00 PM	88.8127	86.8316	24.9768	36.9567	167.1481	80.2534	89.7353		80.9837
10:00 PM	86.4383	89.3475	44.0035	0.0000	137.1889	60.3650	91.2931		84.7727
11:00 PM	83.6138	93.6911	83.1160	0.0000	125.8413	59.9546	66.2694		85.4144



d. Costo del sistema de aire comprimido modificado:

En base a estos resultados obtenidos se procedió a realizar el cálculo del costo del sistema de aire comprimido modificado, en este cálculo se tomó en cuenta:

- El horario para realizar la instalación: que tenía que ser por la madrugada, después del turno de limpieza.
- El tipo de pintura para recubrir la tubería, para lo cual se contemplo una pintura epóxica, resistente a los químicos que utilizan para la limpieza de los equipos. Evitando de esta forma tener que invertir en una tubería de acero inoxidable.
- Para los soportes y cargadores de la tubería se requirió que fueran de acero inoxidable.
- La verificación del buen funcionamiento del sistema de aire comprimido nuevo, el cual debe de encontrarse libre de fugas. Para lo cual, se presurizo toda la tubería con nitrógeno en gas. Así mismo, se utilizó teflón en pasta para hacer los sellos de las roscas de la tubería.

De esta cuenta, se cuantificó que el valor de este nuevo sistema de aire comprimido es de Q. 421,350.00

**Cuadro # 28 INVERSIÓN DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO MODIFICADO:
DISTRIBUCION DE ÁREAS DE PROCESO PARA RED DE AIRE COMPRIMIDO**

ÁREA DE INSTALACIÓN		COSTO
1	Cuarto de Compresores (traslado, instalación de compresores, secadores y filtros)	Q 67,250.00
2	Manifold o sistema de distribución para los tres compresores	Q 9,200.00
ÁREA DE 1er. NIVEL		
3	Proceso cárnicos further	Q 47,940.80
4	Despachos	Q 15,470.37
5	Pollo en pie	Q 13,972.22
6	Selección cliente especial	Q 20,958.33
7	Suavizado pollo partes	Q 11,969.43
8	Suavizado pollo entero	Q 8,484.26
9	Área fría	Q 21,447.20
10	Menudos	Q 6,308.00
11	Área caliente	Q 11,149.39
ÁREA DE 2do. NIVEL		
12	Área caliente	Q 21,449.86
13	Calderas	Q 18,815.51
14	Taller eléctrico	Q 7,858.40
15	Empaque pollo partes	Q 12,484.14
16	Congelado pollo partes	Q 19,690.65
17	Taller caldera	Q 9,001.44
ÁREA DE 3er. NIVEL		
18	Taller refrigeración	Q 16,841.55
19	Área fría lavado Canastas	Q 13,172.22
20	Área fría sistema de aguas rojas	Q 21,886.23
21	Instalación total de áreas de producción	Q 46,000.00
VALOR TOTAL		Q 421,350.00

Cuadro # 29 LISTADO DE MAQUINARIA Y EQUIPO QUE UTILIZA AIRE COMPRIMIDO

Área de Rastro: Toma de aire para aspersores de agua a presión
Máquina de Escaldado de tipo de aspersión circular
Máquina desplumadora de pollo
Pistola neumática cortadora de anos
Pistola neumática cortadora de pescuezos y patas
Máquina deshuesadora de pierna y muslo de pollo
Máquina desveladora/ desmembradoras
Chiller o enfriador para pollo a temperatura de 2° a 6° Centígrados
Lavadoras a presión de cajas
Bombas de transporte de grasas
Lavadoras a presión con jabón, vapor y aire comprimido

Anexo 4: Especificaciones de los compresores SULLAIR

LS-10



25 to 40 hp.
Sullair LS-10 Series Air Compressors.
They're bulletproof.

Superior package design

SAE O-ring fittings are standard. Number of fittings is reduced. Designed for continuous duty. Aftercooler, moisture separator and trap. Air-cooled or water-cooled models available.

Instrumentation

Differential pressure gauges for fluid filter and separator provide accurate monitoring of pressure drop. Air receiver and line pressure gauges provide direct reading of sump and discharge pressures. Panel also includes compressor discharge air/fluid temperature gauge and hour meter. Supervisor II Deluxe microprocessor optional.

Cooling

Air-cooled units require no separate fan motor. Water-cooled units use a shell and tube heat exchangers for easy maintenance and water regulating valve.



Multi-stage air/fluid separation

Multi-stage separation and a long life pleated separator element, reduce oil carryover to less than 2 ppm. Reduced carry-over lowers make-up fluid costs.

Pleated Optimizer™ element lowers initial pressure drop for greater efficiency and longer element life.

Heavy-duty air filter

Includes remote air intake connection. Protects premature failure of key components. Extends separator, fluid filter and fluid life. Differential pressure indicator.

The reliable Sullair air end

Longer average bearing life, designed for up to 100,000 hours of service.



**COMPRESSOR
HEALTH
ASSURANCE**

Spin-on fiberglass fluid filter

Aircraft-quality media provides better filtration. Up to 20% more efficient than conventional paper elements. Lengthens life of the compressor.

Flange-mounted motor and air end

Up to 3% energy savings over belt drive. Eliminates maintenance expense associated with V-belts. NEMA frame design. Provides positive alignment. Optimizes bearing life of air end and motor.

Blowdown is piped to the inlet

Keeps fluid mist off package.

Select one of these long-life fluids...

Sullube™ is standard factory fill. 5-year air end warranty. "L" and "H" models only. Biodegradable. One year or 8000 hour service life. Reduces fluid disposal costs.

24KT™ is optional.

Exclusive 10-year air end warranty. "L" and "H" models only. Eliminates annual fluid changes. Eliminates annual fluid disposal costs. **Free fluid sampling and analysis program with either fluid.**

Sullair's

Versatile

Control

System



VERSATILE CONTROL SYSTEM Matches output to demand. Stabilizes system pressure. Minimizes need for an air receiver. Extends package life.

Premium efficient motor

Improved energy conservation. 5-year warranty. Direct coupled design for extended bearing life. 250,000-hour insulation life.

Bearing

Fluid

Reservoirs

Ensure fluid is available at startup. Extends air end life.



Helical design drive gears

Reduce thrust load, increase bearing life.



Sullair LS-10 Series Air Compressors.
Features, Options and Specifications



**5-YEAR
WARRANTY**

LS-10—60 Hz	25L	25H	25HH	25XH	30L	30H	30HH	30XH	40L	40H	40HH	40XH	
Compressor Performance													
Capacity (acfm)	111	96	87	76	131	116	102	94	166	156	126	119	
Full Load Pressure (psig)	100	125	150	175	100	125	150	175	100	125	150	175	
Motor (hp)	25	25	25	25	30	30	30	30	40	40	40	40	
Dimensions and Weight (Enclosure) Air-Cooled*													
Length (in)	57 (60)					57 (60)			57 (60)				
Width (in)	33.3 (36)					33.3 (36)			33.3 (36)				
Height (in)	39 (42)					39 (42)			39 (42)				
Weight (lb)	1015 (1265)					1015 (1265)			1140 (1390)				

Measured in accordance with the CAGI/PNEUROP PN2CPTC2 Test Code (Annex C to ISO 1217).

* Note: For open machine, add 10" to the length, 10" to the width, 7" to the height, and 180 lbs. to weight for crate.

For enclosed machine, add 7" to the length, 7" to the width, 4" to the height, and 180 lbs. to weight for crate.

	LS-10	LS-10
● = Standard		
○ = Option		
Direct Coupled	●	○
Highly Efficient Air/Fluid Separation—MSS	●	○
Spin-On Fiberglass Fluid Filter	●	○
Built-In Aftercooler	●	○
Heavy Duty Intake Filter	●	○
Sullube 8000 Hour Compressor Fluid	●	○
SRF 1/4000 Compressor Fluid	○	○
Emerald 5-Year Health Assurance (1)	●	○
24KT (10-Year Air End Warranty) (2)	○	○
Food Grade Compressor Fluid	○	○
Sound Attenuating Enclosure	○	○
Tank Mounting	○	○
Bearing Fluid Reservoir—BFR	●	○
Sullair's Versatile Control System—VCS	●	○
Cold Weather Package	○	○
Water-cooled	○	○
Supervisor II Deluxe	○	○
Electro-Mechanical Controls	●	○

(1) Sullair's 5-year warranty includes air end, motor, air/fluid receiver and cooler(s).

"L" and "H" Models only.

(2) Sullair's 24KT warranty includes 10-years on the air end, 5-years on the motor, air/fluid receiver and cooler(s). "L" and "H" Models only.

LS-10—50 Hz	25L	25H	25HH	25XH	30L	30H	30HH	30XH	40L	40H	40HH	40XH	
Compressor Performance													
Capacity (m ³ /min)	3.95	2.69	2.37	2.12	3.82	3.37	2.97	2.58	4.95	4.45	3.74	3.34	
Full Load Pressure (bar)	6.9	8.6	10.3	12.1	6.9	8.6	10.3	12.1	6.9	8.6	10.3	12.1	
Motor (kW)	18.5	18.5	18.5	18.5	22	22	22	22	33	33	33	33	
Dimensions and Weight (Enclosure) Air-Cooled*													
Length (mm)	1448 (1524)					1448 (1524)			1448 (1524)				
Width (mm)	846 (914)					846 (914)			846 (914)				
Height (mm)	991 (1067)					991 (1067)			991 (1067)				
Weight (kg)	460 (574)					460 (574)			517 (630)				

Measured in accordance with the CAGI/PNEUROP PN2CPTC2 Test Code (Annex C to ISO 1217).

* Note: For open machine, add 254 mm to the length, 254 mm to the width, 177 mm to the height, and 82 kg. to weight for crate.

For enclosed machine, add 178 mm to the length, 178 mm to the width, 101 mm to the height, and 82 kg. to weight for crate.



Sullair is committed to a program of continuous improvement. Features and specifications may change without notice. Consult your Sullair representative or authorized Sullair distributor.

www.sullairsolutions.com

SULLAIR CORPORATION, 3700 E. Michigan Blvd., Michigan City, IN 46360 Telephone: 1-800-367-6737

IPS-3010B Specifications subject to change without notice. © Copyright 2001 Sullair Corporation. All rights reserved. EA/01/01/5



Printed on recycled paper.

Anexo 5: Especificaciones de los secadores SULLAIR



SRS Refrigerated Air Dryers
.14-4.9 m³/min ■ 5-175 SCFM

ASK ABOUT OUR
OIL FREE GUARANTEE!

SRS
SULLAIR

- Reduced Power Consumption
- Easy to Install and Use
- Environmentally Friendly Refrigerant

SULLAIR
Always air. Always there.

Superior dryer technology in a small package design

Key Features:

- Simple installation
- Small footprint
- Advanced 3-in-1 heat exchanger module
- Oversized demister separator
- Low pressure drop
- Environmentally friendly refrigerant
- Operates up to 122°F ambient
- Dew point indicator
- Easy drain access
- Single panel maintenance access
- 5-year Warranty

Why a Sullair SRS Refrigeration Dryer?

Compressed air is a vital source of energy for industry. Quality air treatment—particularly the removal of condensate—is often overlooked. When cooled, vapor in compressed air will condense, damaging compressed air system and product or process.

The SRS Benefits:

- less system downtime
- reduced operating costs and maintenance
- improved finished product

Advanced 3-in-1 Heat Exchanger Module

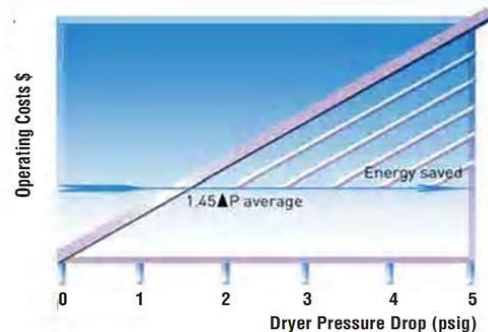
- Air-to-air
- Air-to-refrigerant
- Demister separator



The Sullair SRS Dryers utilize advanced heat exchanger and demister separation technology to deliver low pressure drop and outstanding performance at the lowest cost of operation.

Demister Separator

A high capacity demister separator is employed for the removal of condensed liquids. This lowers the air velocity which maximizes the condensate separation from the air, even when the dryer is not operating at maximum flow. This design also ensures the differential pressure across the dryer is kept to a minimum.



Ease of Maintenance

All service requirements can be performed by removing just one panel on the front of the dryer. The positioning of the drain alcove allows for easy access to the drain without removing panels.



Specifications: Models SRS-5 to SRS-175

Model	Nominal Flow (scfm)	Air Connections	A	Dimensions (in) B	C	Weight* (lbs)	Primary Voltages
SRS-5	5	1/2" NPT-F	8.3	17	17.7	42	115V/1Ph/60Hz
SRS-10	10	1/2" NPT-F	8.3	17	17.7	42	115V/1Ph/60Hz
SRS-15	15	1/2" NPT-F	8.3	17	17.7	42	115V/1Ph/60Hz
SRS-25	25	1/2" NPT-F	8.3	19.9	19.7	52	115V/1Ph/60Hz
SRS-35	35	1/2" NPT-F	8.3	19.9	19.7	52	115V/1Ph/60Hz
SRS-50	50	3/4" NPT-F	8.9	22.3	20.5	58	115V/1Ph/60Hz
SRS-75	75	3/4" NPT-F	8.9	22.3	20.5	68	115V/1Ph/60Hz
SRS-100	100	3/4" NPT-F	8.9	22.3	20.5	77	115V/1Ph/60Hz 230V/1Ph/60Hz
SRS-125	125	1-1/2" NPT-F	16.7	23.8	21.8	115	115V/1Ph/60Hz 230V/1Ph/60Hz
SRS-150	150	1-1/2" NPT-F	16.7	23.8	21.8	128	115V/1Ph/60Hz 230V/1Ph/60Hz
SRS-175	175	1-1/2" NPT-F	16.7	23.8	21.8	132	230V/1Ph/60Hz

Performance data based on:

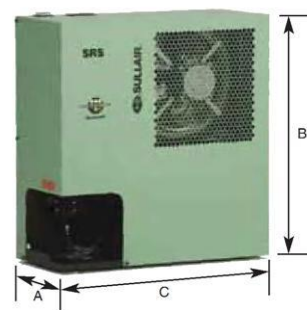
Ambient temperature	100°F
Inlet temperature	100°F
Inlet pressure	100 psig

For flow rates at other conditions, please contact Sullair for correct sizing

Performance data obtained and presented in accordance with CAGI Standard No. ADF 100, "Refrigerated Compressed Air Dryers - Methods for Testing and Rating"

Technical Data

Maximum ambient temperature	122°F
Maximum inlet temperature	140°F
Minimum ambient temperature	41°F
Maximum inlet pressure	232 psig
Refrigerant	R134a



Flow correction factors

Capacity correction to be used when operating conditions differ from those shown above. To obtain dryer capacity at new conditions, multiply nominal capacity x C1 x C2 x C3.

Ambient Temperature (C1)

°F	60	70	80	90	100	110	120
°C	16	21	27	32	38	43	49
Correction Factor	1.34	1.26	1.17	1.09	1.0	0.91	0.82

Inlet Temperature (C2)

°F	80	90	100	110	120	130	140
°C	27	32	38	43	49	54	60
Correction Factor	1.57	1.23	1.0	0.82	0.64	0.57	0.43

Inlet Pressure (C3)

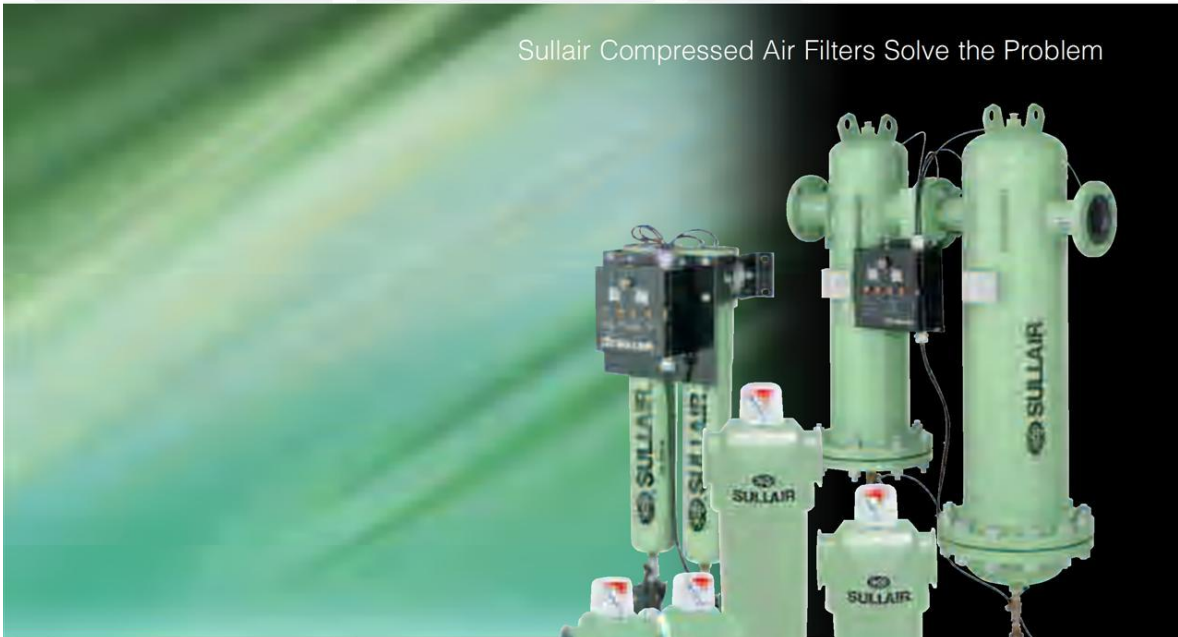
Pressure psi g	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	175	190	200
Pressure bar g	3.5	4.1	4.8	5.5	6.2	6.9	7.6	8.3	8.9	9.6	10.3	11	12	13.1	13.8
Correction Factor	0.84	0.89	0.92	0.95	0.98	1.0	1.02	1.04	1.05	1.07	1.09	1.10	0.12	0.13	1.14

Anexo 6: Especificaciones de los filtros SULLAIR:



Compressed Air Filtration

Oil and Particulate Contamination Removal



Sullair Compressed Air Filters

Sullair filters protect your plant equipment and processes, improve your product quality and reduce your energy costs. Sullair offers filters for general purpose compressed air and for high quality compressed air for instrumentation, food processing and pharmaceutical production. Sullair filters are available from 13 to 16,500 scfm, 15 to 725 psig, 35°F to 250°F, ISO 8573.1 quality classes.

- Compressed air is filtered to remove atmospheric particulate, aerosols and other pollutants to provide compressed air for general purposes to the most critical application.
- Filtration equipment includes pre-filters, high efficiency filters and odor-removal filters.
- The type, number, and placement of filters depend on the applications and the degree of contaminant removal required.

Five-Year Filter Guarantee

Sullair backs this new technology with its five-year warranty that covers the housing as well as the performance, provided the element is changed annually.

Particulate Filters: SCF, SCR, PF and PR

High-efficiency pre-filters (after-filters) remove particles to 1 micron, including coalesced liquid water and lubricants. Maximum remaining aerosol content after filtration is 0.5 ppm @ 70°F.

High Efficiency Filtration: SCH, SCHR and PH

For maximum filtration, Sullair offers compressed air filters to remove particulate down to 0.01 micron, including water and oil aerosols, providing a maximum remaining oil aerosol content of 0.01 ppm @ 70°F, when used with SCF and PF pre-filters.

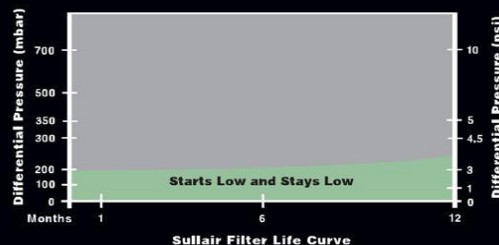
Odor Removal: SCC, PC

Sullair filters use activated carbon to remove lubricant and hydrocarbon odors. After filtration, remaining vapor content is less than 0.003 ppm (excluding methane). This filter installation should always be preceded by high efficiency filter grades.



New Filtration Technology

Sullair compressed air filters use very little energy as they have a low resistance to air flow. Advancements such as deep bed pleating, graded density media and an oleophobic coating have led to a high performance filter element with low initial energy costs. Differential pressure starts low and stays low throughout its life. Service life is no longer dependent on differential pressure, but is based on annual filter element change, backed up with a one-year air quality guarantee.



Data shown is for the SCH filter.

Sullair SCF, SCH, SCR, SCC and SCHR Filters

Specifications

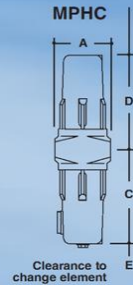
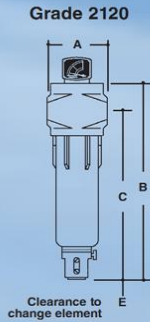
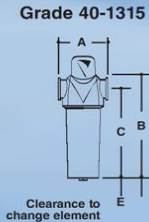
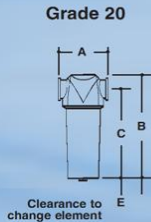
Model SCF, SCH, SCR SCC, SCHR	Capacity @ 100 psig	Inlet/Outlet Connection	Dimension (in.)					Weight (lb.)
			A	B	C	D	E	
20	21	3/8"	3.0	7.2	6.0	-	4.0	0.9
40	42	1/2"	3.8	9.3	7.9	-	4.0	2.2
65	64	3/4"	3.8	9.3	7.9	-	4.0	2.2
125	127	1"	5.1	10.8	9.2	-	4.0	4.9
235	233	1-1/2"	5.1	14.3	12.7	-	4.0	5.7
340	339	1-1/2"	6.7	17.0	15.1	-	4.0	10.0
465	466	2"	6.7	20.6	18.7	-	4.0	11.6
700	699	2"	6.7	20.6	18.7	-	4.0	11.6
910	911	3"	8.1	25.3	22.9	-	4.0	22.0
1315	1314	3"	8.1	32.8	30.4	-	4.0	26.4
2120	2119	4"	16.5	46.2	43.1	-	4.0	98.0
MPHC 13	13	1/4"	3.0	5.3	5.3	5.3	2.8	2.2
MPHC 27	27	3/8"	3.5	6.3	6.3	6.3	3.8	2.7
MPHC 53	53	1/2"	3.5	6.3	7.6	6.3	5.1	3.1
MPHC 84	84	3/4"	4.8	9.8	9.8	9.8	6.8	7.1
MPHC 140	140	1"	4.8	9.8	13.8	9.8	10.8	8.2
MPHC 180	180	1-1/4"	4.8	13.8	13.8	13.8	10.8	8.4

Note: The SCC grade filter will not remove CO/CO₂ or other toxic gases or fumes.
Consult factory for additional inlet/outlet connection sizes.

	SCF	SCH	SCC	SCR	SCHR
Maximum operating pressure - with autodrain (psig)	232	232	232	232	232
Maximum operating pressure - with manual drain (psig)	290	290	290	290	290
Maximum operating temperature - with autodrain	176°F	176°F	176°F	176°F	176°F
Maximum operating temperature - with manual drain	212°F	212°F	212°F	212°F	212°F
Minimum operating temperature	35°F	35°F	35°F	35°F	35°F
Standard drain type	auto	auto	manual	manual	manual

Pressure Correction Factor

Line Pressure psig	15	29	44	58	73	87	100	116	131	145	160	174	189	203	218	232
Correction Factor	0.38	0.53	0.65	0.76	0.85	0.93	1.00	1.07	1.13	1.19	1.25	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51
Line Pressure barg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Correction Factor	0.38	0.53	0.65	0.76	0.85	0.93	1.00	1.07	1.13	1.19	1.25	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51



Sullair PC, PF, PH and PR Welded Housing Filters

Specifications

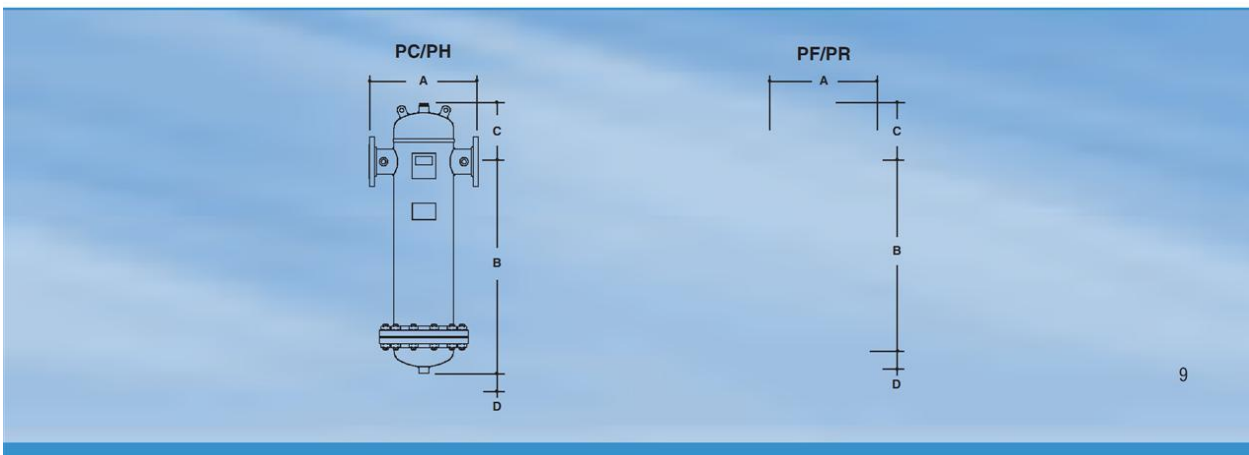
Model PC, PF, PH, PR	Capacity @ 100 psig	Air In/Out	Dimensions (in.)				Drain Port (in.)
			A	B	C	D	
PC-600	600	2" FLG	12	37-1/4	6	22	1/2
PC-1200	1200	3" FLG	15-3/8	43-3/4	8-1/4	26	1/2
PC-1600	1600	3" FLG	20	49-1/2	10-1/4	21	1/2
PC-2100	2100	4" FLG	20	49-1/2	10-1/4	21	1/2
PC-2750	2750	4" FLG	20	49-1/2	10-1/4	21	1/2
PC-4200	4200	6" FLG	22-3/4	50-1/2	12-3/4	21	1/2
PF-600	600	2" FLG	17-3/4	35	8-3/4	21	1/2
PF-1200	1200	3" FLG	17-3/4	37-1/2	9-1/2	21	1/2
PF-1600	1600	3" FLG	20	39-3/4	10-5/8	21	1/2
PF-2100	2100	4" FLG	20	39-3/4	10-5/8	21	1/2
PF-2750	2750	4" FLG	20	39-3/4	10-5/8	21	1/2
PF-4200	4200	6" FLG	24	45	13-1/4	21	1/2
PH-600	600	2" FLG	12	37-1/4	6	22	1/2
PH-1200	1200	3" FLG	15-3/8	43-3/4	8-1/4	26	1/2
PH-1600	1600	3" FLG	20	49-1/2	10-1/4	21	1/2
PH-2100	2100	4" FLG	20	49-1/2	10-1/4	21	1/2
PH-2750	2750	4" FLG	20	49-1/2	10-1/4	21	1/2
PH-4200	4200	6" FLG	22-3/4	50-1/2	12-3/4	21	1/2
PR-600	600	2" FLG	17-3/4	35	8-3/4	21	1/2
PR-1200	1200	3" FLG	17-3/4	37-1/2	9-1/2	21	1/2
PR-1600	1600	3" FLG	20	39-3/4	10-5/8	21	1/2
PR-2100	2100	4" FLG	20	39-3/4	10-5/8	21	1/2
PR-2750	2750	4" FLG	20	39-3/4	10-5/8	21	1/2
PR-4200	4200	6" FLG	24	45	13-1/4	21	1/2

Dimension "D": Distance required for element removal
 Note: The PC grade filter will not remove CO/CO₂ or other toxic gases or fumes.

	PF/PR	PH	PC
Maximum operating pressure	200 psig (14 barg)	200 psig (14 barg)	200 psig (14 barg)
Maximum operating temperature	250°F	150°F	86°F
Minimum operating temperature	35°F	35°F	35°F
Operating pressure differential fully saturated	2.0 psig	3.0 psig	4.5 psig

Pressure Correction Factor

Line Pressure psig	25	40	50	60	75	90	100	110	125	140	150	160	175	200
Correction Factor	0.49	0.62	0.69	0.76	0.86	0.95	1.0	1.04	1.1	1.17	1.21	1.25	1.31	1.4
Line Pressure barg	1	2	3	5	7	9	11	13						
Correction Factor	.038	0.53	0.65	0.85	1.0	1.13	1.25	1.36						



Anexo 7: Equipo Data Logger de SULLAIR para auditorias de aire comprimido

Air Audits

Walk-through, Assessment, Audit



- Sullair is the only compressor manufacturer to offer three levels of air system audits
- Review entire compressed air system to identify ways to maximize efficiency; reduce waste; and reduce utility, maintenance, and equipment costs
- Get the most accurate possible data on current system conditions to help manage the system and identify component upgrades
- Reduce electrical costs 25 – 50%
- Reduce maintenance costs 10 – 80%
- Receive documentation on power usage and system's interrelationships

SystemWizard™

- Addresses "walk-through" standards for air system audits
- Evaluate the cost and efficiency of a compressed air system

SystemMate™

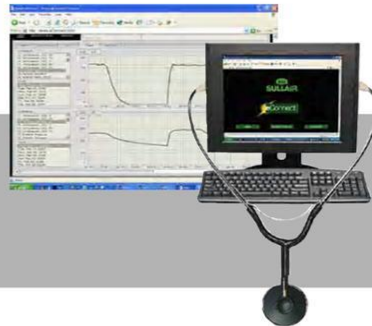
- Addresses the DOE (Department of Energy) "assessment" guidelines
- Provides real-time, objective measurements of compressed air usage

LogAir™

- Addresses "audit" standards from the DOE
- Uses the first data logging system specifically designed to meet the comprehensive requirements of today's compressed air systems
- The LogAir™ auditing system can log any parameter in the air compressor system

22

eConnect™ Remote Monitoring



- Up to 16 compressors can be monitored
- Graphing of 30 monitored parameters
- No special software required
- Up to 4 individuals can be paged or emailed regarding fault status
- Simple installation
- Realtime data logging on Sullair compressors with microprocessor controllers
- Up to 11 analog and 11 digital points can be monitored and logged
- Reduces downtime with predictive maintenance
- Active log of last 30 compressor/system faults
- 3-wire connection
- System flow and pressure automatically calculated
- Last 7 days of data logging available via the internet/intranet
- View your compressed air system from the internet/intranet
- All sites are password protected for added security.

23

Air Audits

Sullair air audits review your entire compressed air system to identify ways to maximize efficiency; reduce waste; and reduce utility, maintenance, and equipment costs. And, Sullair is the only compressor manufacturer to offer three levels of air system audits that address the Department of Energy's standard levels — walk-through, assessment, and audit.

Customer Care by Sullair®

Our Customer Care program gives you a complete package of all the system maintenance resources you need, and our training programs teach you how to properly operate, maintain, and service Sullair equipment. Our global customer support network gives you high-speed access to genuine Sullair service parts and responsive, knowledgeable service.

AirTility™

Sullair's AirTility™ is the industry's most comprehensive air outsourcing solution. Think of AirTility™ for your compressed air system just as you think of the electrical and water systems at your facility — as a utility. AirTility™ is for those who want a reliable, safe compressed air system with no capital expenditures and no maintenance worries.

System Monitoring

Sullair's eConnect™ remotely monitors and diagnoses the health of your compressed air equipment. Using only a computer and a web browser, the status of your entire system can be viewed from anywhere in the world. System monitoring also helps in preventive maintenance and trend analysis.

Core Products

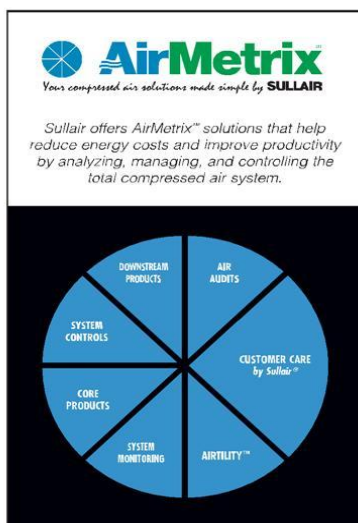
No one gives you more ways to efficiently produce clean air power than Sullair. Compressors are the heart of our business, and our reputation for reliability is reflected in our entire industrial compressor range, from 5 to 600 hp. Sullair also offers a wide range of dryers and filters for contaminant removal, as well as a range of rotary screw vacuum systems.

System Controls

Compressed air system controls match compressed air supply with system demand, and let you take a total systems approach to the most efficient production, distribution, and use of compressed air. Proper control is essential to efficient system operation and high performance.

Downstream Products

Sullair — and our distributor partners — are complete systems solutions providers for the demand side of your compressed air system. From the filter, regulator, and lubricator to the piping system and storage tanks, we provide a complete range of equipment and expertise to help keep your system at peak productivity.



For more information on Sullair products and services, please contact your local Sullair distributor.



www.sullair.com
Sullair Corporation, 3700 East Michigan Boulevard
Michigan City, IN 46360
Telephone: 1-800-SULLAIR Or 1-219-879-5451

DSXX0001E0506AMS Specifications subject to change without notice.
© Copyright 2005 Sullair Corporation. All rights reserved.
The color green is a registered trademark of Sullair Corporation.

