

Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Maestría en Administración

Facultad de Ciencias Administrativas y
Contables

1-1-2004

Modelo de outsourcing de aire comprimido para el caso colombiano

Mariluz Acevedo Rocha
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_administracion

Citación recomendada

Acevedo Rocha, M. (2004). Modelo de outsourcing de aire comprimido para el caso colombiano. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_administracion/413

This Tesis de maestría is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Administrativas y Contables at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Maestría en Administración by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**MODELO DE OUTSOURCING DE AIRE COMPRIMIDO PARA EL CASO
COLOMBIANO**

MARILUZ ACEVEDO ROCHA

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
DIVISIÓN DE FORMACIÓN AVANZADA
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
BOGOTÁ
2004**

**MODELO DE OUTSOURCING DE AIRE COMPRIMIDO PARA EL CASO
COLOMBIANO**

MARILUZ ACEVEDO ROCHA

**Trabajo de grado
Maestría en Administración de Empresas**

**Director
MIGUEL DAVID ROJAS LÓPEZ
Ingeniero Civil
Magister en Administración de Empresas
Candidato de Doctor de La Universidad de los Andes**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
DIVISIÓN DE FORMACIÓN AVANZADA
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
BOGOTÁ
2004**

Nota de aceptación

Presidente de jurado

Jurado

Jurado

Bogotá Octubre de 2004.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por que de el he recibido la fuerza, voluntad y oportunidad de salir adelante. A mi familia, que me ha dado el apoyo para culminar este proyecto con éxito. A mi director, que ha sido un apoyo incondicional y una fuente de mejoramiento. A la compañía para la que trabajo, mis superiores y compañeros me han aportado conocimiento y experiencia aplicados en este proyecto.

A Mariajosé, mis padres, hermanos y amigos.

CONTENIDO

	pag
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. OUTSOURCING	2
1.1 CONCEPTO	2
1.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN	2
1.3 APLICACIÓN EN DIFERENTES SECTORES DE LA ECONOMÍA MUNDIAL	6
1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS	7
1.5 CRITERIOS ADMINISTRATIVOS A TENER EN CUENTA	8
1.5.1 RIESGO	9
1.5.1.1 Riesgos para el cliente	9
1.5.1.2 Riesgos para el proveedor	10
1.5.2 Aspectos Económicos	10
1.5.2.1 Aspectos económicos a tener en cuenta para el cliente	10
1.5.2.2 Aspectos económicos a tener en cuenta para el proveedor	11
1.5.3 CARACTERISTICAS DEL CONTRATO	12
CAPÍTULO 2. AIRE COMPRIMIDO	13
2.1 DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN	13
2.2 VARIABLES RELACIONADAS CON AIRE COMPRIMIDO	15
2.2.1. Presión	15
2.2.2 Caudal	17
2.2.3 Humedad	18

2.2.4 Potencia	19
2.2.5. Concepto de sistema de aire comprimido	20
2.2.5.1 Compresor	21
2.2.5.2 Post-enfriador	22
2.2.5.3 Filtro separador	23
2.2.5.4 Tanque acumulador	23
2.2.5.5 Secador	23
2.2.5.6 Filtros de partículas y aceite	25
2.2.6 Requerimientos se deben tener en cuenta	27
2.3 COSTOS DEL AIRE COMPRIMIDO	30
2.3.1 Inversión inicial	31
2.3.2 Inversión permanente	31
2.3.2.1 Energía eléctrica	32
2.3.2.2 Mantenimiento	34
2.3.2.3 Refrigeración	34
2.4 SISTEMA ACTUAL PARA CUBRIR NECESIDADES DE SUMINISTRO	36
2.4.1 Aspectos económicos	37
2.4.2 Aspectos administrativos	40
2.4.3 Indicadores	41
2.4.3.1 Costo en generación, tratamiento y distribución del aire	42
2.4.3.2 Continuidad del suministro de aire	42
2.5 ENTREVISTAS A ESPECIALISTAS EN MANTENIMIENTO.	44
2.5.1 Empresas entrevistadas	44
2.5.2 Preguntas	45
2.5.3 Resultados obtenidos	46

2.6 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE COMPAÑÍAS	47
2.6.1 Incidencia	48
2.6.2 Tamaño	48
2.6.3 Eficiencia	49
2.6.4 Flexibilidad	49
2.6.5 Calificación de las compañías tomadas como ejemplo	50
CAPÍTULO 3 MODELO DE OUTSOURCING DE AIRE COMPRIMIDO	52
3.1 ASPECTOS TÉCNICOS	52
3.1.1 Cumplimiento de requisitos.	53
3.1.2 Suministro	54
3.1.3 Sistema de aire comprimido.	56
3.1.4 Desarrollo técnico del proyecto	57
3.1.4.1 Comportamiento de la demanda	57
3.1.4.2 Calidad del aire requerido	59
3.1.4.3 Calculo de la presión	60
3.1.4.4 Calculo de compresores	62
3.1.4.5 Selección de equipo	64
3.1.4.6 Instalación	68
3.1.4.7 Mantenimiento	70
3.1.4.8 Operación	71
3.1.4.9 Otros aspectos	71
3.2. ASPECTOS FINANCIEROS	74
3.2.1. El proveedor	74
3.2.1.1 Costos iniciales	75
3.2.1.2. Costos regulares	76
3.2.1.3. Costos finales	76

3.2.1.4. Análisis de costos para los proyectos de las compañías A y B	77
3.2.1.5. Fuente de financiación	78
3.2.1.6. Calculo del costo capital	78
3.2.1.7 Flujos de Fondo para las diferentes fuentes de financiación	81
3.2.2 Aspectos financieros relacionados con el usuario	89
3.3. MERCADEO	93
3.3.1 Pasos a seguir en el desarrollo del mercadeo	95
3.3.1.1 Selección del mercado objetivo	95
3.3.1.2 Mercado personalizado	97
3.3.1.3 Determinar las características propias	99
3.3.1.4 Determina los beneficios	99
3.3.1.5 Presentación del proyecto	100
3.4. BENEFICIOS	101
3.4.1. PARA EL USUARIO	101
3.4.2. PARA EL PROVEEDOR	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
GLOSARIO	110
ANEXOS	113
BIBLIOGRAFIA	128

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Ventajas y desventajas del Outsourcing.	07
Tabla 2. Unidades de presión	16
Tabla 3. Unidades de caudal	17
Tabla 4. Unidades de Potencia	19
Tabla 5. Niveles de calidad de aire requeridos de acuerdo con la norma ISO 8573-1	29
Tabla 6. Implicaciones de no limpiar el aire comprimido	30
Tabla 7. Requerimientos y características de las dos compañías para el ejemplo	37
Tabla 8. Costos anuales de mantenimiento de las dos compañías para el ejemplo	38
Tabla 9. Costos anuales del sistema de refrigeración en el sistema de aire comprimido de las empresas del ejemplo	39
Tabla 10. Costos del aire comprimido para las dos compañías del ejemplo	40
Tabla 11. Cálculo del costo de la unidad de aire producida	42
Tabla 12. Relación de horas de parada de máquina	43
Tabla 13. Criterio de clasificación de incidencia del suministro de aire en la producción	48
Tabla 14 Criterio de clasificación de tamaño del suministro de aire en la producción	49
Tabla 15 Criterio de clasificación de eficiencia del suministro de aire en la producción	49
Tabla 16. Criterio de clasificación de flexibilidad en el suministro de aire	50
Tabla 17. Calificación para las compañías del ejemplo	50
Tabla 18. Requerimientos y características de las dos compañías	54
Tabla 19. Descripción de la caída de presión a lo largo del sistema de aire comprimido y del sistema de distribución	62

Tabla 20. Requerimientos de caudal para la compañía A	63
Tabla 21. Forma de abastecer el caudal para la compañía A.	63
Tabla 22. Distribución de equipos para la compañía A	66
Tabla 23. Distribución de equipos para la compañía A	68
Tabla 24. Costos del outsourcing de aire comprimido por parte del proveedor	77
Tabla 25. Flujo de fondos para el proveedor fuente de financiación: Recursos propios. Proyecto Compañía A	82
Tabla 26. Flujo de fondos para el proveedor fuente de financiación: Recursos propios Proyecto Compañía B	83
Tabla 27. Flujo de fondos para el proveedor fuente de financiación: Préstamo Bancario Proyecto Compañía A	84
Tabla 28. Flujo de fondos para el proveedor fuente de financiación: Préstamo Bancario Proyecto Compañía B	85
Tabla 29. Flujo de fondos para el proveedor fuente de financiación: Leasing Proyecto Compañía A	86
Tabla 30. Flujo de fondos para el proveedor fuente de financiación: Leasing Proyecto Compañía B	87
Tabla 31. Comparación de Valor Presente Neto para las dos compañías	88
Tabla 32. Ahorros para los usuarios con el Outsourcing	90
Tabla 33. Flujo de fondos para el usuario Compañía A.	91
Tabla 34. Flujo de fondos para el usuario Compañía B.	92
Tabla 35. Beneficios para el usuario	102

LISTA DE FIGURAS

	pag
Figura 1. Variación de la presión de acuerdo con el volumen.	15
Figura 2. Componentes de un sistema de aire comprimido	20
Figura 3. Esquema de componentes de un sistema de aire Comprimido	21
Figura 4. Ejemplo de contaminantes encontrados en la atmósfera debido a procesos productivos.	26
Figura 5. Funcionamiento interno de un filtro	26
Figura 6. Porcentaje de participación de los costos asociados con la generación y tratamiento de aire comprimido en 5 años.	32
Figura 7. Sistema en ciclo cerrado con torre de enfriamiento por agua	36
Figura 8. Segmentos relacionados con el aire comprimido.	55
Figura 9. Componentes del sistema de aire comprimido	56
Figura 10. Comportamiento de la demanda en la Compañía A.	58
Figura 11. Comportamiento de la demanda en la Compañía B.	59
Figura 12. Análisis de la presión para las compañías A y B	61
Figura 13. Distribución de equipos para la compañía A	65
Figura 14. Distribución de equipos para la compañía B	67
Figura 15. Esquema financiero por parte del proveedor.	74
Figura 16. Generalidades del mercadeo en un proyecto de Outsourcing	96
Figura 17 Generalidades del mercado en un proyecto de Outsourcing	100
Figura 18. Beneficios generales del Outsourcing	103

INTRODUCCIÓN

En el ámbito nacional, las compañías dedicadas a la manufactura de productos requieren incrementar su competitividad frente a la oferta extranjera. Una propuesta para mejorar la eficiencia es el **Outsourcing**, o dejar en manos de terceros ciertas actividades que pueden ser desarrolladas por personal ajeno a la compañía con mejor desempeño.

Para optimizar la capacidad de las compañías se propone un modelo de **Outsourcing** como una de las alternativas de mejoramiento, aplicando este sistema al suministro de aire comprimido, es decir, permitir que este sea proporcionado por terceros.

A continuación se presenta el panorama general del **Outsourcing**, seguido de las bases teórico-prácticas asociadas al aire comprimido en el sector manufacturero y se analizó la aplicación del **Outsourcing** al suministro de aire comprimido para dos compañías tomadas como ejemplo con el fin de visualizar la factibilidad técnico-financiera de la implantación de este modelo. Los resultados de la aplicación del modelo en las dos compañías están registrados en el capítulo final.

CAPITULO 1. OUTSOURCING

1.1 CONCEPTO

El **Outsourcing** o “tercerización de funciones”, ha sido definido como el cambio de las funciones secundarias total o parcialmente a un contratista externo, como una solución para que las compañías den prioridad a sus funciones básicas y permitan que expertos se hagan cargo de aspectos técnicos, logísticos, administrativos y financieros de la actividad contratada. Ésta relación debe ser basada en confianza, control y beneficio mutuo.

Muchos ejecutivos creen que el beneficio del **Outsourcing** radica en la reducción de costos solamente, y este error los lleva a alejarse de verdaderos beneficios a largo plazo, ya que permite profundización en el conocimiento, mejor desarrollo de innovación, búsqueda de oportunidades y agrega valor a la compañía.

1.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN

El **Outsourcing** ha estado presente desde hace siglos en la sociedad. Hace años los granjeros se dedicaban a realizar todas las actividades necesarias para la supervivencia de la granja: hacían labores domésticas por sí mismos,

plantaban, cultivaban, recogían, horneaban, tejían, cosían, cortaban leña construían sus propias casas gastando tiempo y dinero en la realización de actividades que no ayudaban a mejorar la eficiencia de la granja.

En la medida en que los miembros de las comunidades se dedicaron a realizar funciones específicas lograron desarrollar tareas de manera productiva y sobresaliente. De este modo se llega a tareas especiales como la de granjeros, constructores, vaqueros, negociantes, sastres, zapateros, herreros, carniceros, panaderos, pescadores, guardabosques, banqueros, farmacéutas, y muchos otros.

En la medida en que pasó el tiempo se diversificaron y especializaron las tareas. En realidad no muchas personas en el mundo cultivan su propio trigo para hacer pan, la mayoría simplemente van a la panadería y lo compran. Así mismo, actualmente la mayoría de las personas no cavan pozos para obtener agua potable, no cultivan algodón para luego hacer su ropa, no excavan para obtener minerales, existe un especialista que se ha dedicado a desarrollar de manera productiva éstas actividades. En conclusión, todo éste proceso de especialización de tareas ha llevado a que los clientes de unos sean los proveedores de otros.

La diferencia entre el **Outsourcing** y la especialización radica en el campo en donde estos términos se utilicen. El **Outsourcing** es un concepto aplicado en finanzas, negocios, contabilidad, auditorías, comunicaciones, producción,

publicidad, reclutamiento de personal, seguros, seguro médico, manejo de inversiones, etc., éste es conocido como la transferencia de un servicio interno a una compañía externa.

Un ejemplo de **Outsourcing** en los Estados Unidos ha sido la manufactura de piezas de autopartes fuera de las ensambladoras¹. En 1981 se presentó una situación complicada para éste país, los inversionistas extranjeros compraban rentables y seguros bonos del gobierno, con el dólar cerca de costar 4 Marcos alemanes y 360 Yenes japoneses la inversión en la industria americana se vio en serios problemas.

El sector industrial americano, en especial el autopartista clamó por seguridad y el gobierno americano reaccionó con sus socios del G-7 para lograr una caída del valor del dólar. Como haya sido, la reacción del gobierno y del G-7 fue tardía y estados con fuerte presencia industrial como Michigan y Pensilvania sufrieron masivas pérdidas de trabajo. Entre la fuerza del dólar y el incremento de la competencia extranjera, las compañías autopartistas se encontraron en una situación desesperada y fueron forzadas a encontrar recursos para disminuir costos e incrementar rentabilidad. A mediados de las décadas de los 80's General Motors realizó un proceso inusual y cerró diez fábricas en Michigan y las trasladó a México.

¹ Fuente: on line <http://www.sudhian.com/printdocs.cfm?aid=373>. Consultado el 19 de Septiembre de 2003

“The United Autoworkers Union” (UAW) reaccionó y realizó transferencias de aspectos fundamentales de trabajo a través del océano a los tres fabricantes más grandes. En realidad, la UAW realizó con éxito negociaciones para prevenir que la GM y Ford realizaran procesos de Outsourcing a través del océano.

Ya era muy tarde para revertir las cosas, las compañías americanas vieron el Outsourcing y notaron una cosa: Rápida recuperación de la inversión. El tema se aceleró durante la década de los 90's con la firma del tratado del NAFTA entre Estados Unidos, México y Canadá ya que las compañías americanas vieron en México un mercado potencial para exportar y un centro potencial de producción. Tanto como GM como Ford expandieron su capacidad de producción mexicana y de ésta manera fueron seguidos por más compañías. Las compañías mexicanas contratadas por las ensambladoras americanas fueron llamadas maquiladoras y se encuentran principalmente en la frontera entre Estados Unidos y México.

La historia continúa pero lo que se quiere mostrar en éste ejemplo² es que un importante sector industrial en crisis encontró en el **Outsourcing** la salida para la difícil situación con resultados positivos.

² Ibid

1.3 APLICACIÓN EN DIFERENTES SECTORES DE LA ECONOMÍA MUNDIAL

En la economía mundial el **Outsourcing** ha tenido una evolución importante en diferentes sectores de la economía mundial:

- a) Contabilidad
- b) Manejo de nómina
- c) Contratación de personal
- d) Capacitación y entrenamiento
- e) Adquisición de programas, computadores y equipos complementarios
- f) Mantenimiento de computadores
- g) Actualización de programas de computador
- h) Actualización de bases de datos
- i) Publicidad y mercadeo
- j) Mantenimiento de equipos de producción
- k) Fabricación de piezas
- l) Manejo de importaciones
- m) Manejo de exportaciones
- n) Distribución de productos en la cadena de comercialización
- o) Fabricación de empaques
- p) Diseño de páginas Web
- q) Cafetería y alimentación para empleados

1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Es importante tener en cuenta que el desarrollo de **Outsourcing** permite el avance eficiente de las actividades involucradas. A continuación una descripción general:

Tabla 1. Ventajas y desventajas del Outsourcing

Ventajas	Desventajas
Mejorar la calidad, incrementar la flexibilidad y proporcionar mayores servicios que los proporcionados por departamentos o divisiones internas	Ya ser la actividad desarrollada, aplicada y optimizada por el experto se genera una relación de dependencia que puede llevar a perder control de variables importantes relacionadas como tiempos, calidad, políticas y lineamientos.
Mantener los procesos en constante actualización llegando a importantes niveles de innovación al permitir que contratistas expertos desarrollen procesos bajo las especificaciones requeridas	Todos las variables deben ser tenidas en cuenta tanto en el cálculo de aspectos financieros como técnicos, administrativos y logísticos.
Incrementar valor a las compañías al permitir que se dediquen a sus actividades propias	Debido a la responsabilidad del usuario de Outsourcing y del proveedor de este servicio el contrato escrito tendrá todas estas variables establecidas para cubrir cualquier eventualidad que se presente, en caso de no llegar a acuerdos, las instancias legales competentes se harían cargo.
Dejar las actividades ajenas al negocio de la compañía en manos de terceros para que estos asuman el riesgo, capacitación, inversión inicial, etc, distribuyendo éstos entre varios clientes	
Disminuir costos, tiempo, riesgo y esfuerzos en el desarrollo de técnicas que pueden ser desarrolladas más eficientemente por expertos	

Tabla 1. Ventajas y desventajas del *Outsourcing*. Continuación.

Ventajas	Desventajas
Acumular experiencia, conocimiento y destrezas rápidamente gracias a lo suministrado por la compañía contratada para desarrollar alguna función, proyecto o actividad en <i>Outsourcing</i>	
Encontrar en la compañía contratada el responsable directo por la consecución de resultados	
Evitar la contratación de personal en momentos de crecimiento, para despedirlo cuando las cosas no van bien. Con esto se impide despedir personal con un importante " <i>know how</i> " ³ y perder dinero en capacitación y entrenamiento	

Fuente: On line www.laoficinasinpapel.com/servicios/outsourcing.htm

En la tabla 1 se describen las ventajas y desventajas que se presentan en los proyectos de ***Outsourcing*** en general.

1.5 CRITERIOS ADMINISTRATIVOS A TENER EN CUENTA

Antes de analizar qué actividades se desarrollarán en ***Outsourcing*** por terceros se debe contemplar:

- Determinar qué actividades aprecian y requieren realmente los clientes para ser desarrolladas por la compañía, lo demás puede ponerse en manos de terceros.
- Innovar y exigir innovación con el fin de garantizar un rendimiento mayor al de la competencia.

³ Know How : En español: saber cómo, es decir, tener el conocimiento y la experiencia para el desarrollo de actividades específicas.

1.5.1 Riesgo. Durante décadas se ha observado la rentabilidad del **Outsourcing**, sin embargo, es importante contemplar el riesgo asociado a éste tipo de negocios.

Tanto el cliente o usuario del **Outsourcing** como el proveedor esperan encontrar en este tipo de negociaciones los mejores resultados económicos, no obstante, el riesgo se puede entender mejor por medio del análisis de la relación entre el negocio que se plantea y sus etapas y la diferencia que potencialmente existe entre lo que se espera y lo que se encuentra en la realidad.⁴

1.5.1.1 Riesgos para el cliente.

- Al contratar terceros para el desarrollo de actividades internas de la compañía se puede perder la filosofía o políticas, se puede perder identidad e imagen corporativa ante personal interno, clientes, competidores y proveedores.
- Las necesidades reales pueden no ser suplidas por el proveedor, de manera que se debe hacer un seguimiento del cumplimiento de objetivos, la metodología y los ajustes que se deben realizar durante el proceso.
- Información confidencial de la compañía se entrega a terceros para el desarrollo de los procesos contratados, con esto se corre

⁴ Fuente: On line <http://www.darwinmag.com/read/060103/risk.html>

el riesgo de perder control sobre el acceso y manejo de datos, especificaciones, estadísticas, fortalezas, debilidades, etc.

- En caso que el proveedor no cumpla las especificaciones el cliente tendrá problemas o incumplimientos que deterioren el trabajo realizado previo al acuerdo de **Outsourcing**.

1.5.1.2 Riesgos para el proveedor.

- Incumplimientos de pago por parte del cliente.
- Pérdidas de dinero, tiempo, infraestructura o imagen en el momento en que el cliente dé por terminado el contrato de manera unilateral.
- En caso que el cliente no proporcione los recursos necesarios para el desarrollo de la actividad contratada en **Outsourcing**, el proveedor podrá incumplir lo solicitado.

1.5.2 Aspectos financieros. El éxito del **Outsourcing** radica en generar beneficios económicos tanto para el proveedor como para el cliente.

1.5.2.1 Aspectos financieros a tener en cuenta para el cliente. El cliente o usuario del **Outsourcing** debe contemplar los siguientes aspectos:

- Costos directos: Contempla los costos asociados con el servicio o labor realizada internamente: mano de obra, servicios (luz, agua,

teléfono, gas), mantenimiento, actualización, costos de fallas, investigación y desarrollos nuevos.

- Costos indirectos: Son los costos de otros procesos de la compañía que se ven afectados por ineficiencia o mal funcionamiento de la labor que se desarrolla internamente que puede ser llevada a cabo por terceros.
- Inversión inicial: Para el montaje de la infraestructura necesaria requerida por equipos, sistemas o personas.
- Pago al proveedor: El acuerdo económico entre el cliente y el proveedor debe contemplar una relación de ganancia para ambas partes.
- Ganancia: diferencia entre los costos actuales y el pago que se debe efectuar al proveedor.

1.5.2.2 Aspectos financieros a tener en cuenta para el proveedor .

- Inversión inicial en diseños, equipos, sistemas, entrenamiento, montajes, gastos administrativos e impuestos.
- Costos constantes: Son los costos relacionados con la operación y sostenimiento del contrato, tales como: mano de obra, desplazamientos, repuestos, innovaciones, desarrollo de nuevos proyectos, capacitaciones, entre otros.

1.5.3 Características del contrato. Dentro de las características del contrato se debe contemplar:

- Fecha de inicio y finalización.
- Lugar en donde se desarrollarán las actividades.
- Especificaciones técnicas, administrativas y logísticas de la labor contratada.
- Alcances, restricciones y aclaraciones
- Causales de terminación unilateral del contrato
- Derechos y obligaciones de ambas partes
- Pagos y condiciones comerciales
- Manejo de seguros
- Definición de pólizas y garantías
- Arbitramiento

En general el contrato debe definir todos los aspectos que se consideren necesarios, de manera clara y sencilla, para que en cualquier eventualidad se pueda llegar a un acuerdo sin contratiempos basados en las especificaciones definidas.

CAPÍTULO 2. AIRE COMPRIMIDO

2.1 DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN

Aire comprimido es el mismo aire atmosférico, el cual ha sido impulsado a una serie de tuberías por medio de un compresor hasta equipos o procesos que aprovechan la presión del aire para desarrollar sus funciones. En resumen, el aire comprimido es una fuente de energía que es aprovechado por los usuarios para hacer funcionar sistemas automáticos, herramientas neumáticas, transportadores de materiales, transformación y conservación de materiales orgánicos e inorgánicos, entre otros.

El aire comprimido tiene aplicaciones en diversos tipos de industria dependiendo de la presión:

- a) **Baja presión:** Desde presión atmosférica hasta 2 veces éste valor.
 - Transporte neumático para material granulado o polvos.
 - Ordeño.

- Aireación o agitación de tanques con agua residual, alimentos, sustancias químicas, entre otros. Extracción de vapores tóxicos o explosivos en recipientes cerrados.
- Oxigenación de procesos de combustión.
- Optimización de procesos de combustión.
- Aspersión de líquidos.

b) **Media presión** : Desde 90 psi hasta 205 psi⁵

- Fábricas: Accionamiento de cilindros neumáticos, válvulas, procesos automatizados, taladros y herramienta neumática. Sistemas de monitoreo y control de proceso, procesos de limpieza, sandblasting⁶, soplado e inyección de plásticos, soplado de mangas en colectores de polvos⁷, limpieza interna de recipientes, aplicación de pintura, remache, producción de oxígeno, nitrógeno y otros gases, etc.
- Hospitales: Ventiladores en las unidades de cuidados intensivos y producción de oxígeno.
- Laboratorios: Agitación de líquidos, aspersión de líquidos, pruebas, generación de vacío, limpieza de piezas, entre otros.

⁵ Unidades de presión: Valor de la fuerza por unidad de área. $\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área}$

psi: Pound per square inches, en español, libras sobre pulgada cuadrada, capítulo 2.2.1. Presión.

⁶ Sandblasting: Proceso de limpieza de piezas por chorro de arena y aire comprimido.

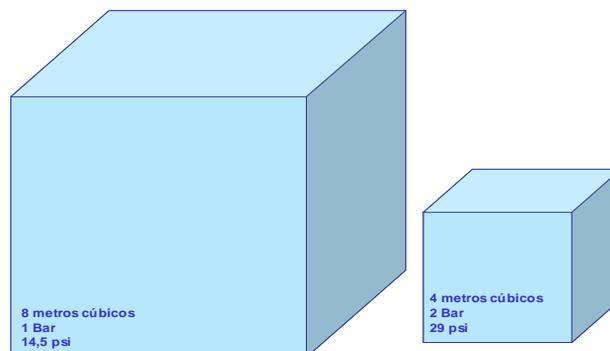
⁷ Colector de polvo por soplado de mangas: Elemento aspirador de contaminación o gases tóxicos que hace pasar dichos contaminantes por filtros de mangas para entregar aire limpio al ambiente.

- c) **Alta presión:** Desde 205 psi hasta 6000 psi.
- Soplado de botellas en PET u otros materiales.

2.2 VARIABLES RELACIONADAS CON AIRE COMPRIMIDO

2.2.1 Presión. Es la fuerza que se ejerce por unidad de área. Existen fluidos compresibles y no compresibles, el aire es un gas y por lo tanto se puede comprimir, es decir, incrementar su presión. Para dar mayor claridad al respecto se revisará lo siguiente: Una habitación de dos metros de frente por dos metros de lado y dos metros de altura tiene un volumen de 8 metros cúbicos. El aire que se encuentra en esta habitación (si se encuentra a nivel del mar) tiene una presión atmosférica de 1 atmósfera (14,69 psi). Si se toma esta misma cantidad de aire y se pasa a un cuarto más pequeño, de 4 metros cuadrados la presión dentro de este nuevo cuarto será mayor, esta será de 2 atmósferas (29,38 psi).

Figura 1. Variación de la presión de acuerdo con el volumen.



A continuación se presentan las unidades más utilizadas para la presión y sus equivalencias:

Tabla 2. Unidades de presión

De	Hasta	Multiplique por	
Pulgadas de agua	inH ₂ O	psi	0,03612
Libra sobre pulgada cuadrada	psi	inH ₂ O	27,68600
Pulgadas de mercurio	inHg	psi	0,49120
Libra sobre pulgada cuadrada	psi	inHg	2,03600
Atmósferas	atm	psi	14,69600
Libra sobre pulgada cuadrada	psi	atm	0,06805
Kilogramo sobre centímetro cuadrado	kg/cm ²	psi	0,01422
Libra sobre pulgada cuadrada	psi	kg/cm ²	70,32349
Bares	Bar	psi	14,22000
Libra sobre pulgada cuadrada	psi	Bar	0,07032

Fuente. *Ingersoll Rand*, 1988, Página 100

En la tabla 2 se encuentran las principales unidades de presión en la industria, en Colombia se utilizan principalmente psi y Bar.

La presión tiene diferentes valores de acuerdo con la ubicación desde el punto donde se esté analizando:

- **Presión atmosférica:** Es aquella que ejerce la atmósfera sobre cualquier punto de la tierra, a nivel del mar ésta equivale a 1

atmósfera (14.69 psi), en Bogotá esta es de 0,72 atmósferas (10,69 psi) ya que esta ciudad se encuentra a una altura mayor (2600 metros)⁸ la presión que ejerce la atmósfera sobre ésta es menor.

- **Presión manométrica:** Es aquella requerida por los equipos de producción para funcionar adecuadamente, esta puede ser mayor que la presión atmosférica o menor que ésta (vacío).

2.2.2 Caudal. Es la cantidad de aire indicada en términos de volumen por unidad de tiempo. Cualquier compresor puede generar determinada cantidad de aire, lo importante es determinar cuanto tiempo tarda en producirlo⁹. De la misma manera, las fábricas consumen determinado caudal en cierto tiempo.

Tabla 3. Unidades de caudal

	De	Hasta	Multiplique por
Litros por minuto	l/min	cfm	0,03531
Pies cúbicos por minuto	cfm	l/min	28,32059
Metros cúbicos por minuto	m ³ /min	cfm	35,31400
Pies cúbicos por minuto	cfm	m ³ /min	0,02832
Metros cúbicos por hora	m ³ /h	cfm	0,58860
Pies cúbicos por minuto	cfm	m ³ /h	1,69895
Galones americanos por minuto	USgpm	cfm	7,48000
Pies cúbicos por minuto	cfm	USgpm	0,13369

⁸ Fuente: IDEAM

⁹ Acevedo, Mariluz. Manual de aire comprimido. Bogotá: Kaeser Compresores, 2003. P.1-4.

Fuente. Acevedo, 2003, página 8-1

En la tabla 3 se describen las unidades de caudal que se utilizan con más frecuencia, para el caso colombiano, las más utilizadas son cfm, m³/min y l/min.

2.2.3 Humedad. La atmósfera es una mezcla de aire y vapor de agua¹⁰. Es la cantidad de agua contenida en el aire a determinada presión y temperatura. La humedad en el aire comprimido tiene efectos negativos sobre los equipos y los procesos productivos, puede generar corrosión, fugas, entre otros.

Al realizar la compresión del aire, su temperatura se incrementa¹¹, cualquier disminución de la temperatura del aire por debajo de un valor determinado genera agua en forma líquida¹². Este líquido provoca en la mayoría de los casos corrosión, ineficiencia y problemas en la maquinaria o equipos que utilizan este aire comprimido.

Uno de los términos más importantes relacionados con la humedad es el punto de rocío, este es la temperatura a la que se generan las primeras gotas de agua en el aire (Acevedo, 2003, página 4-4) a determinada presión. Cuando el punto de rocío es igual o mayor que la temperatura ambiente se encontrará inevitablemente agua en forma líquida, de tal manera que se instalan equipos luego del compresor que reduzcan el valor del punto de rocío con el fin de

¹⁰ Marks. Manual del Ingeniero Mecánico. México: Mc Graw Hill, 1990. p.4-28.

¹¹ Howell, John. Principios de termodinámica para ingenieros. México Mc Graw Hill, 1990. p.125.

¹² Marks. Manual del Ingeniero Mecánico. México: Mc Graw Hill, 1990. p.4-28

eliminar la posibilidad de encontrar agua líquida en el aire. Al eliminar este condensado (agua líquida) se evitan problemas de corrosión, fugas, ineficiencia y se previenen problemas de producción.

2.2.4 Potencia. La potencia se define como el consumo energético requerido para realizar un trabajo. En el caso de los compresores de aire comprimido el trabajo es comprimir una cantidad de aire hasta los niveles de presión programados¹³.

Tabla 4. Unidades de Potencia

	De	Hasta	Multiplique por
kilovatios	kW	HP	0,74570
Caballo de potencia	HP	kW	1,34102
kilocaloría por hora	kcal/h	HP	641,30000
Caballo de potencia	HP	kcal/h	0,00156

Fuente. Acevedo, 2003, página 8-2

Las unidades de potencia descritas en la tabla 4 son las más utilizadas para cálculos de consumos energéticos y el respectivo cobro por parte de las compañías proveedoras de energía. La potencia se calcula como sigue:

¹³ Marks. Manual del Ingeniero Mecánico. México: Mc Graw Hill, 1990. p.14-32

Fórmula 1. Cálculo de la potencia teórica del motor en Vatios

$$W = V_n \times I_n \times \sqrt{3} \times \text{Cos} \varphi_n$$

VARIABLES A TENER EN CUENTA:

W Watt, la potencia en el eje del motor (cantidad de trabajo que el sistema es capaz de desarrollar)

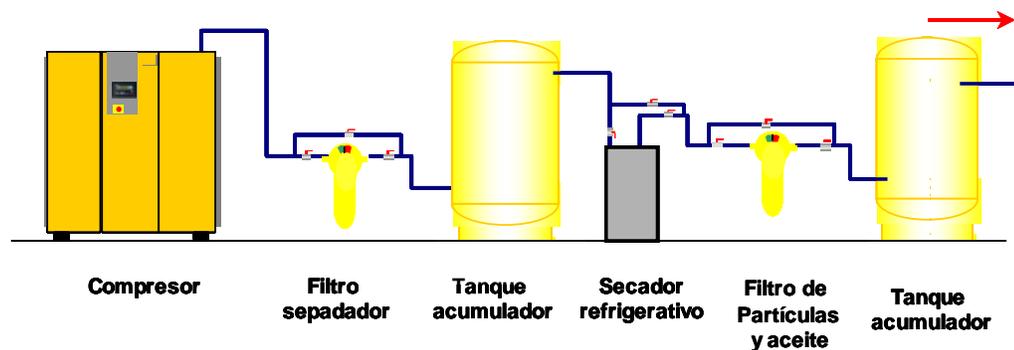
V_n Voltaje

I_n Amperaje (intensidad de la corriente eléctrica)

$\text{Cos} \varphi$ Coseno del ángulo de variación entre fases

2.2.5 Concepto de sistema de aire comprimido. Un sistema de aire comprimido está compuesto por un conjunto de equipos diseñados para entregar y limpiar el aire de acuerdo con los requerimientos de los usuarios¹⁴. Los componentes más sobresalientes en un sistema de aire comprimido son:

Figura 2. Componentes de un sistema de aire comprimido

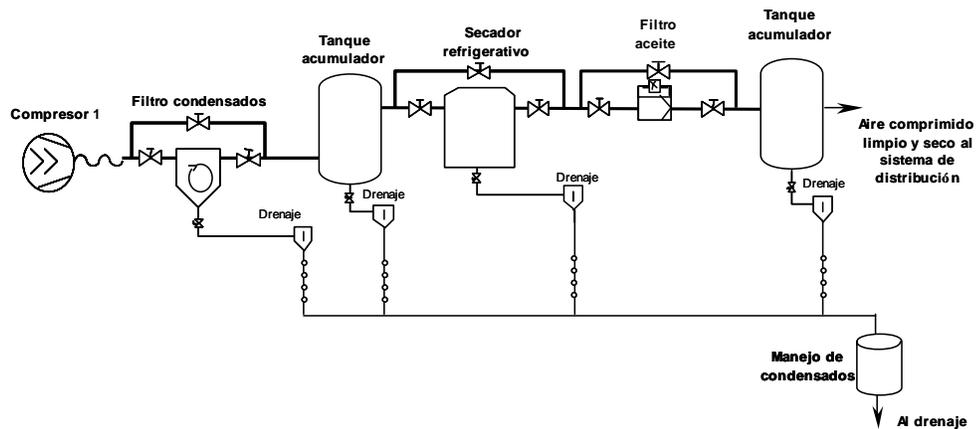


Fuente: Acevedo, 2003, página 10-7

¹⁴ Ingersoll Rand Compressors. Air. Ingersoll Rand. USA. 1998. P. 46

En las figura 2 y 3 se aprecia un ejemplo de componentes de un sistema de aire comprimido para garantizar una calidad de aire respirable.

Figura 3. Esquema de componentes de un sistema de aire comprimido



Fuente: Acevedo, 2003, página 10-7

2.2.5.1 Compresor. La compresión de un gas tiene un objetivo: entregar gas a una presión más alta de la que recibe.

Tipos de compresores de aire.

Los compresores de aire se dividen en dos grandes grupos: equipos de desplazamiento positivo y equipos dinámicos.

- Los equipos de desplazamiento positivo toman el gas a través de la admisión, y un elemento rotatorio lo empuja a una

cámara en donde es comprimido. Dentro de este grupo se encuentran los conocidos compresores de tornillo.

- Los equipos dinámicos impulsan el gas incrementando su velocidad hacia la red de tuberías.

2.2.5.2 Post-enfriador. Es un intercambiador que disminuye la temperatura del aire comprimido con el fin de facilitar la captura de agua condensada para evitar problemas en tuberías y elementos neumáticos¹⁵. El post-enfriador puede ser un intercambiador agua-aire, es decir, se utiliza agua fría con el fin de reducir la temperatura del aire por medio de transferencia de calor. Otro tipo de post-enfriadores pueden ser aquellos que utilizan aire del ambiente impulsado por un ventilador, este aire se encuentra a una temperatura inferior que el aire comprimido, de manera que al pasar a través de un intercambiador se logrará reducir la temperatura del aire comprimido¹⁶.

Para el caso de los compresores de pistón, la temperatura del aire a la salida del compresor es mayor de 150°C, en el caso de los compresores de tornillo, esta es de 90°C, dependiendo de la temperatura ambiente y de las características internas del compresor.

¹⁵ ABUCHAIBE, Arturo, y otros. “Manual sobre aire comprimido y aplicación en la industria”. Venezuela. Atlas Copco. P. 124

¹⁶ ABUCHAIBE, Arturo, y otros. “Manual sobre aire comprimido y aplicación en la industria”. Venezuela. Atlas Copco. P. 125

2.2.5.3 Filtro separador. Debido a la reducción de temperatura a la salida del post-enfriador, se generan grandes cantidades de agua líquida o condensada que deben ser eliminadas. Se instala, entonces, un elemento que separe el aire del agua para poder retirar el líquido del sistema. Este componente evita que el agua condensada afecte tuberías y elementos neumáticos.

2.2.5.4 Tanque acumulador. En un sistema de aire comprimido, el tanque acumulador tiene dos funciones importantes:

- Almacenar aire comprimido con el fin de abastecer la demanda cuando ésta se incrementa súbitamente. En caso que el sistema no tenga tanque acumulador se corre el riesgo de bajas de presión.
- Sirve como intercambiador de calor, disminuye la temperatura del aire comprimido de manera que en este elemento se retienen cantidades importantes de agua líquida, aceites y partículas ¹⁷.

2.2.5.5 Secador. Son elementos capaces de reducir la humedad contenida en el aire, la humedad es un factor decisivo en el correcto funcionamiento del sistema, de manera que el hecho de instalar secadores en el sistema de aire

¹⁷ Acevedo, Mariluz. Manual de aire comprimido. Bogotá: Kaeser Compresores, 2003. P.5-1.

comprimido mejora las condiciones de trabajo de tuberías y elementos neumáticos.

Como se analizó en el capítulo **2.2.5.3 Humedad**, el punto de rocío es una variable importante en el momento de tomar decisiones acerca del tipo de secador que debe instalarse en el sistema.

Existen dos tipos de secadores:

- **Secadores refrigerativos:** Funcionan al igual que una nevera doméstica, utilizando un refrigerante y un intercambiador de calor que puede reducir la temperatura del aire comprimido a 3°C (punto de rocío), y de esta manera generan y evacúan grandes cantidades de agua condensada, evitando que se genere posteriormente en otros componentes con efectos negativos. La base de este tipo de secadores es el enfriamiento del aire comprimido, de manera que si la temperatura ambiente disminuye por debajo del punto de rocío se encontrará agua condensada, ver figura 4 temperaturas de Punto de rocío y humedad en el aire comprimido¹⁸.

¹⁸ ABUCHAIBE, Arturo, y otros. "Manual sobre aire comprimido y aplicación en la industria". Venezuela. Atlas Copco. P. 133

- **Secadores por sorpción:** Tienen componentes que toman la humedad del aire, no lo enfrían, de manera que pueden reducir la temperatura de punto de rocío hasta -70°C . A este nivel es imposible encontrar agua condensada en las tuberías de aire comprimido, por supuesto a menos que la temperatura ambiente disminuya por debajo de este valor. Los secadores generan pérdidas de caudal debido a purgas requeridas por estos elementos, son más costosos que los secadores refrigerativos de manera que la selección debe ser cuidadosa de acuerdo con las características de humedad requeridas por los usuarios¹⁹.

2.2.5.6 Filtros de partículas y aceite. En la atmósfera se encuentran partículas sólidas y aceites debido al polvo, hollín de fábricas y autos, desechos pulverizados de procesos, entre otros. Estos elementos entran al compresor y salen de él en determinada cantidad por la tubería de distribución. Estos deben ser retirados del aire comprimido ya que al entrar en contacto con los elementos neumáticos pueden generar fugas además de estropear el proceso productivo en caso que el aire comprimido entre en contacto con el producto, este caso es muy delicado en las industrias farmacéutica, alimenticia, hospitalaria, textil, entre otras; Ver figura 4. El objetivo de instalar filtros es reducir el tamaño de las partículas de manera que su efecto sobre los equipos o procesos sea nulo.

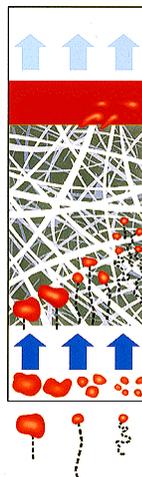
¹⁹ ABUCHAIBE, Arturo, y otros. “Manual sobre aire comprimido y aplicación en la industria”. Venezuela. Atlas Copco. P. 137

Figura 4. Ejemplo de contaminantes encontrados en la atmósfera debido a procesos productivos.



Tanto los filtros de partículas como los de aceite funcionan de acuerdo con el esquema de la figura 5, se habla de tamaños 100 veces más pequeños que el diámetro de un cabello.

Figura 5. Funcionamiento interno de un filtro



2.2.6 Requerimientos se deben tener en cuenta

a) **Presión requerida en la red:** Es importante considerar la presión de trabajo de los usuarios del aire comprimido, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Diferentes presiones en la red, en algunas empresas se presenta el caso que no todos los usuarios pueden trabajar con la misma presión, algunos requieren presiones más altas que otras. No siempre es aconsejable que con el mismo compresor se alimenten líneas a diferentes presiones, ya que esto obliga a que el compresor trabaje por encima de la presión más alta.
- Las pérdidas de presión entre el compresor y el último usuario no deben ser mayores al 10%.
- Las pérdidas de presión se generan por: Diámetros de tubería inadecuados, fricción interna de tuberías, longitudes de tubería, accesorios, cambios bruscos de diámetros de tubería, fugas, entre otros.

b) **Caudal requerido en el sistema.:** Es importante verificar el inventario de equipos que requieren aire comprimido. Luego de conocer el caudal requerido se debe considerar un margen de seguridad para fugas y

nuevos usuarios, esta suma se considera como la demanda pico y sus unidades son cfm (pies cúbicos por minuto) o cualquier unidad que identifique volumen por unidad de tiempo neumáticos²⁰.

c) Perfil de la demanda: Cada proceso productivo tiene una demanda con características propias. El perfil de la demanda es importante para poder seleccionar la cantidad de compresores y sus características. El perfil de demanda es la forma en como la planta utiliza el aire comprimido, es decir, algunas fábricas pueden consumir siempre la misma cantidad de manera constante, otras fábricas pueden consumir cantidades variables de aire ya que su proceso productivo es variable²¹.

d) Calidad del aire comprimido: El aire que respiramos no es puro, presenta agua (en forma de vapor), partículas (hollín, polvo) e hidrocarburos (resultado de la combustión de fábricas y automóviles). Estos componentes entran al compresor y salen casi en la misma cantidad que ingresan, de manera que se debe determinar qué calidad se requiere de acuerdo con las características de los usuarios.

²⁰ Acevedo, Mariluz. Manual de aire comprimido. Bogotá: Kaeser Compresores, 2003. P.1-5

²¹ Acevedo, Mariluz. Manual de aire comprimido. Bogotá: Kaeser Compresores, 2003. P.1-7

Tabla 5. Niveles de calidad de aire requeridos de acuerdo con la norma ISO 8573-1

ISO 8573-1					
Clase	solidos mg/m ³	solidos µm	agua mg/m ³	agua punto de rocio °C	aceite m/m ³
1	0,01	0,1	0,1	-70	0,003
2	0,1	1	1	-40	0,117
3	1	5	5	-20	0,88
4	5	15	8	+3	5,95
5	25	40	10	+7	7,73
6	-	-	-	+10	9,36
7	-	-	-	No especifica	

Fuente: Acevedo, 2003, página 1-6

La tabla 5 identifica los niveles de calidad de aire tomando como punto de referencia el contenido de agua, partículas y aceite en el aire comprimido. Estos niveles de calidad se logran instalando diferentes tipos de filtros y secadores, siguiendo el esquema básico de la figura 4 Componentes de un sistema de aire comprimido e instalando más o menos filtros de acuerdo con los requerimientos.

Como ya se mencionó, existen impurezas en el aire atmosférico y estas pueden entrar en el sistema de aire comprimido si no existen los componentes adecuados para purificar el aire de acuerdo con la figura 3, los efectos de la existencia de estas se encuentran en la tabla 5.

Tabla 6. Implicaciones de no limpiar el aire comprimido

Sin tratamiento	Problemas en el sistema	Problemas de producción
Suciedad	Corrosión	Contaminación
Aerosoles de aceite	Pérdidas de presión	Desgaste de herramienta
Vapor de agua	Condensación	Rechazos de productos
	Congelación	Paros de producción
	Mantenimiento	

Al presentarse vapor de agua en el sistema, se generan problemas de condensación en el sistema que puede llevar a producir paros de producción.

La tabla 5 muestra los inconvenientes presentados por los contaminantes presentes en el aire comprimido.

2.3 COSTOS DEL AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido se obtiene a partir del aire atmosférico, recurso gratis e inagotable. Sin embargo, para poder incrementar su presión y retirar agua condensada e impurezas se debe hacer dos tipos de inversiones: La inversión inicial y la inversión permanente.

2.3.1 Inversión inicial. La inversión inicial se refiere a la compra y adecuación de equipos y accesorios requeridos para el correcto funcionamiento del sistema. Dentro de los elementos requeridos para la inversión inicial se debe contemplar²².

- a) Compresor
- b) Filtros
- c) Tanques
- d) Secadores
- e) Tubería de interconexión entre los equipos del sistema
- f) Válvulas y accesorios
- g) Instalación eléctrica
- h) Obra civil para adecuar el sitio de trabajo del sistema de aire comprimido
- i) Transporte de los elementos al sitio
- j) Pólizas de seguros
- k) Mano de obra para realizar trabajos de ingeniería, eléctricos, neumáticos, civiles y mecánicos.
- l) Capacitación y entrenamiento

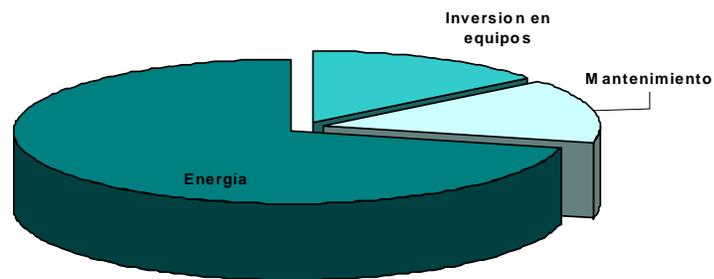
2.3.2 Inversión permanente. No sólo es importante la inversión inicial que se

²² Acevedo, Mariluz. Manual de aire comprimido. Bogotá: Kaeser Compresores, 2003. P.7-1.

realiza al instalar y poner en funcionamiento un sistema de aire comprimido, es importante tener en cuenta los costos permanentes en los que se incurre para poder sostener el sistema.

2.3.2.1 Energía eléctrica. La energía eléctrica es uno de los factores más relevantes de acuerdo con la figura 7 en cuanto a los costos asociados con el sistema de aire comprimido se refiere, si se toma el valor de la inversión inicial más el mantenimiento y la energía eléctrica consumida por el compresor funcionando durante 5 años, se tiene que lo más relevante es la energía eléctrica con un 75% de participación de los costos, un 15% de la inversión inicial y un 15% por el mantenimiento.

Figura 6. Porcentaje de participación de los costos asociados con la generación y tratamiento de aire comprimido en 5 años.



Fuente: on line <http://oit.doe.gov/bestpractices>, 2002

Fórmula 2. Cálculo del costo de la energía eléctrica consumida por el compresor

$$C_{ee} = \left[kW_{carga} \times h_{carga} \right] + \left[kW_{vacío} \times h_{vacío} \right] \times \$_{kWh}$$

Se deben contemplar variables como:

El consumo de potencia a plena carga del compresor (kW_{carga})

El consumo de potencia en vacío del compresor ($kW_{vacío}$)

Las horas de trabajo a plena carga del compresor (h_{carga})

Las horas de trabajo en vacío ($h_{vacío}$)

El costo de la energía por kW/h ($\$_{kWh}$)

El caudal demandado por la planta

Fuente: Acevedo, 2003, capítulo 7

Se contempla el siguiente ejemplo:

Un compresor de 100 HP (74,56kW/h) que funciona 6000 horas al año en carga, 2760 horas al año en vacío, con un costo de energía de 150 \$/kWh tiene el siguiente costo de energía eléctrica al año, de acuerdo con la fórmula 2.

$$\$74\,779.560 = \left[[74,56 \times 6.000] + [18,54 \times 2.760] \right] \times \$150$$

2.3.2.2 Mantenimiento. Para calcular el costo de mantenimiento se debe tener en cuenta:

- Costo de repuestos consumibles (de consumo constante como filtros y aceite).
- Costo de repuestos contemplados por reparación de fallas.
- Costo de repuestos contemplados en el mantenimiento preventivo.
- Mano de obra para mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos.
- Subcontratación de servicios de mantenimiento.
- Alquiler de equipos.
- Costos indirectos de mantenimiento como: mano de obra cesante, tiempos improductivos de los equipos de producción, materia prima e insumos perdidos, costos ocultos de no calidad y no cumplimiento, entre otros. (no se debe olvidar que el sistema de aire comprimido es la base de muchas fábricas por lo tanto si el sistema falla toda la fábrica puede detener su funcionamiento).

2.3.2.3 Refrigeración. En el proceso de generación de aire comprimido se encuentran altas temperaturas en el interior de los compresores. Estas temperaturas oscilan entre 90°C y 150°C dependiendo del tipo de compresor.

De acuerdo con esto, es necesario refrigerar el aire comprimido y el compresor internamente. Este sistema de refrigeración puede utilizarr agua o por aire en el post-enfriador, según el capítulo 2.2.5.2. de este documento.

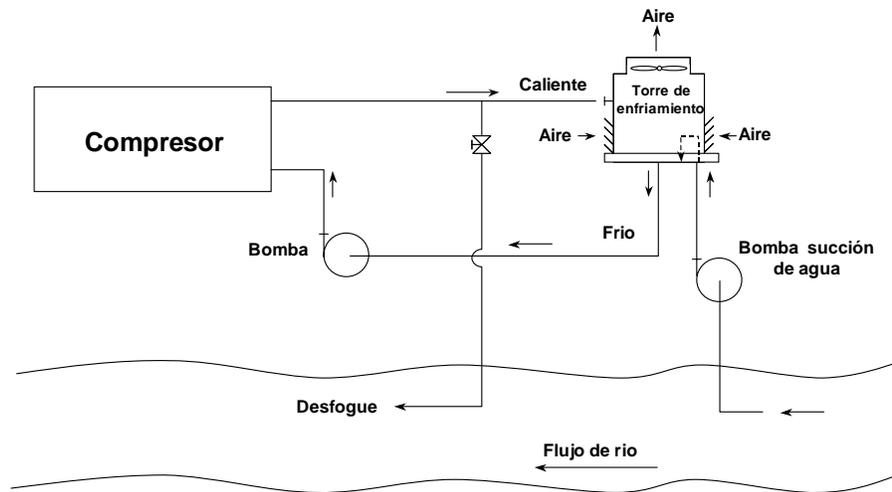
En caso que el sistema sea refrigerado por aire, será necesario utilizar un ventilador que permita el flujo de aire fresco a través del post-enfriador. La potencia requerida para este sistema depende del tamaño del compresor y de la masa de aire comprimido a refrigerar.

Si el sistema es refrigerado por agua el proceso se ve afectado por diversas variables ya que se requiere agua que debe cumplir con algunas características físicas y químicas.

- **Características químicas:** P.H., dureza, contenido de metales, sulfatos, sales, fosfatos, partículas sólidas, apariencia, entre otros.
- **Características físicas:** Presión y temperatura.

Para cumplir los requisitos en cuanto a las características químicas es necesario aplicar productos químicos al agua de refrigeración. Para garantizar la presión se debe instalar una bomba para vencer la caída de presión a través del compresor, para garantizar la temperatura adecuada se recomienda la instalación de un sistema que enfríe el aire.

Figura 7. Sistema en ciclo cerrado con torre de enfriamiento por agua



Fuente: ROSALER, 1987, página 6-28

En la figura 7 se observa lo complejo del sistema de enfriamiento por agua con ciclo cerrado, este se puede utilizar en cualquier tipo de fábrica y es bastante utilizado a nivel mundial. Es aplicado en las empresas del ejemplo y sus costos se describen a en la tabla 8.

2.4 SISTEMA ACTUAL PARA CUBRIR NECESIDADES DE SUMINISTRO

Para el suministro de aire comprimido y el desarrollo de las actividades normales de la fábrica, se cuenta con equipos propios, a los cuales se les realiza actividades de mantenimiento, operación y mejoramiento.

Para facilitar la comprensión de los aspectos que se verán a continuación, se tomarán dos compañías del mismo sector industrial con características de

producción similares pero de diferente tamaño en cuanto a unidades producidas. Los nombres y el sector industrial al que pertenecen las compañías que se tomarán para el ejemplo son reserva del autor.

2.4.1 Aspectos económicos. Dentro de los aspectos económicos, se contemplará el análisis de costos en los que se incurre para la producción de aire comprimido.

Tabla 7. Requerimientos y características de las dos compañías para el ejemplo

Característica	Compañía A	Compañía B
Caudal máximo requerido (cfm)	6.000	1.500
Caudal requerido turno 1 6:00 am a 2:00 pm	4.000	1.500
Caudal requerido turno 2 2:00 pm a 10:00 pm	6.000	1.500
Caudal requerido turno 3 10:00 pm a 6:00 am	5.000	1.000
Presión de red requerida (psi)	80	80
Calidad de aire requerida:		
Contenido de aceite mg/m ³	0.1	0.1
Contenido de Polvos mg/m ³	0.1	0.1
Contenido de humedad DPP °C	3	3
Horas de trabajo al día	24	24
Días de trabajo al año	360	360
Costo del kW/h en pesos	\$ 150	\$127

Fuente: Entrevistas con los ingenieros de Mantenimiento.

Los datos de las tabla 7, 8 y 9 son suministrados por los clientes en entrevista con los Jefes del departamento de mantenimiento, datos correspondientes a los costos del año 2003. Las características de producción de las dos empresas son diferentes en cuanto al caudal de aire requerido, la variación en el caudal requerido durante los tres turnos y los costos de la energía eléctrica.

Tabla 8. Costos anuales de mantenimiento de las dos compañías para el ejemplo

Costo	Compañía A	Compañía B
Costo anual de mantenimiento preventivo ²³	\$160'000.000	\$60'000.000
Costo anual de mantenimiento predictivo ²⁴	\$10'000.000	\$5'000.000
Costo anual de mantenimiento correctivo ²⁵	\$80'000.000	\$23'000.000
Costo anual de mantenimiento	\$250'000.000	\$88'000.000

Fuente: Entrevistas con los ingenieros de Mantenimiento.

Los costos de mantenimiento varían entre las dos compañías por la cantidad de equipos del sistema de aire comprimido, las características de cada tipo de máquina y a las políticas de mantenimiento.

²³ Mantenimiento preventivo: Obedece al seguimiento de rutinas preestablecidas y cambios programados de mantenimiento.

²⁴ Mantenimiento predictivo: Medición de variables relacionadas con el funcionamiento de equipos con el fin de realizar actividades de mantenimiento antes que la falla ocurra. Ejemplo: temperatura de operación.

²⁵ Mantenimiento correctivo: Corrección de fallas luego que estas ocurran.

Tabla 9. Costos anuales del sistema de refrigeración en el sistema de aire comprimido de las empresas del ejemplo

Característica	Compañía A	Compañía B
Cantidad de agua requerida m ³ /h	24	8
Horas de trabajo al día	24	24
Días de trabajo al año	360	360
Horas de trabajo al año	8.640	8.640
Cantidad de agua requerida m³/año para refrigeración	207.360	69.120
Costo del m ³	\$ 230	\$ 200
Costo anual de refrigeración del sistema de aire comprimido	\$ 47.692.800	\$ 13.824.000

Fuente: Entrevistas con los ingenieros de Mantenimiento.

En la tabla 10 se muestran los costos totales en que se incurre de manera periódica (anualmente) y constante para la producción de aire comprimido. De acuerdo con estos datos, la compañía A que tiene mayor consumo de energía tiene a su vez mayores costos de aire comprimido. La compañía B, con menores consumos de aire comprimido tiene también menores costos.

Tabla 10. Costos anuales del aire comprimido para las dos compañías del ejemplo

Característica		Compañía A	Compañía B	
Caudal máxima requerido (cfm)		6.000	1.500	
Costo del kW/h		\$ 150	\$ 127	
CONSUMO DE ENERGÍA	Turno 1 6:00 am a 2:00 pm	Caudal equerido cfm	4.000	1.500
		Potencia consumida kW	7.200	2.800
		Costo de la energía consumida en el turno pesos	\$ 1.080.000	\$ 355.600
	Turno 2 2:00 pm a 10:00 pm	Caudal equerido cfm	6.000	1.500
		Potencia consumida kW	10.801	2.804
		Costo de la energía consumida en el turno pesos	\$ 1.620.162	\$ 356.075
	Turno 3 10:00 pm a 6:00 am	Caudal equerido cfm	5.000	1.000
		Potencia consumida kW	9.000	1.869
		Costo de la energía consumida en el turno pesos	\$ 1.350.014	\$ 237.383
	Resumen del costo diario de energía	Turno 1	\$ 1.080.000	\$ 355.600
		Turno 2	\$ 1.620.162	\$ 356.075
		Turno 3	\$ 1.350.014	\$ 237.383
		Suma	\$ 4.050.176	\$ 949.058
	Días de trabajo al año		360	360
Costo anual de energía en generación y tratamiento de aire		\$ 1.458.063.186	\$ 341.660.860	
Costo anual de mantenimiento		\$ 250.000.000	\$ 88.000.000	
Costo anual de refrigeración del sistema de aire comprimido		\$ 47.692.800	\$ 13.824.000	
Costo total de energía + Mantenimiento + Refrigeración		\$ 1.755.755.986	\$ 443.484.860	

Fuente: Entrevistas con los ingenieros de Mantenimiento.

2.4.2 Aspectos administrativos. Dentro de los aspectos administrativos se contemplan los siguientes:

- Organización del departamento de mantenimiento.

- Logística relacionada con procesos del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.
- Compra de repuestos y manejo del almacén de mantenimiento.
- Manejo de personal interno del departamento de mantenimiento y subcontratistas

Estos y otros aspectos influyen en el desempeño del sistema de aire comprimido, en la medida en que se desarrollen adecuadamente, la fábrica tendrá un suministro adecuado.

2.4.3 Indicadores. En aquellas fábricas en donde el aire comprimido sea requerido para el desarrollo de la producción se deben cumplir tres objetivos fundamentales:

- Menor costo en generación, tratamiento y distribución del aire.
- Continuidad del suministro de aire
- Calidad de aire requerida

En la medida en que se cumplan estos objetivos, el aire comprimido no será un impedimento para que la producción se desarrolle de manera económica y continua. Existen otros indicadores, sin embargo, los más relevantes relacionados con el aire comprimido y su incidencia en la producción son los mencionados anteriormente.

2.4.3.1 Costo en generación, tratamiento y distribución del aire. Para llevar a cabo este análisis se tomará como punto de partida el costo de cada unidad de aire producida, es decir, el costo de cada pie cúbico producido (\$/cf).²⁶

Tabla 11. Cálculo del costo de la unidad de aire producida

Característica		Compañía A	Compañía B	
Caudal máximo requerido (cfm)		6.000	1.500	
CONSUMO DE ENERGÍA	Turno 1 6:00 am a 2:00 pm	Caudal equerido cfm	4.000	1.500
		Minutos por turno	480	480
		pie cúbico por turno cf/turno	1.920.000	720.000
	Turno 2 2:00 pm a 10:00 pm	Caudal equerido cfm	6.000	1.500
		Minutos por turno	480	480
		pie cúbico por turno cf/turno	2.880.000	720.000
	Turno 3 10:00 pm a 6:00 am	Caudal equerido cfm	5.000	1.000
		Minutos por turno	480	480
		pie cúbico por turno cf/turno	2.400.000	480.000
	Resumen del caudal producido diario	Turno 1	1.920.000	720.000
		Turno 2	2.880.000	720.000
		Turno 3	2.400.000	480.000
		Suma	7.200.000	1.920.000
Días de trabajo al año		360	360	
Caudal producido al año		2.592'000.000	691'200.000	
Costo total de energía + Mantenimiento + Refrigeración		\$ 1.738'755.986	\$ 421.484.860	
Costo del pie cúbico		\$ 0,671	\$ 0,610	

Fuente: Entrevistas con los ingenieros de Mantenimiento.

2.4.3.2 Continuidad del suministro de aire. Éste tema se relaciona con las paradas de producción debidas a problemas relacionados con aire comprimido.

²⁶ Valor del pie cúbico en inglés cubic feet (cf).

Cuando la estación de aire comprimido no presenta una continuidad en su funcionamiento, el suministro de aire se ve interrumpido generando paradas de producción.

En las compañías del ejemplo, se consideran las horas totales de parada de máquinas de producción y las horas de parada que han dependido de una falla en el suministro de aire comprimido.

De las horas totales de parada de máquina se debe contemplar qué porcentaje corresponde a las horas de parada por fallas en el suministro de aire comprimido.

Tabla 12. Relación de horas de parada de máquina

	Compañía A	Compañía B
Total de horas de parada al año en la fábrica	10800	6000
Horas de parada al año en la fábrica debidas al suministro de aire	600	420
Porcentaje de paradas correspondientes al suministro de aire	5,56%	7,00%

Los datos de la tabla 12 corresponden a las horas de parada de producción de las fábricas tomadas como referencia, estos valores corresponden a la sumatoria de las horas de parada de la producción de todas las máquinas de la compañía.

2.5 ENTREVISTAS A ESPECIALISTAS EN MANTENIMIENTO.

2.5.1 Empresas entrevistadas. Con el fin de determinar la percepción de los responsables del tema de aire comprimido en el sector manufacturero del país, se ha realizado entrevistas personales. Se ha tomado como punto de partida la opinión de usuarios y proveedores de sistemas de aire comprimido, las empresas de las cuales se ha tomado datos aparecen en la revista Dinero Edición Especial número 207 del 11 de Junio de 2004, en donde aparecen las 5.000 empresas más grandes de Colombia.

Se han tomado las siguientes compañías:

- **Alúmina:** Sector del hierro, acero y otros metales. Ocupó el puesto 3 dentro de 12 compañías del mismo grupo.
- **Schott** Envases Farmacéuticos: Sector del Vidrio. Ocupó la posición 8 en un grupo de 12 compañías.
- **ChevronTexaco:** Perteneciente al sector de Combustibles. Se ubica en el puesto 2 de un grupo de 18 empresas.
- **Industrias Safra:** Perteneciente al sector textil, se encuentra en el lugar 31 dentro de las 66 del sector.
- **Simoniz:** Se ubica en la posición 35 de las 51 correspondientes al sector de químicos industriales y diversos.

2.5.2. Preguntas. Para el desarrollo de las entrevistas, se contactó a la persona responsable del tema de soporte a la producción, como ingenieros de mantenimiento, de producción, ingeniería, entre otros. Estas se desarrollaron de forma personalizada, sus opiniones son personales y no comprometen de ninguna manera la filosofía u opiniones de las compañías que representan

Se direccionaron las preguntas con el fin de conocer la opinión sobre el aire comprimido, los procesos de **Outsourcing** en general y su percepción frente al **Outsourcing** de aire comprimido dadas las condiciones particulares de cada compañía

A continuación las preguntas que se realizaron a las personas entrevistadas:

1. Su compañía pertenece al sector _____, cuales son las características que usted considera importante destacar en su sector y en su compañía?

2. Dentro de su sector, que suministros conoce usted como fundamentales para el desarrollo de su proceso productivo?

Usted ha mencionado el aire comprimido, conoce las características de éste suministro, podría explicarlas.

Usted ha mencionado varios suministros, ha escuchado sobre el aire comprimido?, conoce las características de éste suministro? podría explicarlas?

3. Podría describir el sistema de aire comprimido que posee su planta?
 - 3.1. Cómo cree usted que se pueda incrementar la eficiencia del sistema actual generación de aire comprimido?
4. Así como la generación de aire, muchos de los procesos que requiere su compañía son desarrollados con recursos propios (producir la mercancía, comprar materias primas), se han creado otras metodologías de trabajo, qué conoce usted sobre el **Outsourcing**?
 - 4.1. Cómo considera usted que este tipo de convenios sería beneficioso para su fabrica?
5. Confiaría usted en terceros algunos de los procesos que ha venido realizando? Qué contrataría en **Outsourcing**?
6. Qué opina usted respecto a la posibilidad de contratar en **Outsourcing** la generación de aire comprimido?
 - 6.1. De ser posible la contratación en **Outsourcing** de aire comprimido, cuales serían los puntos positivos y cuales los negativos de este tipo de negociación?
7. Qué le gustaría recibir en un contrato de **Outsourcing**?

2.5.3. Resultados obtenidos.

Los conceptos emitidos por las personas entrevistadas son personales, no hacen parte de las políticas de la compañía y se pueden apreciar en el anexo. En cuanto al suministro del **Outsourcing**, las compañías que han participado en este tipo de metodología para contratar servicios, muestran una aceptación

al desarrollo de dicho tipo de proyectos. Es claro anotar que para las personas entrevistadas, la realización de estudios o aditorías que determinen los beneficios del proyecto son importantes.

Se nombra la palabra riesgo y compromiso, con lo cual se nota que las personas responsables del tema del aire comprimido quieren tener la seguridad de que el proveedor del **Outsourcing** cumpla los compromisos adquiridos, además que el riesgo sea el menor posible.

Otro aspecto fundamental es la necesidad que se ha visto de dejar en manos de terceros actividades que no tengan que ver con la razón de ser de las compañías entrevistadas, las personas entrevistadas conocen el tema de tercerización e independiente de los resultados obtenidos hasta ahora son concientes que la el **Outsourcing** puede ser una alternativa de mejoramiento de procesos.

2.6 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE COMPAÑÍAS

Las fábricas tienen diferentes características que servirán para calificar la importancia del aire comprimido en el proceso productivo y la flexibilidad o posibilidad de cambiar la metodología actual de suministro de aire.

Los criterios que se tendrán en cuenta son: incidencia, tamaño, eficiencia y flexibilidad. A criterio del autor estas son las variables más importantes para poder medir la influencia del aire comprimido en la producción.

2.6.1 Incidencia. Este indicador se medirá a partir de la importancia que tiene el aire comprimido en el proceso productivo, este valor es calificado por el jefe o gerente del departamento de mantenimiento de acuerdo con cada proceso productivo. En la tabla 13 se describe la escala de calificación.

Tabla 13. Criterio de clasificación de incidencia del suministro de aire en la producción

Incidencia	Calificación
Poco importante: si el suministro de aire falla, la producción puede seguir sin interrupción.	1
Medianamente importante: Si el suministro de aire falla, la producción se verá parcialmente afectada, pero parte productiva de la planta puede seguir funcionando	2
Muy importante: si el suministro de aire comprimido falla la planta detendrá su funcionamiento.	3

Fuente: El autor

2.6.2 Tamaño. El tamaño será definido como la cantidad de aire comprimido consumida al año. Para determinar este valor se tomará como punto de partida el consumo de una compañía gran consumidora.

Tabla 14. Criterio de clasificación de tamaño del suministro de aire en la producción

Tamaño	Calificación
Pequeña: Consumo entre 0 – 788´400.000 (cf/año)	1
Mediana: Consumo entre 788´400.001 – 5.256´000.000 (cf/año)	2
Grande: Consumo entre 5.256´000.001 - o más (cf/año)	3

Fuente: El autor

2.6.3 Eficiencia

El nivel de eficiencia se medirá en términos del costo por unidad de aire producida, es decir, la eficiencia del sistema de aire comprimido, independiente del proceso productivo.

Tabla 15. Criterio de clasificación de eficiencia del suministro de aire en la producción

Eficiencia	Calificación
Alta: 0 – 0,5 (\$/cf)	1
Media: 0,51 – 1 (\$/cf)	2
Baja: 1 o más (\$/cf)	3

2.6.4 Flexibilidad

La flexibilidad medirá el cambio de cantidad de aire comprimido a través del tiempo, es decir, el crecimiento o decrecimiento de la demanda de aire en la

medida en que evoluciona la fábrica, tomando como plazo máximo de referencia 5 años.

Tabla 16. Criterio de clasificación de flexibilidad en el suministro de aire en la producción

Flexibilidad	Calificación
Baja: Cambio de demanda de aire entre el 0 y el 20% en 5 años	1
Media: Cambio de demanda de aire entre el 21 y el 50% en 5 años	2
Alta: Cambio de demanda de aire mayor al 51% en 5 años	3

Fuente: El autor

2.6.5 Calificación de las compañías tomadas como ejemplo

De acuerdo con los criterios de calificación, y los datos obtenidos de las dos compañías a lo largo de este capítulo, se tiene la siguiente calificación del sistema de aire comprimido para las dos compañías:

Tabla 17. Calificación para las compañías del ejemplo

Criterio	Calificación Compañía A	Calificación Compañía B
Incidencia	3	3
Tamaño	2	1
Eficiencia	2	2
Flexibilidad	2	3
Total	9	9

Fuente: El autor

De acuerdo con estos criterios de calificación, el proveedor tomará decisiones respecto a la implementación del Outsourcing en diversos sectores o compañías, es decir, este parcializará su criterio de ofrecer el servicio de acuerdo con el juicio de calificación mencionado anteriormente, ese dependerá de su capacidad de desarrollar el proyecto tanto desde el punto de vista económico como técnico

CAPÍTULO 3 MODELO DE OUTSOURCING DE AIRE COMPRIMIDO

Como se vio en los capítulos anteriores, las fábricas que requieren aire comprimido para el desarrollo del proceso productivo utilizan sistemas propios para garantizar dicho suministro, esto obliga a las empresas a poseer equipos para asegurar el constante y eficiente abastecimiento del aire. De acuerdo con el capítulo 1, es posible que las fábricas deleguen a terceros las actividades que no están relacionadas con su proceso productivo o con su razón de ser.

El ***Outsourcing*** de aire comprimido permite que las fábricas confíen en terceros el desarrollo de actividades que soportan esta actividad de la compañía y en este caso, proveedores de equipos o sistemas de aire comprimido pueden ejercer las funciones de proveedores de aire comprimido cubriendo las necesidades del usuario.

3.1 ASPECTOS TÉCNICOS

Dentro de los aspectos técnicos se debe contemplar lo siguiente:

3.1.1 Cumplimiento de requisitos. Se hablará de requisitos técnicos a la presión de trabajo, cantidad de aire requerida, pureza del aire y continuidad del suministro. Ya que será el proveedor el que instale un sistema de aire comprimido que se ajuste a las necesidades del usuario el cual debe gozar con abastecimiento constante tal como se desarrolla el suministro de energía eléctrica o gas natural actualmente.

En la tabla 18 se indica de manera general los requerimientos de las dos compañías que se tomaron como punto de análisis en el capítulo 2, basado en los datos actuales, se estudiará en este capítulo las ventajas o desventajas técnicas y económicas de implementar el **Outsourcing** de aire comprimido en estas mismas dos compañías, estos requisitos deben ser cumplidos tanto con equipos propios (sistema empleado actualmente) como por suministro con la modalidad de **Outsourcing** para hacer una comparación de variables entre las dos formas de garantizar el suministro de aire comprimido en las fábricas.

Tabla 18. Requerimientos y características de las dos compañías

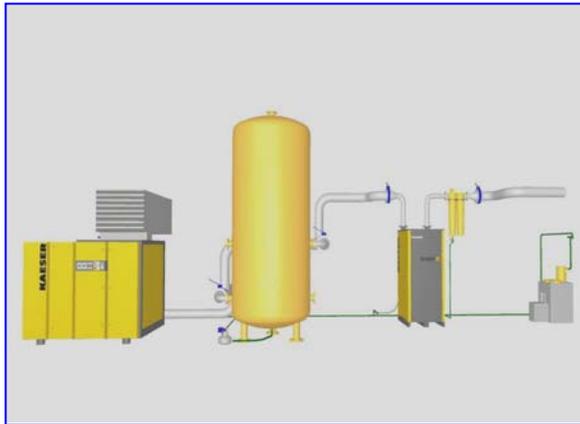
Característica	Compañía A	Compañía B
Caudal máximo requerido (cfm)	6.000	1.500
Caudal requerido turno 1 6:00 am a 2:00 pm	4.000	1.500
Caudal requerido turno 2 2:00 pm a 10:00 pm	6.000	1.500
Caudal requerido turno 3 10:00 pm a 6:00 am	5.000	1.000
Presión de red requerida (psi)	100	100
Calidad de aire requerida:		
Contenido de aceite mg/m ³	0.1	0.1
Contenido de Polvos mg/m ³	0.1	0.1
Contenido de humedad DPP °C	3	3
Horas de trabajo al día	24	24

Fuente: Entrevista con los ingenieros de mantenimiento de las compañías del ejemplo

3.1.2 Suministro. En el suministro de aire comprimido por **Outsourcing** se contempla en un contrato entre proveedor y usuario. Los aspectos del contrato son:

- Suministro constante de aire comprimido.
- Cumplimiento de los requisitos técnicos del usuario o cliente.
- El sistema de aire comprimido será propiedad del proveedor, aspectos como: diseño, cálculos, selección de equipos, instalaciones, seguros, mantenimiento y operación estarán por cuenta de este.

Figura 8. Segmentos relacionados con el aire comprimido.



a. Sistema de aire comprimido suministrado por el proveedor en outsourcing.

Fuente: Druckluft Effizient

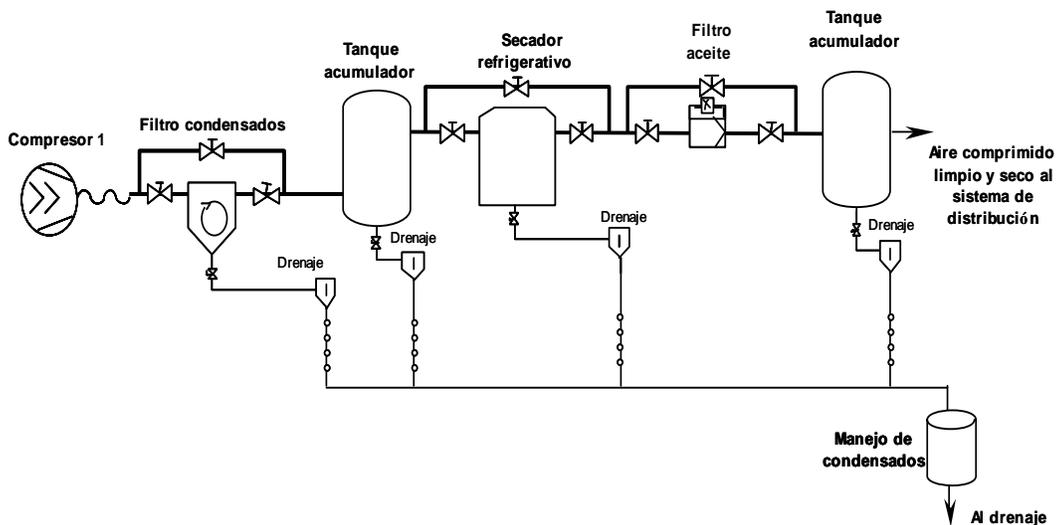
b. Puntos de uso del aire comprimido

En la figura 8a se observa: **Sistema de aire comprimido suministrado por el proveedor en Outsourcing.** El sistema de aire está a cargo del proveedor, como se dijo anteriormente, todos los aspectos relacionados con estos equipos estarán a su cargo y coste.

La figura 8b contempla: **Puntos de uso del aire comprimido:** el usuario tomará la cantidad de aire de acuerdo con las necesidades de producción, los equipos que requieren aire comprimido serán propiedad del usuario.

3.1.3 Sistema de aire comprimido. El proveedor entregará al cliente o usuario final, para desarrollar las funciones de producción, un sistema de aire comprimido que cumpla los requisitos mencionados anteriormente.

Figura 9. Componentes del sistema de aire comprimido



En la figura 9 se describen los equipos que componen el sistema de aire comprimido necesario para abastecer la demanda de los usuarios. Se debe considerar lo siguiente en el momento de diseñar el suministro de aire:

- **La demanda:** La forma en como varía la demanda determinará posteriormente la cantidad de equipos y las características del sistema de aire.

- **Calidad de aire:** la cantidad de humedad, partículas y aceite admisibles en el aire comprimido en el punto de uso.
- **Presión de trabajo:** Para determinar la presión del sistema de aire comprimido, se debe contemplar el valor mínimo en el punto de uso, hacer los respectivos cálculos de equipos y tuberías y así dimensionar el sistema con las especificaciones requeridas.
- **Cantidad de aire:** Se tomará el volumen requerido por mes en pie cúbicos mensual de consumo de aire comprimido mínimo.
- **Reserva de equipos:** De acuerdo con los requisitos de los usuarios y de la importancia del aire comprimido se determinará la instalación del sistema de reserva y de sus características técnicas.

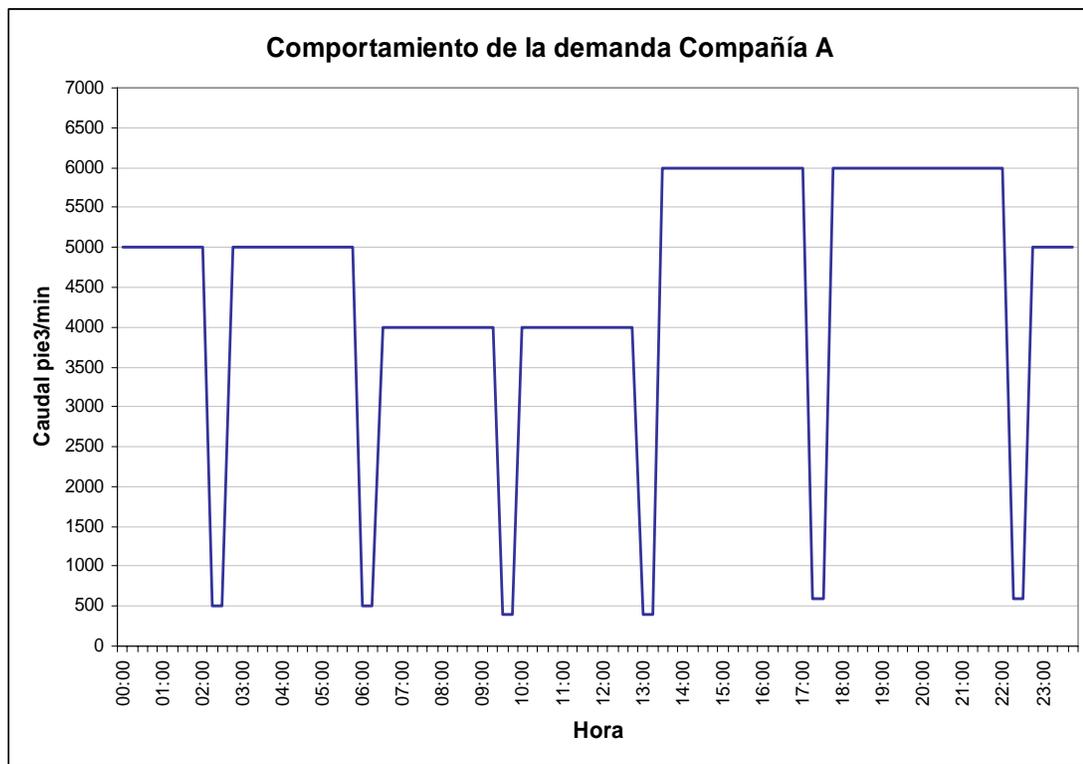
3.1.4 Desarrollo técnico del proyecto. Bajo la responsabilidad del proveedor, con la colaboración y aporte de datos del usuario, se hará el desarrollo técnico.

3.1.4.1 Comportamiento de la demanda. Este ítem y los requerimientos descritos en la tabla 18 son fundamentales para estructurar el proyecto y realizar los análisis necesarios.

a. Compañía A: Demanda variable en los tres turnos, en la figura 10 se observa el comportamiento de la demanda en la Compañía A, este servirá de base para el

análisis de la cantidad de compresores, como se observa la demanda varía durante el día de operación. Existen puntos bajos a 500 cfm (alimentación o descansos) y puntos altos de producción como 4000, 5000 y 6000 cfm. Con base en estos valores se determinará la capacidad de los equipos.

Figura 10. Comportamiento de la demanda en la Compañía A.

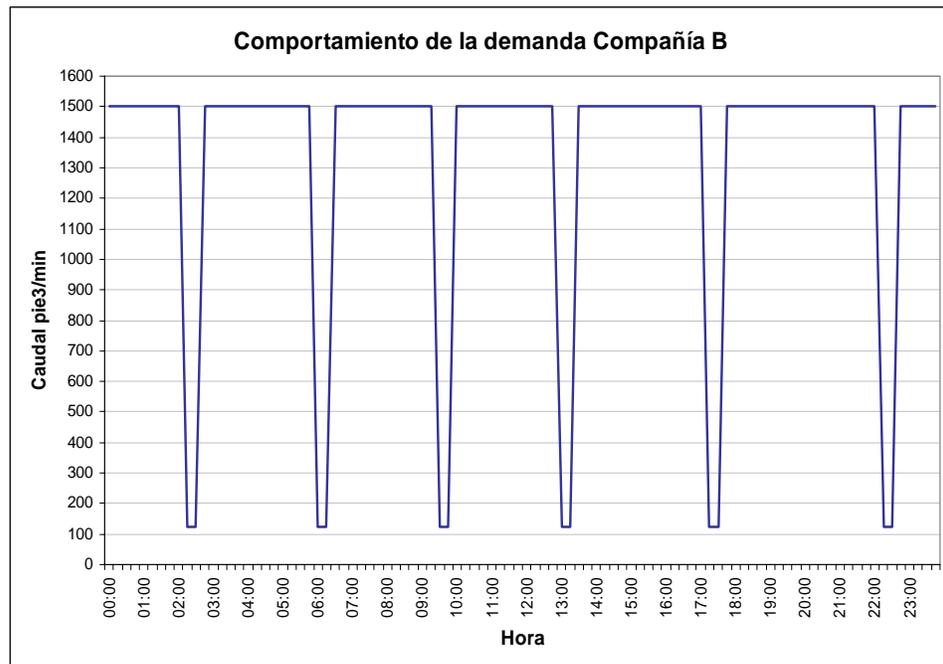


Fuente: Toma de datos de la demanda en la Compañía A

b. Compañía B: La demanda es constante durante el día, el comportamiento de la demanda de aire comprimido descrito en la figura 11, muestra que la fábrica consume la misma cantidad de aire durante la jornada productiva, esos 1500 cfm

que se observan se consumen durante el periodo productivo normal de la fábrica, existen caídas a 100 cfm los cuales muestran los periodos de descanso o alimentación.

Figura 11. Comportamiento de la demanda en la Compañía B.



Fuente: Toma de datos de la demanda en la Compañía B

3.1.4.2 Calidad de aire requerido. La calidad de aire comprimido para las compañías A y B está establecida en la tabla 17 de este capítulo. Para lograr estos valores de concentración de agua, partículas y aceite, es necesario la instalación de:

- Filtro de condensados
- Tanque acumulador de aire húmedo
- Secador refrigerativo
- Filtro de aceite
- Tanque acumulador de aire seco

Los anteriores elementos, su función y aplicación están descritos en el capítulo 2.

Determinar la instalación de estos elementos es importante para establecer las pérdidas de presión del sistema, el espacio disponible, la inversión inicial y los procesos de mantenimiento y operación.

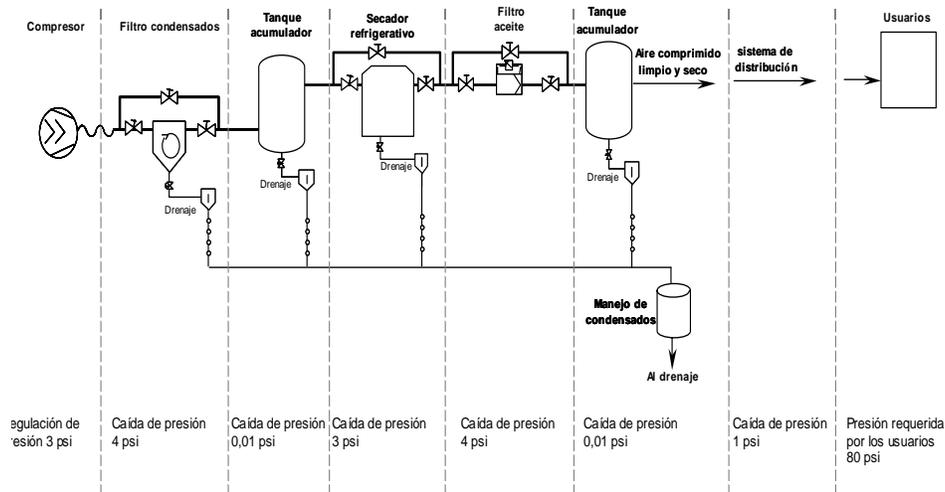
3.1.4.3 Cálculo de la presión. Los cálculos son la base para la selección de los equipos, se tomarán dos factores en consideración:

- Las pérdidas de presión a lo largo del sistema de aire comprimido y en la red.
- La cantidad de equipos (secadores y filtros) que se deben colocar para abastecer la calidad de aire requerida.

La figura 12, muestra los valores de la caída de presión en cada uno de los componentes del sistema de aire comprimido para las compañías A y B, se utiliza

el mismo esquema para las dos, ya que los requerimientos de calidad de aire, es decir, la cantidad de filtros y secadores es la misma, adicionalmente la presión requerida por los usuarios es igual.

Figura 12. Análisis de la presión para las compañías A y B



Fuente: Toma de datos en las Compañías A y B

En la tabla 19 se encuentra el detalle de la presión que va a manejar cada uno de los componentes del sistema de aire y el sistema de distribución, esto con el fin de seleccionar los equipos de acuerdo con el caudal de aire y la presión que maneja cada uno.

Tabla 19. Descripción de la caída de presión a lo largo del sistema de aire comprimido y del sistema de distribución

Presión mínima en el compresor	95,02	psi
Valor de seguridad	3	psi
Presión a la salida del compresor	92,02	psi
Caída de presión en el filtro de condensados	4	psi
Presión a la salida del filtro de condensados	88,02	psi
Caída de presión en el tanque de aire húmedo	0,01	psi
Presión a la salida del tanque acumulador de aire húmedo	88,01	psi
Caída de presión en el secador refrigerativo	3	psi
Presión a la salida del secador refrigerativo	85,01	psi
Caída de presión en el filtro de aceite	4	psi
Presión a la salida del filtro de aceite	81,01	psi
Caída de presión en el tanque de aire seco	0,01	psi
Presión en el tanque acumulador de aire seco	81	psi
Caída de presión debida al sistema de distribución	1	psi
Presión requerida por los usuarios	80	psi

3.1.4.4 Cálculo de compresores. Basados en las gráficas de la demanda del cliente, se analizará a continuación el caudal a ser instalado en las dos compañías.

- **Compañía A:** Esta tiene una demanda variable a lo largo del día productivo, es importante considerar equipos que de la manera más

eficiente entreguen este caudal considerando la instalación de sistemas de reserva.

Tabla 20. Requerimientos de caudal para la compañía A

Característica	Caudal requerido o cfm	Cantidad de compresores
Caudal máximo requerido (cfm)	6.000	4
Caudal requerido turno 1 6:00 am a 2:00 pm	4.000	2
Caudal requerido turno 2 2:00 pm a 10:00 pm	6.000	4
Caudal requerido turno 3 10:00 pm a 6:00 am	5.000	3

Fuente: Datos suministrados por el ingeniero de mantenimiento

La demanda más baja del sistema es de 4.000 cfm que pueden ser abastecidos por dos compresores del mismo tamaño, es decir, de 2.000 cfm cada uno. Para el turno 2, cuya demanda es la más alta, la demanda puede ser abastecida por cuatro compresores, dos de 2.000 cfm y dos de 1.000 cfm, para el turno de demanda media de 5.000 cfm, se pueden contemplar dos compresores de 2.000 cfm y uno de 1.000 cfm, esto se puede observar más claramente en tabla 21.

Tabla 21. Forma de abastecer el caudal para la compañía A.

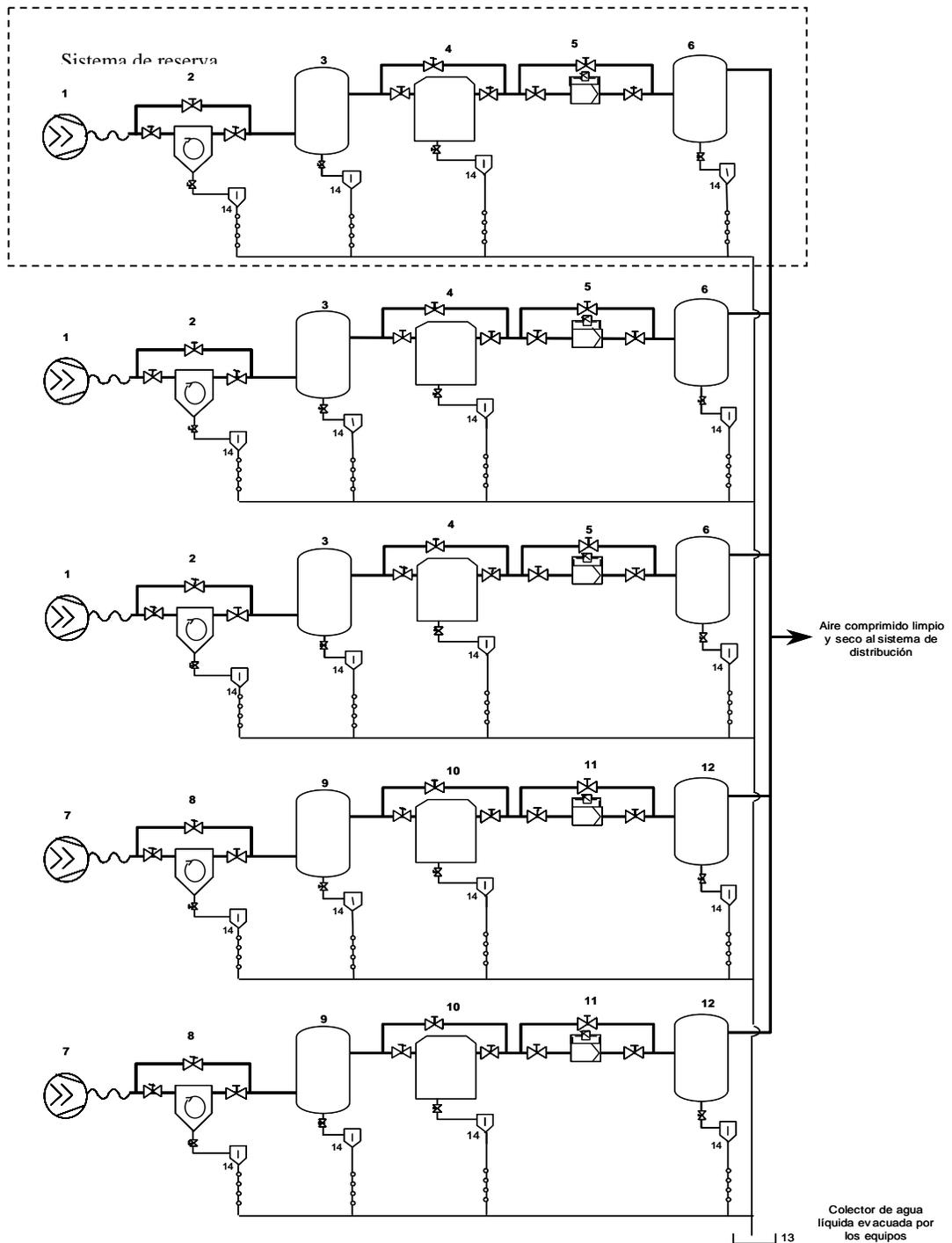
Turno 1			Turno 2			Turno 3		
Requiere 4000 cfm			Requiere 6000 cfm			Requiere 5000 cfm		
✓ Compresor 1	2000	cfm	✓ Compresor 1	2000	cfm	✓ Compresor 1	2000	cfm
✗ Compresor reserva	2000	cfm	✗ Compresor reserva	2000	cfm	✗ Compresor reserva	2000	cfm
✓ Compresor 2	2000	cfm	✓ Compresor 2	2000	cfm	✓ Compresor 2	2000	cfm
✗ Compresor 3	1000	cfm	✓ Compresor 3	1000	cfm	✓ Compresor 3	1000	cfm
✗ Compresor 4	1000	cfm	✓ Compresor 4	1000	cfm	✗ Compresor 4	1000	cfm

- **Compañía B.** La situación de la compañía B es diferente, ya que la demanda es constante durante el día productivo en 1500 cfm se puede establecer que esta será abastecida por dos compresores de 750 cfm cada uno.

3.1.4.5 Selección de equipos. De acuerdo con lo que se ha analizado anteriormente, la distribución de equipos será la siguiente:

- **Compañía A:** Para abastecer la cantidad de aire requerida por esta compañía bajo las condiciones de calidad de aire y de presión se seleccionan los siguientes equipos:

Figura 13. Distribución de equipos para la compañía A



En la tabla 22 se describen las principales características de los equipos que componen el sistema de aire comprimido para la compañía A, esta descripción será la base para la selección detallada por parte del proveedor y obedece a los análisis desarrollados a lo largo de este capítulo. Nótese que se contempla un sistema en reserva para atender emergencias en caso de falla.

Tabla 22. Distribución de equipos para la compañía A

Identificación de equipo	Descripción	Capacidad cfm	Presión psi	Cantidad de equipos	Función
1	Compresor	2000	95	3	Generar aire comprimido
2	Filtro de condensados	2000	88,02	3	Retirar agua en forma líquida a la salida del compresor
3	Tanque acumulador de aire húmedo	2000	88,01	3	Acumular aire comprimido sin tratar
4	Secador refrigerativo	2000	85,01	3	Retirar vapor de agua del sistema
5	Filtro de aceite	2000	81,01	3	Retirar aceite y partículas del sistema
6	Tanque acumulador de aire seco	2000	81	3	Acumular aire comprimido tratado
7	Compresor	1000	95	2	Generar aire comprimido
8	Filtro de condensados	1000	88,02	2	Retirar agua en forma líquida a la salida del compresor
9	Tanque acumulador de aire húmedo	1000	88,01	2	Acumular aire comprimido sin tratar
10	Secador refrigerativo	1000	85,01	2	Retirar vapor de agua del sistema
11	Filtro de aceite	1000	81,01	2	Retirar aceite y partículas del sistema
12	Tanque acumulador de aire seco	1000	81	2	Acumular aire comprimido tratado
13	Acumulador de condensados			1	Acumular agua en forma líquida para evacuación
14	Drenaje			16	Facilitar la evacuación del condensado de cada uno de los elementos al acumulador

- **Compañía B:** Para el caso de la compañía B, el sistema tendrá los equipos necesarios para abastecer la demanda más la reserva, revisando el sistema de manera similar a la utilizada para la compañía A.

Figura 14. Distribución de equipos para la compañía B

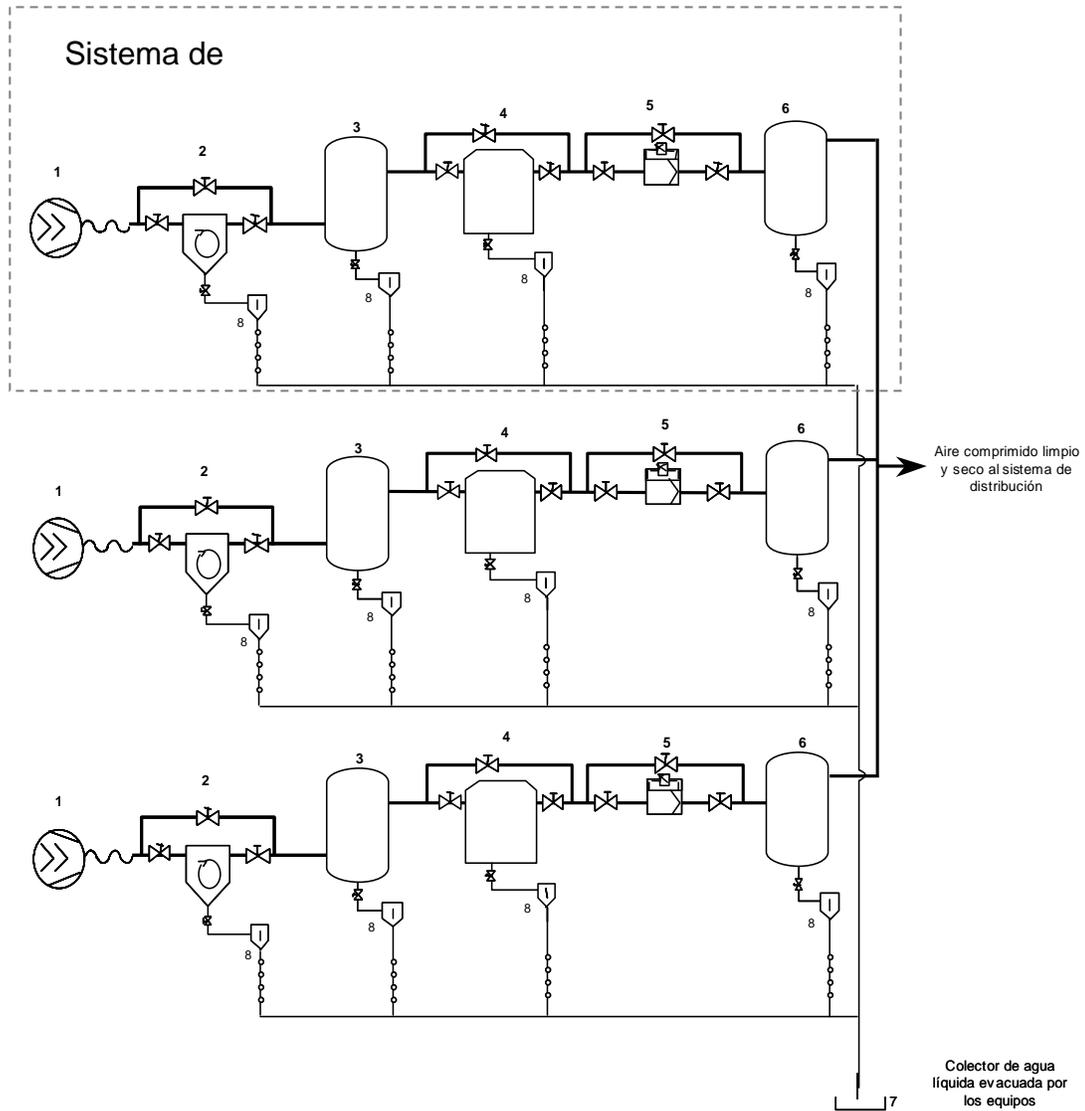


Tabla 23. Distribución de equipos para la compañía A

Identificación de equipo	Descripción	Capacidad cfm	Presión psi	Cantidad de equipos	Función
1	Compresor	750	95	3	Generar aire comprimido
2	Filtro de condensados	750	88,02	3	Retirar agua en forma líquida a la salida del compresor
3	Tanque acumulador de aire húmedo	750	88,01	3	Acumular aire comprimido sin tratar
4	Secador refrigerativo	750	85,01	3	Retirar vapor de agua del sistema
5	Filtro de aceite	750	81,01	3	Retirar aceite y partículas del sistema
6	Tanque acumulador de aire seco	750	81	3	Acumular aire comprimido tratado
7	Acumulador de condensados			1	Acumular agua en forma líquida para evacuación
8	Drenaje			12	Facilitar la evacuación del condensado de cada uno de los elementos al acumulador

La figura 14 y la tabla 23 describen los equipos calculados para abastecer la demanda de la compañía B, teniendo en cuenta mantener un equipo en reserva en caso de falla, para garantizar el suministro constante de aire comprimido.

3.1.4.6 Instalación. Para el desarrollo de la instalación se deben contemplar los siguientes aspectos:

- Ventilación adecuada, espacio suficiente para desarrollar actividades de mantenimiento

- La distribución de los equipos en el cuarto debe asegurar que no se afecte el funcionamiento de ninguno de ellos, manteniendo el espacio adecuado para el fácil acceso de los equipos en el cuarto.
- Cada equipo debe tener cumplir con las especificaciones dadas por el fabricante en cuanto a la instalación eléctrica, aspectos como las protecciones eléctricas, conexiones, tierras, entre otros.
- Un sistema de tuberías adecuado de manera que las caídas de presión sean las mínimas con la menor cantidad de fugas y ahorrando la mayor cantidad de espacio posible.
- Todos los drenajes instalados en el sistema evacuarán agua en forma líquida que deberá colectarse y tratarse para ser evacuada de manera segura por el desagüe, es importante que el agua de desecho cumpla con unas especificaciones mínimas para no afectar el medio ambiente, por eso retirar las impurezas y el contenido de aceite se convierte en un aspecto a tener en cuenta.
- La tecnología permite actualmente desarrollar sistemas de control para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y la visualización de su estado en tiempo real vía Internet de manera que

el proveedor del aire comprimido podrá observar fallas, alarmas, costos, consumos, entre otros.

3.1.4.7 Mantenimiento

- **Mantenimiento preventivo:** La realización de inspecciones periódicas para verificar el estado de piezas y el cambio regular de las mismas, minimiza el riesgo de tener fallas en el sistema. Es importante contemplar en el mantenimiento preventivo los desplazamientos, mano de obra, repuestos, contrataciones externas, y todos aquellos aspectos relacionados con estas actividades ya que el costo estará a cargo del proveedor.
- **Mantenimiento predictivo:** Se refiere a la medición de variables para prevenir desgastes o fallas antes que estas ocurran, su ventaja radica en que las inspecciones evitan detener los equipos y permite determinar el cambio de piezas cuando estas requieran ser cambiadas. Este mantenimiento requiere equipos de inspección cuyo costo debe ser evaluado en comparación con subcontratar el servicio de estas mediciones.

- **Mantenimiento correctivo:** En el momento que ocurra una falla, esta debe ser atendido por el proveedor, los costos de mano de obra, desplazamiento, repuestos, entre otros estarán a su costa.

Todos los costos de mantenimiento, preventivo, predictivo y correctivo estarán por cuenta del proveedor del aire comprimido, de manera que al momento de calcular el canon mensual se deben contemplar estos costos que son relevantes para el desarrollo de la generación de aire comprimido.

3.1.4.8 Operación. La operación de los equipos estará a consta del proveedor de aire comprimido, sin embargo, se puede considerar su operación por parte de personal autorizado del usuario, este aspecto debe ser acordado entre las dos partes antes de analizar los costos del canon.

3.1.4.9 Otros aspectos. Dentro de los aspectos adicionales a considerar se tiene:

- **Seguros:** Ya que los equipos son propiedad del proveedor, el riesgo contra terrorismo, huelga, rotura, incendio, robo, y otros debe ser cubierto por este y las primas de seguro estarán a su costo.

- **Transportes:** El transporte de los sistemas desde las instalaciones del proveedor hasta las instalaciones del usuario estarán a costa del proveedor.
- **Imprevistos:** De los costos de mantenimiento se contemplará un porcentaje por imprevistos que servirán como seguridad para absorber aquellos costos que no se contemplaron inicialmente.
- **Impuestos:** Dentro de los impuestos se tiene el Impuesto al Valor Agregado IVA que corresponde al 16% del valor facturado cada período y el impuesto del timbre en el momento de radicar el contrato que corresponde al 1% del costo total del contrato.
- **Contratos:** El contrato será aquel documento firmado por el representante legal de cada una de las partes (proveedor y usuario) en donde se tendrán en cuenta los aspectos relacionados en este capítulo y todos aquellos que sean necesarios para dejar en claro la responsabilidad en situaciones que se puedan presentar a futuro. Los aspectos generales a tener en cuenta:

Partes

- Proveedor

- Usuario

Valor total estimado

Valor periódico

Forma de pago

Plazo

Vigencia

Timbre

Descripción de las partes

1. OBJETO.
 - 1.1. La especificación de los sistemas objeto del contrato
 2. Entrega, instalación y puesta en marcha de los sistemas.
 - Dirección de la entrega:
 - Fecha de entrega:
 3. Instalación de los sistemas
 4. Condiciones físicas de la instalación
 5. Puesta en marcha de los sistemas.
 6. Uso y protección física de los sistemas
 7. Protección física de los sistemas.
 8. Mantenimiento de los sistemas
 9. Perfeccionamiento del contrato
 10. Término del contrato
 11. Prórroga automática.
 12. Obligaciones del proveedor
 13. Obligaciones del usuario
 14. Precio del outsourcing de aire comprimido.
 15. Pago de los impuestos.
 - Impuesto de timbre.
 - I. V. A.
 16. Seguros
 17. Pólizas y garantías
 18. Cumplimiento del contrato
 - Cláusula penal.
 - Intereses de mora.
 - Renuncia a los requerimientos.
 19. Causales de terminación del contrato.
 20. Actos de disposición sobre el contrato y los derechos emanados de aquel
 21. Restitución de los sistemas
 22. Exclusión de responsabilidad
 23. Disposiciones varias
 24. Arbitramiento

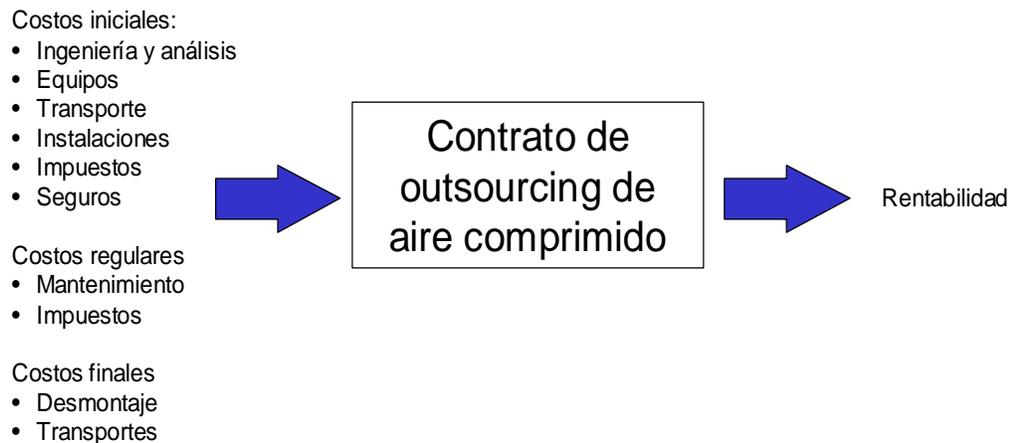
Dentro de los aspectos financieros se debe contemplar los aspectos relacionados con el proveedor y el usuario.

3.2 ASPECTOS FINANCIEROS

Se analizarán las dos partes componentes del contrato: Usuario y proveedor

3.2.1 El proveedor. El proveedor debe considerar los costos iniciales, de mantenimiento, fuentes de financiación y rentabilidad esperada, tributarios, los cuales serán la base para el desarrollo del proyecto.

Figura 15. Esquema financiero por parte del proveedor.



En la figura 15 se muestra el esquema general de los aspectos financieros relacionados con el **Outsourcing** de aire comprimido por parte del proveedor. Este tipo de negocio debe cubrir todos los costos en los que se incurre y dar un

margen de rentabilidad mayor a la tasa de rentabilidad del mercado, tomando como base el riesgo y el tiempo de recuperación de la inversión.

3.2.1.1 Costos iniciales. Como se observó en la figura 15, los costos iniciales asociados con el **Outsourcing** de aire comprimido para el proveedor son los siguientes:

- **Ingeniería y análisis:** el tiempo que se dedica al desarrollo del proyecto, la ingeniería asociada y la selección de la mejor alternativa para el usuario, en este capítulo esta asociada con el subcapítulo 3.1. ASPECTOS TÉCNICOS.
- **Equipos:** Costo inicial de los equipos puestos en las instalaciones del proveedor.
- **Transporte:** Desplazamiento de los equipos desde las instalaciones del proveedor
- **Instalación:** Se refiere a la ubicación física de los equipos, instalación eléctrica, neumática, del sistema de condensados y de sistemas de comunicación y control.
- **Impuestos:** De timbre y los requeridos por la ley
- **Seguros:** Pólizas de cumplimiento y otras relacionadas con el contrato.

3.2.1.2 Costos regulares.

- **Mantenimiento:** Preventivo, predictivo y correctivo. De acuerdo con lo visto en 3.1.4.7. Mantenimiento.
- **Seguros:** La descripción del riesgo que debe quedar cubierto se describirá en el contrato al inicio del proyecto, partiendo de la base que los equipos son propiedad del proveedor.

3.2.1.3 Costos finales.

- **Desmontaje de los equipos:** Cuando se termina el contrato de outsourcing, los equipos seguirán siendo propiedad del proveedor y en ese momento tendrán que retornar a sus instalaciones, de manera que este costo tendrá que tenerse en cuenta.
- **Transporte:** Desplazamiento de los equipos hasta las instalaciones del proveedor

3.2.1.4 Análisis de costos para los proyectos de las compañías A y B. En la tabla 24 se muestran los costos asociados con el **Outsourcing** por parte del proveedor para las dos compañías que se han tomado como ejemplo.

Tabla 24. Costos del *Outsourcing* de aire comprimido por parte del proveedor

	Compañía A	Compañía B
Costos iniciales:		
Ingeniería y análisis	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Equipos	\$ 1.500.000.000	\$ 440.000.000
Transporte	\$ 15.000.000	\$ 4.500.000
Instalaciones	\$ 45.000.000	\$ 13.500.000
Impuestos	\$ 2.430.000	\$ 607.500
Seguros	\$ 37.500.000	\$ 11.000.000
Total costos iniciales	\$ 1.604.930.000	\$ 474.607.500
Costos regulares		
Mantenimiento anual	\$ 300.000.000	\$ 88.000.000
Imprevistos anual	\$ 45.000.000	\$ 13.200.000
Total costos regulares al año	\$ 300.000.000	\$ 88.000.000
Costos finales		
Desmontaje	\$ 10.000.000	\$ 3.000.000
Transportes	\$ 15.000.000	\$ 4.500.000
Total de costos finales	\$ 25.000.000	\$ 7.500.000

Las compañías A y B tienen costos diferentes básicamente por la cantidad de aire consumida y por la cantidad de equipos requeridos de acuerdo con lo descrito en las tablas 23 y 24.

3.2.1.5 Fuente de financiación. Para el desarrollo de este tipo de proyectos se puede tener varias fuentes de financiación:

- **Recursos propios:** En caso que la compañía tenga el capital para financiar el proyecto es necesario evaluar la rentabilidad del proyecto contra la tasa de rentabilidad en el mercado al realizar otras inversiones.
- **Préstamo bancario:** Requiere el cumplimiento de requisitos exigidos por el banco, además del cumplimiento de la obligaciones de pago. En este caso el proyecto requiere incrementar al costo de los equipos el pago por intereses que serán pactados entre el proveedor y el banco.
- **Leasing:** Al evaluar la figura del leasing se deben revisar aspectos como término del contrato, la tasa de] interés y el valor de retoma.

Se evaluará a continuación la mejor alternativa de fuente de financiación desde el punto de vista del proveedor teniendo en cuenta el riesgo, la rentabilidad del negocio y los beneficios para el inversionista.

3.2.1.6 Cálculo del costo de capital. El costo de capital es el promedio ponderado del costo de oportunidad de los recursos propios de las fuentes de

financiamiento, ponderados por su participación en el capital total del inversionista, como dice Mokate²⁷

A continuación el cálculo del costo de capital:

Fórmula 3. Cálculo del costo de capital del proyecto

$$i_{op} = \left[\frac{k_p}{k_t} \times i_{kp} \right] + \left[\frac{k_f}{k_t} \times i_i \right]$$

De donde:

i_{op} Interés de oportunidad

k_p Capital propio

k_t Capital total

i_{kp} Tasa de oportunidad de recursos propios

k_f Capital financiado

i_i Tasa de interés pagado sobre préstamos y créditos

- Cálculo del costo de capital para financiamiento con recursos propios.

$$i_{op} = \left[\frac{100\%}{100\%} \times 35\% \right] + \left[\frac{0\%}{100\%} \times 19,2 \right] = 35\%$$

²⁷ Mokate, Karen. Evaluación financiera en proyectos de inversión. Bogotá. 1998. p.119.

De donde:

i_{op} Interés de oportunidad

k_p Capital propio: 100% de la financiación del proyecto se hará con recursos propios.

k_t Capital total

i_{kp} Tasa de oportunidad de recursos propios: 35%²⁸

k_f Capital financiado: 0%

i_i Tasa de interés pagado sobre préstamos y créditos: 19,2%²⁹

- **Cálculo del costo de capital para financiamiento con préstamo o financiamiento por leasing**

$$i_{op} = \left[\frac{0\%}{100\%} \times 35\% \right] + \left[\frac{100\%}{100\%} \times 19,2 \right] = 19,2\%$$

De donde:

i_{op} Interés de oportunidad

k_p Capital propio: 100% de la financiación del proyecto se hará con recursos propios.

k_t Capital total

²⁸ Se toma como tasa de oportunidad de recursos propios la rentabilidad promedio de las compañías proveedoras de sistemas de aire comprimido.

²⁹ Tomado de Portafolio. Edición 22 de Junio de 2004.

i_{kp} Tasa de oportunidad de recursos propios: 35%³⁰

k_f Capital financiado: 0%

i_i Tasa de interés pagado sobre préstamos y créditos: 19,2%³¹

En resumen, para el desarrollo del flujo de fondos con recursos propios se tomará una tasa de 35%, para proyectos financiados o por leasing, se tomará 19%.

3.2.1.7 Flujo de Fondos para las diferentes fuentes de financiación. Basados en los conceptos y datos suministrados anteriormente, se revisará a continuación el flujo de fondos para el proyecto en las compañías A y B con las diferentes fuentes de financiación.

³⁰ Se toma como tasa de oportunidad de recursos propios la rentabilidad promedio de las compañías proveedoras de sistemas de aire comprimido.

³¹ Tomado de Portafolio. Edición 22 de Junio de 2004.

Tabla 30. Flujo de fondos para el proveedor fuente de financiación: Leasing Proyecto Compañía B

	COMPAÑÍA B (valores en miles)						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos operacionales							
Pago cuota mensual de outsourcing		180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	
Costo operacional							
Cuota del Leasing		168.960	168.960	168.960	0	0	
Seguro		2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	
Mantenimiento		88.000	88.000	88.000	88.000	88.000	
Imprevistos		13.200	13.200	13.200	13.200	13.200	
Ganancia Gravable	0	92.360	92.360	92.360	76.600	76.600	
Impuesto de renta 35%		32.326	32.326	32.326	26.810	26.810	
Costo operacional no deducible		0	0	0	0	0	
Ingreso operacional no deducible		0	0	0	0	0	
Valor de salvamento							88.000
Impuesto 38%							33.440
Ganancia Neta	0	60.034	60.034	60.034	49.790	49.790	54.560
Costo de inversión							
Ingeniería y análisis	5.000						
Transporte	4.500						
Instalaciones	13.500						
Desmontaje							3.000
Transporte de desmontaje							4.500
Valor de retoma							44.000
FLUJO DE FONDOS NETO	23.000	60.034	60.034	60.034	49.790	49.790	3.060
	RECUPERACION						
Flujo de fondos neto	23.000	60.034	60.034	60.034	49.790	49.790	3.060
Acumulado	23.000	83.034	120.068	120.068	70.278	20.488	17.428

Costo de capital Cc	19,20%						
Valor Presente VP	23.000	50.364	42.252	35.446	24.663	20.690	1.067
Valor Presente Neto VPN	104.643						
Tasa Interna de Retorno TIR	-22,50%						
Beneficio - Costo	0,31						

En la tabla 31 se presenta la comparación del Valor Presente Neto (VPN) para los proyectos en las dos compañías con los diferentes tipos de financiación.

Tabla 31. Comparación de Valor Presente Neto para las dos compañías.

Fuente de financiación	VPN Proyecto Compañía A (valores en miles)	VPN Proyecto Compañía B (valores en miles)
Recursos propios	702.866	276.319
Préstamo bancario	1.332.024	300.134
Leasing	33.745	104.643

Como se puede apreciar, para el proveedor del **Outsourcing** de aire comprimido no es rentable financiar el proyecto con recursos propios para ninguno de los dos proyectos. El Leasing tampoco es una fuente de financiación beneficiosa. El préstamo Bancario es la mejor alternativa para los dos proyectos con el Valor Presente Neto positivo en ambos casos.

Se ha tomado como punto de comparación el Valor Presente Neto (VPN) por ser “un indicador confiable en la comparación u ordenamiento de proyectos. . .”³² el VPN permite realizar comparación entre proyectos con diferentes tipos de inversión ya que, a diferencia de la Tasa Interna de Retorno (TIR), se aprecia la magnitud relativa de las inversiones y ganancias. Existen proyectos en donde la TIR aparentemente no es interesante, pero las magnitudes de ganancia en dinero

³² Mokate, Karen. Evaluación financiera en proyectos de inversión. Bogotá. 1998. p.168.

son importantes, o proyectos cuya TIR es alta pero el monto de ganancia no es atractiva para ningún inversionista.

3.2.2 Aspectos financieros relacionados con el usuario

Para el usuario, los aspectos financieros son fundamentales en el momento de decidir el contratar un servicio de **Outsourcing** de aire comprimido en lugar de continuar con el método tradicional de suministro de aire comprimido con recursos propios.

Dentro de los aspectos financieros se contemplará:

- **Ahorros en costos de mantenimiento:** El usuario del **Outsourcing** no tendrá a su cargo los costos de repuestos, mano de obra, servicios externos de mantenimiento predictivo, entre otros. De manera que este rubro será un ahorro al contratar el **Outsourcing**.
- **Ahorros en costos de refrigeración:** El sistema de refrigeración para el sistema de aire comprimido está a cargo del proveedor, ya sea desarrollado por agua o por aire (ver capítulo 2) de manera que el usuario ya no tendrá esta responsabilidad.
- **Ahorros energéticos:** El hecho de tener un “experto” desarrollando el suministro de aire comprimido en la fábrica, permite que el sistema sea el

más eficiente, de manera que el ahorro en energía eléctrica será uno de los argumentos, desde el punto de vista financiero, más relevante para que el usuario contrate este tipo de servicio.

Al desarrollar el contrato de **Outsourcing** de aire comprimido se generan beneficios económicos en ahorros energéticos y en costos de mantenimiento y sistemas de refrigeración en los que el usuario ya no tendrá que incurrir. En la tabla 32 se describen estos ahorros para las dos compañías.

Tabla 32. Ahorro anual para los usuarios con el *Outsourcing*

Característica	Compañía A	Compañía B
Costo anual de energía en generación y tratamiento de aire	\$ 1.458.063.186	\$ 341.660.860
Ahorro porcentual en energía eléctrica al tener equipos más eficientes con el <i>Outsourcing</i>³³	30%	30%
Ahorros en energía eléctrica	\$437.418.956	\$102.489.258
Costo anual de mantenimiento	\$ 250.000.000	\$ 88.000.000
Costo anual de refrigeración del sistema de aire comprimido	\$ 47.692.800	\$ 13.824.000
Ahorro total energía + Mantenimiento + Refrigeración	\$ 735.111.756	\$ 204.313.258

El usuario debe percibir no sólo los beneficios técnicos sino económicos, de manera que así como el proveedor, se analizará en las tablas 33 y 34 el flujo de fondos para el usuario, tanto para la compañía A como para la B.

³³ Druckluft Effizient. Alemania. 2003. capítulo 8. p. 4.

Tabla 33. Flujo de fondos para el usuario Compañía A.

	COMPANIA A (valores en miles)						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos operacionales							
Ahorros en energía eléctrica		437.419	437.419	437.419	437.419	437.419	
Ahorros en mantenimiento		233.000	233.000	233.000	233.000	233.000	
Ahorros en refrigeración		47.693	47.693	47.693	47.693	47.693	
Costo operacional							
Costo de outsourcing		700.000	700.000	700.000	700.000	700.000	
Seguro							
Mantenimiento							
Imprevistos							
Depreciación							
Ganancia Gravable		18.112	18.112	18.112	18.112	18.112	
Impuesto de renta 35%		6.339	6.339	6.339	6.339	6.339	
Costo operacional no deducible							
Ingreso operacional no deducible							
Valor de salvamento							
Impuesto 38%							
Ganancia Neta		11.773	11.773	11.773	11.773	11.773	
Costo de inversión							
Ingeniería y análisis							
Transporte							
Instalaciones							
Desmontaje							
Transporte de desmontaje							
Valor de retoma							
Depreciación							
FLUJO DE FONDOS NETO	0	11.773	11.773	11.773	11.773	11.773	0

Costo de capital Cc	19,20%						
Valor Presente VP	0	9.876	8.286	6.951	5.831	4.892	0
Valor Presente Neto VPN	35.836						

Tabla 34. Flujo de fondos para el usuario Compañía B.

	COMPANIA B (valores en miles)						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos operacionales							
Ahorros en enería eléctrica		102.498	102.498	102.498	102.498	102.498	102.498
Ahorros en mantenimiento		66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000
Ahorros en refrigeración		13.824	13.824	13.824	13.824	13.824	13.824
Costo operacional							
Costo de outsourcing		180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000
Seguro							
Mantenimiento							
Imprevistos							
Depreciación							
Ganancia Gravable		2.322	2.322	2.322	2.322	2.322	2.322
Impuesto de renta 35%		813	813	813	813	813	813
Costo operacional no deducible							
Ingreso operacional no deducible							
Valor de salvamento							
Impuesto 38%							
Ganancia Neta		1.509	1.509	1.509	1.509	1.509	1.509
Costo de inversión							
Ingeniería y análisis							
Transporte							
Instalaciones							
Desmontaje							
Transporte de desmontaje							
Valor de retoma							
Depreciación							
FLUJO DE FONDOS NETO	0	1.509	1.509	1.509	1.509	1.509	0

Costo de capital Cc	19,20%						
Valor Presente VP	0	1.509	1.509	1.509	1.509	1.509	0
Valor Presente Neto VPN	7.547						

Desde el punto de vista del usuario, el proyecto de **Outsourcing** para las compañías A y B es rentable si se observa el VNP.

En general, tanto para el proveedor como para el usuario el contrato de Outsourcing de aire comprimido es beneficioso. Cabe anotar que el proveedor debe analizar delicadamente la fuente de financiación, ya que será esta la que determine la factibilidad del proyecto y la rentabilidad del mismo. Para el usuario, el beneficio radica en los ahorros logrados con la implantación del proyecto.

3.3. MERCADEO

Es importante considerar que las estrategias del mercado deben ser claras y delimitadas desde un comienzo para ajustar el tamaño del mercado y sus necesidades con las capacidades de las compañías proveedoras del **Outsourcing**.

El determinar lineamientos desde el punto de vista de mercadeo permite el cumplimiento de objetivos y la satisfacción de necesidades tanto para el usuario como para el proveedor. El mercadeo será para el proveedor la fuente que relacionará los recursos financieros, técnicos, logísticos, administrativos y humanos a proporcionar el aire comprimido de acuerdo con las necesidades de

la empresa de acuerdo con el sector en el que se encuentre y a sus características propias.

Figura 16. Tres pilares de apoyo para la formalidad del servicio



Fuente: On line <http://www.infosol.com.mx/espacio/cont/gi/mercaser.htm>

En la figura 16 se muestran los tres elementos que permiten que un servicio realmente satisfaga las necesidades del usuario, aplicado al caso del **Outsourcing** se tiene la siguiente homologación:

- **Liderazgo en el servicio:** En la medida en que el proveedor sea capaz de mantener un posicionamiento en el mercado del **Outsourcing** de aire comprimido, podrá fortificar y solidificar su estructura, recursos, experiencia y beneficios económicos. Cabe anotar que este tipo de proyectos no se ha desarrollado en Colombia, de manera que para

lograr un liderazgo se requiere incursionar en el mercado y mantener un servicio de calidad en la venta de aire comprimido, satisfaciendo las necesidades del usuario.

- **Prueba concienzuda del servicio:** Luego de realizar los estudios de ingeniería necesarios, y de darle al clientes soluciones acertadas y objetivas se puede llegar a probar con proyectos piloto los beneficios del proyecto, esto sin dejar de lado que las pruebas deben contemplar las variables totales de la fábrica y debe dejar ver todos los beneficios para el usuario.
- **Infraestructura de servicio a prueba de errores:** Para que el proveedor, pueda desarrollar esta infraestructura es necesario determinar los recursos que se requieren: financieros, técnicos, logísticos, administrativos y humanos.

3.3.1. Pasos a seguir en el desarrollo del mercadeo

3.3.1.1. Selección del mercado objetivo. El mercado potencial que tiene este tipo de proyectos en el país depende del enfoque y de las políticas propias de la compañía proveedora del servicio. La orientación puede darse desde varios puntos de vista:

- Sector: Existen diversos tipos de sectores: Alimentos y bebidas, textil, confección, farmacéutico, hospitalario, químico, papeles, maquinaria, electrodomésticos, plásticos, vidrio, fundición, generación de energía,

entre otros. Cada uno de ellos tiene una característica propia en cuanto a caudal, presión, perfil de demanda y calidad de aire requerida.

- Tamaño de empresa: De acuerdo al subcapítulo **2.6. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE COMPAÑÍAS**, el proveedor establecerá patrones de calificación y determinará el intervalo de calificación en el que realizará el mercadeo, este intervalo deberá ajustarse a sus capacidades financieras y técnicas ya que un pequeño proveedor no podrá abastecer satisfactoriamente el contrato de **Outsourcing** a un gran consumidor, así mismo, para un proveedor de aire comprimido con gran capacidad, un proyecto de **Outsourcing** en un pequeño usuario puede no ser atractivo.

De acuerdo con lo anterior, desde el punto de vista del proveedor, la selección del grupo de usuarios potenciales del **Outsourcing** dependerá de sus propias políticas de cobertura del mercado, por ejemplo: para satisfacer las necesidades del sector de alimentos y bebidas es necesario manejar unos estándares de calidad de aire diferentes al sector hospitalario. De manera que dependiendo del grado de especialización que el proveedor esté dispuesto a desarrollar al interior de su departamento de proyectos³⁴, éste desarrollará su mercado objetivo.

³⁴ El nombre “proyectos” puede diferir entre compañías proveedoras de aire comprimido, se conoce también como “aplicaciones”, “proyectos especiales”, entre otros.

Es por esto que cada proveedor, basado en sus características propias, determinará cual es el sector industrial y las características de las compañías de aquellos usuarios potenciales a los cuales dirigirá la labor de mercadeo.

3.3.1.2. Mercadeo personalizado: Este tipo de proyectos obliga a desarrollar el mercadeo en forma personalizada, es decir, una vez se ha establecido el mercado potencial, se deberá establecer un sistema de mercadeo propio para cada compañía, esto se debe a que cada empresa tiene necesidades diferentes, cada una de ellas presenta una problemática propia que puede ser resuelta por el ***Outsourcing*** o no. El estilo para ofrecer este servicio se verá determinado básicamente por las características de la compañía.

El mercadeo propio tiene el concepto de la atención dirigida a cada cliente. En este caso el usuario del servicio participa en el diseño del servicio basado este en la aplicación del servicio para el sector específico al que pertenece el usuario. Para este tipo de mercadeo, se debe olvidar la publicidad masiva ya que es un servicio personalizado y no estandarizado, la comunicación interactiva entre el usuario y el proveedor se hace importante en este caso.³⁵

³⁵ Fuente: On line <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/mdeohiram1.htm>

Como estrategia se puede³⁶ :

- **Definir el mercado relevante:** Al contar con las bases de datos públicas, como por ejemplo la cámara de comercio, publicaciones en revistas, bases de datos comerciales, entre otros, se puede tener una extensa información respecto al mercado potencial.
- **Determinar las características de clientes potenciales:** Con los datos del punto anterior se puede tomar información por sector industrial con valiosos datos para calificar las compañías de acuerdo con lo expuesto en el subcapítulo **2.6. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE COMPAÑÍAS.**
- **Identificar las bases para segmentar el mercado:** De acuerdo con los recursos del proveedor, se determinará el mercado objetivo en el que se desarrollará el mercadeo del ***Outsourcing*** .
- **Definir y describir los segmentos del mercado:** Una vez que se han determinado los segmentos del mercado potencial, se describirán sus características.
- **Desarrollo del servicio:** De manera personalizada se analizará cada usuario como un cliente independiente de los demás con necesidades y expectativas propias.

³⁶ Fuente: Revista Acta Académica. Universidad Autónoma de Centro América. Sergio A. Herrera. Mayo 1999. Edición 24

3.3.1.3. Determinar las características propias: Para ello es preciso conocer la fábrica, el proceso productivo y especialmente analizar la estación de aire comprimido y sus especificaciones. A continuación los aspectos que se sugiere determinar con el fin de establecer las características de la compañía:

- Razón social
- Sector industrial
- Número de empleados
- Crecimiento en los últimos 5 años
- Crecimiento proyectado en los próximos 5 años
- Estado de ganancias y pérdidas en los últimos 5 años

- Turnos al día
- Días de trabajo al año

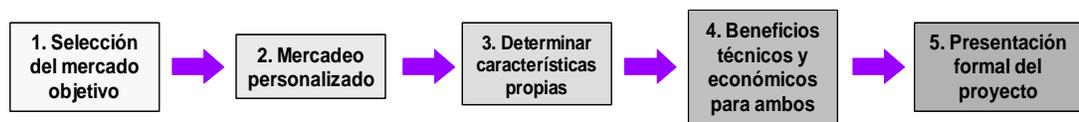
- Listado de equipos en la estación de aire comprimido
- Estado general de los equipos

- Importancia del aire comprimido en el proceso productivo
- Caudal requerido
- Presión requerida en el punto de uso
- Perfil de demanda
- Calidad de aire requerida
- Costos actuales de mantenimiento, refrigeración y energía eléctrica asociados con el aire comprimido

3.3.1.4. Determinar los beneficios: Luego de determinar el mapa general de la compañía se iniciará el análisis técnico y económico para determinar si el **Outsourcing** es rentable para las dos partes. Tomando como punto de partida lo visto en este capítulo. Basados en estos datos se desarrollará la presentación para el usuario.

3.3.1.5. Presentación del proyecto: Una vez se ha determinado la factibilidad del proyecto, se mostrarán los beneficios técnicos y económicos de la implementación de este proyecto, en la medida de lo posible es recomendable organizar una junta con la gerencia general, gerencias financiera, de producción y mantenimiento, ya que son ellos los directamente interesados en reducir costos y mejorar las condiciones de operación de la fábrica además en estas cabezas de área esta la facilidad de toma de decisión.

Figura 17. Generalidades del mercadeo en un proyecto de *Outsourcing*



El desarrollo de los proyectos de Outsourcing son personalizados, en esta medida en mercadeo debe seguir esta misma línea de manera que el proveedor pueda direccionar sus esfuerzos hacia aquel mercado que pueda abastecer, de esta manera las dos partes estarán seguras de realizar un contrato con un socio a la altura de la responsabilidad que este genera.

3.4. BENEFICIOS

Debido a la gran cantidad de variables que maneja este tipo de contratos, antes de mostrar los beneficios, es necesario desarrollar las evaluaciones correspondientes, de manera que no se generen falsas expectativas en las partes.

Dentro de los beneficios se tienen:

- **Financieros:** tanto para el proveedor como para el usuario.
- **Técnicos** principalmente para el usuario al tener, con el contrato de ***Outsourcing*** una estación diseñada y ajustada a sus necesidades actuales y proyectada a las futuras.
- **Administrativos:** Siendo un beneficio para el usuario, relacionado directamente con los departamentos de mantenimiento, almacenes, producción y recursos humanos.

3.4.1. PARA EL USUARIO

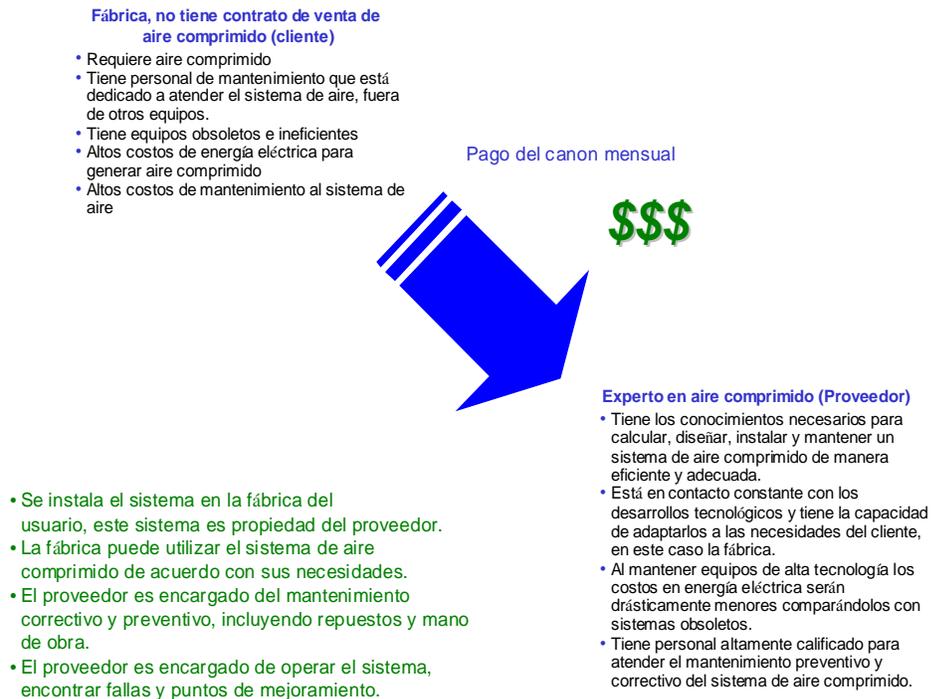
En la tabla 35 se observan los beneficios generales que tendrá el usuario del ***Outsourcing***, teniendo en cuenta que estos se mostrarán luego de desarrollar las evaluaciones pertinentes.

Tabla 35. Beneficios para el usuario

Outsourcing de aire	La fábrica se encarga del sistema de aire
Los costos se pueden predecir, ya que se determinan cánones fijos predeterminados	Los costos se pueden presupuestar pero no predecir exactamente, de manera que si ocurre una falla costosa, la ejecución puede estar por encima del presupuesto.
La fábrica puede tener equipos de alta tecnología siempre, ya que el proveedor tiene la capacidad de poseer equipos de alta tecnología en el sitio del cliente.	La fábrica compra los equipos componentes del sistema y muchas veces funciona con estos equipos hasta por 25 o 40 años, de manera que trabaja con equipos ineficientes y obsoletos.
El mantenimiento realizado al sistema de aire comprimido será acertado ya que es realizado por expertos.	El mantenimiento es realizado de acuerdo con los conocimientos del personal de mantenimiento de la fábrica, existe el riesgo que no se instalen todos los repuestos requeridos por desconocimiento o reducción de costos.
El crecimiento del sistema de aire comprimido será siempre asesorado por el responsable: por la compañía proveedora de manera que el sistema estará dimensionado de acuerdo con las necesidades exactas requeridas por el usuario.	Al comprar los equipos componentes del sistema de aire comprimido se cree en algunas fábricas que no se requerirá futuros crecimientos y puede sobredimensionarse o subdimensionarse el sistema ya que puede ser calculado por personal que desconoce variables importantes de diseño y cálculo.
La fábrica se puede olvidar del sistema de aire comprimido, ya que la compañía experta será la que se preocupe por todo, desde la operación hasta el constante control de costos en mantenimiento y energía eléctrica, adicionalmente el proveedor debe estar pendiente del tamaño del sistema ya que debe estar acorde con las necesidades	El departamento de mantenimiento de la fábrica debe estar pendiente del tema de repuestos, actividades de mantenimiento al sistema de aire, muchas veces dejando de lado procesos de mejora para los equipos de producción.

La figura 18, muestra la diferencia entre suministrar aire con el método tradicional, y el **Outsourcing** de aire comprimido.

Figura 18. Beneficios generales del Outsourcing



3.4.2. PARA EL PROVEEDOR

El proveedor de **Outsourcing** podrá tener los siguientes beneficios:

- Basados en un estudio financiero, los proyectos de **Outsourcing** pueden tener un excelente margen de rentabilidad, de acuerdo con la fuente de financiación.
- Durante el desarrollo del contrato de **Outsourcing** la compañía tendrá garantizado un ingreso mensual suficiente para cubrir sus costos al final del proyecto.

- En la medida en que se consigan más contratos de **Outsourcing** la compañía tendrá crecimiento en ingresos, nómina y prestigio, lo que la llevará a un mejoramiento gradual.

Cabe mencionar, no obstante los beneficios de este tipo de proyectos, que tanto el proveedor como el usuario del **Outsourcing** de aire comprimido deben ser seleccionados con atención ya que en el caso del usuario, este tendrá depositada su confianza en la generación de aire en un tercero y en caso de falla, su proceso de producción se vería afectado. En el caso del proveedor, al desarrollar un contrato con un usuario sin capacidad o responsabilidad de pago, su sistema financiero se afectaría con implicaciones económicas negativas.

El **Outsourcing** es un proyecto que a largo plazo puede ser beneficioso para las personas, un sistema de generación de empleo, mejoramiento en las condiciones de producción de las fábricas en el país, estandarización de procesos, y la facilidad que las fábricas se dediquen a mejorar sus procesos internos para obtener productos de calidad a costos razonables.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El modelo propuesto es una alternativa para las empresas que comercializan sistemas de aire comprimido y para el sector industrial manufacturero en donde hay un encuentro de la oferta y la demanda del servicio. Este modelo es el punto de encuentro para satisfacer estas necesidades.
- El modelo de **Outsourcing** de aire comprimido es viable financieramente para el proveedor y para el usuario de acuerdo al criterio del valor presente neto. Como se aprecia en el capítulo 3, el VPN para la compañía A es \$1.335'024.000, para B es \$300'134.000 en ambos casos financiando el proyecto con préstamo bancario
- La garantía en la rentabilidad del modelo para proveedor depende del cumplimiento en los pagos del usuario, en caso de incumplimiento en los pagos hacia el proveedor, sus compromisos financieros no serán cubiertos, el flujo de fondos proyectado distará de la realidad, además de perjudicar su funcionamiento.
- Para el proveedor, la rentabilidad estará basada en la fuente de financiación, para las dos compañías analizadas, en caso de

tener una tasa de interés en el crédito del 19,2% ea, el valor presente neto mostrará valores positivos de acuerdo con las condiciones de pago estimadas y los gastos operacionales proyectados.

- El beneficio financiero para el usuario radica en que los costos operacionales de producción asignados al **Outsourcing** van a disminuir la base gravable en los estados financieros, esto conlleva a una reducción en el cálculo de los impuestos.

- Para el usuario, lo más importante es la confiabilidad en el suministro de aire comprimido, y esto lo puede garantizar de acuerdo a la calidad de los proveedores que encuentre en el mercado. El contar con un único proveedor presenta un riesgo para el usuario, sin embargo, se pueden establecer cláusulas de cumplimiento y planes de reacción en caso de un incumplimiento o eventualidad.

- El **Outsourcing** financiado por Leasing para empresas de gran tamaño (de acuerdo a los criterios establecidos en el capítulo 2) es beneficioso por que presenta mejor rentabilidad en comparación con empresas pequeñas.

- El modelo tiene dos campos, uno que técnicamente es viable para empresas grandes como para empresas pequeñas. Otro aspecto es el financiero, donde se requiere un estudio riguroso para cada caso en particular, como se vio en el capítulo 3, para las dos empresas el valor presente neto es negativo financiando el proyecto con recursos propios; para las dos compañías es rentable con préstamo bancario.
- Una desventaja del modelo presentado es el supuesto de que el suministro de aire esta garantizado y para el usuario del servicio éste depende de un solo proveedor
- Con el fin de dimensionar adecuadamente el sistema de aire comprimido objeto del modelo se recomienda el desarrollo de estudios de ingeniería que determinen la situación actual y permitan proyectar crecimientos en la demanda del aire. En caso que el estudio no se realice, la estación de aire comprimido puede quedar sobredimensionada generando altos costos operacionales, si en lugar de ello se dimensionara con una capacidad menor a la requerida, se tendrán problemas en los equipos y procesos productivos.
- El usuario y el proveedor deben establecer las condiciones, responsabilidades y derechos en el contrato de **Outsourcing**. Al

definir las condiciones técnicas y comerciales con las respectivas cláusulas de cumplimiento, penalizaciones, arbitramento, entre otros se reduce el riesgo del proyecto.

- En la práctica, las empresas son renuentes a tener un sistema de **Outsourcing**, sin embargo, la mentalidad de los empresarios está cambiando ya que se ve la bondad del modelo en el compartir los riesgos.

- Se ha tenido experiencia de tercerización de funciones en áreas diferentes a la del aire comprimido en Colombia con resultados positivos, esto hace generar confianza en este tipo de sistemas. De allí se espera que este proyecto participe en ese mejoramiento.

- Por otra parte la investigación en el sistema de suministro de aire comprimido tuvo los siguientes problemas: falta de información de las estaciones de aire comprimido por parte del personal de mantenimiento para el caso de las dos compañías analizadas, poco conocimiento de los costos asociados con el aire comprimido, en algunos casos falta de concientización respecto a la importancia de este suministro para el desarrollo de la producción y dificultades en el acceso de la información.

- El modelo de **Outsourcing** de aire comprimido para el caso colombiano permite al sector industrial optimizar su productividad y competitividad frente a otros mercados, de manera que presenta una oportunidad de mejora y estímulo al desarrollo del sector manufacturero y de empresas dedicadas al suministro sistemas relacionados con aire comprimido.

GLOSARIO

AIRE COMPRIMIDO: es el mismo aire atmosférico con una presión mayor a la atmosférica

ASPERSIÓN: Proceso por el cual se esparce el líquido en forma de pequeñas gotas a presión.

AUTOPARTISTA: relacionado con partes de automóviles para proceso de ensamble o reposición de piezas desgastadas en el vehículo.

CAN: Comunidad Andina de Naciones.

CAÍDA DE PRESIÓN: disminución en el valor de ésta a durante el desarrollo de un proceso de distribución o utilización de un fluido como aire, agua, aceite, entre otros.

CAUDAL: cantidad de fluido por unidad de tiempo.

cfm: cubic feet per minute, en español: pie cúbico por minuto. Utilizado para cuantificar el caudal asociado con aire comprimido y otros fluidos.

CILINDROS NEUMÁTICOS: pieza en cuyo interior se desplaza un pistón accionado por aire comprimido para el desarrollo de una tarea como desplazamiento, estampado, limpieza, supervisión, entre otros.

COLECTOR DE POLVO: elemento aspirador de contaminación, gases o polvos que hace pasar dichos contaminantes por filtros de mangas para entregar aire limpio al ambiente.

COMPRESOR: equipo que sirve para comprimir un gas a una presión determinada.

DDP °C: presión de punto de rocío para aire a presión. Define la temperatura a la que se comenzarían a generar las primeras gotas líquidas de agua en el aire comprimido a cierta presión.

DEMANDA DE AIRE COMPRIMIDO: caudal de aire requerido por un proceso productivo determinado. Especificado en cfm u otra unidad de volumen por unidad de tiempo.

GMP: Good Manufacturing Process. En español Buenas Prácticas de Manufactura

hp: horse power Caballos de potencia,

kW: Kilovatio. Medición de potencia que equivale a 1.000 vatios.

mg/m³: miligramo por cada metro cúbico. Unidad de concentración del peso una sustancia en un volumen ocupado por su mezcla con otra.

POTENCIA: cociente entre el trabajo realizado por una máquina y el tiempo empleado en realizarlo.

PRESIÓN: fuerza que se ejerce por unidad de área.

PRESIÓN ATMOSFERICA: aquella que ejerce el aire sobre cualquier punto de la tierra.

PRESIÓN MANOMÉTRICA: aquella medida con un manómetro.

psi: pound per square inch, en español: libra por pulgada cuadrada. Unidad de presión utilizada para cuantificar la presión en gases y otros fluidos.

SANDBLASTING: inyección de chorro de arena a presión.

TRANSPORTE NEUMÁTICO: desplazamiento de material pulverizado de un sitio a otro utilizando caudal de aire a baja presión.

ANEXO

A continuación se incluyen las entrevistas a usuarios o clientes potenciales del ***Outsourcing*** de aire comprimido descritos en el capítulo 2.

Entrevista 1.

Compañía: Alúmina

Persona entrevistada: John Karlo Parra

Cargo: Director de Manufactura

Ciudad: Cali

Lugar y fecha de la entrevista: Cali, 18 de Junio de 2004.

Pregunta 1. Su compañía pertenece al sector Hierro, acero y otros materiales, cuales son las características que usted considera importante destacar en su sector y en su compañía?

Respuesta: Mercado orientado a la arquitectura y dependiente del mismo de la construcción a nivel nacional, fuertemente competido a nivel internacional. Industria en desarrollo y con potencial de crecimiento.

Pregunta 2. Dentro de su sector, que suministros conoce usted como fundamentales para el desarrollo de su proceso productivo?

Respuesta: Pinturas, gas natural, productos químicos, aluminio primario, aleantes

Pregunta 3. Podría describir el sistema de aire comprimido que posee su planta?

Respuesta: Suministro de presión constante, bajo contenido de humedad, Buena relación energía consumida/cfm suministrado.

Pregunta 3.1. Cómo cree usted que se pueda incrementar la eficiencia del sistema actual generación de aire comprimido?

Respuesta: Debe tener medición de energía independiente para medir el consumo por CFM suministrado.

Pregunta 4. Así como la generación de aire, muchos de los procesos que requiere su compañía son desarrollados con recursos propios (producir la mercancía, comprar materias primas), se han creado otras metodologías de trabajo, qué conoce usted sobre el **Outsourcing**?

Respuesta: Se está comenzando un proceso de outsourcing de mantenimiento para delegar los servicios no vitales o vitales pero que requieren experiencia de firmas especializadas. En nuestra planta tenemos experiencia con manejo de aire acondicionado y montacargas con este método

Pregunta 4.1. Cómo considera usted que este tipo de convenios sería beneficioso para su fabrica?

Respuesta: Reducción de costos y liberación de recursos para actividades vitales del negocio

Pregunta 5. Confiaría usted en terceros algunos de los procesos que ha venido realizando? Qué contrataría en **Outsourcing**?

Respuesta: El proceso con las montacargas no ha sido satisfactorio. Podrían soltarse otras actividades de mantenimiento que actualmente se hacen con contratistas

Pregunta 6. Qué opina usted respecto a la posibilidad de contratar en **Outsourcing** la generación de aire comprimido?

Respuesta: En su momento se evaluó como un servicio costoso comparado con la otra opción de compra del equipo directamente y un mantenimiento propio o contratado.

Pregunta 6.1. De ser posible la contratación en **Outsourcing** de aire comprimido, cuales serían los puntos positivos y cuales los negativos de este tipo de negociación?

Respuesta: Punto negativo, valor alto vs. Ningún retorno sobre la propiedad del equipo. Punto positivo, la demostración que el valor de retorno del equipo a los 5 años es muy bajo. Plan de reducción de fugas a nombre del contratista.

Pregunta 7. Qué le gustaría recibir en un contrato de ***Outsourcing?***

Respuesta:.. La seguridad de menores costos a un mínimo riesgo.

Entrevista 2.

Compañía: Schott Envases Farmacéuticos

Persona entrevistada: Eduar Vargas

Cargo: Director de Manufactura

Ciudad: Bogotá

Lugar y fecha de la entrevista: Bogotá, 23 de Junio de 2004.

Pregunta 1. Su compañía pertenece al de envases farmacéuticos, cuales son las características que usted considera importante destacar en su sector y en su compañía?

Respuesta: Compañía: visión de liderazgo en la CAN (Comunidad Andina de Naciones). Sector: direccionamiento de las empresas farmacéuticas hacia producciones y acreditaciones con GMP (Good manufacturing practices – en español Buenas Prácticas de Manufacturas).

Pregunta 2. Dentro de su sector, que suministros conoce usted como fundamentales para el desarrollo de su proceso productivo?

Respuesta: Materia prima: vidrio tipo1. Insumos: oxígeno, gas propano, energía eléctrica, aire comprimido.

Pregunta 3. Podría describir el sistema de aire comprimido que posee su planta?

Respuesta: **Aplicación:** elementos neumáticos y enfriamiento de herramientas del proceso. La presión de trabajo es de 6-7 bar. La red está construida en un circuito cerrado (anillo) para garantizar la estabilidad en la presión en los diferentes puntos de la red

Pregunta 3.1. Cómo cree usted que se pueda incrementar la eficiencia del sistema actual generación de aire comprimido?

Respuesta: Por medio de la medición de los tiempos de carga y descarga de los compresores, de esta forma se lleva un control de las actividades de curado de fugas y modulación de compresores.

Pregunta 4. Así como la generación de aire, muchos de los procesos que requiere su compañía son desarrollados con recursos propios (producir la mercancía, comprar materias primas), se han creado otras metodologías de trabajo, ¿qué conoce usted sobre el **Outsourcing**?

Respuesta: Son acuerdos de prestación de servicios.

Pregunta 4.1. Cómo considera usted que este tipo de convenios sería beneficioso para su fábrica?

Respuesta: servicio las 24 horas, 365 días al año.

Pregunta 5. Confiaría usted en terceros algunos de los procesos que ha venido realizando? ¿Qué contrataría en **Outsourcing**?

Respuesta: Si. Mantenimiento de compresores. despacho de materia prima (vidrio).

Pregunta 6. ¿Qué opina usted respecto a la posibilidad de contratar en **Outsourcing** la generación de aire comprimido?

Respuesta: Sería atractivo si rentablemente es más económico que si nosotros lo generamos.

Pregunta 6.1. De ser posible la contratación en **Outsourcing** de aire comprimido, cuáles serían los puntos positivos y cuáles los negativos de este tipo de negociación?

Respuesta: Positivos: no ocupamos recursos técnicos ni administrativos por este suministro. Negativos: una posible respuesta tardía a un servicio de emergencia y/o la no posibilidad de intervenir el equipo averiado.

Pregunta 7. Qué le gustaría recibir en un contrato de **Outsourcing?**

Respuesta: Confiabilidad 24 horas todo el año.

Entrevista 3.

Compañía: Chevron Texaco

Persona entrevistada: Victor Viviezcas

Cargo: Ingeniería y Mantenimiento

Ciudad: Bogotá

Lugar y fecha de la entrevista: Bogotá, 15 de Junio de 2004.

Pregunta 1. Su compañía pertenece al de Combustibles, cuales son las características que usted considera importante destacar en su sector y en su compañía?

Respuesta: Los lubricantes son esenciales en cualquier proceso productivo, transporte, minería, etc. La calidad y confiabilidad de los lubricantes influyen directamente en el desempeño y la vida útil de los equipos, ChevronTexaco es líder a nivel mundial en la producción, comercialización, desarrollo y suministro de lubricantes excediendo los estándares nacionales e internacionales. El compromiso con el medio ambiente, las soluciones, servicio postventa, confiabilidad, garantía y respaldo son algunas de las principales características de ChevronTexaco.

Pregunta 2. Dentro de su sector, que suministros conoce usted como fundamentales para el desarrollo de su proceso productivo?

Respuesta: Bases derivadas del petróleo, aditivos, insumos varios: cajas, tintas, pegantes etc. Servicios generales: vapor, energía eléctrica, aire, agua. Suministro de personal para líneas de envasado

Pregunta 3. Podría describir el sistema de aire comprimido que posee su planta?

Respuesta: 3 compresores de 35, 50, 60 hp a 140 psi. 1 compresor de 40 hp a 30 psi. Líneas de distribución, tanques de acumulación, secadores, filtros, elementos finales, válvulas de bloqueo y despresurización

Pregunta 3.1. Cómo cree usted que se pueda incrementar la eficiencia del sistema actual generación de aire comprimido?

Respuesta:. Realizando un diagnóstico mediante una auditoría energética, para detectar fugas, verificar dimensionamiento de anillos de tubería, pulmones, y control de compresores por demanda

Pregunta 4. Así como la generación de aire, muchos de los procesos que requiere su compañía son desarrollados con recursos propios (producir la mercancía, comprar materias primas), se han creado otras metodologías de trabajo, qué conoce usted sobre el **Outsourcing**?

Respuesta:.. Hasta el momento hemos utilizado el **Outsourcing** para servicios suministro de personal, no hemos utilizado la figura de **Outsourcing** para otros aspectos, ejemplo para montacargas que comprendería el suministro de las montacargas con los operarios

Pregunta 4.1. Cómo considera usted que este tipo de convenios sería beneficioso para su fábrica?

Respuesta: Al realizar el balance entre los costos internos comparado los de **Outsourcing**, como también los índices de calidad, confiabilidad, tiempo de respuesta.

Pregunta 5. Confiaría usted en terceros algunos de los procesos que ha venido realizando? Qué contrataría en **Outsourcing**?

Respuesta: En este momento el punto crítico que tenemos es referente a las montacargas y movimiento de carga dentro de la planta.

Pregunta 6. Qué opina usted respecto a la posibilidad de contratar en **Outsourcing** la generación de aire comprimido?

Respuesta: Se debe hacer el estudio o balance mencionado anteriormente para dar una opinión mas concreta.

Pregunta 6.1. De ser posible la contratación en **Outsourcing** de aire comprimido, cuales serían los puntos positivos y cuales los negativos de este tipo de negociación?

Respuesta:. Una vez realizado el estudio se haría un análisis DOFA para determinar si es rentable y positivo para la compañía. Sin saber los costos e indicadores de confiabilidad del **Outsourcing** no es posible comparar.

Pregunta 7. Qué le gustaría recibir en un contrato de **Outsourcing**?

Respuesta:. Servicio, calidad. Precio, confiabilidad, soluciones, ahorro, seguridad y medio ambiente, disminución de ruido entre otros.

Entrevista 4.

Compañía: Industrias Safra

Persona entrevistada: Carlos Giraldo

Cargo: Mantenimiento eléctrico

Ciudad: Bogotá

Lugar y fecha de la entrevista: Bogotá, 12 de Junio de 2004.

Pregunta 1. Su compañía pertenece al sector textil, cuales son las características que usted considera importante destacar en su sector y en su compañía?

Respuesta: Somos una empresa textilera que trata de mantenerse competitiva. Trata de mantener equipos de tecnología de punta que nos permitan también mejorar los procesos de producción

Pregunta 2. Dentro de su sector, que suministros conoce usted como fundamentales para el desarrollo de su proceso productivo?

Respuesta:. Son importantes : suministros de hilazas ,suministro de aire .suministro de energía

Pregunta 3. Podría describir el sistema de aire comprimido que posee su planta?

Respuesta: Es un sistema diseñado para suministrar mas o menos 1100 cfm, para tal efecto contamos con tres compresores dos secadores y un tanque de almacenamiento

Pregunta 3.1. Cómo cree usted que se pueda incrementar la eficiencia del sistema actual generación de aire comprimido?

Respuesta: Nuestro sistema cuenta con una transmisión por correas y observamos que existen pérdidas ya que estas se patinan demasiado.

Pregunta 4. Así como la generación de aire, muchos de los procesos que requiere su compañía son desarrollados con recursos propios (producir la mercancía, comprar materias primas), se han creado otras metodologías de trabajo, ¿qué conoce usted sobre el **Outsourcing**?

Respuesta: sobre el particular puedo decir que es el sistema usado por las compañías para confiar tareas propias a manos de terceros

Pregunta 4.1. ¿Cómo considera usted que este tipo de convenios sería beneficioso para su fábrica?

Respuesta: Bueno no podría decir si es bueno o malo .pero si sé que la compañía podría soltar ciertas tareas a personas con mas experiencia para algunas cosas

Pregunta 5. ¿Confiaría usted en terceros algunos de los procesos que ha venido realizando? ¿Qué contrataría en **Outsourcing**?

Respuesta: El manejo de nómina y el manejo de la red interna de sistemas, el sistema de seguridad.

Pregunta 6. ¿Qué opina usted respecto a la posibilidad de contratar en **Outsourcing** la generación de aire comprimido?

Respuesta: Eso permitiría que la compañía se olvidara de los problemas actuales como la preocupación de la calidad y la cantidad de aire comprimido suministrado. Solo lo exigiría

Pregunta 6.1. De ser posible la contratación en **Outsourcing** de aire comprimido, ¿cuáles serían los puntos positivos y cuáles los negativos de este tipo de negociación?

Respuesta: Positivos..la compañía podría dedicarse a su proceso principal y dejar en manos de terceros esta necesidad. Negativos. Sin lugar a dudas generaría más costo

Pregunta 7. Qué le gustaría recibir en un contrato de ***Outsourcing?***

Respuesta: Pólizas de cumplimiento, y compromiso.

Entrevista 5.

Compañía: Automotrices Sinoniz

Persona entrevistada: Edgar Fernandez

Cargo: Gerente de Mercadeo

Ciudad: Bogotá

Lugar y fecha de la entrevista: Bogotá, 18 de Junio de 2004.

Pregunta 1. Su compañía pertenece al sector autopartista, cuales son las características que usted considera importante destacar en su sector y en su compañía?

Respuesta: El cumplimiento en el servicio y la calidad.

Pregunta 2. Dentro de su sector, que suministros conoce usted como fundamentales para el desarrollo de su proceso productivo?

Respuesta: Los suministros de materias primas, equipos eficientes y económicos.

Pregunta 3. Podría describir el sistema de aire comprimido que posee su planta?

Respuesta: Compresor - Anillo de Distribución - Puntos de consumo.

Pregunta 3.1. Cómo cree usted que se pueda incrementar la eficiencia del sistema actual generación de aire comprimido?

Respuesta: Debe ser en el momento requerido, con la capacidad de presión requerida. Calculando bien las líneas de consumo y evitando perdidas, en los puntos de consumo.

Pregunta 4. Así como la generación de aire, muchos de los procesos que requiere su compañía son desarrollados con recursos propios (producir la mercancía, comprar materias primas), se han creado otras metodologías de trabajo, qué conoce usted sobre el **Outsourcing**?

Respuesta:.

Pregunta 4.1. Cómo considera usted que este tipo de convenios sería beneficioso para su fabrica?

Respuesta: El montaje de líneas de distribución.

Pregunta 5. Confiaría usted en terceros algunos de los procesos que ha venido realizando? Qué contrataría en **Outsourcing**?

Respuesta:. Montacargas, distribución de producto, contratación de personal

Pregunta 6. Qué opina usted respecto a la posibilidad de contratar en **Outsourcing** la generación de aire comprimido?

Respuesta: Es aplicable para algunas organizaciones, otras no.

Pregunta 6.1. De ser posible la contratación en **Outsourcing** de aire comprimido, cuales serían los puntos positivos y cuales los negativos de este tipo de negociación?

Respuesta: como se dice en el 4.1 se puede especializar el servicio ya que contratado externamente conocen mas sobre el tema.

Pregunta 7. Qué le gustaría recibir en un contrato de **Outsourcing**?

Respuesta: Confiabilidad-Rendimiento-Economía-Seguridad. BAJOS COSTOS DE FABRICACIÓN.

BIBLIOGRAFÍA

HOWELL, John, "*Principios de termodinámica para ingenieros*". Páginas 713.
Editorial Mc Graw Hill Año 1990. México D.F. México.

BAUMEINSTER, Theodore, y otros. "*MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico*".
Páginas 657. Editorial Mc Graw Hill Año 1990. México D.F. México. Tomo I,
Capítulo 4, página 29.

ABUCHAIBE, Arturo, y otros. "*Manual sobre aire comprimido y aplicación en la industria*". Páginas 191. Editorial Atlas Copco. Venezuela.

ACEVEDO, Mariluz. "*Manual de aire comprimido*", Páginas 112. Editorial
Kaeser Compresores de Colombia Ltda. Año 2003. Bogotá Colombia.

INGERSOLL RAND, "*Air*". Páginas 132. Editorial Ingersoll Rand. Año 1988.
Estados Unidos.

ROSALER, Robert y otros. "*Manual de mantenimiento industrial*". Tomo IV.
Páginas 347. Editorial Mc Graw Hill Año 1987. México D.F. México.

PEREZ, Carlos Mario. *“Gerencia de mantenimiento y sistemas de información”*. Páginas 309. Editorial Soporte y Cia Ltda. Año 1992. Colombia.

MOKATE, Karen. *Evaluación financiera en proyectos de inversión*. Página 119-168, Universidad de los Andes. Año 1998. Colombia

Revista Acta Académica. Universidad Autónoma de Centro América. Sergio A. Herrera.

Revista Dinero. Edición Especial número 207 del 11 de Junio de 2004.

Portafolio. Edición 22 de Junio de 2004.

Web site: www.oit.doe.gov/bestpractices

Web site: www.sapiens.itgo.com/neumatica/mapadelsitio.htm

Web site: www.kaeser.com.

Web site: www.oit.doe.gov

Web site: www.compressedairchallenge.org

Web Site: www.motor.doe.gov

Web site: www.airdyne.net

Web site: www.outsourcing.com

Web site: www.sudhian.com

Web site : [www.gestiopolis.com/recursos/
documentos/fulldocs/mar/mdeohiram.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/mdeohiram.htm)

Web site: www.druckluffeffizient.de

Web site: www.infosol.com.mx/espacio/cont/gi/mercaser.htm