



TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Baxter

**"Ahorro de Energía en el Sistema de Aire Comprimido, siguiendo el Programa
Lean Energy de Baxter Productos Médicos."**

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título de Ingeniero en
Mantenimiento Industrial con el Grado Académico de Licenciatura**

Luis Felipe Córdoba Ramírez.

Cartago, Junio del 2016



engineerscanada

Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

Profesor Guía:
Ingeniero Fernando Bonilla Lorenzo

Asesor Industrial:
Ingeniero Luis Ricardo Viquez

Jurado:
Ingeniero Ignacio Del Valle Granados
Ingeniero Rodolfo Elizondo Hernández.

Información del estudiante y de la empresa

Nombre: Luis Felipe Córdoba Ramírez

Cédula o No. Pasaporte: 3-460-677

Carné ITCR: 201136499

Dirección de su residencia en época lectiva: Barrio El Carmen, Cartago

Dirección de su residencia en época no lectiva: Barrio El Carmen, Cartago

Teléfono: 8328-9359

Email: l.cordoba14r@gmail.com / f.cordoba.2015@ieee.org

Información del Proyecto:

Nombre del Proyecto: Ahorro de Energía en el Sistema de Aire Comprimido, siguiendo el Programa Lean Energy de Baxter Productos Médicos.

Profesor Asesor: Ingeniero Fernando Bonilla Lorenzo

Horario de trabajo del estudiante: Lunes – Viernes 8:00 am – 4:30 pm

Información de la Empresa:

Nombre: Baxter Productos Médicos Ltda.

Zona: Parque Industrial, Cartago

Dirección: 400 m oeste de la entrada principal del Parque Industrial, Cartago, Costa Rica.

Teléfono: 2590-1000

Actividad Principal: Manufactura de productos médicos.

Dedicatoria

*A mis padres y
hermanos por toda
la ayuda, paciencia
y apoyo que me
brindaron durante
mis años de estudio.*

Agradecimientos

Mi agradecimiento a la empresa Baxter Productos Médicos por permitir desarrollar el proyecto de graduación en tan distinguida compañía, a los ingenieros y técnicos por la ayuda brindada en todo momento, así como Gerentes y Director por el apoyo y credibilidad.

Mención al departamento de Facilidades especialmente al Ingeniero Luis Víquez por asesorarme durante este lapso, darme la guía y el acompañamiento en todo instante que lo he necesitado.

A mis amigos cercanos que estuvieron ahí en todo el proceso de estudio, por compartir los buenos y malos momentos, a Fabiola por su apoyo incondicional y paciencia en todo instante.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Electromecánica por transmitir su conocimiento y consejos, al profesor asesor Fernando Bonilla por su orientación y recomendaciones en el desarrollo de la práctica.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
A. Identificación de la empresa.....	2
1. Generalidades.....	2
2. Misión	3
3. Visión	3
4. Valores.....	4
5. Ubicación geográfica.	4
6. Organigrama general	4
7. Organigrama del departamento de ingeniería.....	6
8. Número de asociados.	6
9. Tipos de productos.	7
10. Mercados de exportación.....	12
11. Descripción general del proceso productivo.....	12
B. Justificación del estudio.	14
C. Objetivos.....	16
1. Objetivo general.....	16
2. Objetivos específicos	16
D. Alcances y limitaciones.	17
1. Alcance del proyecto.....	17
2. Limitaciones.....	17
II. MARCO TEÓRICO	19
A. Sistemas de Aire Comprimido.....	20
1. Generalidades.....	20
2. Generación de aire comprimido.	21
3. Compresores de tornillo	22
4. Suministro y demanda	23

5.	Distribución de aire comprimido.....	24
B.	Ahorro energético en sistemas de aire comprimido.	25
1.	Norma INTE/ISO 50001:2011	26
2.	Áreas de oportunidad en los sistemas de aire comprimido.	28
3.	Detección ultrasónica de fugas.	31
III.	METODOLOGÍA	33
A.	Procedimiento metodológico.	34
IV.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.	36
A.	Uso y consumo eléctrico de los equipos de la planta.	37
B.	Sistema de aire comprimido de Baxter.....	40
C.	Requisitos Lean Energy Program para el sistema de aire comprimido. ...	44
D.	Línea de base energética.....	46
1.	Consumo eléctrico de los compresores CM #1	46
2.	Perfil de consumo aire comprimido.....	49
E.	Conclusiones de la situación actual	50
V.	PROPUESTAS DE MEJORA.....	52
A.	Análisis operacional del cuarto de compresores.	53
1.	Desempeño energético de los compresores.....	54
2.	Reducir la presión de descarga de los compresores.....	57
B.	Programa de detección de fugas.	61
C.	Indicadores de desempeño (IDE`s).....	68
VI.	IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE PROPUESTAS	71
A.	Implementación propuesta de desempeño energético.....	72
B.	Implementación propuesta de programa de fugas.	74
1.	Generalidades y evidencia.....	74
2.	Resultados de las inspecciones.....	80
3.	Resultados de las correcciones.	82
4.	Análisis económico del programa de fugas.....	87
5.	Conclusiones del programa de fugas.....	89
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
A.	Conclusiones	92
B.	Recomendaciones	93
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	95

IX. APÉNDICES.....	98
Apéndice 1. Tabla de consumos equipos Diciembre 2015 a Febrero 2016	99
Apéndice 2. Datos Pareto de consumo eléctrico 12/02/2015 al 03/17/2016	100
Apéndice 3. Consumos diario compresores CM #1 del 02/04/2016 - 03/04/2016	101
Apéndice 4. Demanda de aire comprimido de una semana de operación.	102
Apéndice 5. Cálculo de eficiencia de compresores.	104
Apéndice 6 Cálculos de la caída de presión en tuberías- accesorios y presión mínima requerida del sistema de compresión.	105
Apéndice 7. Procedimiento Detección de fugas en aire comprimido Baxter	108
Apéndice 8. Rutinas de inspección programa de fugas.	119
Apéndice 9. Datos para calcular indicador de consumo específico.....	121
Apéndice 10. Reportes de inspección de fugas IV.	122
Apéndice 11. Reportes de inspección de fugas Automatización.	123
Apéndice 12. Reportes de inspección de fugas Moldeo.....	124
X. ANEXOS	125
Anexo 1. Datos de placa de compresor 08 y 11 de CM #1	126
Anexo 2. Control inteligente del aire comprimido y Panel View.....	127
Anexo 3. Hoja de datos CAGI para compresor Ingersoll Rand Sierra H-300W.	128
Anexo 4. Hoja de datos CAGI para compresor Atlas Copco ZR 90.....	129
Anexo 5. Hoja de datos CAGI para compresor Atlas Copco ZT 250.	130
Anexo 6. Costo de la tarifa eléctrica para T-MT de Jasec.	131
Anexo 7. Diagrama de Moody.....	132
Anexo 8. Coeficientes de pérdida en accesorios.....	133
Anexo 9. Caída de presión en Pre-filtro Wilkerson F43-0E-000	134
Anexo 10. Caída de presión en secador NVC Ingersoll Rand.....	135
Anexo 11. Porcentajes de ahorro por reducción de la presión de descarga.	136
Anexo 12. Estimación de los cfm de fugas a partir de los decibeles.	137
Anexo 13. Cotizaciones de materiales para reparaciones de fugas.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Fachada de Baxter Productos Médicos Ltda.....	3
Figura I.2 Ubicación de Baxter.....	4
Figura I.3 Organigrama de los líderes de Baxter Planta Cartago.....	5
Figura I.4 Organigrama Departamento de Ingeniería.....	6
Figura I.5 Blood sets.....	8
Figura I.6 Familia IV Sets.....	8
Figura I.7 Basic Solution Set.....	9
Figura I.8 Familia de Extensión Sets.....	10
Figura I.9 Familia Catheter Extension Set.....	11
Figura I.10 Familia de Irrigation Sets.....	11
Figura II.1 Tipos de compresores.....	22
Figura II.2 Compresor de tornillo de dos etapas Sierra H 300W.....	23
Figura II.3 Diagrama de un sistema de aire comprimido.....	24
Figura II.4 Distribución de la demanda de aire comprimido.....	24
Figura II.5 Modelo de gestión de la energía norma INTE/ISO 50001:2011.....	27
Figura II.6 Diagrama conceptual del proceso de planificación energética.....	28
Figura II.7 Energía perdida por fugas en el sistema de aire comprimido.....	30
Figura II.8 Rango de valores de frecuencia.....	31
Figura II.9 Equipo ultrasónico de fugas.....	31
Figura IV.1 Diagrama de Pareto consumos eléctricos del 12/02/15 hasta 03/17/16.....	38
Figura IV.2 Diagrama unifilar del sistema de aire comprimido CM #1.....	40
Figura IV.3 Distribución en anillo de aire comprimido.....	43
Figura IV.4 Perfil mensual de consumo eléctrico compresores de CM #1.....	47
Figura IV.5 Distribución en porcentajes de consumo eléctrico.....	48
Figura IV.6 Demanda promedio de aire comprimido semana 03/07/16 al 03/13/16.....	49
Figura V.1 Diagrama de proceso del programa de fugas en aire comprimido.....	64
Figura V.2 Hoja rutina de inspección Extrusión.....	66
Figura V.3 Distribución porcentual de aire comprimido en Baxter.....	66
Figura V.4 Indicador de consumo específico mes Febrero 2016.....	69
Figura VI.1 Gráfico comparativo propuesta de implementación.....	73
Figura VI.2 Entrenamiento a los técnicos en uso del equipo.....	75

Figura VI.3 Inspecciones en Resinas de Extrusión y Automatización	76
Figura VI.4 Etiqueta y colocación en el lugar de la fuga.....	77
Figura VI.5 Reporte de fugas. Área: Extrusión.....	78
Figura VI.6 Diagrama Gantt programa de fugas implementado.	79
Figura VI.7 Porcentajes de fugas hallados en primera corrida del programa de fugas. 80	
Figura VI.8 Detectado vs reparado en términos económicos.	83
Figura VI.9 Detectado vs reparado en términos energéticos.	84
Figura VI.10 Nuevo porcentaje de fugas.	85
Figura VI.11 Gráficos de consumo de aire vs tiempo antes y después de las reparaciones	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1	Horarios de trabajo del personal operativo y soporte de Baxter.....	7
Tabla III-1	Metodología a desarrollar en el proyecto.	34
Tabla IV-1	Especificación de uso y consumo de la energía en planta Baxter	39
Tabla IV-2	Características de los compresores ubicados en CM #1	41
Tabla IV-3	Características de los compresores ubicados en CM #2 (Back-up).....	41
Tabla IV-4	Zonas de consumo de aire comprimido Planta Baxter.....	43
Tabla IV-5	Consumos eléctricos promedios de los compresores	47
Tabla V-1	Comparación de indicadores de desempeño según C.A.G.I	55
Tabla V-2	Diferencias de consumos eléctricos compresores 11 y 10	56
Tabla V-3	Ahorro generado para diferentes períodos	57
Tabla V-4	Variables de los compresores de estudio para el cálculo de ahorro	60
Tabla V-5	Distribución de responsabilidades para el programa de fugas.....	62
Tabla V-6	Resumen de propuestas de mejora energética	70
Tabla VI-1	Comparación de consumos eléctricos antes y después de la propuesta	72
Tabla VI-2	Resultados de las inspecciones realizadas.	80
Tabla VI-3	Resultados de las reparaciones de fugas	82
Tabla VI-4	Comparativo de ahorro económico y energético alcanzado	83
Tabla VI-5	Lista de materiales a reemplazar para el programa de fugas	87
Tabla VI-6	Cálculo del periodo de recuperación de la inversión.....	89
Tabla VI-7	Aspectos positivos y de mejora al programa de fugas.....	90
Tabla IX-1	Características eléctricas de los compresores ubicados en CM #1	104
Tabla IX-2	Cantidad de accesorios y coeficientes de pérdidas en CM#1.....	106
Tabla IX-3	Cantidad de accesorios y coeficientes de pérdidas en tubería principal	107

Resumen

Córdoba R, Luis Felipe. Mayo, 2016. Ahorro de Energía en el Sistema de Aire Comprimido, siguiendo el Programa Lean Energy de Baxter Productos Médicos., Proyecto de graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El proyecto fue desarrollado en la empresa Baxter Productos Médicos, empresa manufacturera de dispositivos médicos localizada en el parque industrial de Cartago y consistió en desarrollar propuestas de ahorro energético para el sistema de aire comprimido. El objetivo fue mejorar en un 5% el desempeño energético del sistema.

En el diagnóstico de la situación actual se pudo determinar que los compresores representan el mayor gasto energético de la planta, además que la empresa carece de un programa de detección y corrección de fugas a pesar de que han iniciado labores de monitoreo y ahorro.

Las propuestas de mejora consisten en: determinar el desempeño de los compresores de casa máquinas #1, además de reducir la presión de descarga de los equipos de compresión y por último un programa integral para eliminar fugas en aire comprimido, todas estas propuestas siendo controladas con indicadores de desempeño energéticos.

Se logró la implementación satisfactoria del programa de fugas, obteniendo una mejora de 8.4%, superior a lo que se propuso inicialmente. Al analizar los beneficios de esta propuesta se logran ahorros de \$13.410 y de 158.609 kWh anuales.

Abstract

Córdoba R, Luis Felipe. May 2016. Energy Savings in Compressed Air System, following the Lean Energy Program Baxter Medical Products., Project Graduation. Costa Rica Institute of Technology.

The project was developed in the company Baxter Medical Products, medical device manufacturing company located in the industrial park of Cartago and was to develop proposals for energy saving compressed air system. The objective was to improve by 5% the energy performance of the system.

In the diagnosis of the current situation could be determined that the compressors represent the most energy cost of the plant, the company also lacks a program of leak detection and correction even though they have started monitoring in work and savings.

The proposed improvements include: determining the performance of compressors machines home # 1, also reducing the discharge pressure of the compression equipment and finally an integral program to eliminate leaks in compressed air, all these proposals being controlled by energy performance indicators.

The successful implementation of the leak program was achieved, obtaining an improvement of 8.4% higher than what was initially proposed. Analyzing the benefits of this proposal \$13.410 and 158.609kWh annual savings

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la empresa.

1. Generalidades.

Baxter es una empresa que se dedica a la fabricación de productos médicos que salvan y mejoran la vida de millones de pacientes en todo el mundo. Cuenta con más de 100 empresas alrededor del mundo con su casa matriz ubicada en Chicago, Estados Unidos.

Desde hace más de 80 años, la compañía investiga y desarrolla dispositivos médicos, medicamentos y biotecnología para proporcionar terapias innovadoras a personas que padecen hemofilia, insuficiencia renal, alteraciones inmunológicas y otras enfermedades agudas y crónicas. (Baxter Medical Products Ltda., 2015)

Baxter inició sus operaciones en Costa Rica en el año 1987 con 32 empleados ubicándose estratégicamente en la zona franca de Cartago, específicamente en el Parque Industrial de la provincia

Con el pasar del tiempo nuevos productos y procesos se trasladaron a Costa Rica, la incorporación de moldeo por inyección, montaje automático y esterilización. Conjuntos de irrigación, alargaderas catéter, también se ampliaron a la planta de fabricación de Costa Rica años más tarde. Para el 2007, las instalaciones de Baxter en el país fue la primera planta en recibir la certificación de carbono neutral, y fue reconocida con el premio Shingo 2008 por la excelencia operativa, además cuenta con certificación en la norma ISO 9002 otorgada en el año 1993, e ISO 14001 lograda en 1998

Actualmente la planta es considerada manufacturera, por tener operaciones continuas todos los días del año en turnos diurnos y nocturnos, y se dedica a la fabricación de dispositivos para administración de soluciones intravenosas, instrumentos desechables para cirugía, para ser utilizados en hospitales o clínicas de salud, donde toda su producción es para la exportación." Además cuenta con un Centro de Servicios Compartidos (Share Services) que se ubica en Heredia que tiene a cargo la provisión de recursos humanos y servicios de contabilidad a los Estados Unidos, Canadá y América Latina." (El empleo, 2015) Y por último cuenta

con una oficina ubicada en Paseo Colón, San José que se encarga de comercializar los productos a nivel internacional, además de brindar servicio al cliente.



Fuente: Baxter Productos Médicos.

Figura I.1 Fachada de Baxter Productos Médicos Ltda.

2. Misión

- Salvar y mantener vidas humanas.

3. Visión

- Aspirar a ser la mejor compañía en el área de fabricación de dispositivos médicos.

4. Valores

- Innovación
- Trabajo en equipo
- Integridad
- Responsabilidad social

5. Ubicación geográfica.

Actualmente es una de las empresas ubicadas en el Parque Industrial, en la provincia de Cartago.

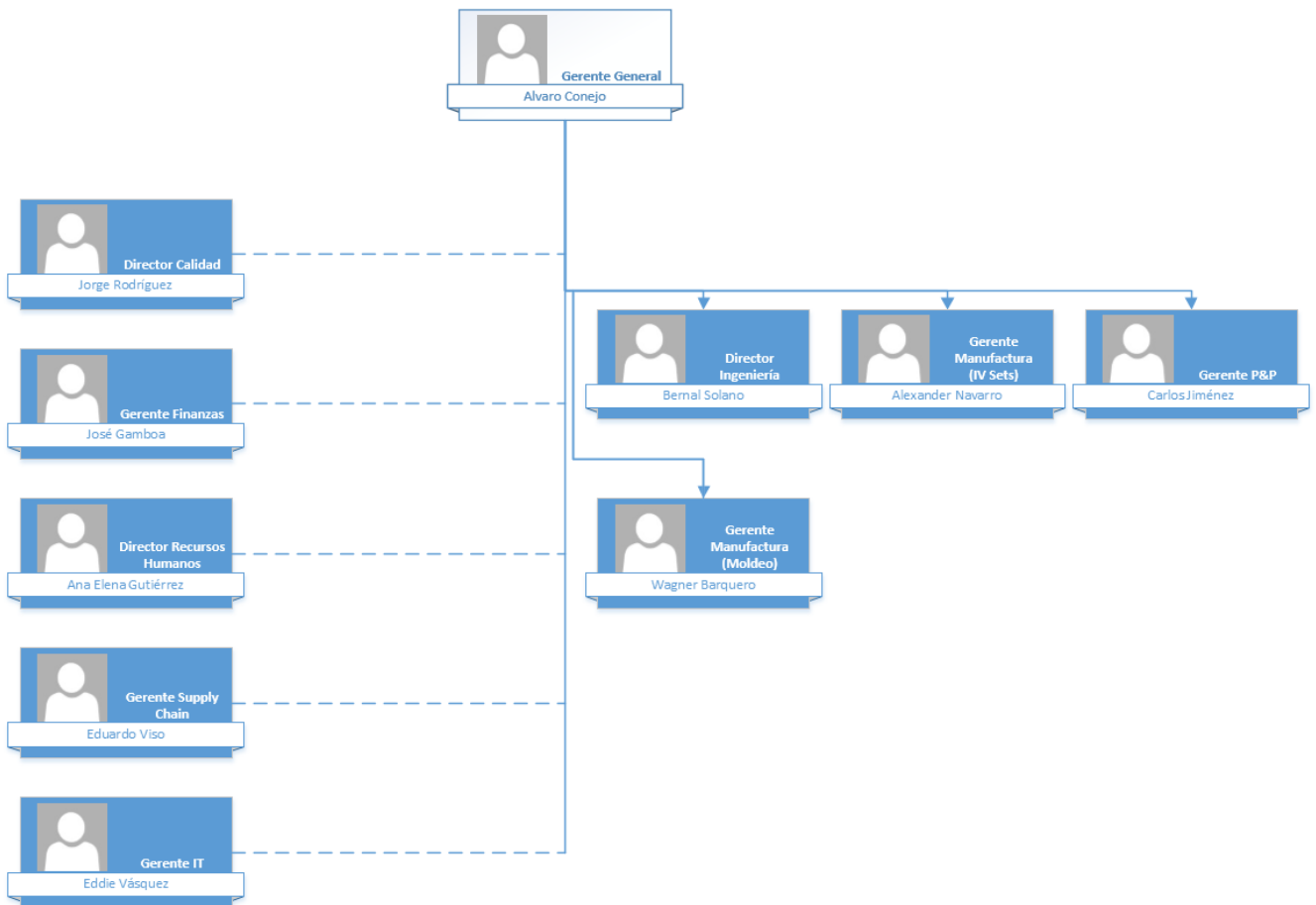


Fuente: Google Earth.

Figura I.2 Ubicación de Baxter.

6. Organigrama general

En la figura I.3 se muestra el organigrama general de la compañía Baxter Planta Manufacturera Cartago.



Fuente: MS Visio 2013, elaboración propia.

Figura I.3 Organigrama de los líderes de Baxter Planta Cartago.

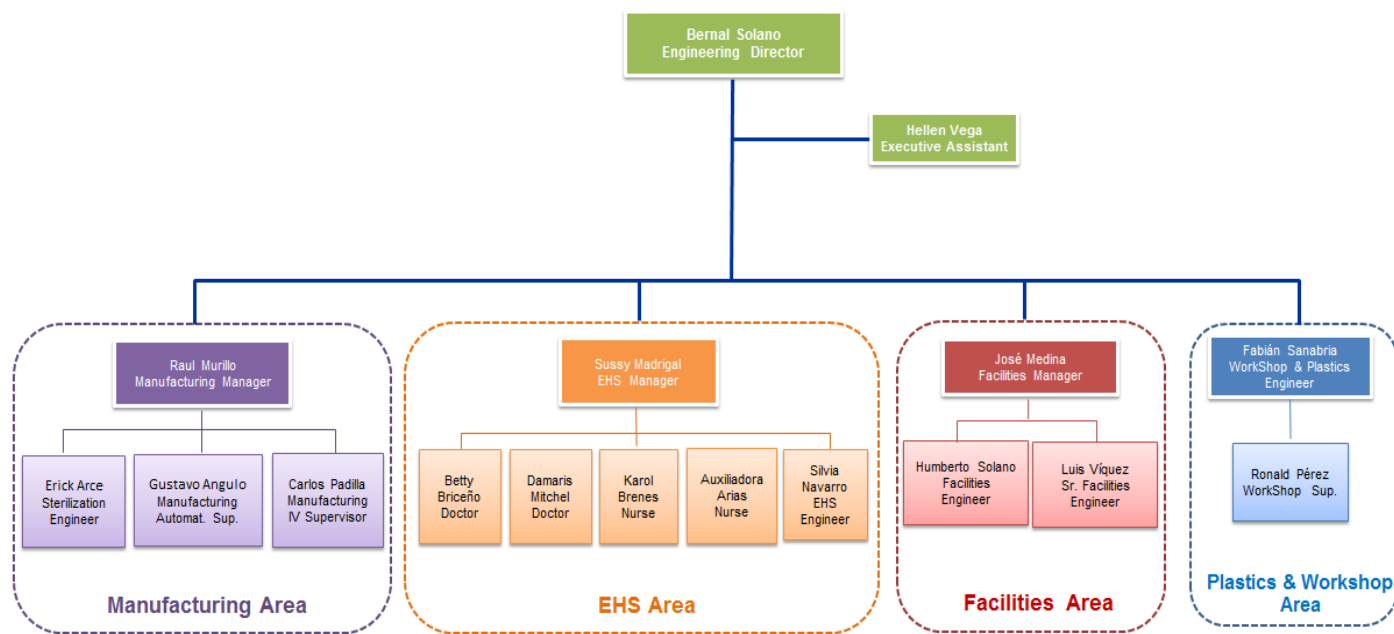
La organización está compuesta por un Gerente General que es la cabeza de la compañía, Directores de Departamento y Gerentes de Área. Los Directores tienen mayor rango que los Gerentes, actualmente se cuenta con 3 directores (Calidad, Recursos Humanos e Ingeniería.) y 6 Gerentes (Finanzas, Supply Chain, Tecnologías de información, Manufactura y P&P).

La línea punteada que se muestra en la figura I.3 significa que las personas que se desempeñan en dichos puestos no tienen que reportar sobre sus labores al Gerente General, sino que lo hacen a otras Plantas en América Latina como Aibonito en Puerto Rico, o lo hacen directamente a la planta en Chicago. Por el contrario los puestos marcados con línea continua sí deben reportarle al Sr. Álvaro Conejo.

7. Organigrama del departamento de ingeniería.

A continuación en la figura I.4 se detalla la estructura organizacional del Departamento de Ingeniería.

ENGINEERING ORGANIZATIONAL CHART



Fuente: Baxter Productos Médicos Ltda.

Figura I.4 Organigrama Departamento de Ingeniería.

8. Número de asociados.

Al mes de febrero del 2016 Baxter cuenta con un equipo de trabajo de 1145 asociados de los cuales 125 son administrativos y 1020 son personal operativo y de soporte. Cuando se habla de personal operativo se refiere a los técnicos y supervisores de cada área, líderes de grupo y ensambladores.

El grueso del personal administrativo trabaja generalmente en el turno A que va de lunes a viernes desde 8:00 a 17:00, aunque hay un turno B de administrativos que labora de 15:00 a 22:00 aunque con menor cantidad de asociados.

El personal operativo y de soporte trabaja en turnos A, B y C los cuales se distribuyen de la siguiente manera

Tabla I-1 Horarios de trabajo del personal operativo y soporte de Baxter

Turno	Horario
A	L – V de 6:00 a 15:30
B	L – V de 15:30 a 22:00 y Sábados de 7:00 a 14:30
C	D-S de 22:00 a 6:00 (turno de alistamiento)

Fuente: Información suministrada por Dpto. RH

El personal operativo de las zonas de Automatización, Moldeo, Extrusión, y Esterilización trabaja en turnos comprimidos que consiste trabajar una semana 4 días por 12 horas que corresponde a una semana larga y la siguiente semana 3 días por 12 horas que concierne a semanas cortas.

9. Tipos de productos.

Actualmente Baxter en su planta manufacturera se centra en la realización de sets intravenosos para diferentes terapias de salud. Los sets se dividen en 7 familias diferentes.

1. Blood Sets

Este tipo de set permite la conexión entre una bolsa de sangre o solución y un catéter en la vía del paciente, con el propósito de transferir sangre para evitar la deficiencia de este elemento esencial para la vida.

USOS Y CARACTERÍSTICAS

Los principales usos y características de los sets de administración de sangre son:

- Proveer medicamento que estimule al cuerpo a producir células sanguíneas.
- Realizar transfusiones por pérdida de sangre, anemia y operaciones.

- Proveer plaquetas que prevengan hemorragias. Las plaquetas representan un componente de la sangre que permite la coagulación ante pérdidas excesivas de este fluido.
- Pueden utilizarse en salas de operación, hospitales y ambulancias.
- Poseen diferentes tamaños de filtros y cámaras de goteo.



Fuente: Baxter Productos Médicos Ltda.

Figura I.5 Blood sets.

IV Sets

Este tipo de set representa el medio de conexión entre una bolsa de solución y un catéter en la vena del paciente. Su objetivo es el suministrar fluidos por medio intravenoso.

Los IV sets son utilizados en hospitales como en el hogar, con la ayuda de una bomba de infusión que regula la cantidad de solución administrada al paciente o por medio de gravedad.



Fuente: Baxter Productos Médicos Ltda.

Figura I.6 Familia IV Sets.

USOS

Los IV sets se utilizan para:

- Administrar medicamentos o soluciones de forma rápida, en comparación con la administración oral.
- Estabilizar el proceso de coagulación de la sangre mediante el suministro de anticoagulantes.
- Proveer: terapia nutricional, analgésicos para mitigar el dolor, antibióticos para tratar infecciones y quimioterapia.

En los IV sets podemos encontrar las siguientes familias:

2. Basic Solution Sets

Es utilizado para la administración de fluidos desde un contenedor al paciente, contiene un roller clamp para la regulación de la cantidad de suero por suministrar.



Fuente: Baxter Productos Médicos Ltda.

Figura 1.7 Basic Solution Set

3. Chemotherapy Sets

Este producto es utilizado para sesiones de quimioterapia, la principal característica es que el tubo extruido es de 3 capas, esto quiere decir que es más rígido.

4. Continuo Flo Sets

Este es uno de los productos principales que manufactura Baxter en la actualidad, representa el 80% de sus ventas. La principal característica que posee este set es que tiene varios puntos de inyección lo que implica que puede administrarse al paciente varios medicamentos al mismo tiempo sin que éstos se mezclen.

5. Extensión Sets

Este es uno de los sets más sencillos, como su nombre lo dice se agrega a otros sets intravenosos para alargar el tamaño del set, no posee conectores por lo tanto no se conecta a ningún medicamento.



Fuente: Baxter Productos Médicos Ltda.

Figura I.8 Familia de Extensión Sets

6. Catheter Extensión Sets

Los catéteres de extensión son utilizados para realizar administración directa de fluidos a las vías centrales, donde el volumen dispensado es crítico. Una de sus características es el reducir la irritación cuando una solución intravenosa es suministrada.

Se conecta directo en la vía del paciente, es de tamaño muy pequeño por lo que puede utilizarse en bebés recién nacidos.



Fuente: Baxter Productos Médicos Ltda.

Figura I.9 Familia Catheter Extension Set

7. Irrigation Sets

Estos códigos son utilizados en salas de operación de hospitales o centros quirúrgicos. Su función principal es irrigar agua a la superficie expuesta que se está operando para que el cirujano pueda observar con claridad el área afectada. Los sets de irrigación están agrupados en las siguientes familias, de acuerdo a la terapia clínica en la que se aplican:

- Códigos “Arthoscopic”: se utilizan en procedimientos quirúrgicos realizados en articulaciones del cuerpo humano, como por ejemplo, en las rodillas.
- Códigos “Transurethral resection” (TUR’s): se utilizan en procedimientos quirúrgicos de diagnóstico aplicados a la vejiga y próstata.



Fuente: Baxter Productos Médicos Ltda.

Figura I.10 Familia de Irrigation Sets

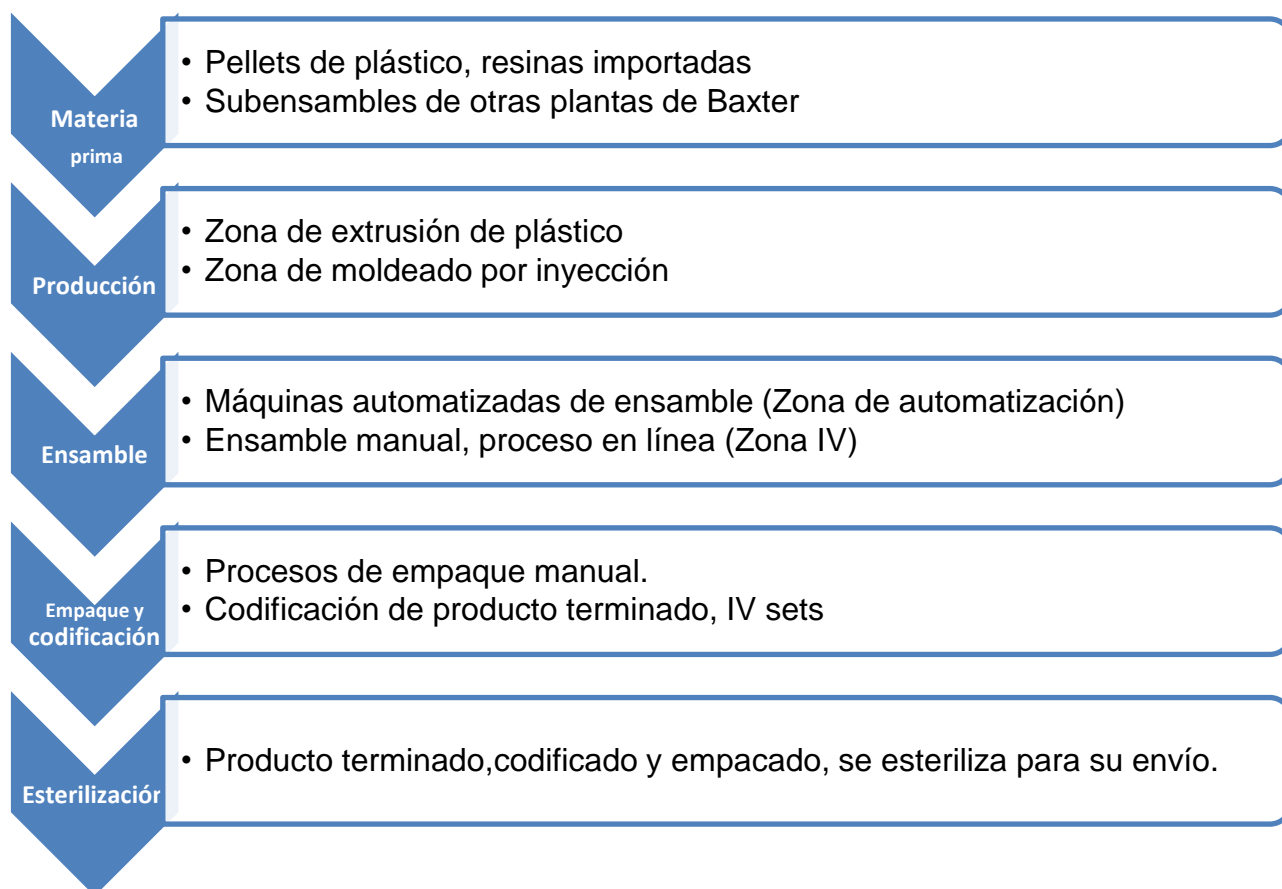
10. Mercados de exportación.

Baxter Cartago tiene diferentes mercados de exportación los cuales se dividen de la siguiente manera:

- América: Canadá, Estados Unidos, Bahamas, Bermuda, Barbados, Islas Caimán, México, Trinidad y Tobago, Puerto Rico, República Dominicana, Jamaica, Panamá, Colombia, Chile.
- África: Madagascar, África del Sur.
- Europa: No posee.
- Asia: Omán, Taiwán, Corea del Sur, Hong Kong, Japón, Macao, Singapur, Qatar, Israel, Malasia
- Oceanía: Australia, Nueva Zelanda.

11. Descripción general del proceso productivo.

A continuación en un diagrama de flujo se detalla el proceso productivo de Baxter



El proceso productivo inicia en el área de “Planning”, donde se define la cantidad de unidades que se deben producir por código y se realiza la proyección de los doce meses siguientes.

Luego de esto, se recibe la materia prima en el área de “Incoming”, en la cual se efectúan las pruebas necesarias para asegurar que el material cumple con las características requeridas y poder colocar esta materia prima en el almacén, hasta que producción lo requiera.

La materia prima que manejan en general son polímeros en forma de pellets, importado de diferentes partes del mundo, también reciben como materia prima sub-ensambles de otras plantas para terminar el producto en Costa Rica.

En la zona de extrusión se fabrican los tubos de diferentes tamaños y grosores de material FPVC (PVC flexible), en moldeado por inyección se realizan partes individuales que posteriormente se ensamblan.

Posteriormente en el área de Automatización se realizan los ensambles de las partes que se realizaron en los procesos anteriores, son realizados por máquinas automáticas para reducir tiempos de producción y generar mayor cantidad de unidades.

A pesar de lo anterior, también cuentan con líneas de ensamble manual con una metodología de proceso en línea, esto quiere decir que el producto va pasando por una banda cada operario lo toma y le ensambla una parte y lo vuelve a colocar en la banda para que el operario siguiente adhiera otra parte, así sucesivamente hasta terminar el dispositivo médico.

El proceso de empaque y codificación también se realiza manual y cada producto debe de ir identificado con el nombre, además con un código que indica el país de destino y número de lote. Y por último realizan una técnica de esterilización, el E-beam es un acelerador de partículas de direccionamiento lineal, irradian electrones hacia todas las cajas de producto terminado, para asegurar la esterilización y calidad del producto que va a hacer entregado al cliente final.

B. Justificación del estudio.

La empresa Baxter a nivel global cuenta con el programa de Lean Energy, pretende implementar proyectos de ahorro energético en la planta. Por políticas corporativas la compañía en Costa Rica tiene la necesidad de incurrir en una serie de proyectos para ir alcanzando niveles de certificación en el programa, las mejoras abarcan diversas facilidades como aire comprimido, aire acondicionado, cargas eléctricas, iluminación, entre otras.

El desarrollo de este proyecto de energía se realizará en el área de aire comprimido y las razones se detallarán a continuación:

- El aire comprimido es considerado crítico dentro del proceso de producción, y es utilizado en todas las áreas productivas las cuales son: Extrusión, Moldeo por inyección, Automatización, Manufactura y por otros usuarios minoritarios como los laboratorios de calidad, taller de precisión y taller de moldes.
- Se realizó un estudio de consumos eléctricos (kWh) con datos recopilados de los medidores de energía (PM) colocados en los tableros y equipos importantes de Baxter, se determinó que el aire comprimido representó la facilidad con mayor consumo de electricidad en los meses de diciembre 2015 - marzo 2016. Ver apéndice 1, por ende es la primera área a intervenir.
- Los compresores trabajan veinticuatro horas al día, los siete días de la semana (24/7), por ende, el consumo eléctrico de ellos siempre va a representar una porción considerable en la facturación eléctrica mensual de la compañía.
- Al ser una industria médica la calidad del aire comprimido es muy exigente Calidad cero según la ISO 8573-1 por ende el costo de generar aire de mayor calidad implica una mayor inversión y operación del sistema.

- Actualmente no se tiene implementado un programa de inspección, detección y corrección de fugas, según (Royo Carnicer, 1977) "las fugas en una instalación pueden rondar el 20%-30% y esto representa pérdidas económicas." Al trabajar todos los días de la semana durante 24 horas diarias, mucho de ese aire de muy alta calidad se fuga al ambiente. Por lo tanto Baxter necesita realizar un programa integral para la detección de fugas dentro del sistema de aire comprimido para lograr un ahorro energético en el consumo de los compresores y como consecuencia genere un ahorro significativo en la facturación eléctrica, todo lo anterior con el propósito de lograr uno de los requerimientos del programa Lean Energy.

Lo que se pretende lograr es reducir el consumo eléctrico de los compresores de Baxter, ya que al minimizar las fugas del sistema se reducen las caídas de presión del mismo y por lo tanto el compresor ya no va a tener que compensarlas, traduciéndose esto en un ahorro económico para la compañía.

Baxter es una empresa de clase mundial por consiguiente siempre van a la vanguardia en temas de calidad, mejoras en prácticas de manufactura y de la mano con la tecnología, por ende siempre buscan mejoras en sus procesos de producción y en el desempeño energético de sus equipos.

C. Objetivos.

1. *Objetivo general.*

- Mejorar en un 5% el desempeño energético del sistema de aire comprimido bajo los requisitos del programa Lean Energy en la empresa Baxter Productos Médicos.

2. *Objetivos específicos*

- Analizar la situación actual de operación del cuarto de compresores de casa máquinas #1.
- Sugerir propuestas de mejora al sistema con base en los requisitos del programa Lean Energy.
- Establecer un programa integral para la detección, corrección y seguimiento de las fugas del sistema de aire comprimido.
- Cuantificar el ahorro energético generado con la implementación de las propuestas de mejora.

D. Alcances y limitaciones.

1. Alcance del proyecto.

Se pretende brindar a Baxter un diagnóstico de la situación energética actual del sistema de aire comprimido y desarrollar una serie de propuestas para mejorar su desempeño energético.

Se utilizará la norma INTE/ISO 50001:2011 “Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso” la cual da una base para poder establecer un proceso de gestión de la energía, la norma se compone de cuatro etapas las cuales se van mencionando durante el desarrollo del proyecto.

Se va a iniciar con un estudio de planificación energética para diagnosticar la situación actual y punto de partida, donde abarca el análisis del consumo promedio de aire comprimido de la planta, así como el consumo eléctrico del cuarto de compresores.

Posteriormente la propuesta de los planes de acción que estén alineadas con el programa de Lean Energy, la implementación y operación de los mismos. Luego de los pasos anteriores se sigue con la verificación de los resultados obtenidos y por último la cuantificación energética y económica del ahorro que se estima lograr.

La única forma de control del rendimiento energético, es a través de indicadores, pero, si no se estandariza qué se quiere medir y cómo se va a medir, no ayudará a controlar y mejorar el sistema por lo tanto el proyecto también tiene como alcance establecer los indicadores de consumo específico y porcentaje de fugas, para evaluar el desempeño energético.

2. Limitaciones.

Un inconveniente que se encuentra para el programa de fugas es que las máquinas en la zona de Moldeo, Extrusión y Automatización trabajan 24/7 por lo tanto la reparación de la fuga no se puede realizar inmediatamente, para combatir esta limitante se propone hablar con los ingenieros supervisores de cada área para que cuando haya paros por mantenimiento, se aproveche para reparar las fugas que fueron encontradas durante las inspecciones.

La implementación completa del programa de fugas lleva mucho tiempo y es un proceso progresivo conforme se va generando la cultura en los técnicos de la importancia de corregirlas, además porque abarca todas las áreas de la planta, por ende aquí se va a mostrar los resultados obtenidos para las zonas donde se realizaron las inspecciones y correcciones de las fugas encontradas.

Otra condición adversa es que el sensor que indica el caudal que pasa por el anillo de I.V está dañado por ende marca un valor incorrecto, esto se reportó al departamento de Facilidades, se tomó la decisión de cotizarlo, pero el tiempo de entrega es de 5 semanas por lo tanto se va estimar el caudal de ese anillo con información histórica para poder continuar con el proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

A. Sistemas de Aire Comprimido.

1. Generalidades

El aire es la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre y está compuesto en proporciones variables por sustancias como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (entre 0% y 7%) y 1% de otras sustancias. El aire tiene la capacidad de ser comprimido, almacenado y luego distribuido para su uso posterior.

Se denomina aire comprimido al que se encuentra a una presión superior a la atmosférica; esta condición del aire se obtiene mediante compresores, las moléculas del aire comprimido no ofrecen ninguna resistencia para desplazarse entre sí y transmiten su presión a toda pared con la que están en contacto. A continuación se enumeran algunas razones que justifican el uso de aire comprimido en las industrias:

- Posibilidad de generar aire comprimido en cualquier lugar y en cantidades ilimitadas.
- Gran eficiencia energética, fluidez y transporte sencillo de la energía.
- Posibilidad de almacenar el aire comprimido en depósitos.
- El aire comprimido es incombustible y no es inflamable; no existe peligro de explosión.
- Mantenimiento y cuidados simples.
- El escape de aire no es tóxico.
- Tiene una gran capacidad de regulación y control dentro de los sistemas.
- Los circuitos de aire comprimido no se encuentran expuestos a las implicaciones de un golpe de ariete como los hidráulicos.

Según (Garro Zavaleta) señala “es importante tener en cuenta el costo de la producción de este, típicamente un sistema de aire comprimido con una vida promedio de 10 a 15 años divide sus gastos en un 83% de consumo de electricidad, 13% de aporte de capital y un 4% en gastos de mantenimiento.

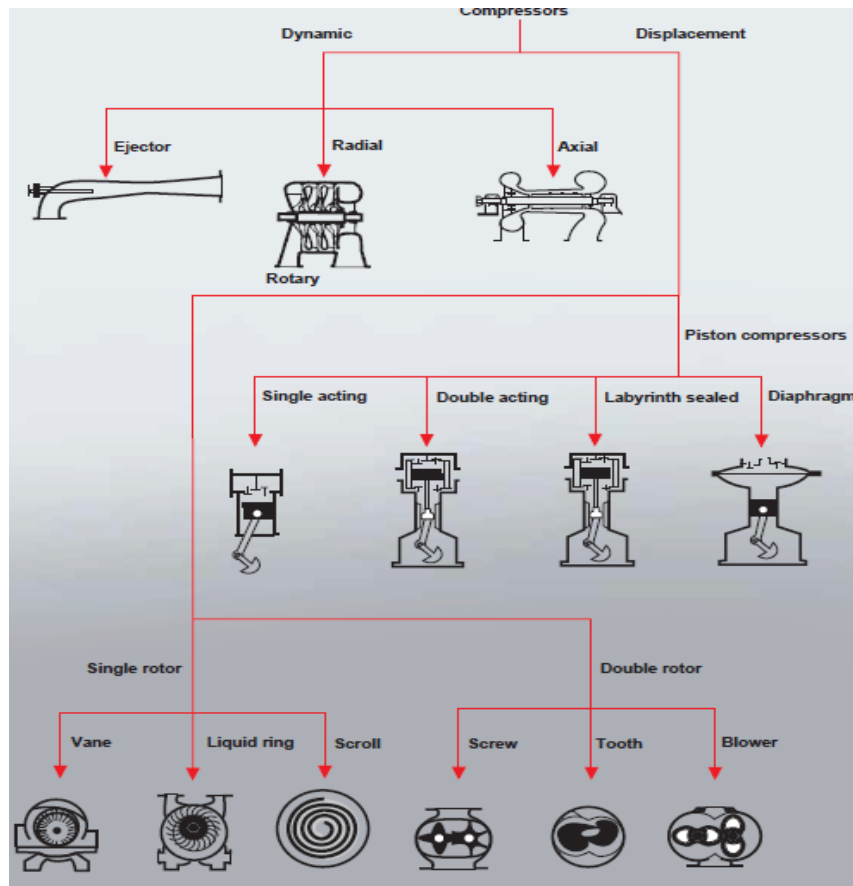
Con esto podemos ver que todas las ventajas de utilizar aire comprimido no serían tan atractivas, para ello debemos tener un constante diagnóstico energético de nuestra red de aire comprimido.” (p. 4)

2. Generación de aire comprimido.

La generación de aire comprimido se produce mediante máquinas llamadas compresores, estos toman el aire de la atmósfera y mediante procesos mecánicos le aumentan la presión.

Por lo general, los compresores están ubicados en un recinto especialmente acondicionado, debido al ruido que generan y a la ventilación que requieren. En este lugar, llamado comúnmente cuarto de compresores, también se ubica el secador y el tanque de almacenamiento principal.

Los compresores se pueden dividir en dos clases: reciprocantes y rotativos; pero independientemente de la clase, se caracterizan básicamente por dos aspectos, las presiones de trabajo y el caudal de aire que puede entregar a esa presión, en la figura II.1 se muestra los tipos de compresores.



Fuente: Atlas Copco Compressed Air Manual

Figura II.1 Tipos de compresores

3. Compresores de tornillo

Debido a que los compresores de tornillo son objeto de estudio en el presente trabajo, se dará una explicación más extensa sobre el mismo a razón de ilustrar la maquinaria encontrada en la empresa. Los compresores de tornillo son de tipo volumétrico y este diseño ha demostrado ser compatible para satisfacer necesidades de una amplia gama de caudales que van desde 88 hasta 2 470 pies cúbicos por minuto, manejando presiones máximas de trabajo de entre 8 y 10 bar.

Según (Gómez Salazar, 2013) “El compresor rotativo de tornillo es una máquina con dos rotores que comprime gas entre las cámaras de los lóbulos helicoidales entrelazados y la carcasa. Los lóbulos en los rotores no son idénticos. Los compresores de tornillo están dispuestos de tal manera que el rotor macho se

encuentra dotado de lóbulos y el rotor hembra de acanaladuras en las cuales se introducen los lóbulos en el curso de la rotación.

El accionamiento del conjunto tiene lugar por el extremo del eje que lleva el rotor macho, quien arrastra por contacto a la hembra, o lo hace mediante engranajes sincronizados que posicionan relativamente los elementos con enorme exactitud, consiguiendo en ambos casos la intersección mutua entre los cuatro lóbulos del macho y los seis canales de la hembra.” (p. 19)

Es posible tener doble etapa haciendo un arreglo de máquinas en serie. Ocasionalmente las dos etapas están en la misma carcasa, conectadas por ductos internos



Fuente: Catálogo productos Ingersoll Rand

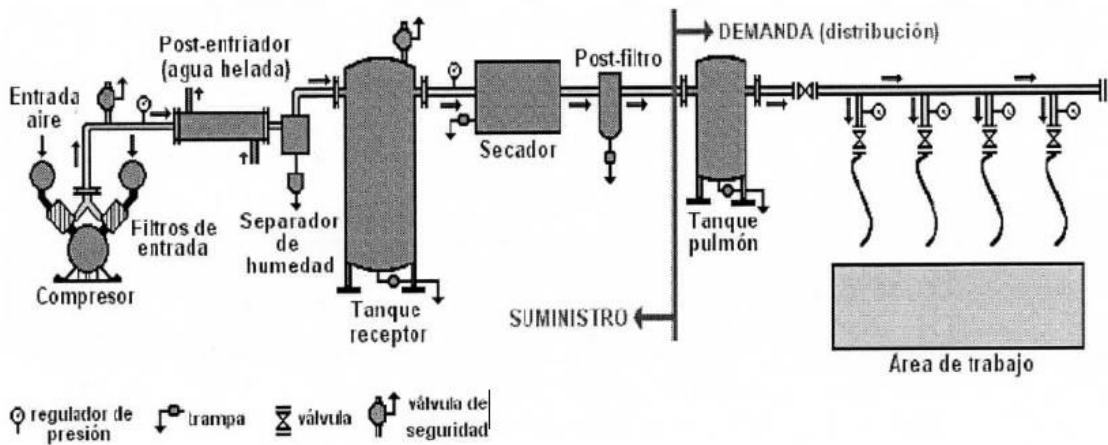
Figura II.2 Compresor de tornillo de dos etapas Sierra H 300W

4. Suministro y demanda

Según (Garro Zavaleta) “Un sistema de aire comprimido se divide en dos partes: el suministro y la demanda.

Del lado del suministro, encontraremos el paquete de compresión, compuesto por el compresor, el motor del compresor, controladores y el equipo de tratamiento del aire, como filtros, enfriadores, secadores, tanques de almacenamiento y otros.

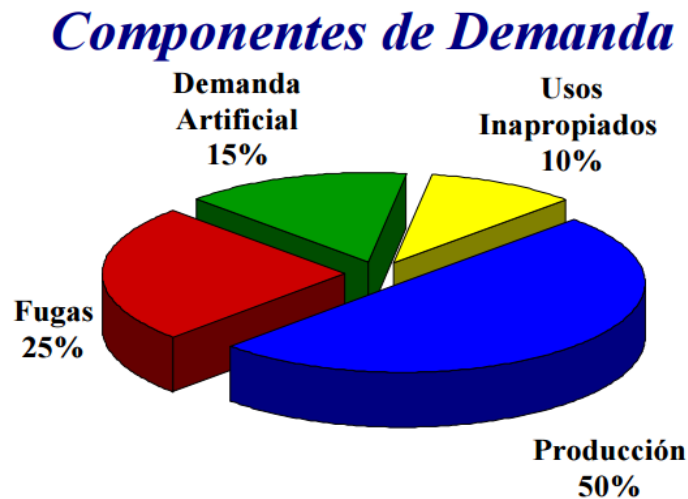
Por el lado de la demanda, están el cabezal principal, compuesto por las líneas principales de distribución, mangueras, reguladores de presión, válvulas, lubricadores y equipos neumáticos entre otros.” (p. 19)



Fuente: (Royo Carnicer, 1977)

Figura II.3 Diagrama de un sistema de aire comprimido

Generalmente la distribución típica de la demanda de aire es:



Fuente: (Ingeniería Energética Integral I.E.I)

Figura II.4 Distribución de la demanda de aire comprimido

5. Distribución de aire comprimido.

El objetivo del sistema de distribución es llevar el aire comprimido a los puntos donde lo requieren los usuarios finales, lo cual debe ser realizado con una caída de

presión mínima. Esta caída incluye la generada debido a la presión que se tiene en los accesorios y equipos de usuarios finales.

Existen varios tipos de ramificación como sistema ramificado, en anillo y red cerrada, se hablará únicamente de la red en anillo porque es la que presenta Baxter.

Sistema en anillo

En este, a partir del cabezal principal, para el suministro de aire a los usuarios finales se utiliza uno o varios lazos cerrados, con lo que se garantiza que la presión en los diversos puntos de consumo será más uniforme en cualquier condición de carga del sistema, al provenir el aire para cada equipo o herramienta desde dos puntos. Evidentemente se incrementa la cantidad de tubería y se disminuye la capacidad de cada línea, lo que produce caídas de presión más bajas.

B. Ahorro energético en sistemas de aire comprimido.

Según (Universidad Autónoma de Occidente y Universidad del Atlántico Barranquilla) “En muchas plantas industriales los compresores de aire son los mayores consumidores de electricidad, y por tanto las ineficiencias en el sistema de aire comprimido resultan muy costosas. Sin embargo, el personal que utiliza el aire comprimido tiende a pensar que el mismo tiene poco valor; y así, por pensar que se trata de simple aire, por la prácticamente nula peligrosidad de un escape o fuga, es muy frecuente que no se le presta atención a su ahorro y uso adecuado.

El mejoramiento de la eficiencia energética en estos sistemas puede permitir la reducción del 20 al 50 % del consumo de electricidad de los mismos, lo cual puede significar miles o cientos de miles de dólares de ahorros potenciales anuales. Un sistema de aire comprimido bien operado ahorra energía, reduce el mantenimiento, disminuye las interrupciones productivas, incrementa la productividad y mejora la calidad.” (p. 1)

El programa de Lean Energy de Baxter ofrece una serie de requisitos energéticos para poder ir certificándose en diferentes niveles hasta llegar al Oro, para

manufacturar sus sets intravenosos de manera eficiente, las condiciones van muy de la mano con lo que la literatura ofrece, por confidencialidad no se muestran estos requisitos.

1. Norma INTE/ISO 50001:2011

ISO señala “esta norma proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores público y privado, en la manufactura y los servicios, en todas las regiones del mundo.

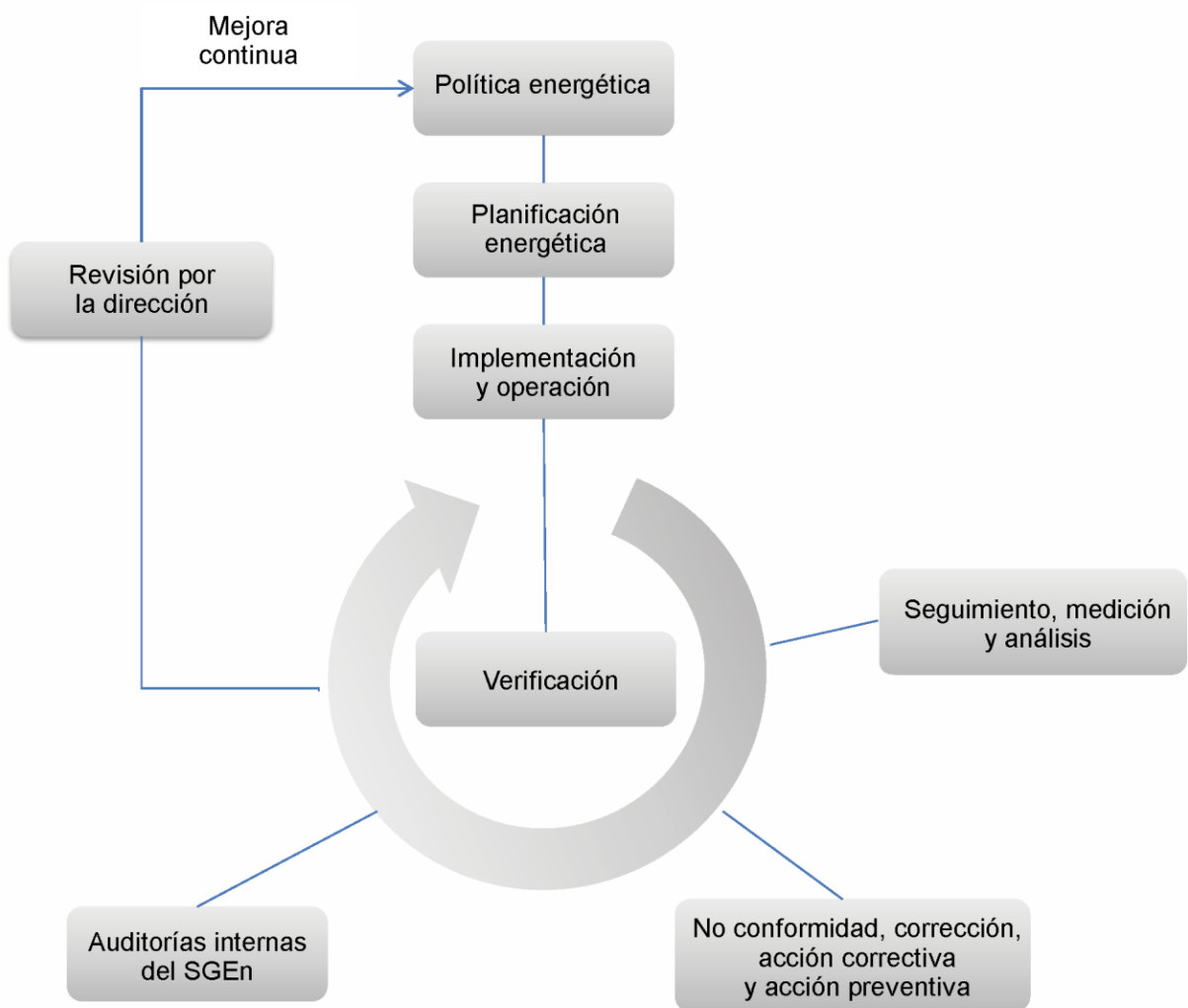
Además de los costos económicos de la energía para una organización, la energía puede imponer costos ambientales y sociales por el agotamiento de los recursos y contribuir a problemas tales como el cambio climático.”

ISO 50001 proporciona un marco de requisitos que permite a las organizaciones:

- Desarrollar una política para un uso más eficiente de la energía
- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política
- Utilizar los datos para entender mejor y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía • Medir los resultados
- Revisar la eficacia de la política
- Mejorar continuamente la gestión de la energía

Como todas las normas de sistemas de gestión ISO, ISO 50001 ha sido diseñada para ser aplicada por cualquier organización, sea cual sea su tamaño o actividad, ya sea en el sector público o privado, independientemente de su ubicación geográfica.

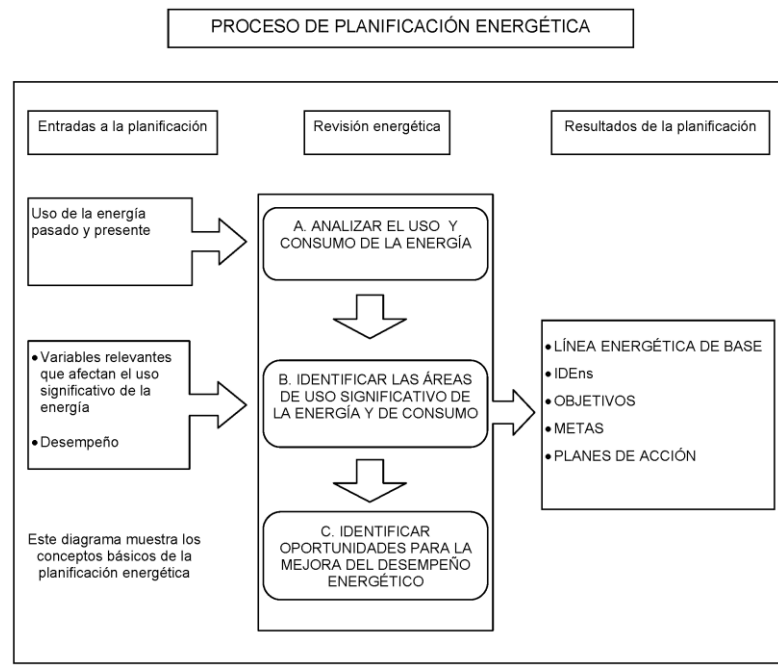
Especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía (SGEn) a partir del cual la organización puede establecer objetivos, metas y planes de acción con la información relacionada con el uso significativo de la energía. Esta norma Internacional se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar. En la figura II.5 se muestra los ciclos que la conforman:



Fuente: Norma INTE/ISO 50001:2011

Figura II.5 Modelo de gestión de la energía norma INTE/ISO 50001:2011

- Planificar: llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización.



Fuente: Norma INTE/ISO 50001:2011

Figura II.6 Diagrama conceptual del proceso de planificación energética.

- Hacer: implementar los planes de acción de gestión de la energía.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGE.

2. Áreas de oportunidad en los sistemas de aire comprimido.

EVALUACIÓN CORRECTA DE LAS NECESIDADES DE AIRE COMPRIMIDO

Según (Gómez Salazar, 2013) Las necesidades de aire comprimido se definen en función de la cantidad, calidad y presión requerida por los equipos de uso final de la planta.

Cantidad de aire-cantidad: La capacidad del sistema de aire comprimido se puede determinar a partir de la suma de las demandas de los equipos de uso final y un determinado factor de diversidad que considere la no operación simultánea a máxima demanda de dichos equipos. Los picos de demanda se pueden absorber instalando capacidad de almacenamiento de aire en tanques recibidores de tamaño adecuado. Se recomienda que los sistemas tengan más de un recibidor.

Perfil de demanda: Un elemento clave para el diseño y la operación de un sistema de aire comprimido es la evaluación de la variación de los requerimientos de aire a lo largo del tiempo. Las plantas con amplias variaciones en la demanda necesitarán que el sistema opere eficientemente a cargas parciales, y en este caso la instalación de varios compresores con un control secuencial puede ser la alternativa más económica.

Reducción de presión de descarga: La presión está directamente relacionada con la energía consumida en el compresor, por lo que se debe operar el sistema a la presión requerida. Según Sullair (2004), con un aumento del 10% en la presión se estaría consumiendo un 5% más de energía.

Disminución de fugas: Las fugas pueden representar una gran pérdida de energía en los sistemas de aire comprimido, llegando a perderse por este concepto hasta 30%, y en casos extremos hasta el 50%, de la producción de aire. Se considera que una planta con un buen mantenimiento y un adecuado programa de control de fugas las pérdidas por fugas, las mismas deben estar entre el 5 y el 10% de la producción de los compresores. Es importante anotar que el costo de mantener las pérdidas por fugas dentro de estos valores siempre es mucho menor que lo que se perdería en una red descuidada. En la figura II.7 se muestra cuánto dinero se pierde al año con la presencia de fugas de diferentes tamaños en las redes de aire comprimido.

Leak hole - Ø		Air escaping at 8 bar _{op} [l/min]	Losses	
[mm]	Size		Energy [kW]	Cash [€/Y]
1	•	75	0,6	480
1,5	◦	150	1,3	1040
2	○	260	2,0	1600
3	◉	600	4,4	3520
4	◊	1100	8,8	7040
5	◕	1700	13,2	10580

Fuente: Compressed Air Manual

Figura II.7 Energía perdida por fugas en el sistema de aire comprimido.

De ahí la importancia de la creación de un programa de fugas, para su exitosa implementación es necesario el involucramiento de la mayor cantidad posible de personas, compromiso por parte de la alta gerencia, además de estos pasos:

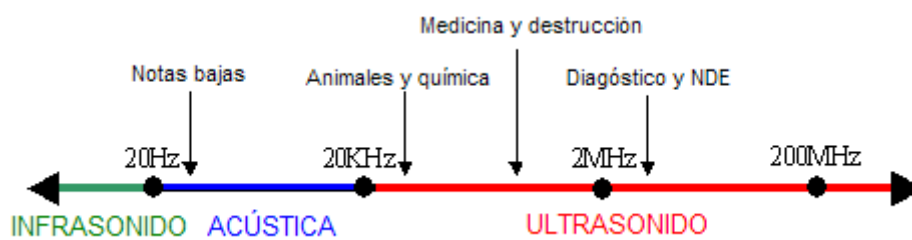
- ✓ Entrenamiento del personal
- ✓ Creación de un procedimiento
- ✓ Rutinas de inspección y verificación.

El mejor método para localizar los puntos de fugas consiste en el empleo de un detector acústico ultrasónico, el cual identifica el sonido de alta frecuencia asociado a las fugas de aire. Otro método, que es más engorroso, consiste en la aplicación de solución jabonosa en las áreas bajo sospecha. Para el desarrollo de este proyecto se utilizará el detector ultrasónico.

3. Detección ultrasónica de fugas.

¿Qué es el ultrasonido?

Según (Bandes, 2005) “El ultrasonido se define como ondas de sonido de alta frecuencia que están por encima del rango de percepción humana. El punto más bajo es generalmente 20kHz y el superior ya está en el rango del megahertz. Los seres humanos son capaces de detectar sonidos en el rango de 20Hz a 20kHz. Los instrumentos portátiles que miden la intensidad del ultrasonido transportado en el aire o por medio de una estructura cubren frecuencias desde 20 kHz hasta 100 kHz”.



Fuente: Sitio Web

Figura II.8 Rango de valores de frecuencia.

Para hacer estos instrumentos amigables con el usuario, la electrónica interna convierte las señales de ultrasonido al rango audible. Una vez convertidas, las señales pueden escucharse a través de audífonos o visualizarse como incrementos de intensidad en un medidor o display.



Fuente: Fabricante UE Systems

Figura II.9 Equipo ultrasónico de fugas.

La gran ventaja de la detección por ultrasonido es que puede usarse en diferentes ambientes, pues es sensible al sonido y no específica para cada gas. Cuando ocurre una fuga, el fluido (líquido o gas) se mueve desde el lado de alta presión a través del agujero al lado de baja presión de la fuga, donde se expande rápidamente y produce un flujo turbulento. Esta turbulencia tiene fuertes componentes ultrasónicos que son detectados por el instrumento. La intensidad de la señal de ultrasonido cae rápidamente desde la fuente, lo cual permite localizar exactamente el sitio de la fuga. (Bandes, 2005)

III. METODOLOGÍA

A. Procedimiento metodológico.

Para la realización del proyecto se utilizó extractos de la norma INTE/ISO 50001:2011 como herramienta para desarrollar las acciones de cada etapa, esta norma establece una serie de procesos necesarios que se deben cumplir para mejorar el desempeño energético de una planta.

A continuación se muestra la metodología empleada para el proyecto:

Tabla III-1 Metodología a desarrollar en el proyecto.

ETAPA	ACCIÓN	HERRAMIENTAS	RESULTADO
Diagnóstico de la situación actual	Analizar el uso y consumo eléctrico de los equipos de la planta	Información del Dpto. Facilidades Diagrama de Pareto Revisión energética (Norma INTE/ISO 50001:2011)	Equipos a intervenir
	Estudiar el sistema de aire comprimido de Baxter	Consultas verbales Información del Dpto. Facilidades Estudio de planos mecánicos	Factores a analizar
	Examinar los requisitos del programa de Lean Energy	Lean Energy Program Consultas verbales	Oportunidades de mejora
	Definir línea energética base del cuarto compresores de casa máquinas #1	Tomas de datos Norma INTE/ISO 50001:2011	Consumo eléctrico promedio Perfil de demanda aire comprimido
Elaboración de propuestas	Sugerir planes de acción para una mejor utilización del recurso energético de los compresores	Planes de acción según Norma INTE/ISO 50001:2011 Lean Energy Program	Propuestas de solución
Implementación de propuestas	Establecer un plan de implementación para las propuestas brindadas.	Implementación y Operación Norma INTE/ISO 50001:2011	Propuestas implementadas
Verificación de resultados	Cuantificar el ahorro energético y económico generado con la implementación de las propuestas de mejora	Verificación Norma INTE/ISO 50001:2011	Beneficios alcanzados

Fuente: MS. Excel 2010, elaboración propia.

Para el diagnóstico de la situación actual se utilizó el capítulo de Planificación Energética de la norma INTE/ISO, respectivamente las secciones de revisión energética y línea de base energética para establecer punto de partida inicial. A continuación se detalla lo que se realizó en cada sección.

- ✓ Revisión energética: se recolectó datos de consumo de los equipos y tableros eléctricos de la empresa.
- ✓ Línea de base energética: definición de la situación actual y punto de comparación posterior.

Además también se apoya del programa corporativo de Lean Energy para analizar los requisitos que se tiene en el área de aire comprimido, además de información del departamento de Facilidades.

En el capítulo de elaboración de propuestas de mejora, se complementa con lo que establece la norma en el capítulo de Planificación Energética en las secciones de indicadores de desempeño (IDE`s) y elaboración de planes de acción, para este proyecto se realizó de la siguiente manera:

- ✓ Planes de acción: se definió metodología y los planes de acción adecuados para alcanzar los objetivos propuestos.
- ✓ Indicadores de desempeño: se analizaron los ya existentes y propusieron nuevos en el sistema de aire comprimido que sean medibles y cuantificables para ir corroborando las mejoras.

Para la implementación de propuestas se guiará como lo desarrolla la norma INTE/ISO 50001:2011 en el capítulo de Implementación y Operación. La implementación se basa en el programa de fugas en las áreas productivas de la empresa, mostrando los resultados de las detecciones y reparaciones alcanzadas hasta la fecha, además el resultado de una prueba mensual utilizando los compresores de mayor desempeño energético de casa máquinas #1.

La verificación de resultados es una de las etapas más importantes ya que aquí es donde se ven los frutos de las propuestas hechas, se genera un análisis económico para corroborar los beneficios económicos que se obtienen.

El propósito de la Norma INTE/ISO 50001:2011, es dar una guía para establecer los procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el consumo de la energía.

IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

A. Uso y consumo eléctrico de los equipos de la planta.

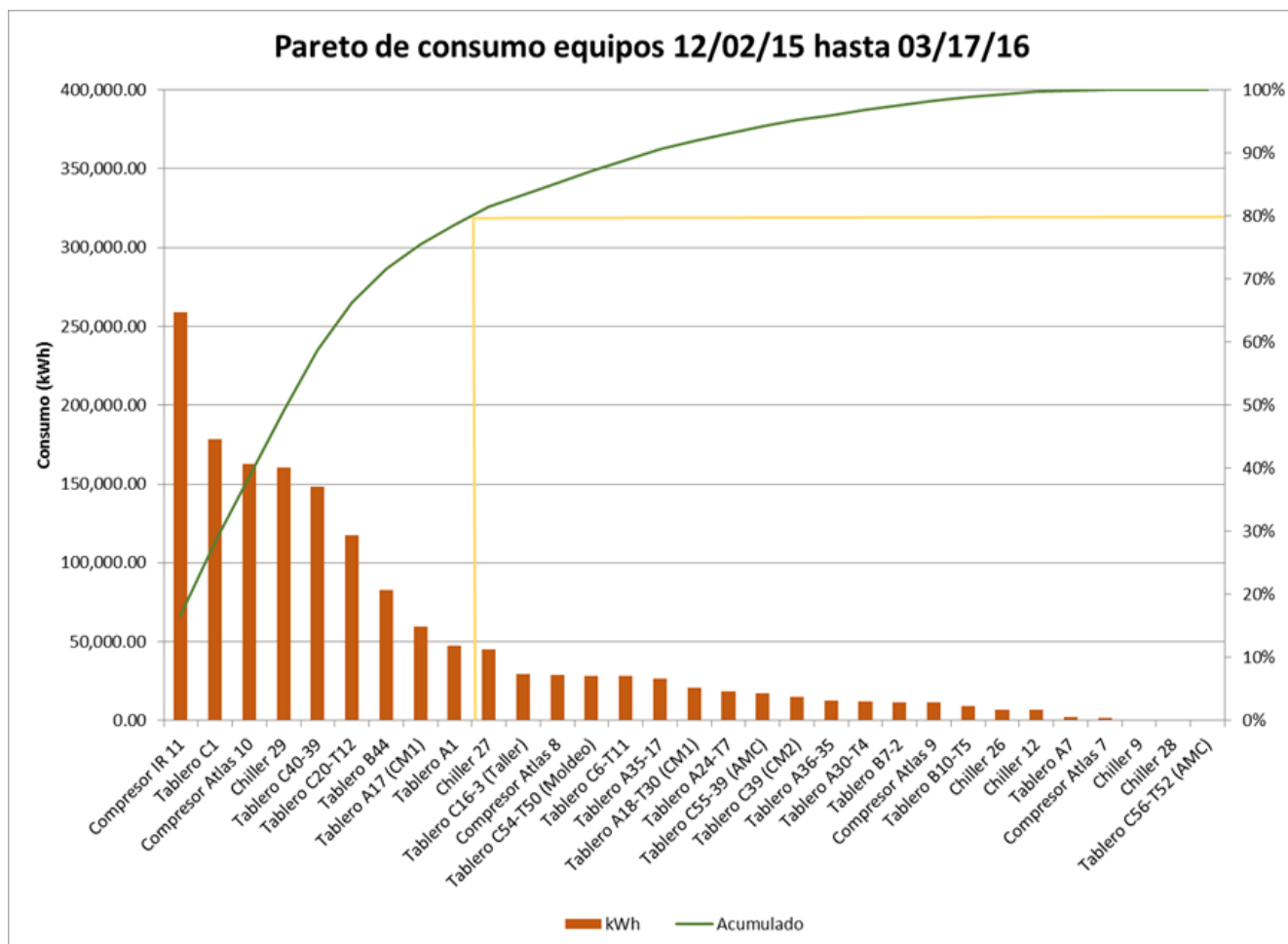
Para esta sección se va a utilizar la sección de revisión energética de la norma INTE/ISO 50001:2011, la cual da una guía para determinar cuanta energía se está gastando y cómo se está utilizando, para poder definir los equipos de mayor consumo energético de Baxter.

Revisión Energética

Según ISO “La compañía debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. La metodología y el criterio utilizados para desarrollar la revisión energética deben estar documentados. Para desarrollar esta revisión la organización debe analizar el uso y consumo de la energía basándose en datos históricos de la planta.”

En temas de monitoreo la planta cuenta con una red de medidores de energía (PM), conectados a los equipos y tableros de mayor consumo. Éstos se conectan a un Power Logic que recolecta la información y los transmite a un software. Se hacen toma de datos de cada PM por un técnico eléctrico con frecuencia quincenal.

Para la revisión energética se realizó un estudio de consumo eléctrico de todos los equipos de la planta, a continuación se muestra un diagrama de Pareto con los resultados obtenidos para el período de Diciembre 2015 a Marzo 2016. En el apéndice 2 se muestra la tabla con los datos recopilados.



Fuente: MS Excel 2013, elaboración propia.

Figura IV.1 Diagrama de Pareto consumos eléctricos del 12/02/15 hasta 03/17/16

Se observa en la figura IV.1 que los compresores 11 y 10 ocupan los primeros lugares de consumo eléctrico, junto al tablero C1 por ende son equipos que hay que intervenir en propuestas de ahorro energético, además se observa en el Pareto que el chiller 29 tiene un importante consumo de energía por lo tanto hay que tenerlo en consideración en la matriz energética de la planta.

En la tabla IV-1 se muestra el detalle del uso y consumo de la energía de los equipos más significativos de la planta, el 80% según el Pareto anterior.

Tabla IV-1 Especificación de uso y consumo de la energía en planta Baxter

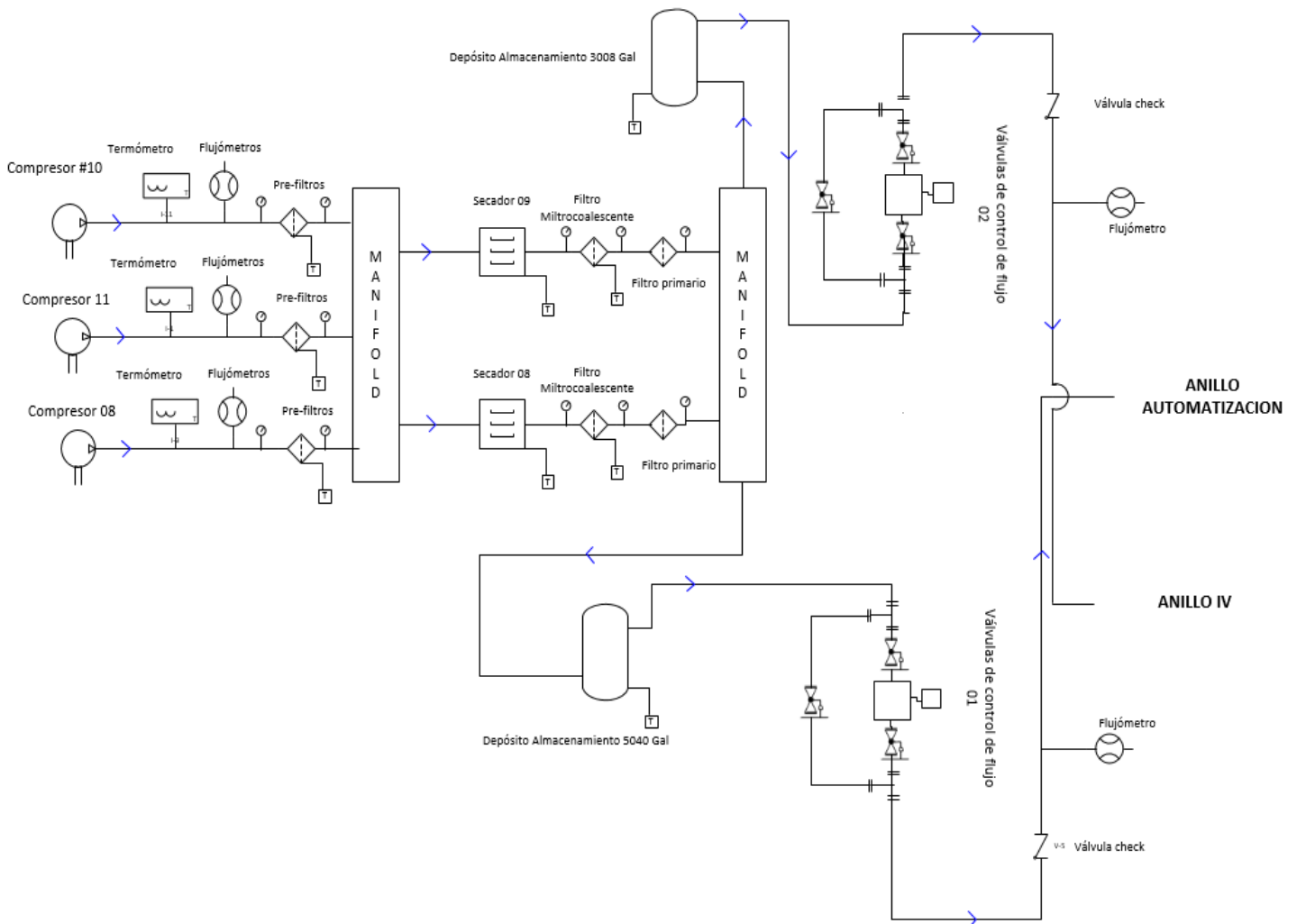
Equipo o Tablero	Uso de energía	Consumo eléctrico trimestral aprox (kWh)	Carga servida
Compresor IR 11	Aire comprimido	258.710,00	Máquinas de Producción
Tablero C1	Electricidad	178.587,00	Extrusoras
Compresor Atlas 10	Aire comprimido	162.725,00	Máquinas de Producción
Chiller 29	Aire Acondicionado	160.464,00	Manejadoras de aire cuartos limpios
Tablero C40-39	Electricidad	148.195,00	Bombas Chiller y torre enfriamiento
Tablero C20-T12	Electricidad	117.728,00	Chases de Moldeo
Tablero B44	Electricidad	82.847,00	Chases Automatización
Tablero A17	Electricidad	59.537,00	Transformador T 30
Tablero A1	Electricidad	47.300,00	Iluminación cuartos I.V, ingeniería y aula técnica.

Fuente: Información Dpto. Facilidades, elaboración propia.

Con la información anterior se decide desarrollar planes de acción para mejorar el desempeño energético del sistema de aire comprimido, por medio de un análisis de operación actual, además con un programa de detección y corrección de fugas, para reducir el consumo eléctrico de los compresores, a partir de ahora el proyecto se enfocará únicamente en el sistema de aire comprimido para analizarlo más en detalle y poder generar propuestas de mejora.

B. Sistema de aire comprimido de Baxter.

La planta cuenta con dos casas máquinas (CM #1 y CM #2), donde se encuentra el sistema de aire comprimido. A continuación en la figura IV.2 se muestran los elementos que se ubican en CM #1, siendo ésta la que actualmente está en operación, CM #2 es de respaldo.



Fuente: MS Visio 2013, elaboración propia.

Figura IV.2 Diagrama unifilar del sistema de aire comprimido CM #1

Del lado del suministro

Los elementos que conforman el lado de suministro son:

- Filtro entrada: retiene partículas más grandes presentes en el aire ambiental.
- Compresores: Los que se exponen en la tabla IV-2 y IV-3

Tabla IV-2 Características de los compresores ubicados en CM #1

Compresor	Marca	Modelo	Capacidad (scfm)	Potencia motor (hp)	Método enfriamiento
Compresor 8	Atlas Copco	ZR 90	460 @ 110 psi	125	Agua
Compresor 11	Ingersoll Rand	SIERRA H300W	1050 @ 110 psi	300	Agua
Compresor 10	Atlas Copco	ZT 250	1100 @ 110 psi	285	Aire

Fuente: Información Dpto. Facilidades

Tabla IV-3 Características de los compresores ubicados en CM #2 (Back-up)

Compresor	Marca	Modelo	Capacidad (scfm)	Potencia (hp)	Método enfriamiento
Compresor 9	Atlas Copco	ZT 145	640 @ 110 psi	200	Aire
Compresor 7	Atlas Copco	ZR 75	332 @ 110 psi	100	Agua

Fuente: Información Dpto. Facilidades

Nota: Todos los compresores son libres de aceite en las cámaras de compresión.

Actualmente para sopesar la demanda de aire comprimido, ésta se lleva únicamente con los compresores 11 y 8. Cuando se requiere mayor demanda se arranca el compresor 10 para abastecer toda la demanda, pero este caso es casi improbable que sucedan. En el Anexo 1 se encuentra más detallado las características de los compresores anteriormente mencionado.

Los compresores que se ubican en CM #2 se utilizan como “back up” (respaldo) esto quiere decir que funcionan si sucede lo siguiente: cuando hay un fallo del fluido eléctrico de la subestación B, cuando haya que realizar tareas de

mantenimiento a los compresores de CM#1, o cuando alguno de los compresores fallan inesperadamente.

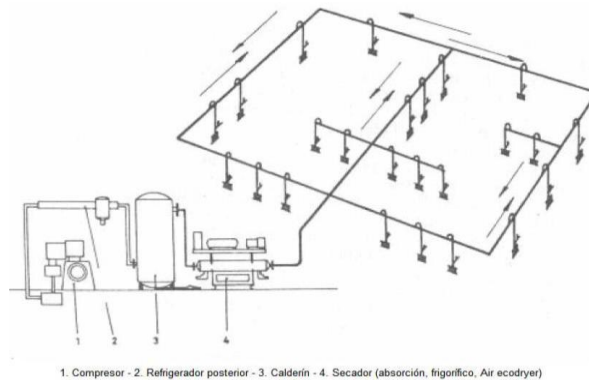
En la descarga de cada compresor se encuentran instalados termómetros y flujómetros Vortex, esto para monitorear la temperatura y el flujo volumétrico del aire de salida.

- Pre-filtros: Mallaje de 5 μm . Sirve para drenaje de humedad, remueve aceite, agua y suciedad. Se instalan manómetros a la entrada y salida para monitorear la caída de presión, ésta no debe superar los 10 psi.
- Secadores: Proveen aire con punto de condensación menor que 50 °F, son refrigerativos. Marca secador 09 Ingersoll Rand y secador 08 Atlas Copco.
- Filtros micro-coalescentes: Eficiencia del filtrado de 99.9%, de igual manera se instalan manómetros a la entrada y salida de cada filtro.
- Filtro primario: Mallaje de 0.22 μm , carcasa de acero inoxidable. Estos son monitoreados por el departamento de calidad con pruebas de microorganismos y partículas no viables.
- Depósito de almacenamiento: Cumplen con el código ASME, equipados con válvulas de seguridad seteadas en un rango de 5 -15 psi de la presión de trabajo. Se cuenta actualmente con dos tanques con capacidades de 5040 gal y 3008 gal.
- Válvulas de control de flujo: Separa el lado de suministro del de demanda, se encarga de llevar al usuario un flujo de aire a una presión constante, si hay mucho flujo éste se acumula en el depósito y reduce la demanda artificial. Para alimentar el anillo de I.V se regula a 90psi, mientras que para el anillo de Automatización se regula a 95 psi.

Del lado de la demanda

Los elementos que forman el lado de demanda son:

- Tuberías: La red de tuberías tienen la configuración en anillo o lazo cerrado, con esto se garantiza que la presión en los diversos puntos de consumo será uniforme, en cualquier condición de carga del sistema, podrá suplirse de dos direcciones. El material es cobre grado hospitalario tipo "L" con uniones soldadas y algunas roscadas recubiertas con teflón.



Fuente: Aire comprimido, Teoría y cálculo de las instalaciones, E. Carnicer Royo

Figura IV.3 Distribución en anillo de aire comprimido.

- Usuarios: Las zonas consumidoras de aire son las siguientes:

Tabla IV-4 Zonas de consumo de aire comprimido Planta Baxter.

Zona	Consumo (scfm)	Observaciones
Manufactura I.V	350 @ 90 psi	Anillo I.V ϕ 2.1/2"
Automatización	850 @ 90 psi	Zona de mayor consumo (Clearlink 1) Anillo ϕ 3"
Extrusión-AMC	200 @ 90 psi	Anillo ϕ 3"
Moldeo	150 @ 90 psi	Anillo ϕ 3"
Otros	100 @ 90 psi	Talleres, Laboratorios

Fuente: Información Dpto. Facilidades

- Tanque pulmón: Este depósito se encuentra en el mezanine de Automatización, se utiliza para eliminar interrupciones en el servicio y estabilizar el suministro en la Clearlink 1, la capacidad es de 500 galones aproximadamente
- Filtros de galleta y carcasa: se colocan en el punto de uso antes de que el aire comprimido entre a la máquina, son monitoreados por el laboratorio de calidad.
- Unidad de mantenimiento: Se cuenta con filtros para aceite, agua y polvo, así como reguladores de presión en el panel de cada usuario

Lo anterior son los elementos que conforman la red de aire comprimido de la compañía tanto del lado del suministro como la demanda, en la sección siguiente se hablará del programa corporativo de energía “Lean Energy Program.”

C. Requisitos Lean Energy Program para el sistema de aire comprimido.

El programa de “Lean Energy” de Baxter da una serie de requisitos que la compañía debe cumplir para generar ahorros energéticos, por políticas de privacidad no se puede mostrar el programa en sí, pero a continuación se muestran los requerimientos que han cumplido en el sistema de aire comprimido.

Actualmente han incursionado en labores de monitoreo y ahorro energético en la red de aire comprimido, ya que se considera como un sistema crítico dentro de la empresa y han alcanzado lo siguiente:

- Instalación de medidores de energía Schneider (PM 500) en cada compresor para monitorear variables eléctricas y de energía.
- Instalación de flujómetros en la salida de cada compresor para monitorear el caudal de salida de cada equipo.
- Tienen compresores con regulación por by-pass neumático para que el compresor consuma menos energía cuando está en períodos de descarga.

- Trampas automáticas para drenar el agua que se condensa en los compresores, secadores, filtros y depósitos de almacenamiento.
- Sensor de dew point que detecta la temperatura de punto de rocío del aire, así como indicadores de aceite Johnson Oil para asegurar aire completamente libre de aceite.
- Válvulas de control de flujo, para asegurar una presión constante al usuario y disminuir la demanda artificial.
- Panel de control inteligente, donde se centra el control de los compresores y ajustan los parámetros de operación, además ven todos los datos capturados por los sensores. Ver Anexo 2.
- Instalación de flujómetros en las tuberías principales que comunican los anillos para monitorear el flujo que consume la planta.

La empresa conoce la importancia de mejorar el desempeño energético de la planta en general y el aire comprimido no es la excepción. A pesar de todo lo anterior logrado, se tiene la necesidad de seguir mejorando y logrando metas aún mayores.

Actualmente no se mide el porcentaje de fugas presentes en los usuarios de aire, saben que están fugando aire de muy alta calidad al ambiente y sin ser utilizado para su fin, por ende la importancia de establecer un programa de detección de fugas para reducir el consumo de los compresores y le permita seguir avanzando en temas de “Lean Energy.”

Ya se conoce como se distribuye y consume el aire comprimido en Baxter, además de las acciones realizadas para mejorar el desempeño energético del cuarto de compresores, en la sección siguiente se va a diagnosticar la situación actual de consumo eléctrico y demanda de aire que sirva como punto de partida, importante mencionar que para determinar la línea de base energética se utiliza la norma INTE/ISO 50001:2011 como herramienta.

D. Línea de base energética.

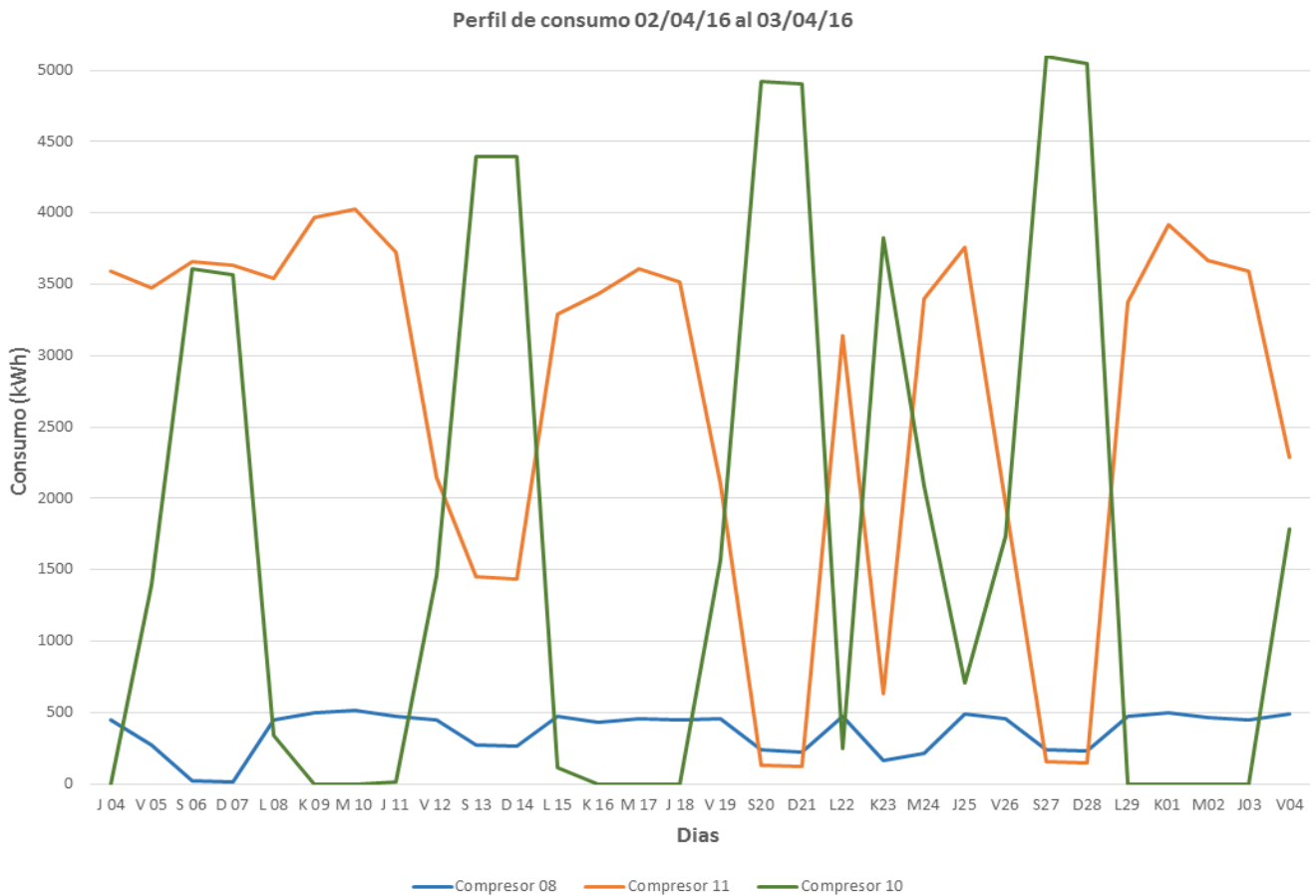
En la primera sección de este capítulo se demostró cuantitativamente que los compresores de Baxter representan el mayor consumo energético. La línea de base energética busca establecer la situación actual de los compresores de casa máquinas #1, a partir de la información recopilada de la revisión energética inicial y considerando un período de tiempo adecuado para la recolección de datos referente al consumo de energía de los equipos. La idea es definir un punto de partida antes de iniciar las propuestas de mejora, además que en el futuro servirá como punto de comparación y poder definir el porcentaje de mejora.

Para este estudio se definió dos variables que se midieron para definir la línea de base energética que son: consumo eléctrico de los compresores y demanda promedio de aire comprimido.

1. Consumo eléctrico de los compresores CM #1

En la revisión energética se mostró en forma general los equipos de mayor consumo de la planta, ahora de manera más específica se muestra únicamente el consumo de los compresores 8, 10 y 11.

Para conocer la situación actual de energía de los equipos de compresión se hizo una toma de datos de los kWh de los compresores. La técnica que se utilizó fue la recolección de datos diarios. Se inició el día jueves 04 de febrero hasta el viernes 04 de marzo, todas las mediciones se realizaron a las 4:20 pm y los datos se recopilaron del PM que tiene cada compresor. A continuación se muestra los resultados obtenidos por medio de un gráfico en la figura IV.4, en el apéndice 3 se muestra la tabla con los resultados.



Fuente: MS Excel 2013, elaboración propia

Figura IV.4 Perfil mensual de consumo eléctrico compresores de CM #1

Tabla IV-5 Consumos eléctricos promedios de los compresores

Compresor	Consumo promedio días entre semana (kWh)	Consumo promedio fines de semana (kWh)
8	433.8	188.5
10	1175.6	4192
11	3388.1	1142

Fuente: Elaboración propia.

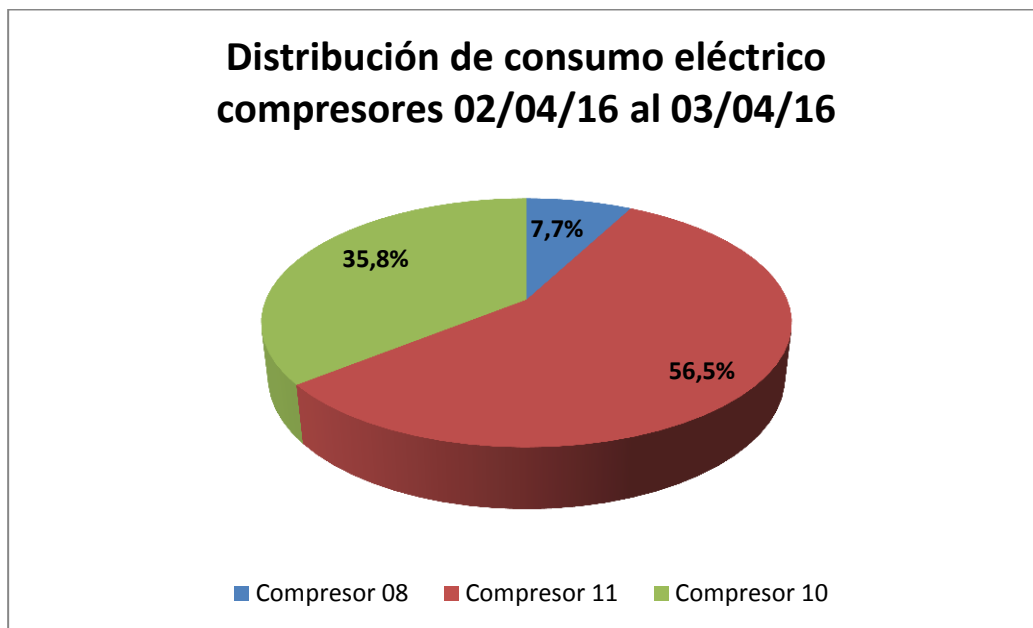
Se puede observar en el gráfico IV.4 lo siguiente:

- Compresor 08 es el de menor consumo y tuvo un comportamiento muy estable durante este mes de estudio. Es considerado línea base.
- Compresor 11 es de consumo intermedio y presentaba sus mayores consumos los días entre semana.

- Compresor 10 de mayor gasto energético, es utilizado los fines de semana y entre semana es usado cuando hay que realizar algún trabajo o tarea de mantenimiento en los otros compresores, un dato que hay que tener en consideración es que tiene una tendencia a la alza.

La caída en el consumo del compresor 11 y el aumento del compresor 10 el día martes 23 de febrero se dio debido a una fuga presente en una de las tuberías de la torre de enfriamiento, por ende mientras se reparaba se tuvo que hacer uso de los compresores enfriados por aire 10 y 09, éste último de CM #2 y apagar los compresores 11 y 08 enfriados por agua.

También en figura IV.5 se muestra en un gráfico pastel la distribución en porcentaje de consumo eléctrico de los equipos de compresión durante ese mismo mes de estudio.



Fuente: MS Excel 2013, elaboración propia

Figura IV.5 Distribución en porcentajes de consumo eléctrico

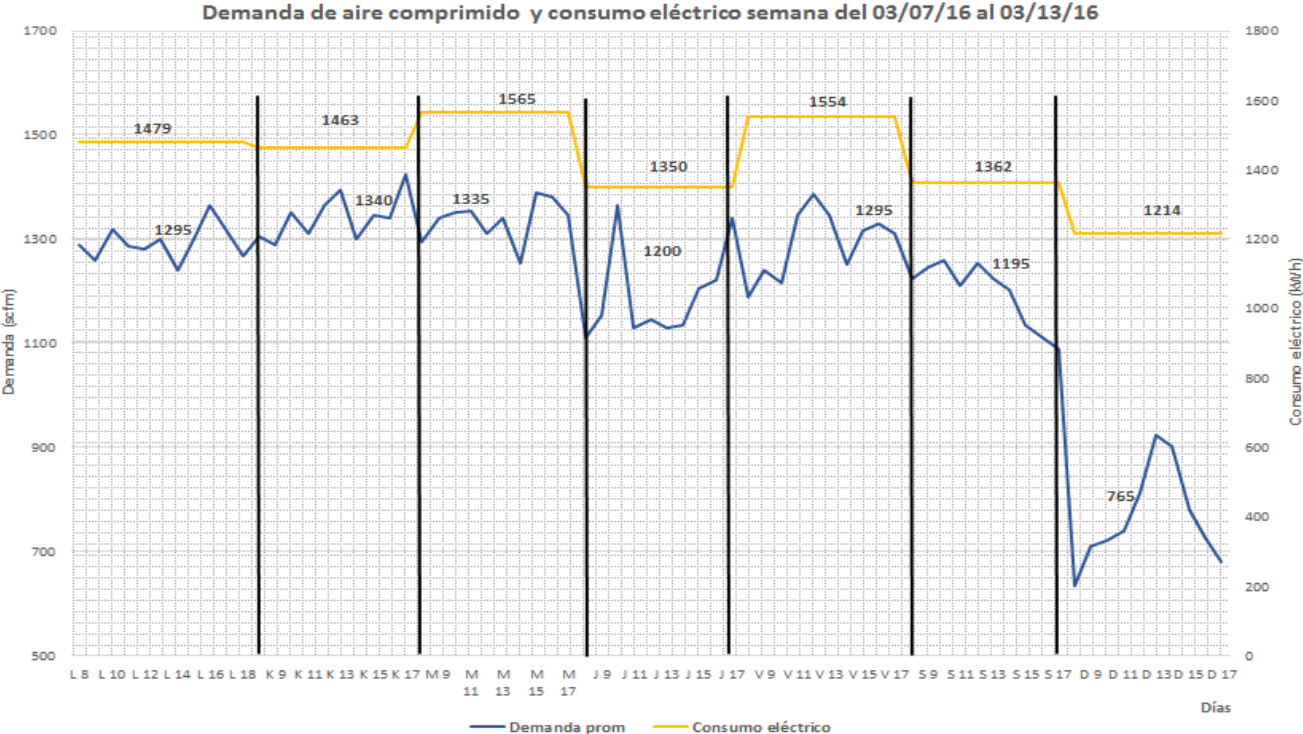
El compresor 11 tuvo el mayor porcentaje de consumo eléctrico pero esto se debió a que es el de mayor capacidad y cuenta con un motor de 300 hp y

generalmente es utilizado los días entre semana. Seguidamente está el 10 que representa un porcentaje muy alto a pesar de ser utilizados los fines de semana en su mayoría y por último el de menor consumo eléctrico fue el número 08 que a pesar de ser utilizado todos los días presenta el motor de menor potencia 125 hp.

2. Perfil de consumo aire comprimido

La demanda de aire comprimido es variable en el tiempo y depende de los usuarios, además de las diferentes horas del día, a continuación se muestra un estudio de demanda de aire comprimido, éste se inició el 03/07/16 y finalizó el 03/13/16, la idea es poder determinar la tendencia de comportamiento del sistema a diferentes horas del día en una semana completa de trabajo.

El estudio consistió en tomar el valor de los flujómetros de los dos anillos que alimentan la planta, a cada hora del día desde las 8:00 am hasta las 17:00 y poder determinar el perfil de carga promedio. En la figura IV.6 se muestra los resultados y en el apéndice 4 se muestra los valores tabulados.



Fuente: MS Excel 2013, elaboración propia

Figura IV.6 Demanda promedio de aire comprimido semana 03/07/16 al 03/13/16

En el gráfico de la figura IV.6 se puede observar que la planta tiene una demanda de aire comprimido muy variable, esto debido a que Baxter es una empresa muy dinámica y con muchos procesos que requieren aire comprimido. Las demandas pueden oscilar entre valores de 1100 scfm a 1400 scfm, para los días entre semana e inclusive los sábados se presenta un perfil de comportamiento importante con 1195 scfm promedio de aire, similar a un día entre semana. Los domingos es cuando se presenta la demanda más baja esto debido a que el área de I.V que corresponde a ensambles no trabaja solo lo hacen las otras zonas productivas.

En el apéndice 4 se muestra la tabla con los datos y se observa que se hicieron mediciones de consumo máximo, mínimo y promedio, pero por directrices del programa de Lean Energy se grafica un perfil de carga promedio, que es el que se presenta en la figura IV.6.

La línea amarilla representa el consumo eléctrico de los compresores para los diferentes días de esa semana de estudio, se puede observar que tiene relación con la demanda de aire, cuando hay mucha demanda implica que los compresores trabajan más en tiempos de carga y por ende consumen más energía.

Con los planes de acción que se pretende implementar para mejorar el desempeño energético del sistema de aire comprimido, estas dos variables estudiadas tienen que modificarse y tender a la baja para así corroborar el ahorro generado. Lo anterior que se mostró en la línea de base energética es el punto de partida.

E. Conclusiones de la situación actual

El sistema de aire comprimido de Baxter se considera crítico ya que es utilizado en todas las zonas de producción, diseñado con filtración redundante para siempre asegurar la calidad del aire.

Los compresores 10 y 11 son los equipos de mayor consumo de la planta, ligado al tablero C1 que pertenece a las extrusoras, estos tres equipos representan el 40% del consumo eléctrico de toda la planta. Aunque han incursionado en labores de monitoreo y ahorro del sistema, todavía quedan posibilidad de mejoras en temas de

ahorro energético con el establecimiento del programa de fugas así como oportunidades de conservación de la energía.

La explicación detallada de cada elemento que conforma el sistema de aire comprimido da cabida para poder realizar un análisis operacional y corroborar que cada una de estos elementos esté funcionando correcta e eficientemente.

Con la línea de base energética se logró determinar el consumo eléctrico promedio de los compresores así como la tendencia de comportamiento de los mismos, además de poder definir un perfil de carga para una semana común de producción, todo lo anterior basado con la norma INTE/ISO 50001:2011, ya con los parámetros de inicio bien definidos en el siguiente capítulo se realizará las propuestas de soluciones para mejorar el rendimiento energético de los compresores de casa máquinas #1 y generar un ahorro económico en la planta de Baxter.

V. PROPUESTAS DE MEJORA

El plan de acción es un modo de asegurarnos de que se cumplan con los objetivos del proyecto. Describe la metodología que el grupo empleará las estrategias para el alcance de sus metas.

En este capítulo se desarrollará las propuestas de mejora adecuadas para optimizar la situación actual anteriormente analizada. Se pretende desarrollar dos planes de acción los cuales son:

- A. Análisis operacional del cuarto de compresores.
- B. Programa de detección de fugas.

Para poder controlar y verificar la efectividad de las propuestas, se va a plantear indicadores de desempeño para que sirva como referencia de comparación posteriormente y señal de mejora.

A continuación se detalla cada plan de acción.

- A. Análisis operacional del cuarto de compresores.

El análisis operacional consiste estudiar el entorno y las condiciones en donde se está desarrollando los equipos. Muchas veces se puede lograr ahorros de energía significativos con sólo cambiar la forma de operación de los equipos y sin la necesidad de invertir grandes cantidades de dinero, es por esto que se realizará un estudio de los compresores ubicados en casa máquinas #1, el análisis abarcará lo siguiente:

1. Determinar el desempeño energético de los compresores.
2. Reducir la presión de descarga de los compresores.

Con este estudio operacional se pretende encontrar mejoras en el sistema de aire comprimido de Baxter.

1. Desempeño energético de los compresores.

Un dato importante para el estudio del sistema de aire comprimido es poder determinar el desempeño de los compresores que trabajan regularmente, este indicador de eficiencia muestra cuanto flujo volumétrico de aire se entrega por kilowatt (kW) de potencia, también se va comparar con el valor estándar que recomienda G.A.G.I (Compressed Air & Gas Institute) en sus hojas de datos.

Monitorear este valor también podrá verificar que tan bien se encuentran nuestros equipos y tomar decisiones para su intervención de mantenimiento cuando el indicador disminuye. A continuación se muestra el desempeño de los compresores. En el apéndice 5 se muestra la forma en que se calculó

$$✓ \text{ Eficiencia Compresor 08: } \eta = 4.84 \frac{\text{scfm}}{\text{kW}}$$

$$✓ \text{ Eficiencia Compresor 11: } \eta = 4.91 \frac{\text{scfm}}{\text{kW}}$$

$$✓ \text{ Eficiencia Compresor 10: } \eta = 4.79 \frac{\text{scfm}}{\text{kW}}$$

Se determina que el compresor 10 es el que presenta menor desempeño y genera un mayor costo energético tenerlo en funcionamiento, tal como se diagnosticó en el capítulo anterior.

C.A.G.I. tiene una forma diferente de calcular el desempeño energético, determinan cuánta potencia se consume por cada 100 pies cúbicos por minuto (cfm) de aire, por lo tanto para compararlos según este estándar lo que se hace es invertir los valores obtenidos anteriormente y multiplicar por 100 cfm, y así se tienen la estandarización de unidades para comparar. En la tabla V-1 se muestran los resultados y en los anexos 3,4 y 5 se muestra la hoja de datos suministrada por C.A.G.I, en la línea doce de esos anexos se muestra los valores correspondientes para cada compresor.

Tabla V-1 Comparación de indicadores de desempeño según C.A.G.I

# Compresor y Modelo	Estándar C.A.G.I	Valor compresores Baxter
Compresor 8 (ZR 90)	21.30 kW/100 cfm	20.66 kW/100 cfm
Compresor 10 (ZT 250)	20.00 kW/100 cfm	20.87 kW/100 cfm
Compresor 11 (H-300W)	20.30 kW/100 cfm	20.35 kW/100 cfm

Fuente: Compressed Air & Gas Institute.

Se puede observar en la tabla V-1 que el compresor 10 está por arriba del valor estándar, mientras que el 8 está por debajo del valor lo cual es bueno y el compresor 11 está muy cerca del permitido. Con esta información podemos confirmar lo que se determinó anteriormente, que el compresor ZT 250 presenta el menor desempeño energético de los compresores de casa máquinas #1.

En la figura IV.4 se observó que este compresor es utilizado generalmente solo los fines de semana y a pesar de que la demanda de aire comprimido el domingo es baja como lo mostró la figura IV.6, representó un mayor gasto energético que tener el compresor 11 en operación.

Debido a las razones anteriores la propuesta de que se plantea es utilizar los compresores 11 y 8 para que trabajen continuamente y el compresor 10 sólo cuando sea estrictamente necesario, para generar un ahorro energético. Por directrices del programa Lean Energy uno de los requisitos habla sobre la utilización de los equipos con mayor eficiencia, mientras que los de menor eficiencia deben ser utilizado como respaldo.

Esta propuesta tiene factibilidad operativa, ya que ambos compresores suplen sin ningún problema los requerimientos de aire de los usuarios, además no se necesita de ninguna inversión inicial ya que no se realizará ninguna modificación, por tanto tiene factibilidad económica.

Para poder monitorear la eficiencia de esta propuesta se va a seguir haciendo recolección de consumos eléctricos diarios de los compresores tomado de los PM.

Ahorro energético y económico esperado.

A continuación se presenta un pequeño análisis de cuanto se ahorraría la empresa, por dejar de utilizar el compresor 10 los fines de semana y utilizar el compresor 11, el compresor 8 no se tomará en cuenta para este análisis porque este es utilizado como línea base y siempre ha trabajado todos los días inclusive antes de realizar esta propuesta.

En el apéndice 5 se muestran los cálculos de la potencia que consume los compresores 11 y 8, con ese dato se multiplica por la horas de operación que son 24 horas, además los compresores por tener regulación con by-pass neumático consumen más energía en períodos de carga, en descarga el motor gira en vacío por ende la corriente que consume es menor.

El período de carga-descarga va a depender de la demanda de aire pero generalmente el 77% del tiempo el compresor está en carga, pero los domingos al tener una menor demanda de aire según lo muestra la figura IV.6, implica que el tiempo de carga es menor aproximadamente 60% para estos días. Estos porcentajes se obtuvieron de la toma de tiempos de carga y descarga de los compresores para esos días de estudio. Ya con esa información se saca las diferencias entre los dos compresores y se hace la comparación.

Tabla V-2 Diferencias de consumos eléctricos compresores 11 y 10

Compresor	Día	Potencia (kW)	Horas operación	% carga	kWh consumidos	Total kWh
11	Sábado	213	24	0,77	3.936,2	7.003,4
	Domingo			0,60	3.067,2	
10	Sábado	230	24	0,77	4.250,4	7.562,4
	Domingo			0,60	3.312,0	
DIFERENCIA						560

Fuente: Elaboración propia.

Ya con esa información y sabiendo el costo de la energía para la tarifa de media tensión proveída por Jasec se obtiene el ahorro en términos económicos. Investigando los costos de la energía de Jasec se obtuvo un valor promedio de 0.056 \$/kWh. En el anexo 6 se muestra el detalle de donde se obtiene este valor.

Tabla V-3 Ahorro generado para diferentes períodos

Periodo de ahorro	kWh	Ahorro
Ahorro por fin de semana	560	\$31,4
Ahorro mensual	2.240	\$125,5
Ahorro anual	26.880	\$1.505,0

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla V-3 que aunque el ahorro que genera anualmente es poco, es aceptable considerando que no hay que hacer ninguna inversión económica inicial, esto se obtuvo solamente estudiando el desempeño de los compresores.

2. Reducir la presión de descarga de los compresores.

El reducir la presión de descarga se podrá obtener algunos beneficios como reducir los niveles de fugas, lo que mejorará el desempeño global del sistema, aumentando con ello la capacidad del sistema, se disminuye la demanda artificial. Por otro lado, se reducen los esfuerzos en los componentes de los equipos de compresión lo que se refleja en un menor consumo de energía eléctrica.

Debido a lo anterior se considera importante verificar la posibilidad de reducir la presión de descarga de los compresores de la planta. Para conocer el valor óptimo de presión ajustada se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_{seteada} = P_{min\ req} + \Sigma hf_{long\ y\ accesorios} + \Sigma hf_{filtros} + \Sigma hf_{secador}$$

Es importante primero aclarar que esta ecuación es calculada para la ruta crítica de la planta que para este caso corresponde a Automatización.

A continuación se explicará la expresión anterior y de donde se va a obtener la información:

- La $P_{min\ req}$ se refiere a la presión que debe ser entregada al usuario para que funcione correctamente, para nuestro caso sería 90 psi como se mencionó anteriormente en la tabla IV-4

- Las caídas de presión por longitud y accesorios se van a obtener de las dimensiones de la instalación ya existente y aplicando la siguiente ecuación

$$hf_{long} - acc = \left(\frac{8 f L Q^2}{\pi^2 g D^5} + \frac{8 \Sigma k Q^2}{\pi^2 g D^4} \right) \rho * g$$

Donde f : factor de fricción tubería, diagrama de Moody

L: longitud de la tubería hacia la ruta crítica (m)

Q: caudal que pasa por la tubería (m³/s)

D: diámetro de la tubería (m)

Σ k: sumatoria de coeficientes de pérdida por accesorios.

$$\rho = \frac{P_{abs} sistema}{RT}; R \text{ es const gases ideales}$$

- La caída de presión por filtros se tomará de la hoja de datos que brinda el fabricante. Ver anexo 9
- Las pérdidas por los secadores también se tomará de la hoja de datos del fabricante. Ver anexo 10

Ya con la información brindada anteriormente se va a calcular la presión que debería estar ajustado a la salida de los compresores, actualmente el valor está en 110 psig, se corroborará este valor y se verifica si se podrá reducirse la presión de trabajo actual.

Para calcular la caída de presión por longitud se debe de conocer el factor de fricción de la tubería, para esto se usará el libro de mecánica de fluidos (Cimbala & Cengel, 2006) para obtener este valor por medio del diagrama de Moody (Anexo 7)

Se tiene una tubería de cobre con valor de rugosidad (e cobre= 0,0015 mm) y una tubería de diámetro nominal de 3 pulgadas, con una velocidad en la tubería principal de 8 m/s con esta información, en el apéndice 6 se muestra matemáticamente el cálculo realizado para Baxter.

Según los datos mostrados en el apéndice 6 la presión ajustada a la salida de los compresores debe ser

$$P \text{ seteada} = 90 \text{ psi} + 8,8 \text{ psi} + 6 \text{ psi} + 3,3 \text{ psi}$$

$$P \text{ seteada} = 108,1 \text{ psi}$$

La presión actualmente está en 110 psi por ende se pretende reducir en 2 psi para generar un ahorro en el sistema de aire comprimido.

$$\Delta P = P \text{ inicial} - P \text{ calculada}$$

$$\Delta P = 110 \text{ psi} - 108 \text{ psi}$$

$$\Delta P = \mathbf{2 \text{ psi}}$$

$$\% \text{ reducción} = \left(\frac{110 \text{ psi} - 108 \text{ psi}}{110 \text{ psi}} \right) * 100\%$$

$$\% \text{ reducción} = \mathbf{1.8\%}$$

Ahorro energético y económico esperado.

Seguidamente se presenta un pequeño análisis de cuanto se ahorraría la empresa por reducir la presión de descarga de los compresores en dos psi. Para calcular el ahorro generado en consumo eléctrico se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro} = A * HP * FC * H$$

Donde:

A= porcentaje de ahorro gráfico (Ver Anexo 11)

HP= capacidad del motor en caballos de fuerza

FC= factor de carga

H= horas de operación por año

El porcentaje de ahorro se obtiene del gráfico que se presenta en el anexo 11 además este valor se corrobora con lo que establece el Lean Energy Program, que para compresores de desplazamiento positivo como los de tornillos, se puede reducir el consumo eléctrico en un 0,5 % por cada psig que se reduce la presión de

operación. Además recomienda que el porcentaje de reducción no afecte la producción de la planta.

Considerando todos los aspectos anteriores se tiene:

- Se hizo el estudio para los compresores 11 y 8 por la propuesta #1 de determinar el desempeño energético de los compresores hecha anteriormente
- Como se pretende reducir 2 psi, el porcentaje de ahorro corresponde a un 1%.
- El factor de carga se refiere al porcentaje que los compresores estén en carga, para obtener esos porcentajes se tomaron mediciones físicas de los tiempos de carga y descarga.

Tabla V-4 Variables de los compresores de estudio para el cálculo de ahorro

Compresor	%ahorro	Hp	% FC	Horas opera	Ahorro
8	1%	125	77%	8600	8 277 kWh
11	1%	300	77%	8600	19 866 kWh

Total: 28.143 kWh

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Ahorro anual} = 28.143 * 0.056 \frac{\$}{kWh}$$

$$\text{Ahorro anual} = \$ 1.580 \text{ anual}$$

Al igual que la propuesta # 1 se observa que el ahorro que genera anualmente es poco, aunque es aceptable considerando que no hay que hacer ninguna inversión económica inicial, esto se obtuvo solamente estudiando el comportamiento del sistema de aire comprimido.

B. Programa de detección de fugas.

Las fugas, además de significar un consumo de potencia desperdiciada, pueden provocar caídas de presión, afectando el funcionamiento de los equipos y la productividad, hacen que los ciclos de trabajo de los compresores sean más cortos, que se incremente su tiempo de operación y en consecuencia desgaste y gasto de mantenimiento, y pueden conllevar incluso a la necesidad de instalar capacidad de compresión adicional innecesaria, lo anterior se vuelve más crítico cuando no se lleva una medición y control de las mismas. Por lo anterior resulta importante la realización de un programa de fugas en aire comprimido.

Esta propuesta que se presenta tiene factibilidad operativa, ya que con la implementación de la misma, no se interrumpe ningún proceso productivo, y las inspecciones se hacen con las máquinas en funcionamiento.

Una limitación que se tiene es que los técnicos no conocen el uso del equipo ni tampoco la técnica de inspección, para superar esta limitación, la propuesta también contempla el entrenamiento del Ultraprobe 15000 (equipo ultrasónico) y la realización de un procedimiento para la correcta inspección y detección de las fugas de aire comprimido.

Para una exitosa implementación de un programa de detección de fugas es necesario que se cumpla los siguientes requisitos:

- Entrenamiento del personal en el uso del equipo.
- Definir un procedimiento normalizado para la correcta inspección.
- Establecer rutinas regulares de inspección por áreas.

El trabajo en equipo resulta muy importante para la ejecución de esta propuesta por lo tanto se va a contar con el apoyo de los supervisores y técnicos de cada área de la planta.

El jueves 17 de marzo del 2016 se realizó una reunión con los ingenieros encargados de las áreas productivas, se concluyó que por facilidad, conocimiento y experiencia, los técnicos sean los encargados de realizar las inspecciones en su

área de trabajo, por lo tanto la designación de los responsables para ejecutar el programa, se hará de la siguiente manera:

Tabla V-5 Distribución de responsabilidades para el programa de fugas.

Función	Encargado
Entrenamiento y realización de procedimiento	Felipe Córdoba
Encargado equipo ultrasónico y reportes de fugas	David Chaves
Inspecciones en Plásticos (Moldeo y Extrusión)	Diego Jiménez
Inspecciones en Automatización	David Pereira
Inspecciones en Manufactura (Cuartos I.V)	Álvaro Peralta

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente se necesita de tres pasos básicos para un exitoso programa de fugas, los cuales se van a detallar.

1. Entrenamiento uso del equipo.

En la tabla V-5 se observa que el responsable de esa tarea es mi persona, para lograr lo anterior se pretende solicitar al departamento del aula técnica especializada el manual del fabricante UE Systems para estudiar los módulos con que cuenta el equipo, así como el alcance de cada uno de éstos, enfocándose en el módulo de inspección de fugas por ultrasonido.

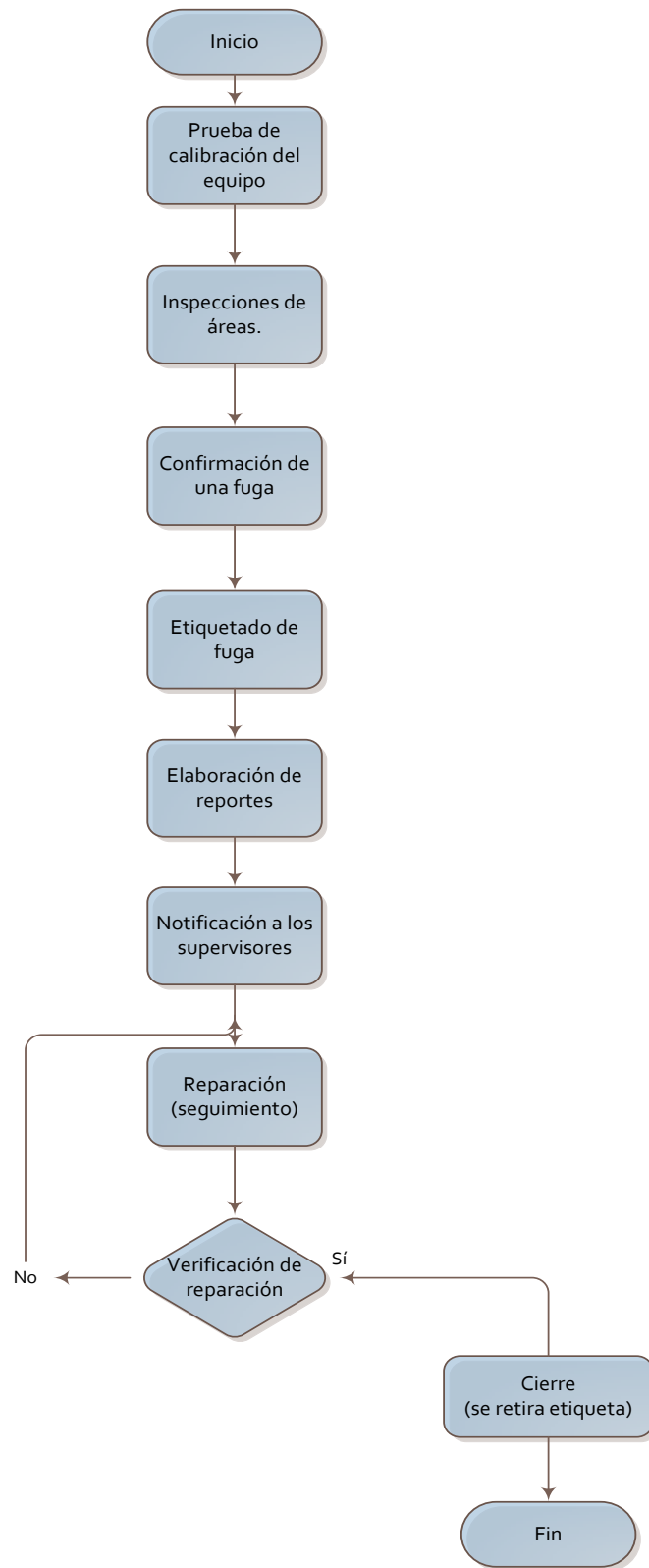
Además también se va a contar con el apoyo técnico del proveedor que vendió el equipo a Baxter para una inducción general.

2. Procedimiento para las detecciones.

Este es uno de los pasos fundamentales de este programa de fugas, aunque la utilización del equipo no sea muy difícil, la técnica de inspección es fundamental para poder identificar fugas verdaderas y no ultrasonidos externos que se encuentren compitiendo en el medio.

Por lo significativo de este paso, es que se realiza un procedimiento integral basado en la norma internacional ASTM E 1002-5 "Standard Test Method for Leaks Using Ultrasonics ", la cual establece de manera estándar los pasos correctos para detectar una fuga de aire comprimido utilizando equipos ultrasónicos. En el apéndice 7 se adjunta el procedimiento desarrollado, es importante aclarar que por políticas corporativas para poder desarrollar un procedimiento en Baxter se deben seguir ciertos requerimientos que el centro de documentación exige.

En la figura V.1 se presenta un diagrama de flujo donde se describe los pasos a seguir del programa de detección de fugas.



Fuente: MS, Visio 2010, elaboración propia.

Figura V.1 Diagrama de proceso del programa de fugas en aire comprimido

Las primeras cuatro funciones del diagrama de flujo, se detallan de manera muy específica en el procedimiento realizado y que se muestra en el apéndice 7, es responsabilidad de cada técnico mantenerse entrenado para realizar de manera correcta las inspecciones.

Posteriormente, el señor David Chaves será el encargado de generar los reportes de fugas. Una vez generados serán enviados a los ingenieros y técnicos supervisores para que ellos asignen a las personas que van a reparar las fugas.

Una vez reparadas, el técnico supervisor se encargará de realizar la verificación de la corrección con el equipo ultrasónico, la etiqueta será removida hasta que se verificó que ya no hay una fuga presente. Una vez completado todo este procedimiento es cuando se puede reportar el ahorro que se generó con la eliminación de la fuga.

“La detección de fugas NO ahorra dinero... La reparación de ellas SÍ”

3. Rutinas regulares de inspección.

Las rutinas de inspección tienen como objetivo brindar una ruta estandarizada de inspección y detección de fugas en los equipos, para ello se detallan las zonas productivas, las máquinas con su respectiva codificación y una guía de revisión sobre las fuentes más comunes de fugas.

Se realizará una rutina para cada área productiva de Baxter con una frecuencia mensual debido a que así lo exige el programa de Lean Energy, conforme el programa se vaya fortaleciendo a mantener valores aceptados de porcentajes de fugas la frecuencia se podrá ir modificando a períodos más largos por ejemplos bimestrales o trimestrales.

En la figura V.2 se muestra la rutina de inspección del área de Extrusión, la cual se compone de dos zonas: resinas de extrusión donde se ubican las aspiradoras de resinas y la zona del cuarto limpio, donde se encuentran las máquinas extrusoras. En el apéndice 8 se muestra las hojas de rutina de inspección para las otras zonas productivas restantes.

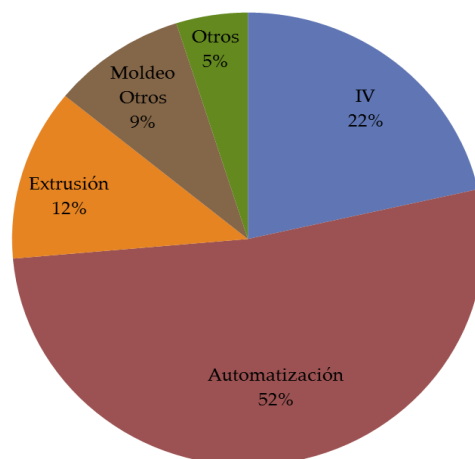
Baxter	Rutina de Inspección		
Área: Extrusión			
	Equipo	Revisión en cada equipo	Frecuencia
Zona 1 Resinas de extrusión	Aspi-02	Conexiones de acoples rápidos de manguera	M
	Aspi-03	Juntas de manguera neumática	M
	Aspi-04	Válvulas de cierre	M
	Aspi-09	Racores neumáticos	M
	Aspi-10	Uniones roscadas	M
	Aspi-11	Chases de alimentación	M
	Equipo	Revisión en cada equipo	Frecuencia
Zona 2 Cuarto limpio Extrusión	Extrusora 1	Gabinete de Micro-Aire	M
	Extrusora 2	Manguera y racores neumáticos canal de enfriamiento	M
	Extrusora 3	Chases de alimentación extrusoras	M
	Extrusora 4	Unidad de mantenimiento extrusoras	M
	Extrusora 6	Conexiones de conveyors	M
	Extrusor 10	Llaves de paso y conexiones secadores de aire	M
Observaciones		Responsable de inspección	

Fuente: MS, Excel 2010, elaboración propia.

Figura V.2 Hoja rutina de inspección Extrusión

En la figura V.3 se muestra la distribución del consumo de aire comprimido de la planta por medio de un gráfico pastel, los datos fueron tomados de la tabla IV-4.

Distribución de consumo de aire comprimido Baxter Cartago



Fuente: MS, Excel 2010, elaboración propia

Figura V.3 Distribución porcentual de aire comprimido en Baxter

De la figura V.3 se recomienda tomar mayor énfasis e importancia al área de Automatización ya que representa el máximo consumidor de aire comprimido con más del 50% por ende la posibilidad de cuantificar mayor cantidad de fugas es muy probable.

Ahorro energético y económico esperado

Tener cuantificación económica real para esta propuesta se vuelve muy complejo de determinar, ya que va a depender del número de fugas encontradas, las inspecciones, el valor en decibeles y la presión de operación.

Por exigencias corporativas se tiene la meta de generar ahorros por más de \$9.000 anuales, por lo tanto este valor es el que se espera ahorrar.

La estimación del ahorro de una fuga se realiza de la siguiente manera:

- A partir de los decibeles (db) medidos, la presión de operación y el tipo de gas que en este caso es aire se obtiene los cfm de fugas. En el anexo 12 se muestra los datos según pruebas de laboratorio del fabricante UE Systems.
- Posteriormente los cfm de fugas se multiplican por el desempeño energético del cuarto de compresores $\eta = 4.85 \frac{cfm}{kW} \sim \eta = 0.206 \frac{kW}{cfm}$ para obtener los kilowatts de potencia.
- Este valor se multiplica por las horas de operación anual para obtener el consumo en kWh
- Con el costo del kWh ($0.056 \frac{\$}{kWh}$) se obtiene el ahorro económico estimado de las fugas.

A continuación se muestra un ejemplo.

Con 68 db se tiene 5,16 cfm de fuga.

$$\text{Ahorro anual} = 5.16 \text{ cfm} * 0.206 \frac{kW}{cfm} * 24 \text{ h} * 365 \text{ días} * 0.056 \frac{\$}{kWh}$$

$$\text{Ahorro anual estimado} = \$520 \text{ anuales}$$

C. Indicadores de desempeño (IDE`s)

Se debe identificar los indicadores de desempeño energéticos (IDE`s) apropiados para el sistema de aire comprimido, es necesario realizar el seguimiento y la medición del desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDE`s debe documentarse y revisarse regularmente. Estos deben ser medibles y cuantificables y revisados periódicamente.

Actualmente el departamento de Facilidades maneja un indicador de energía que corresponde a los kWh consumidos por unidades terminadas de producción el detalle es que los kWh contemplan todos los usos de la energía de la empresa y lo dividen entre las unidades producidas. Este indicador lo calculan diariamente, semanal, mensual, anualmente y para cada período tienen una meta específica. Por motivos de confidencialidad no se puede mostrar los valores calculados.

Para el sistema de aire comprimido se pretende aplicar dos indicadores de desempeño los cuales vayan midiendo la tendencia del comportamiento energético del sistema y poder definir estándares eficientes.

El primero de ellos es:

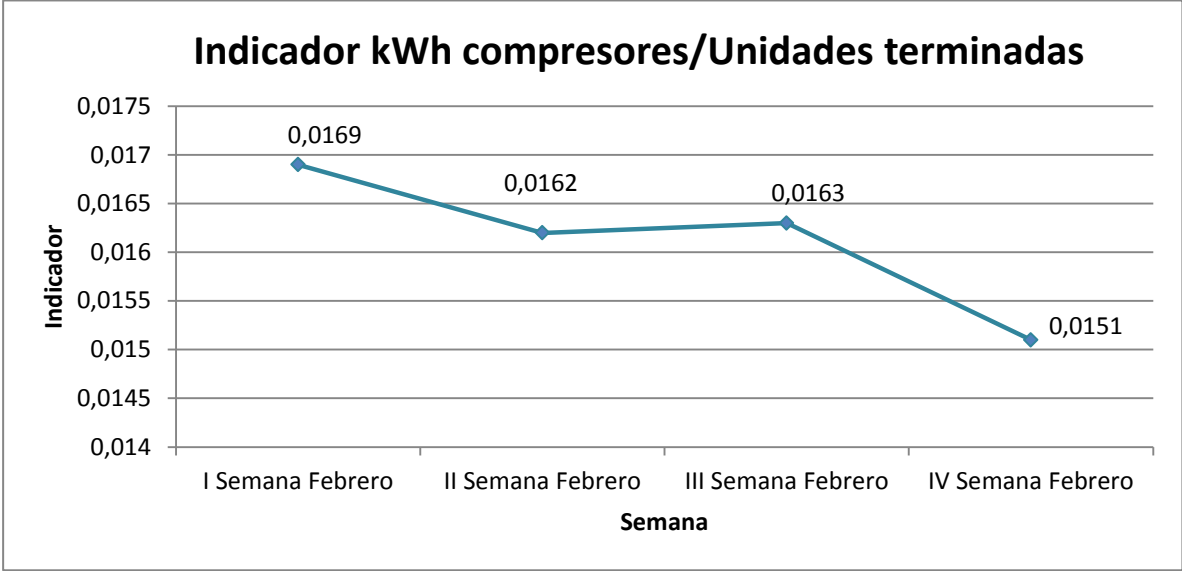
- $$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo energético de los compresores}[kWh]}{\text{unidades terminadas}}$$

Con este indicador de consumo específico se pretende determinar cuanta energía es utilizada solamente en aire comprimido por cada unidad terminada, también servirá como punto de partida en un inicio, después con las propuestas implementadas verificar la disminución del consumo energético de los compresores.

Para poder calcular este indicador se realizará de la siguiente manera: los kWh consumidos se obtienen de los PM de cada compresor, y las unidades terminadas se obtiene de los ingenieros que están a cargo de la producción.

En el capítulo de diagnóstico de la situación actual (línea de base energética) se realizó un estudio de kWh consumidos por los compresores para el mes de Febrero 2016, por lo tanto se calculó este indicador para cada semana del mes y así poner

iniciar su monitoreo y verificar su comportamiento con el transcurso del tiempo y la implementación de los planes de acción. Ver apéndice 9 con los datos.



Fuente: MS Excel 2013, elaboración propia

Figura V.4 Indicador de consumo específico mes Febrero 2016

El segundo indicador que se va a medir es el porcentaje de fugas que se va a calcular con la siguiente fórmula:

- $$\% \text{ de fugas} = \frac{\text{cfm de fugas}}{\text{cfm promedio de aire comprimido}}$$

Para cuantificar los cfm de fugas se va lograr con las inspecciones realizadas en cada área, los valores detectados se ingresan al software Ultratend DMS éste se encarga de cuantificarlos dependiendo de los decibeles medidos, el tipo de gas que en este caso es aire y por la presión de operación. El denominador de la ecuación corresponde a los cfm promedio de aire comprimido se obtienen de la tabla IV-4 que pertenece a cada área productiva.

El porcentaje de fugas permitirá determinar cuánto porcentaje de aire estamos perdiendo debido a una fuga presente en la red, se puede obtener este indicador por zona productiva y también un porcentaje general de fugas de toda la planta. Uno de

los objetivos específicos del proyecto está enfocado en esta temática de detección de fugas por lo tanto se pretende que este indicador disminuya con el programa que se propone.

Los indicadores deben revisarse y compararse con la línea de base energética de forma apropiada, por lo tanto la línea de base va ir cambiando conforme se vayan cuantificando y mejorando los indicadores propuestos.

Resumen de propuestas de mejora

En la tabla V-6 se presenta un resumen de las propuestas realizadas para generar un ahorro energético del sistema de aire comprimido.

Tabla V-6 Resumen de propuestas de mejora energética

Propuesta	Status	Ahorro anual estimado	Requerimientos	Resultados
Programa de detección de fugas	En proceso de implementación	Más de \$ 9.000	Trabajo en equipo de todas las áreas involucradas	Corrida del programa de fugas en las áreas productivas
Utilizar compresores de mayor eficiencia	Prueba mensual	\$ 1.505	Determinar eficiencia compresores CM#1	Ahorro en consumo eléctrico del cuarto de compresores
Reducir la presión de descarga	Propuesta	\$ 1.580	Calcular pérdidas de presión de accesorios y equipos	Reducir en 2 psi la presión de descarga para generar un ahorro energético

Fuente: MS Excel 2013, elaboración propia

VI. IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE PROPUESTAS

En esta sección la organización debe de utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y la operación de los mismos

Para la exitosa implementación resulta sumamente importante, la experiencia, formación técnica y conciencia de las personas que realicen las tareas correspondientes, por lo tanto para el primer plan de acción que corresponde al análisis operacional del cuarto de compresores se va a contar con la ayuda del técnico en aire comprimido el Sr. Adrián Astorga el cual tiene más de 20 años de laborar para la empresa y tiene un alto conocimiento en los sistemas de aire comprimido.

Se va a ir desarrollando los planes de acción propuestos, la idea es mostrar cómo se van implementando y operando para ir logrando el objetivo del proyecto.

A. Implementación propuesta de desempeño energético.

La propuesta consistía en utilizar los dos compresores que presentaban el mayor índice de desempeño, que para este caso correspondió al compresor 8 y 11. En la tabla VI-1 se muestra una tabla comparativa del consumo eléctrico de cada compresor en un mes de operación aproximadamente, antes y después de la implementación.

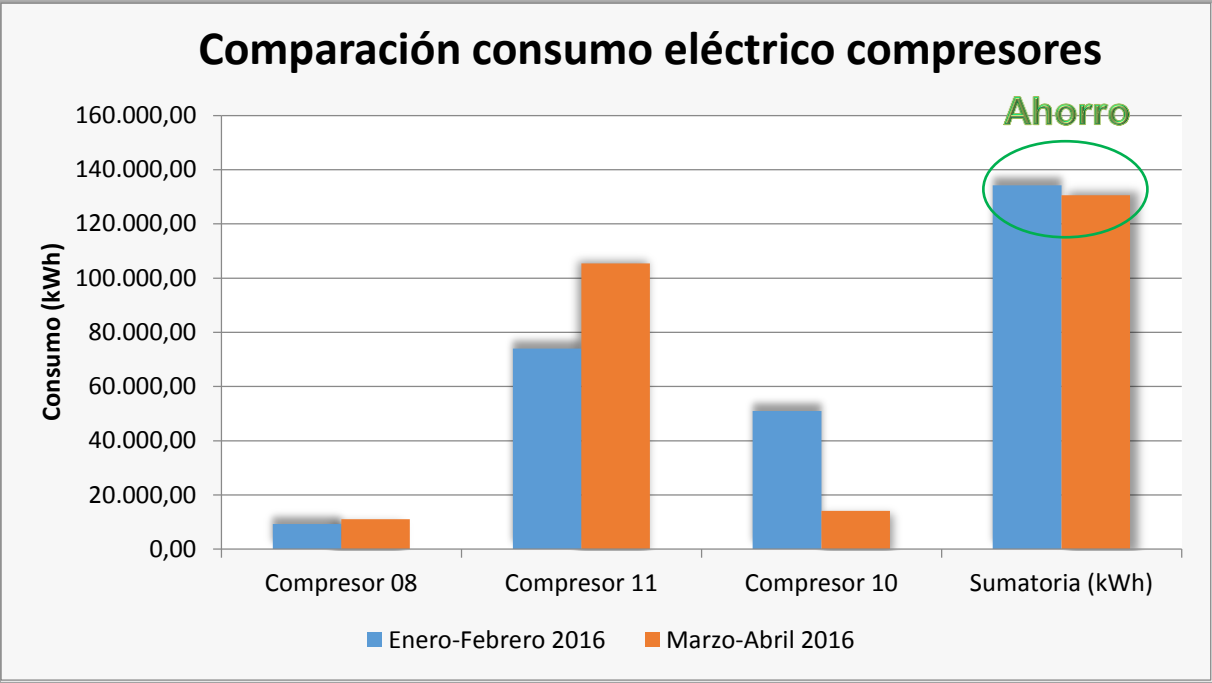
La segunda columna que corresponde a la fecha del 03/17/16 al 04/18/16 representa el mes de estudio y cuando la propuesta fue implementada.

Tabla VI-1 Comparación de consumos eléctricos antes y después de la propuesta

Consumo eléctrico (kWh)		
Equipo	01/18/16 al 02/17/16	03/17/16 al 04/18/16
Compresor 08	9,171.00	10,997.00
Compresor 11	74,014.00	105,432.00
Compresor 10	50,963.00	14,113.00
Sumatoria (kWh)	134,148.00	130,542.00
Ahorro (kWh)	3,606.00	

Fuente: MS, Excel, elaboración propia

Los datos anteriormente mostrados se obtuvieron de la recolección quincenal de consumos eléctricos de los equipos, como los que se muestran el apéndice 1 y a partir de éstos se obtiene la gráfica de comparación mostrada en la figura VI.1



Fuente: MS, Excel, elaboración propia

Figura VI.1 Gráfico comparativo propuesta de implementación.

La columna de la derecha del gráfico de la figura VI.1 representa los kWh de ahorro generados para este mes de estudio, a continuación se detalla ese ahorro en términos económicos.

$$\text{Ahorro mensual} = 3606 \text{ kWh} * 0.056 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Ahorro mensual} = \$ 205$$

El ahorro anual se estima debido a que no se sabe con certeza si puede ocurrir una situación anómala en el sistema de aire comprimido de Baxter, es importante mencionar que estos equipos tienen rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo y que estos equipos cuentan con una alta confiabilidad y disponibilidad.

B. Implementación propuesta de programa de fugas.

1. *Generalidades y evidencia.*

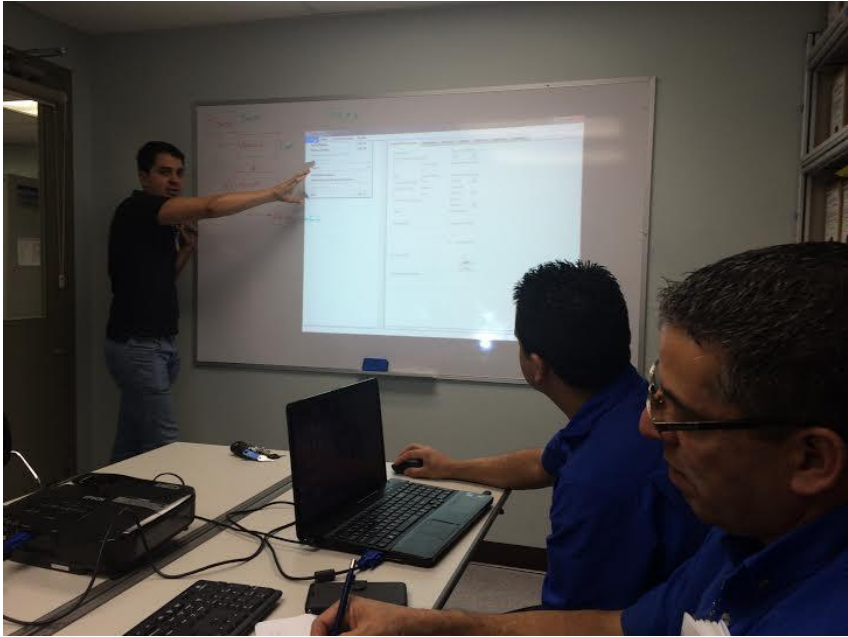
Esta propuesta tomó mayor cantidad de tiempo y esfuerzo para su implementación, la razón principal es que involucra un trabajo en equipo con los técnicos, supervisores de cada área y el departamento del aula técnica, a pesar de lo anterior se logró poner en marcha exitosamente el programa de fugas.

Es importante mencionar que se hizo un recorrido en las áreas productivas de la empresa y los datos recopilados van a ser los de referencia (línea de base energética) para posteriormente que sirvan de comparación y poder cuantificar el beneficio que ha producido el programa de fugas en Baxter.

Se obtuvieron resultados positivos así como aspectos de mejora en la aplicación del programa en la tabla VI-7, se muestran. También a continuación se presentan fotografías como evidencia de la implementación que se propuso gráficamente en la figura V-1.

Asimismo se adjunta en la figura VI.6 un diagrama de Gantt de cómo se fue desarrollando el programa de fugas, así como las etapas que se realizaron para la correcta implementación.

Evidencia del entrenamiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura VI.2 Entrenamiento a los técnicos en uso del equipo.

Evidencia de inspecciones en las áreas productivas.



Fuente: Elaboración propia

Figura VI.3 Inspecciones en Resinas de Extrusión y Automatización

Evidencia del etiquetado de fugas.

FUGA DE AIRE COMPRIMIDO	
Valor en Decibeles 50	FUGA N° 0002
Área Resinas Moldeo	
Categoría 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	
Firma Y Solano / Tapón	
Fecha 02/23/16	manómetro

FUGA DE AIRE COMPRIMIDO	
Área Resinas Moldeo	
Firma Y Solano	FUGA N° 0002
Fecha 02/23/16	



Fuente: Elaboración propia

Figura VI.4 Etiqueta y colocación en el lugar de la fuga

Evidencia de los reportes de fuga.

Copyright © 2008 UE Systems Inc. Patente en trámite.

MASTER																					
Numero de Registro	Aire Fugas reparadas		Costo de la perdida			CO ₂ Identificado	NO Identificado	SO ₂ Identificado	Total CFM identificado												
	CFM	Costo	Identificado	Reparado	% Completado					Descripción del problema	Horas por día	Días por año	Dificultad de reparacion	Problema de seguridad	Reparado (Y/N)	Reparado por	Fecha de reparacion	Calendario de la orden de trabajo #	Costo de perdida de fugas identificadas	Tamaño de la fuga (CFM)	Perdida de Energia (kWh)
	0,0	\$0,00	\$3.920,53	\$0,00	0%																
Nombre del Grupo	Nombre de la locacion	Tipo de gas	Presion en la Fuga	Medicion dB																	
1	Extrusión	Extrusión	Aire	100	41	Válvula Micro-Aire 06	24										\$245,87	2,5	4391		
2	Extrusión	Extrusión	Aire	100	43	Válvula Micro-Aire 09	24										\$262,83	2,7	4693		
3	Extrusión	Extrusión	Aire	100	60	Válvula Micro-Aire 07	24										\$419,07	4,3	7483		
4	Extrusión	Extrusión	Aire	100	40	Regulador Conveyor BDES-05	24										\$237,52	2,5	4241		
5	Extrusión	Extrusión	Aire	100	50	Unión Acople BDES-03	24										\$324,64	3,4	5797		
6	Extrusión	Extrusión	Aire	100	68	Acople hembra Chase 78	24										\$499,36	5,2	8917		
7	Extrusión	Extrusión	Aire	100	59	Racor Y regulador canal enfriam	24										\$409,33	4,2	7309		
8	Extrusión	Extrusión	Aire	100	57	Válvula Micro-Aire 08	24										\$390,03	4,0	6965		
9	Resinas de extrusión	Extrusión	Aire	100	59	Acople hembra Aspi 10	24										\$409,33	4,2	7309		
10	Resinas de extrusión	Extrusión	Aire	100	45	Acople hembra Aspi 09	24										\$280,11	2,9	5002		
11	Resinas de extrusión	Extrusión	Aire	100	36	Tapón Aspi 04	24										\$204,93	2,1	3660		
12	Extrusión	Extrusión	Aire	100	40	Acople rápido manguera Chase 89	24										\$237,52	2,5	4241		

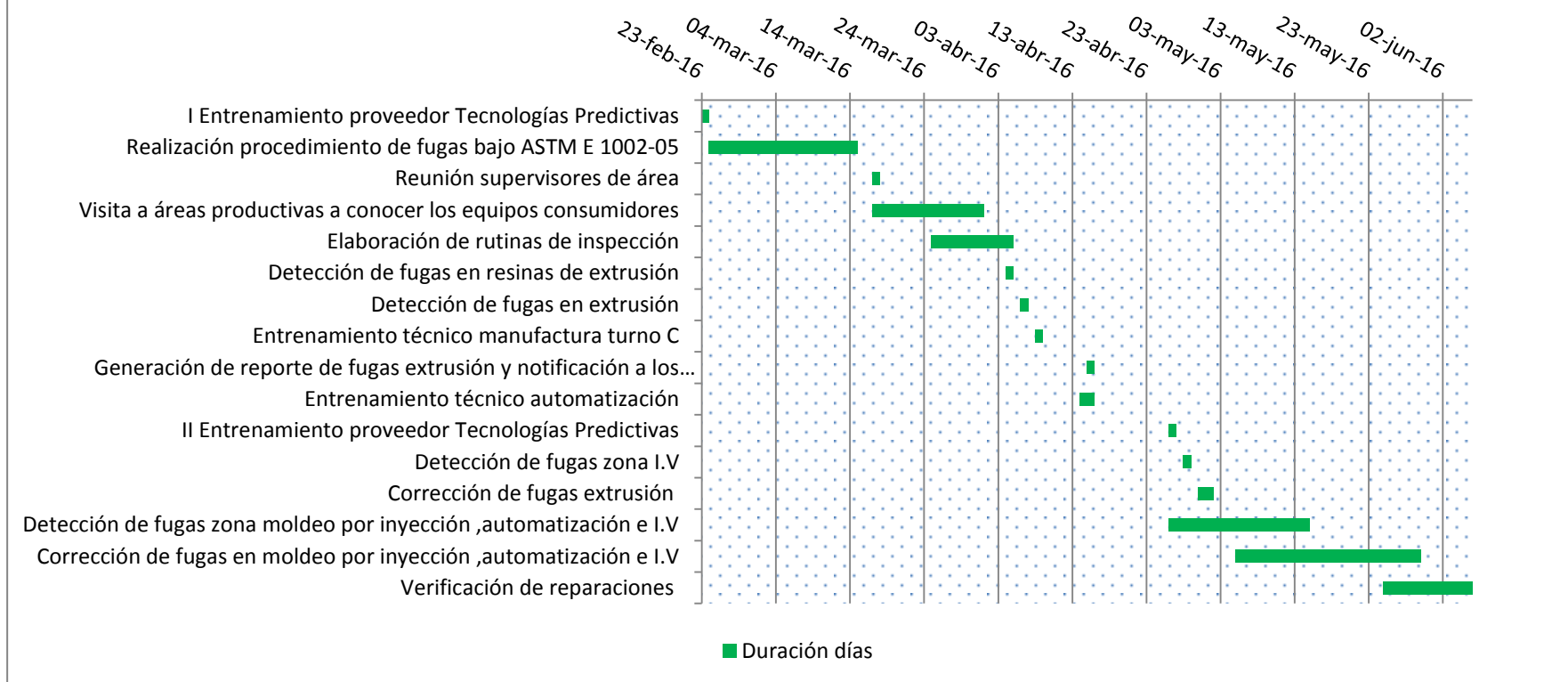
Fuente: Software Ultratrend DMS, elaboración propia

Figura VI.5 Reporte de fugas. Área: Extrusión

- Fecha de inspección 04/06/16 / Inspección realizada por: D. Jiménez y F. Córdoba
- El ahorro anual identificado es de \$ 3.920 aproximado / Total de cfm perdidos: 40.5 cfm
- Porcentaje de fugas en el área: 20,3%

En el apéndice 10, 11 y 12 se muestran los otros reportes de fugas generados en el área de I.V, Automatización y Moldeo respectivamente.

Diagrama de Gantt programa de fugas Baxter



Fuente: MS, Excel, elaboración propia

Figura VI.6 Diagrama Gantt programa de fugas implementado.

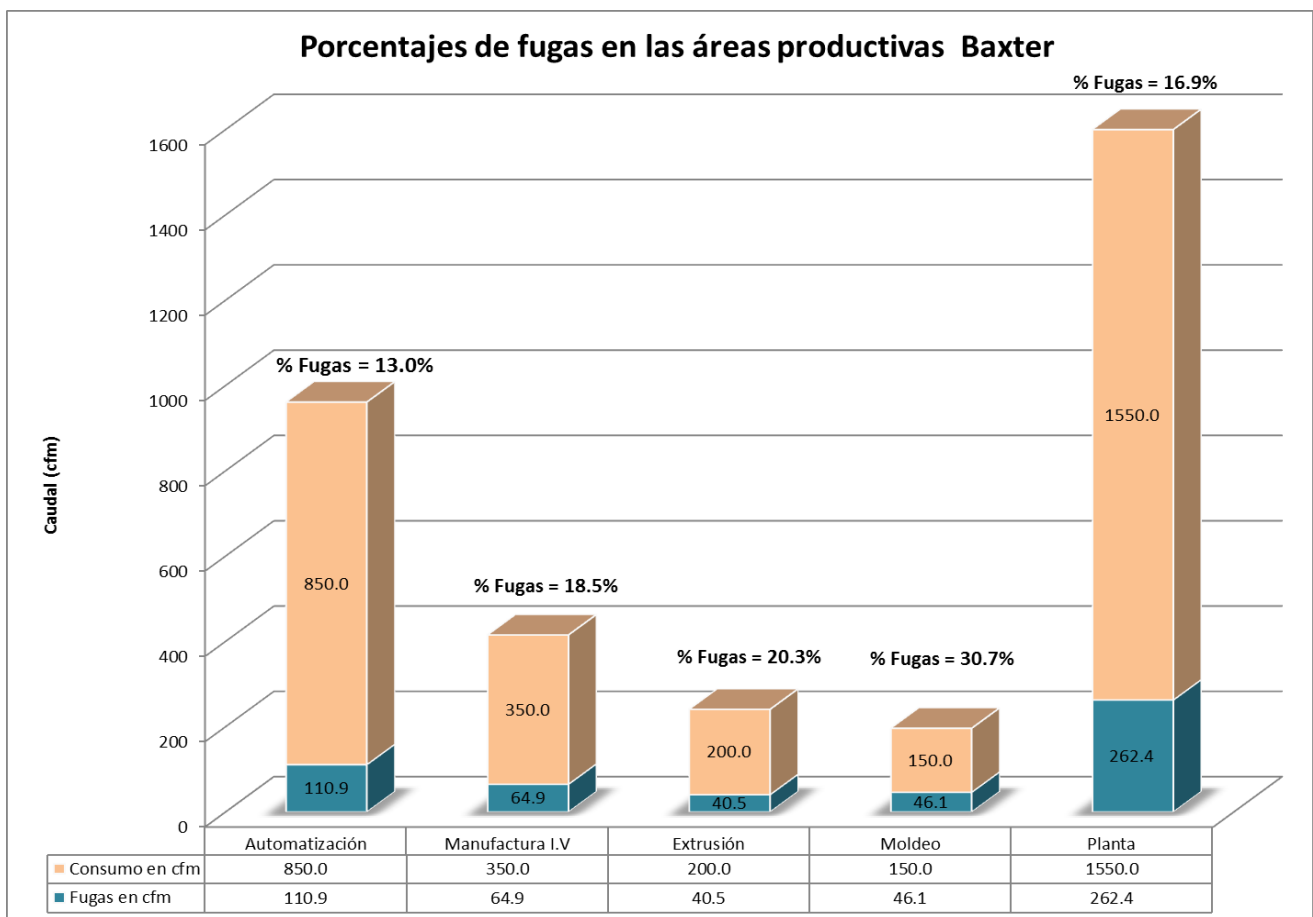
2. Resultados de las inspecciones.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la primera corrida del programa de fugas.

Tabla VI-2 Resultados de las inspecciones realizadas.

Detectado				
Área	NºFugas	Flujo perdido (cfm)	Ahorro potencial anual (\$)	kWh detectados anuales
Automatización	22	110.9	11,510.00	134,298
Manufactura I.V	18	64.9	6,735.00	78,568
Extrusión	12	40.5	3,920.00	49,007
Moldeo	16	46.1	4,780.00	55,759
Total	68	262.4	\$ 26,945.00	317,632

Fuente: Elaboración propia



Fuente: MS, Excel, elaboración propia

Figura VI.7 Porcentajes de fugas hallados en primera corrida del programa de fugas.

El porcentaje de fugas se obtuvo como se mencionó en el capítulo de propuestas de mejora, en la sección de indicadores de desempeño:

- $$\% \text{ de fugas} = \frac{\text{cfm de fugas}}{\text{cfm consumo de aire comprimido}}$$

Se realizaron las inspecciones en todas las áreas productivas aunque hay que mencionar que para el departamento de automatización al ser un área muy grande y con muchos equipos para inspeccionar por efectos de tiempo sólo se presentan los resultados de las inspecciones hechas a la CTV y a la High Speed Clearlink (HSC#01) en sus 5 diferentes módulos, por ende el porcentaje de fugas mostrado representa a las máquinas mencionadas anteriormente y no a todo el área productiva.

A pesar de lo anterior y como se observa en el gráfico de la figura VI.7 el área de automatización presenta la mayor cantidad de caudal perdido por fugas, tal como se supuso en el capítulo V, en la figura V-3, por ende es el área donde hay que darle mayor énfasis a las reparaciones para poder lograr los ahorros más cuantificables del programa.

Los requerimientos del programa Lean Energy establece porcentajes de fugas menores a un 10 % para alcanzar la categoría plata y menor a un 5% para la categoría oro, como se observa ninguna área productiva, ni la planta en general logra este porcentaje, por ende la centralización de esfuerzos y el apoyo del todo grupo de trabajo es sumamente importante para lograr los objetivos del programa corporativo.

Al ser la primera corrida del programa los valores mostrados son los de referencia o inicio conforme se vayan realizando las reparaciones y las inspecciones posteriores se pretende que los porcentajes vayan disminuyendo hasta los valores exigidos por el programa.

3. Resultados de las correcciones.

Una de las acciones más importantes del programa de fugas es la reparación de las detecciones hechas durante las inspecciones, por ende a continuación en la tabla VI-3 se presenta el avance de las reparaciones realizadas.

Tabla VI-3 Resultados de las reparaciones de fugas

Reparado					
Área	N °Fugas reparadas	cfm ahorrados	Ahorro anual generado (\$)	% Completado	kWh anuales ahorrados
Automatización	12	62.0	6,435.00	55%	75,090
Manufactura I.V	9	34.4	3,565.00	50%	41,623
Extrusión	8	26.9	2,605.00	67%	32,534
Moldeo	2	7.7	805.00	13%	9,361
Total	31	131	\$ 13,410.00	46%	158,609

Fuente: Elaboración propia

Se observa que muchas áreas van con un porcentaje de completado mayor del 50% en lo que respecta a las reparaciones excepto Moldeo, debido a que esta zona fue inspeccionada de último porque presenta el menor consumo de aire comprimido, aun así se está planificando repararlas en los próximos mantenimientos programados para seguir generando ahorros.

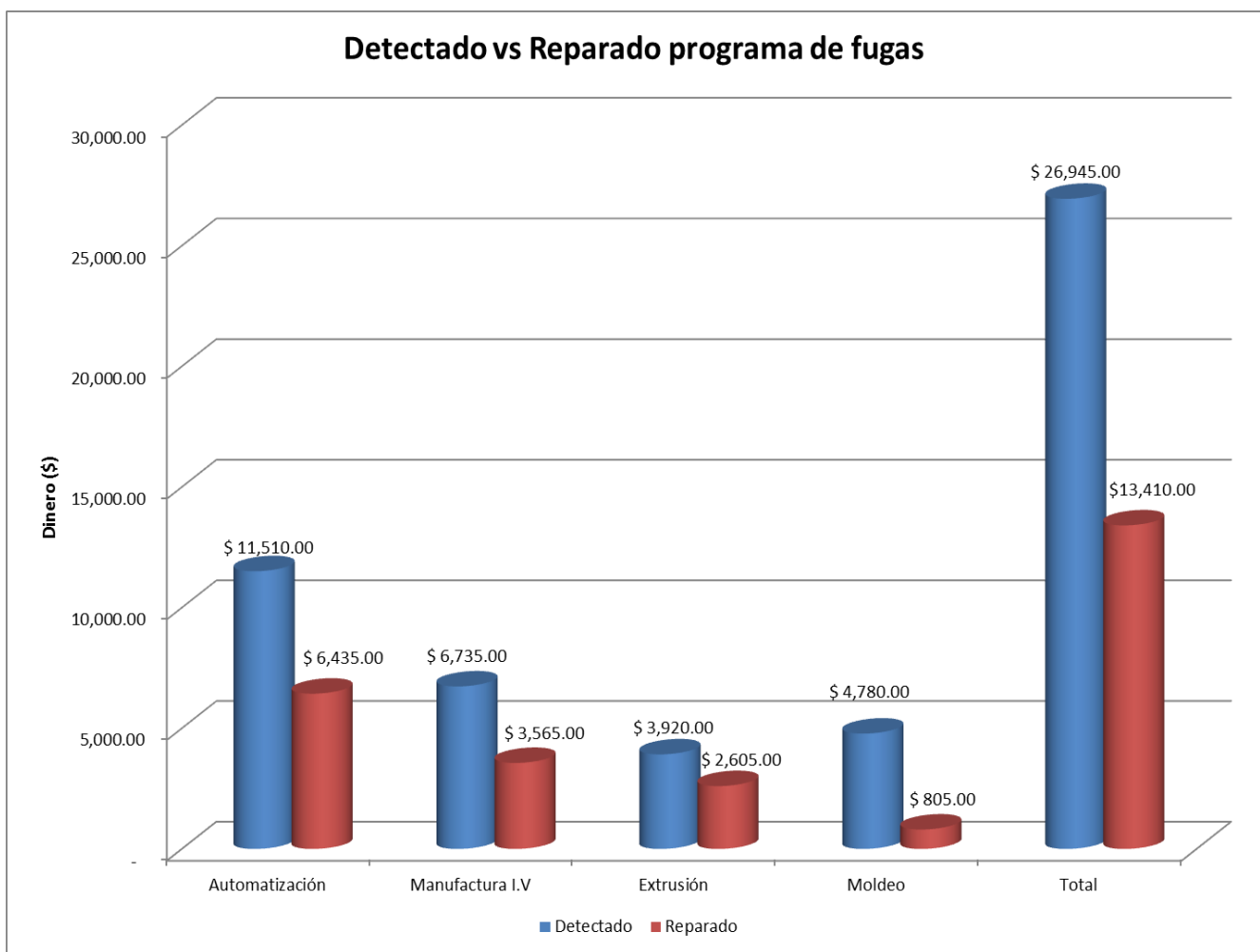
Lo números anteriormente logrados se debe al buen trabajo en equipo, así como conciencia de todo el personal en la importancia de evitar la presencia de fugas en el sistema de aire comprimido, se seguirán trabajando para las reparaciones restantes, así como en futuras inspecciones.

En la tabla VI-4 y en las figuras VI.8, VI.9, se muestra un comparativo de lo detectado contra lo reparado en términos energéticos y económicos, para observar gráficamente el ahorro alcanzado hasta el momento de la propuesta del programa de fugas.

Tabla VI-4 Comparativo de ahorro económico y energético alcanzado

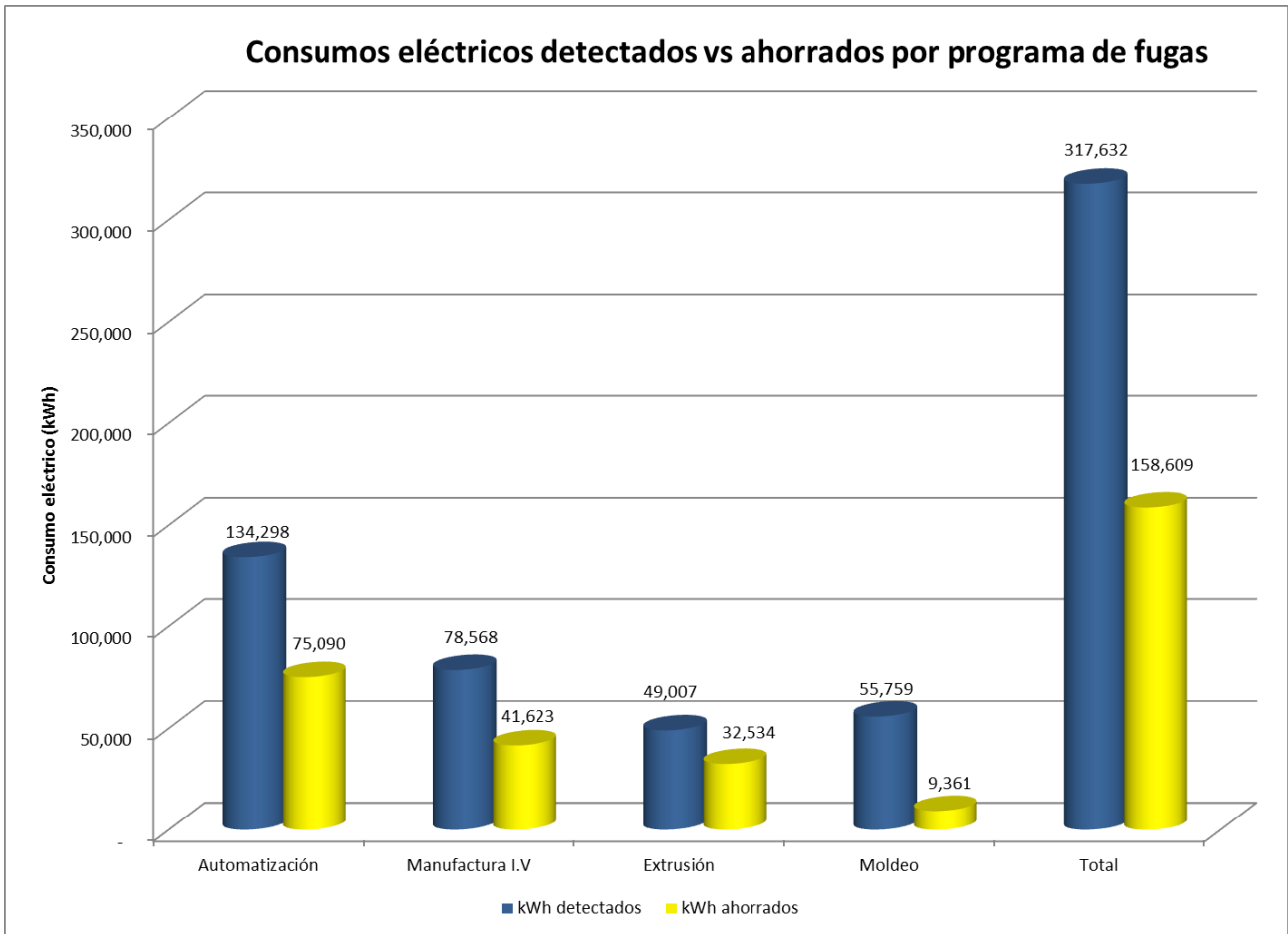
Área	Ahorro económico		Ahorro en consumo eléctrico	
	Detectado (\$)	Reparado (\$)	Detectado (kWh)	Ahorrado (kWh)
Automatización	11,510.00	6,435.00	134,298	75,090
Manufactura I.V	6,735.00	3,565.00	78,568	41,623
Extrusión	3,920.00	2,605.00	49,007	32,534
Moldeo	4,780.00	805.00	55,759	9,361
Total	\$ 26,945.00	\$ 13,410.00	317,632	158,609

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura VI.8 Detectado vs reparado en términos económicos.

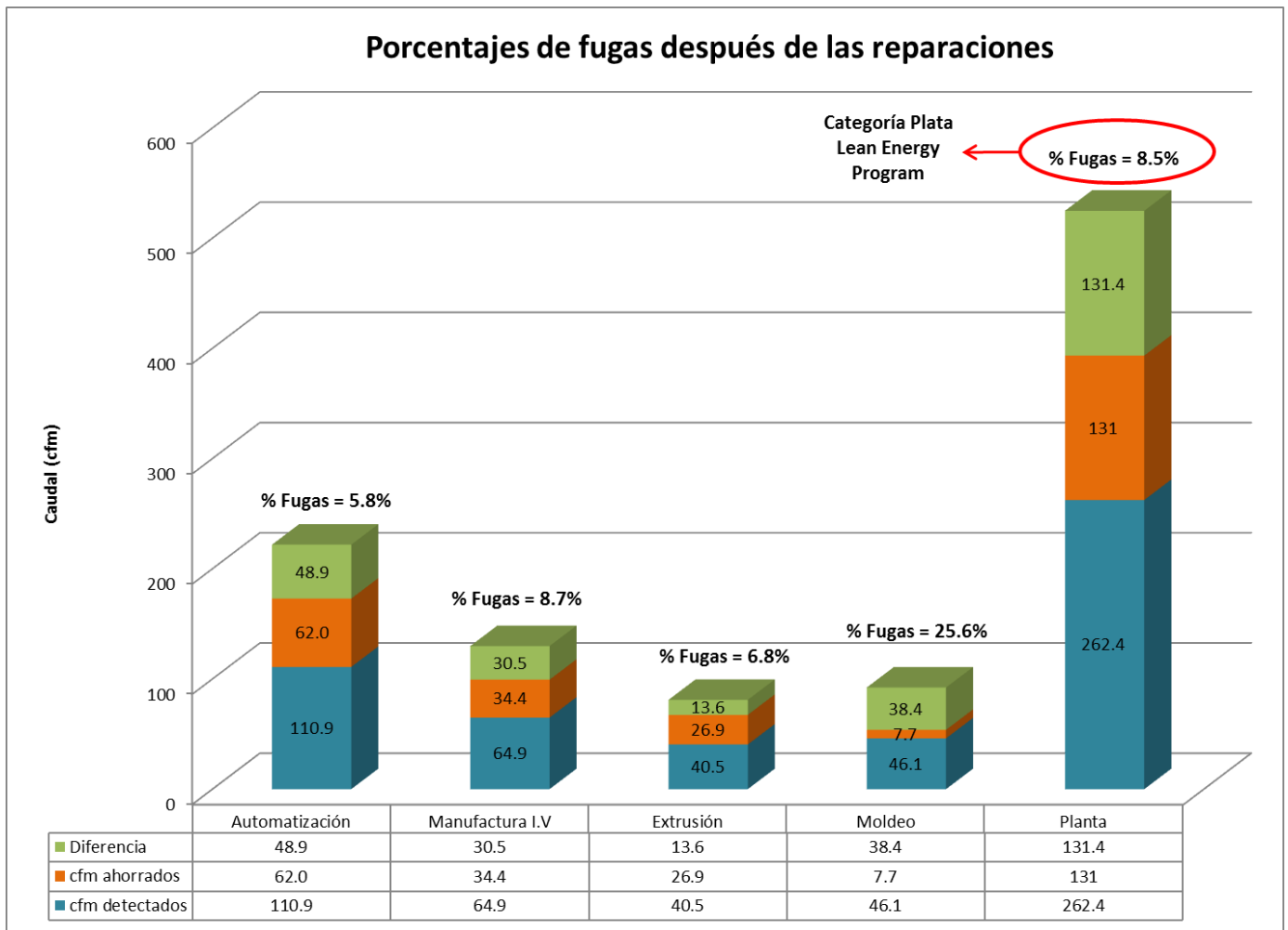


Fuente: Elaboración propia

Figura VI.9 Detectado vs reparado en términos energéticos.

Automatización genera los ahorros más importantes por ende es el área donde hay que focalizar los esfuerzos en las futuras reparaciones, y hasta el momento en términos generales (planta) se han generado ahorros anuales de aproximadamente \$ 13 410, superando la meta que se tenía para este año de los \$ 9.000.

El siguiente paso es volver a calcular el nuevo porcentaje de fugas por áreas productivas y de toda la planta en general, para ver cómo éstos han reducido con el trabajo realizado en la disminución de fugas. En la figura VI.10 se muestra gráficamente estos nuevos porcentajes.



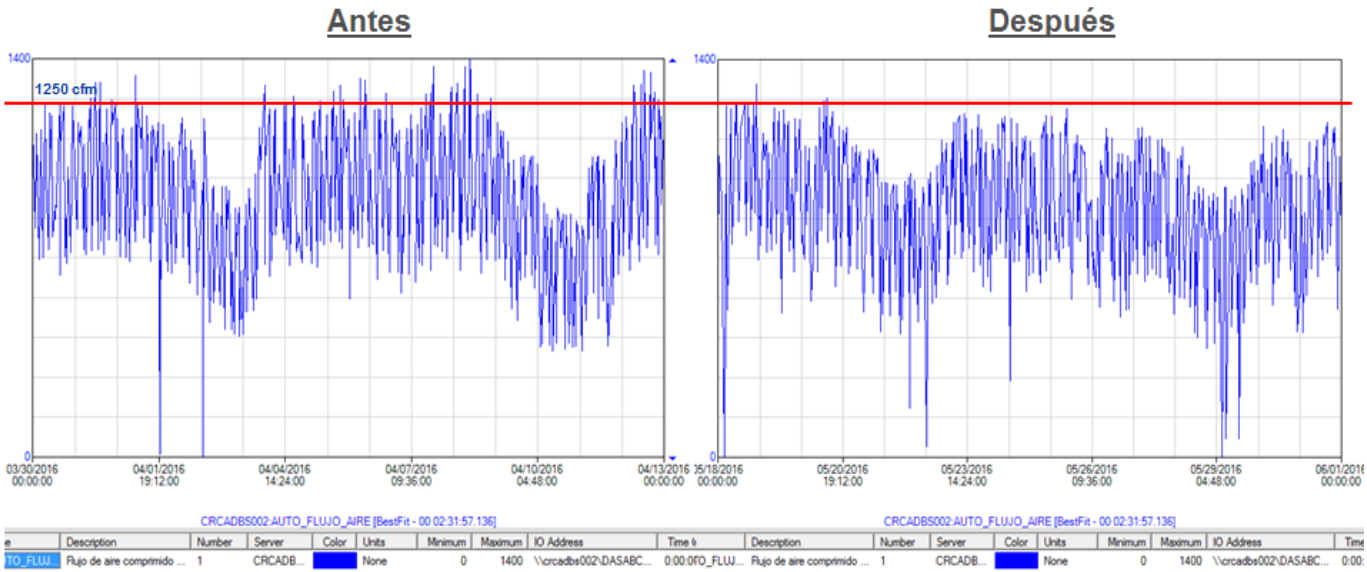
Fuente: Elaboración propia

Figura VI.10 Nuevo porcentaje de fugas.

En la figura VI.10 se observa cómo se reducen los porcentajes en comparación con la figura VI.7. Las áreas de Automatización, Manufactura I.V, Extrusión y la planta en general cumplen con el requisito plata del programa de Lean Energy ya que son porcentajes menores al 10%, moldeo tiene un porcentaje muy alto y la razón se comentó anteriormente. Se seguirán haciendo labores de reparaciones para poder conseguir el nivel oro del programa Lean Energy.

También se tiene en planificación hacer un segundo recorrido por todas las zonas, pero esto se va a realizar cuando las fugas se hayan reparado completamente. La meta es poder mantenerse con un porcentaje menor al 5% y mantenerse con la certificación del programa.

Para realizar la cuantificación de los beneficios del programa de fugas se realizará con los cfm ahorrados, ya que si se consideran los kWh no sería un valor muy real ya que el consumo eléctrico depende de la demanda de aire, además de las unidades producidas, éstas variables van cambiando conforme se vaya desarrollando el plan de producción, en cambio el consumo de aire de las máquinas es independiente de los picos de producción, por ende la mejor manera de cuantificar el ahorro es corroborando una reducción en el consumo de aire de la planta. En la figura VI.11 se muestra la demanda de aire comprimido antes y después de las reparaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura VI.11 Gráficos de consumo de aire vs tiempo antes y después de las reparaciones

Por lo tanto el porcentaje en que se mejora el desempeño energético del sistema de aire comprimido se calcula de la siguiente manera:

$$Ahorro = \left[1 - \left(\frac{cfm\ consumidos - cfm\ ahorrados}{cfm\ consumidos} \right) \right] * 100$$

$$Ahorro = \left[1 - \left(\frac{1550\ cfm - 131\ cfm}{1550\ cfm} \right) \right] * 100$$

$$Ahorro = 8.4 \%$$

Se produjo una mejora del 8.4%, inicialmente se estimó como objetivo general mejorarlo en 5% esto implica un 3.4 % más de lo que se tenía considerado.

4. Análisis económico del programa de fugas

El trabajo de recopilación y análisis de información no sería de utilidad para la empresa si no representara un beneficio económico a corto o mediano plazo. Es necesario poder relacionar todos los conceptos explicados anteriormente con variables que representen unidades monetarias.

De la figura VI.8 se observa que el programa de fugas genera un ahorro anual estimado de \$ 26 945 haciendo todas las reparaciones correspondientes. A pesar del gran ahorro que se presenta hay que hacer una inversión inicial que hace referencia a materiales varios que hay que reemplazar. A continuación en la tabla VI-5 se muestra los materiales necesitados, la cantidad y costo de cada uno de ellos para realizar las reparaciones de las fugas.

Tabla VI-5 Lista de materiales a reemplazar para el programa de fugas

Cantidad	Descripción	Precio	Total
5	Acople Recto 8mm Manguera a 1/8" NPT PRESTOLOK AP818	₡ 1,835.00	₡9,175.00
3	Tee 8mm Manguera ambos lados PRESTOLOK TP8	₡ 2,230.00	₡6,690.00
10	Filtro para Aire comprimido LF-D-Mini, FESTO	₡36,215.00	₡362,150.00
5	Electroválvula 1/4"NPT 3Viasx2Pos.Bobina 110V recta, Cammozi	₡63,945.00	₡319,725.00
12	Regulador de Presión p/montaje en batería LRB-D-7-Mini, FESTO	₡72,900.00	₡874,800.00
2	Fabricación de Manguera 3/4"x1m p/Aire c/Acoples JIC	₡33,795.00	₡67,590.00
10	Unión roscada hembra 3/8" NPT ambos lados Serie 103 B	₡ 1,630.00	₡16,300.00
15	Acople Rap. Hembra 3/8"NPT (Cuerpo) DC2023	₡ 4,360.00	₡65,400.00
2	Yee 8mm Manguera ambos lados PRESTOLOK YP8	₡ 1,795.00	₡3,590.00
3	Codo Unión 6mm Manguera ambos lados PRESTOLOK CP6	₡ 1,585.00	₡4,755.00
4	Cinta Teflón 3/4" (19 mm x 0.2 m x 15 m) Germany	₡ 1,285.00	₡5,140.00
		Total en ₡	₡1,735,315.00
		Total en \$	\$3,213.55

Fuente: MS, Excel, elaboración propia

Los precios mostrados se obtuvieron de proveedores que tiene Baxter a nivel nacional para suplir suministros de fitinería y accesorios neumáticos, los reguladores

así como los filtros se cotizan de la marca Festo porque es la marca que se utilizan en todas las máquinas de proceso. En el anexo 13 se muestran las cotizaciones respectivas.

El costo beneficio puede ser calculado restando al ahorro generado por las fugas, los costos de inversión inicial por concepto de compra de materiales, no se va a contemplar el costo de mano de obra ya que los supervisores delegan las tareas a los técnicos como parte de sus actividades diarias por ende no se pagarán horas extras para realizar las reparaciones.

$$\text{Costo beneficio} = \text{Ahorro generado} - \text{Inversión inicial}$$

$$\text{Costo beneficio} = \$ 26\ 945 - \$3\ 215$$

$$\text{Costo beneficio} = \$ 23\ 730$$

El costo beneficio que tiene la implementación de este proyecto es muy buena, de ahí el interés de la implementación de esta propuesta para generar un ahorro cuantificable en el área del aire comprimido.

Indicadores financieros.

En esta sección se va a utilizar indicadores financieros sencillos para clarificar la factibilidad económica que presenta este proyecto. Se calculará el retorno de la inversión (R.O.I) y también el periodo de recuperación de la inversión.

$$ROI = \frac{(\text{Ahorro generado} - \text{Costo de Inversión})}{\text{Costo de Inversión}}$$

$$ROI = \frac{(\$ 26\ 945 - \$3\ 215)}{\$ 3\ 215}$$

$$ROI = 7.38$$

El ROI da un valor de 7.38, esto significa que Baxter obtendrá ganancias de 7.38 veces la inversión inicial, seguidamente se calculará el periodo de tiempo en que se pretende recuperar el gasto inicial de la compra de materiales.

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro generado}}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\$ 3\,215}{\$ 26\,945}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 0.1193$$

Tabla VI-6 Cálculo del periodo de recuperación de la inversión.

Periodo de recuperación	0.1193	0	Años
---	0.1193	x 12	
---	1.4316	1	Meses
---	0.4316	x 30	
---	12.948	13	Días

Fuente: MS, Excel, elaboración propia

Por lo tanto la inversión que deberá efectuar la empresa será recuperada en alrededor de 1 mes y 13 días aproximadamente.

En conclusión con ambos indicadores calculados no sólo se nota la viabilidad económica del proyecto sino que representa un proyecto con grandes beneficios no solo económicos sino también energéticos y ambientales.

5. Conclusiones del programa de fugas

Durante el desarrollo del programa de fugas se obtuvieron resultados muy positivos, así como aspectos de mejora que se muestran a continuación para lograr la mejor implementación del programa de fugas en Baxter, e ir mejorando en las inspecciones y correcciones futuras, en la tabla VI-7 se detallan.

Tabla VI-7 Aspectos positivos y de mejora al programa de fugas.

Aspectos positivos	Aspectos por mejorar
Ahorro anuales importantes que le dieron mayor fuerza al programa	El técnico debe contar con la ayuda de una persona que le colabore durante las rutinas de inspección.
Entrenamiento personalizado teórico y práctico a los técnicos de cada zona productiva	Si son reparaciones rápidas hacerlas inmediatamente y no esperarse hasta el mantenimiento, siempre debe reportar la corrección de la fuga
Adaptación rápida al procedimiento como al uso del equipo ultrasónico.	Mejor comunicación entre departamento de aula técnica y supervisores para notificar cuando los reportes se realicen
Se identificaron principales fuentes de fuga (uniones roscadas, racores, unidades de mantenimiento)	Automatización presenta la mayor cantidad de ultrasonidos competidores, por ende se deben tener cuidado con el monto a reportar de las inspecciones.
Se logró la participación de todas las áreas y la ayuda para la reparación de las fugas detectadas.	Informar a los técnicos y operarios que no retiren las etiquetas ya que para las reparaciones o verificaciones se hace complicado recordar el punto exacto de fuga.

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones para disminuir las fugas en la planta:

- Inspeccionar las empaquetaduras de válvulas, reemplazándolas en caso necesario.
- Reemplazar aquellas válvulas que tengan un cierre defectuoso.
- Asegurarse de contar con buenas conexiones en las mangueras o tuberías flexibles.
- No utilizar el aire para soplado o limpieza en general, si se requiere es mejor utilizar aire a menor presión.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

- Se generó un ahorro del 8.4% en el sistema de aire comprimido cumpliendo el objetivo general del proyecto.
- El compresor 11 y 08 cumplen con los estándares de desempeño energético según C.A.G.I. por ende son los que deben usarse para suplir la demanda de la planta.
- Se puede reducir la presión de descarga de la batería de compresores en 2 psi (1.8%) para generar ahorros de 28.143 kWh anuales aproximadamente.
- Se implementó la propuesta piloto de utilizar los compresores de mayor eficiencia lo que generó un ahorro de 3606 kWh que económicamente representa \$205 mensuales, un 67% más de lo que se había estimado.
- Moldeo presentó el mayor porcentaje de fugas 30,7%, sin embargo el área de Automatización representó el mayor caudal de aire comprimido perdido por fugas con 110.9 cfm.
- Ninguna área productiva inicialmente cumplía con los porcentajes de fugas requeridos por el programa Lean Energy, pero con las correcciones realizadas si se logró reducir los porcentajes y cumplir con el requisito plata en las áreas de Automatización, Extrusión, I.V y en la planta en general.
- Las fugas en el micro Aire se consideraron parte del proceso pero se va a estudiar la posibilidad de cambiarlos por el modelo MA11-80" V que no presenta fugas.
- Se logró ahorros anuales de 158.609 kWh y \$13.410 por concepto de reparaciones de fugas, un 50% más de la meta corporativa de \$ 9.000.

- Se establecen indicadores energéticos de consumo específico y porcentaje de fugas para medir y controlar la tendencia de comportamiento del sistema de aire comprimido de Baxter.

B. Recomendaciones

- Evaluar la posibilidad de aprovechar el calor de rechazo de los compresores para aplicaciones de agua caliente en la cafetería.
- Analizar el perfil de demanda de aire comprimido para estudiar posibilidad de apagar el compresor 8 los domingos sin afectar la producción de la planta y poder generar un ahorro en consumo eléctrico.
- Cuando haya oportunidad de adquirir un compresor nuevo que éste sea con VSD (velocidad variable), que presenta más ahorro energético que los que se tienen actualmente con regulación por by-pass neumático.
- La capacidad de almacenamiento actual es la indicada pero si se trae nuevas líneas de producción que implica un mayor consumo de aire comprimido, se debe evaluar todo la red actual de la empresa y considerar una capacidad de almacenamiento mayor.
- Evitar encender los compresores en horas de demanda pico, para evitar cargos por demanda máxima.
- Para el programa de fugas se recomienda realizar las inspecciones bajo el procedimiento estandarizado y preferiblemente en parejas para que la duración de las inspecciones sean cortas.
- Se recomienda que cuando se hagan las inspecciones tomar fotografías de las fugas detectadas por aquello que la etiqueta se haya caído o haya sido removida antes de haber sido verificada.

- Iniciar con las reparaciones de las fugas más fáciles como por ejemplo: accesorios de fitinería, racores neumáticos o colocar teflón a las roscas, ya que se consigue resultados más rápido.
- Se aconseja seguir los aspectos de mejora que se muestran en la tabla VI-7, para hacer más exitoso el programa de fugas que se implementó, así como utilizar las recomendaciones hechas para disminuir la presencia de fugas en la planta.
- Generar acciones de Scase (sistema corporativo) para dar un periodo de un mes y medio como plazo máximo para las reparaciones de las fugas encontradas.
- Realizar proyectos de mejora para disminuir el uso del aire comprimido como por ejemplo cambio en las boquillas del conveyor en Extrusión y la eliminación de rodillos porosos en las impresoras flexo gráficas de I.V.
- Cerrar las válvulas principales de las tuberías que comunican a la alimentación principal de las Tiromats de I.V en turno C, para la evitar el escape de aire comprimido por fugas durante períodos de no producción.
- Instalar un flujómetro a la entrada de los equipos de mayor consumo de aire para verificar la reducción del flujo cuando se haya implementado las reparaciones por fugas.
- Utilizar los otros módulos de trabajo del equipo ultrasónico Ultraprobe 15 000 para realizar inspecciones mecánicas y eléctricas en la planta y generar planes de mantenimiento predictivo a los equipos.
- Crear un historial de repuestos conforme se vayan realizando las reparaciones de fugas, para así poder tener una referencia de cuáles son los que más se utilizan para contar con ellos en el almacén MROS.

VII. BIBLIOGRAFÍA

ASTM . (2005). *ASTM E 1002-05 Standard Test Method for Leaks Using Ultrasonics*. USA.

Atlas Copco. (2010). *Compressed Air Manual 7th edition*. Bélgica.

Atlas Copco. (2010). *Manual Oil-free rotary screw compressors*. Suecia.

Bandes, A. (2005, Octubre). *UE Systems*. Retrieved Marzo 22, 2016, from Detección de fugas mediante ultrasonido: <http://www.uesystems.com/wp-content/uploads/2012/07/ri-deteccion.pdf>

Baxter Health Care. (2010). *Lean Energy Program*. Chicago. Retrieved Febrero 15, 2016, from Lean Energy Program.

Baxter Medical Products Ltda. (2015, Noviembre). *Baxter*. Retrieved from Baxter: http://www.baxter.es/acerca_de_baxter/perfil_corporativo/perfil.html

Cimbala, J., & Cengel, Y. (2006). *Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

El empleo. (2015, 11). *e/empleo*. Retrieved from Base empresarial BAXTER: <http://www.eempleo.com/costarica/Files/BasesEmpresariales/Baxter/index.aspx?ekp=oY5zIKX0DtH0cVtdx1U4BQGWrsxtU5aHskOYimuWegfK7Xc8pmX4eOX0/6EsMdwSISloddDvmpNrSUq1t/f4Xoc0c+E9otRFnGAoGpp6M=>

El Financiero. (2008, Marzo). *El Financiero*. Retrieved from Negocios: http://www.elfinancierocr.com/ef_archivo/2008/febrero/10/negocios1411854.html

Energiza. (n.d.). *Energiza*. Retrieved Marzo 15, 2016, from Programa de Detección de fugas: <http://www.energiza.org/mantenimiento-de-plantas/19-mantenimiento-de-plantas/15-programa-de-deteccion-de-fugas>

Garro Zavaleta, I. (n.d.). *Folleto Aire comprimido*. Cartago.

Gómez Salazar, J. (2013). *Propuesta para la mejora de la eficiencia energética en el sistema de aire comprimido de la empresa Durman Esquivel Guatemala S.A.* Guatemala.

Hernández Rodríguez, J. (2012). *Mantenimiento predictivo por ultrasonido tipo airbone para detección de fugas de aire*. Querétaro.

Ingeniería Energética Integral I.E.I. (n.d.). *Fondo Nacional del Ambiente Perú*. Retrieved Marzo 16, 2016, from Ahorro de energía en aire comprimido: www.iadb.org/Document.cfm?id=35935175

Ingersoll Rand. (2012). *Manual Sierra H 300W ® 37-300 kW (50-400 HP)*. USA.

ISO. (n.d.). *ISO*. Retrieved Febrero 27, 2016, from Gana el desafío de la energía con ISO 50001: http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf

Martín Reina, G. (2016). *Manual para el diseño de una red hidráulica de climatización*. Retrieved from Manual para el diseño de una red hidráulica de climatización: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5091/fichero/12+-+ANEXOS.pdf>

Monge, O. (2015). *Material didáctico curso de Ahorro energético. "OCE's en Aire comprimido"*. Cartago.

Royo Carnicer, E. (1977). *Teoría y cálculo de las instalaciones*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.

Sullair. (2004). *Ahorro energético en aire comprimido*. Argentina.

UE Systems. (2014). *Ultraprobe 15000 Manual*. USA.

Universidad Autónoma de Occidente e Univeridad del Atlántico Barranquilla. (n.d.). Retrieved Marzo 18, 2016, from Eficiencia energética en los sistemas de aire comprimido: www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/aire.pdf

IX. APÉNDICES

Apéndice 1. Tabla de consumos equipos Diciembre 2015 a Febrero 2016

Control de Consumos Eléctricos

	Fecha	12/02/2015	12/16/2015	01/18/2016	02/03/2016	02/17/2016	03/01/2016
Red	Mezanines	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh
PM500 ID	Localización	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In
1	Tablero A1	0,00	0,00	15.000,00	29.000,00	41.000,00	51.900,00
2	Tablero B10-T5	22.743,00	24.047,00	26.447,00	27.799,00	28.994,00	30.143,00
3	Tablero B7-2	416.830,00	418.453,00	420.940,00	422.966,00	424.752,00	426.356,00
4	Tablero A36-35	284.673,00	286.553,00	289.395,00	291.560,00	293.356,00	294.903,00
6	Tablero A35-17	1.786.604,00	1.790.510,00	1.796.880,00	1.801.240,00	1.804.935,00	1.808.111,00
5	Tablero A30-T4	245.108,00	246.888,00	249.800,00	251.710,00	253.350,00	254.743,00
7	Tablero B44	2.015.069,00	2.026.610,00	2.048.959,00	2.062.320,00	2.073.905,00	2.084.271,00
8	Tablero A7	9.731,00	10.001,00	10.473,00	10.830,00	11.110,00	11.446,00
9	Tablero A24-T7	429.877,00	432.243,00	437.405,00	440.284,00	442.910,00	445.409,00
10	Tablero C20-T12	2.706.024,00	2.726.520,00	2.752.389,00	2.767.569,00	2.786.220,00	2.799.965,00
11	Tablero C54-T50 (Moldeo)	574.722,00	579.148,00	584.292,00	589.134,00	593.376,00	597.890,00
Red	Casa Máquinas 2	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh
PM500 ID	Localización	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In
5	Chiller 28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Tablero C1	4.071.484,00	4.095.462,00	4.137.590,00	4.166.959,00	4.193.501,00	4.218.288,00
7	Tablero C6-T11	659.979,00	663.807,00	671.068,00	675.686,00	679.718,00	683.436,00
9	Compresor Atlas 9	152.837,00	162.527,00	162.527,00	162.538,00	163.436,00	163.902,00
10	Compresor Atlas 7	1.021.814,00	1.022.769,00	1.022.769,00	1.022.790,00	1.022.790,00	1.023.309,00
11	Chiller 12	0,00	497.365,00	498.014,00	498.337,00	498.639,00	499.250,00
8	Chiller 26	0,00	0,00	0,00	477.592,00	478.869,00	481.411,00
12	Chiller 29	51.479,00	78.316,00	0,00	154.924,00	176.827,00	192.320,00
3	Chiller 27	0,00	0,00	0,00	583.489,00	593.668,00	608.723,00
2	Tablero C40-39	3.937.782,00	3.960.319,00	4.005.935,00	4.029.145,00	4.049.115,00	4.066.502,00
13	Compresor Atlas 8	827.010,00	831.206,00	835.680,00	840.423,00	844.851,00	848.881,00
14	Compresor IR 11	3.224.805,00	3.269.069,00	3.340.384,00	3.373.745,00	3.414.398,00	3.436.915,00
15	Compresor Atlas 10	6.816.906,00	6.831.037,00	6.885.473,00	6.917.141,00	6.936.436,00	6.966.577,00
16	Tablero C56-T52 (AMC)	23.900,00	23.900,00	23.000,00	23.900,00	23.900,00	23.900,00
Red	Casa Máquinas 1	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh	En kWh
PM500 ID	Localización	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In	Lectura In
2	Tablero C55-39 (AMC)	362.600,00	366.000,00	370.000,00	374.000,00	377.000,00	378.000,00
3	Tablero C39 (CM2)	149.600,00	154.000,00	159.000,00	161.000,00	162.000,00	163.000,00
4	Tablero C16-3 (Taller)	477.946,00	481.963,00	490.484,00	494.942,00	498.816,00	502.626,00
5	Tablero A18-T30 (CM1)	445.050,00	448.281,00	454.694,00	457.934,00	460.725,00	463.046,00
6	Tablero A17 (CM1)	2.202.383,00	2.211.327,00	2.227.728,00	2.237.162,00	2.245.175,00	2.252.165,00

Apéndice 2. Datos Pareto de consumo eléctrico 12/02/2015 al 03/17/2016

Localización	Consumo Acumulado		
Localización	kWh	% acumulado	%
Compresor IR 11	258.710,00	17%	17%
Tablero C1	178.587,00	28%	12%
Compresor Atlas 10	162.725,00	39%	11%
Chiller 29	160.464,00	49%	10%
Tablero C40-39	148.195,00	59%	10%
Tablero C20-T12	117.728,00	66%	8%
Tablero B44	82.847,00	72%	5%
Tablero A17 (CM1)	59.537,00	76%	4%
Tablero A1	47.300,00	79%	3%
Chiller 27	44.918,00	81%	3%
Tablero C16-3 (Taller)	29.449,00	83%	2%
Compresor Atlas 8	28.867,00	85%	2%
Tablero C54-T50 (Moldeo)	28.516,00	87%	2%
Tablero C6-T11	28.122,00	89%	2%
Tablero A35-17	26.477,00	91%	2%
Tablero A18-T30 (CM1)	20.681,00	92%	1%
Tablero A24-T7	18.319,00	93%	1%
Tablero C55-39 (AMC)	17.400,00	94%	1%
Tablero C39 (CM2)	14.800,00	95%	1%
Tablero A36-35	12.619,00	96%	1%
Tablero A30-T4	11.940,00	97%	1%
Tablero B7-2	11.589,00	98%	1%
Compresor Atlas 9	11.257,00	98%	1%
Tablero B10-T5	9.261,00	99%	1%
Chiller 26	7.014,00	99%	0%
Chiller 12	6.604,00	100%	0%

Apéndice 3. Consumos diario compresores CM #1 del 02/04/2016 - 03/04/2016

Control de consumo diario							
Día de la semana	Fecha	Compresor 08 (kWh)	Diferencias	Compresor 11 (kWh)	Diferencias	Compresor 10 (kWh)	Diferencias
M	02/03/2016	840403	---	3373580	---	6917141	---
J	02/04/2016	840853	450	3377168	3588	6917141	0
V	02/05/2016	841123	270	3380639	3471	6918537	1396
S	02/06/2016	841145	22	3384299	3660	6922145	3608
D	02/07/2016	841162	17	3387935	3636	6925715	3570
L	02/08/2016	841308	446	3389278	3543	6926059	344
K	02/09/2016	841806	498	3393245	3967	6926059	0
M	02/10/2016	842320	514	3397270	4025	6926059	0
J	02/11/2016	842795	475	3400992	3722	6926076	17
V	02/12/2016	843240	445	3403135	2143	6927535	1459
S	02/13/2016	843515	275	3404588	1453	6931930	4395
D	02/14/2016	843777	262	3406025	1437	6936325	4395
L	02/15/2016	843954	477	3407315	3290	6936436	111
K	02/16/2016	844387	433	3410749	3434	6936436	0
M	02/17/2016	844843	456	3414355	3606	6936436	0
J	02/18/2016	845290	447	3417873	3518	6936436	0
V	02/19/2016	845750	460	3419975	2102	6938003	1567
S	02/20/2016	845990	240	3420105	130	6942920	4917
D	02/21/2016	846212	222	3420225	120	6947821	4901
L	02/22/2016	846386	474	3421362	3137	6948066	245
K	02/23/2016	846554	168	3421994	632	6951894	3828
M	02/24/2016	846766	212	3425390	3396	6953981	2087
J	02/25/2016	847258	492	3429148	3758	6954687	706
V	02/26/2016	847713	455	3431113	1965	6956427	1740
S	02/27/2016	847953	240	3431268	155	6961527	5100
D	02/28/2016	848183	230	3431413	145	6966577	5050
L	02/29/2016	848358	475	3432791	3378	6966577	0
K	03/01/2016	848854	496	3436705	3914	6966577	0
M	03/02/2016	849316	462	3440371	3666	6966577	0
J	03/03/2016	849768	452	3443962	3591	6966577	0
V	03/04/2016	850255	487	3446254	2292	6968360	1783

Apéndice 4. Demanda de aire comprimido de una semana de operación.

Fecha y Hora	Consumo Max (scfm)	Consumo Mín (scfm)	Consumo prom (scfm)	Consumo kWh por día	Promedio de scfm por día	
L 8	1350	1230	1290	1479		
L 9	1300	1220	1260			
L 10	1400	1240	1320			
L 11	1370	1200	1285			
L 12	1390	1170	1280			
L 13	1400	1200	1300		average L	1293
L 14	1350	1130	1240			
L 15	1400	1200	1300			
L 16	1450	1280	1365			
L 17	1422	1215	1318,5			
L 18	1345	1190	1267,5			
K 8	1400	1210	1305	1463		
K 9	1450	1130	1290			
K 10	1440	1260	1350			
K 11	1400	1220	1310			
K 12	1450	1280	1365		average K	1343
K 13	1490	1300	1395			
K 14	1400	1200	1300			
K 15	1450	1240	1345			
K 16	1430	1250	1340			
K 17	1530	1320	1425			
M 8	1400	1190	1295	1565		
M 9	1430	1250	1340			
M 10	1440	1260	1350			
M 11	1420	1290	1355			
M 12	1420	1200	1310		average M	1336
M 13	1420	1260	1340			
M 14	1340	1170	1255			
M 15	1480	1300	1390			
M 16	1460	1300	1380			
M 17	1430	1260	1345			
J 8	1170	1050	1110	1350		
J 9	1250	1060	1155			
J 10	1450	1280	1365			
J 11	1200	1060	1130			
J 12	1240	1050	1145		average J	1194
J 13	1220	1040	1130			
J 14	1250	1020	1135			

J 15	1350	1060	1205	1554	
J 16	1345	1100	1222,5		
J 17	1430	1250	1340		
V 8	1250	1130	1190		
V 9	1380	1100	1240		
V 10	1360	1070	1215		
V 11	1440	1250	1345		
V 12	1470	1300	1385		
V 13	1440	1250	1345		
V 14	1350	1150	1250		
V 15	1410	1220	1315		
V 16	1410	1250	1330		
V 17	1420	1200	1310		
S 8	1320	1130	1225		
S 9	1330	1160	1245		
S 10	1350	1170	1260		
S 11	1320	1100	1210		
S 12	1350	1160	1255		
S 13	1320	1130	1225		
S 14	1285	1120	1202,5		
S 15	1230	1040	1135		
S 16	1200	1020	1110		
S 17	1180	1000	1090		
D 8	700	570	635	1214	
D 9	780	640	710		
D 10	790	650	720		
D 11	800	680	740		
D 12	900	725	812,5		
D 13	1000	845	922,5		
D 14	995	810	902,5		
D 15	850	710	780		
D 16	800	650	725		
D 17	760	600	680		

Apéndice 5. Cálculo de eficiencia de compresores.

Tabla IX-1 Características eléctricas de los compresores ubicados en CM #1

Compresor	I carga (A)	I desc (A)	Tensión (V)	fp carga	fp descarga	Pot entrada carga (kW)
8	123	40	480	0.93	0.6	95.10
10	347	185	480	0.795	0.318	229.50
11	281	86	480	0.915	0.59	213.76

Fuente: Elaboración propia, prueba de campo

Fórmulas

$$\eta_{\text{compresor}} = \frac{\text{flujo volumétrico entregado (scfm)}}{\text{Potencia entrada en carga (kW)}}$$

$$\text{Potencia entrada en carga} = \sqrt{3} V * I * fpcarga$$

Cálculos

$$\eta_{\text{compresor 08}} = \frac{460 \text{ scfm}}{95.10 \text{ kW}}$$

$$\eta_{\text{compresor 08}} = 4.84 \text{ scfm/kW}$$

$$\eta_{\text{compresor 11}} = \frac{1050 \text{ scfm}}{213.76 \text{ kW}}$$

$$\eta_{\text{compresor 11}} = 4.91 \text{ scfm/kW}$$

$$\eta_{\text{compresor 10}} = \frac{1100 \text{ scfm}}{229.5 \text{ kW}}$$

$$\eta_{\text{compresor 10}} = 4.79 \text{ scfm/kW}$$

Apéndice 6 Cálculos de la caída de presión en tuberías- accesorios y presión mínima requerida del sistema de compresión.

$$\frac{e}{D} = \text{rugosidad relativa}$$

$$\frac{0,0015 \text{ mm}}{74,8 \text{ mm}} = 0,00002$$

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

$$Re = \frac{8 \frac{m}{s} * 0,0748m}{1,48 \times 10^{-5} m^2/s}$$

$$Re = 4,04 \times 10^4 \text{ flujo turbulento}$$

Ahora en el diagrama de Moody Anexo 7

$Re=4,04 \times 10^4$ y $\frac{e}{D} = 0,00002$ se tiene un valor del factor de fricción de **f = 0,022**

Caída de presión en casa máquinas #1

$$f = 0.022$$

$$L = 30,5 \text{ m}$$

$$Q = 0,069 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,0748 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{P_{abs} \text{ sistema}}{RT}$$

$$P_{abs} = P_{arranque} + P_{atm}$$

$$P_{abs} = 94 \text{ psi} + 12,54 \text{ psi}$$

$$P_{abs} = 106,54 \text{ psi} \sim 734,57 \text{ kPa}$$

$$R_{\text{aire}} = 0,287 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$T = 15^\circ\text{C} \sim 288,15 \text{ K}$$

$$\rho = \frac{P_{abs} \text{ sistema}}{RT}$$

$$\rho = \frac{734,57 \text{ kPa}}{0,287 \frac{\text{kPa} * \text{m}^3}{\text{kg} * \text{K}} * 288,15 \text{ K}}$$

$$\rho = \frac{734,57 \text{ kPa}}{0,287 \frac{\text{kPa} * \text{m}^3}{\text{kg} * \text{K}} * 288,15 \text{ K}}$$

$$\rho = 8,88 \text{ kg/m}^3$$

Tabla IX-2 Cantidad de accesorios y coeficientes de pérdidas en CM#1.

Accesorio	Factor (k)	Cantidad	Total
Codo @ 90	0,50	30	15
Válvula bola	0,05	6	0,3
Check	1,70	1	1,7
Total			17,0

Fuente: Elaboración propia

$$hf = \left(\frac{8(0,022)(30,5)(0,069)^2}{\pi^2(9,81)(0,0748)^5} + \frac{8(17)(0,069)^2}{\pi^2(9,81)(0,0748)^4} \right) 8,8 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$hf = 28\,430 \text{ Pa} \sim 4 \text{ psi}$$

Caída de presión en tubería principal hasta ruta crítica

$$f = 0.022$$

$$L = 70 \text{ m}$$

$$Q = 0,075 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,0748 \text{ m}$$

$$\rho = 8,88 \text{ kg/m}^3$$

Tabla IX-3 Cantidad de accesorios y coeficientes de pérdidas en tubería principal

Accesorio	Factor (k)	Cantidad	Total
Codo @ 90	0,50	8	4
Válvula bola	0,05	8	0,4
Check	1,70	1	1,7
Total			6,1

Fuente: Elaboración propia

$$hf = \left(\frac{8(0,022)(70)(0,075)^2}{\pi^2(9,81)(0,0748)^5} + \frac{8(6,1)(0,075)^2}{\pi^2(9,81)(0,0748)^4} \right) 8,88 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}$$

$$hf = 34\,517 \text{ Pa} \sim 4,8 \text{ psi}$$

Por lo tanto $hf_{long - acc} = \mathbf{8,8 \text{ psi}}$

$\Sigma hf_{filtros} = \mathbf{6 \text{ psi}}$ (Ver anexo 10)

$\Sigma hf_{secador} = \mathbf{3,3 \text{ psi}}$ (Ver anexo 11)

Por lo tanto la presión seteada debe ser de:

$$P_{seteada} = 90 \text{ psi} + 8,8 \text{ psi} + 6 \text{ psi} + 3,3 \text{ psi}$$

$$P_{seteada} = 108,1 \text{ psi}$$

Reducción de presión del sistema de compresión

$$\Delta P = P_{inicial} - P_{calculada}$$

$$\Delta P = 110 \text{ psi} - 108 \text{ psi}$$

$$\Delta P = \mathbf{2 \text{ psi}}$$

$$\% \text{ reducción} = \left(\frac{110 \text{ psi} - 108 \text{ psi}}{110 \text{ psi}} \right) * 100\%$$

$$\% \text{ reducción} = \mathbf{1,8\%}$$

Apéndice 7. Procedimiento Detección de fugas en aire comprimido Baxter



MANUAL DE CERTIFICACION
PLANT: MEDICAL PRODUCTS, CARTAGO, C.R.

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE 108 DE 11	CHANGE NO. 2016-0120

Título del Documento (1)		Número de cambio(2)	
Procedimiento para la detección de fugas en aire comprimido y uso del equipo Ultraprobe 15000		2016-0120	
Indique acciones en SCASE relacionadas con el cambio (3) <input type="checkbox"/> N/A		Vence(4): <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
Tipo de Modificaciones (Puede seleccionar varias casillas) (5)			
<input type="checkbox"/> Modificación(6) <input checked="" type="checkbox"/> N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Documento Nuevo(7) <input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> Obsoletización(8) <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
<input type="checkbox"/> Procedimiento <input type="checkbox"/> Formulario(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Procedimiento <input type="checkbox"/> Formulario(s)	<input type="checkbox"/> Procedimiento <input type="checkbox"/> Formulario(s)	
<input type="checkbox"/> Addendum (s) <input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Addendum (s) <input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Addendum (s) <input type="checkbox"/> Otros	
<input checked="" type="checkbox"/> N/A		CR-ML-117 <input type="checkbox"/> N/	<input checked="" type="checkbox"/> N/A
Descripción del cambio (9)			
Se realiza un nuevo procedimiento para la inspección, detección y confirmación de fugas en el sistema de aire comprimido de Baxter Cartago.			
Razón del Cambio (10)			
Se realiza con el objetivo de que los técnicos realicen las inspecciones de forma correcta según las normativas internacionales para asegurarse una alta confiabilidad de la prueba.			
Tipo de Cambio/ Entrenamientos(11)	<input type="checkbox"/> Administrativo (No requiere justificación)		
	<input checked="" type="checkbox"/> Mayor		
	<input checked="" type="checkbox"/> Requiere impartir entrenamiento (Solicitante del Cambio o su Supervisor debe firmar en punto 22)		
	<input type="checkbox"/> No requiere impartir entrenamiento.		
	Justifique: _____		
Posteo Coordinado (12)	<input type="checkbox"/> Con otro documento: Sí <input type="checkbox"/> Cuál(es) _____ <input checked="" type="checkbox"/> N/A		
	<input type="checkbox"/> Con A&P ó MMS/ Incluya consecutivo en SCASE con el cual se dará seguimiento: _____ <input checked="" type="checkbox"/> N/A		
Es necesario incluir secciones identificadas con los signos +++ para identificar compromisos con agencias regulatorias (FDA, TUV). (13)	Sí <input type="checkbox"/> _____ Firma de Auditor Interno <input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)		<input checked="" type="checkbox"/> N/A
Documento relacionado a un Control de Cambio (CC) (14)	Sí <input type="checkbox"/> CC- _____ Firma del Ingeniero de R&QE <input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)		<input checked="" type="checkbox"/> N/A
¿Los cambios realizados afectan contenido o algún documento dentro del Playbook? (15)	Sí <input type="checkbox"/> CPLBK- _____ Firma del Ingeniero de R&QE <input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)		<input checked="" type="checkbox"/> N/A
El plan de cambio en TW8 está aprobado (16)	Sí <input type="checkbox"/> _____ Firma del dueño del CC <input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)		<input checked="" type="checkbox"/> N/A
Solicitante del Cambio (17)	<input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)		
Aprobaciones Finales (Mínimo dos firmas distintas de aprobación)			
Owner o SME dueño del Documento (Ver Addendum 3) (18)	Representante de Calidad (No puede ser igual que la del SME) (Reporta directamente al Gerente de Calidad)(19)		
<input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> N/A		
<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)	<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)		

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE 2 DE 11	CHANGE NO. 2016-0120

Aprobaciones adicionales en caso de ser requeridas

Concurrer (s) (Ver addendum 3 de este procedimiento)(20)	<input type="checkbox"/> Actualización en Assemble & Pack(21)	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión de Entrenamientos <input checked="" type="checkbox"/> Actualización de Necesidades de Entrenamiento (22)
1) _____ <input checked="" type="checkbox"/> N/A	<input checked="" type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> N/A
2) _____ <input checked="" type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM Cuando se utilice ruteo (ERA)	<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)
<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica se en BPLM cuando utilice ruteo (ERA)		

Firmas Adicionales (23)

<input type="checkbox"/> Para Creación de un procedimiento o Manual se requiere la firma de:	<input type="checkbox"/> Para Obsoletización de un procedimiento o Manual se requiere la firma de:
Director de Calidad(Considera que debe ser concurrer de este documento) Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Director de Calidad: <input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)
<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)	<input checked="" type="checkbox"/> N/A
Gerente de Planta(Considera que debe ser concurrer de este documento) Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Representante de Entrenamientos (Para Creación u Obsoletización de un documento en ISOTRAIN)
<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)	<input type="checkbox"/> Ver aprobación electrónica en BPLM cuando se utilice ruteo (ERA)
<input type="checkbox"/> N/A	<input checked="" type="checkbox"/> N/A

HISTORIAL DE CAMBIO (24)

NUMERO DE CAMBIO	ISSUE DATE	RAZON DEL CAMBIO

RECHAZO DEL CAMBIO (25)

RECHAZADO POR	FECHA	RAZÓN DEL RECHAZO

TITULO: PROCEDIMIENTO PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS EN AIRE COMPRIMIDO Y USO DEL EQUIPO ULTRAPROBE 15000.

1.0 Objetivo

Establecer un procedimiento que muestre los parámetros necesarios para el uso del equipo Ultraprobe 15000 y un método normalizado para la inspección y detección de fugas en aire comprimido, con el fin de realizar la estimación cuantitativa del caudal perdido por fugas.

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE 3 DE 11	CHANGE NO. 2016-0120

2.0 Alcance

Este procedimiento aplica para los técnicos autorizados en el uso del equipo de la planta Baxter Productos Médicos, Cartago.

3.0 Documentos aplicables

3.1 Documento padre

N/A Nota: El documento padre no es requerido ya que este es un procedimiento creado para un proceso específico de Baxter Cartago.

3.2 Especificaciones

ASTM E1002-05 Standard Test Method for Leaks Using Ultrasonics (Norma Internacional)

UE Systems Inc Instruction Manual UltraProbe 15000

3.3 SOPs

CR-01-01-043 Trabajo seguro en alturas

3.4 Formularios y Addendums

N/A

4.0 Definiciones

cfm (cubic feet per minute): unidad estándar de medición para flujo volumétrico de aire comprimido.

Decibeles (dB): es una unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras magnitudes físicas.

Fugas en aire comprimido: pérdida de aire comprimido de proceso a la atmósfera sin ser aprovechado por el usuario final.

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE 4 DE 11	CHANGE NO. 2016-0120

Ultraprobe 15000: equipo especializado para la detección de fugas en los sistemas de aire comprimido.

Ultrasonido: se define como ondas de sonido de alta frecuencia que están por encima del rango de percepción humana.

WTG: Warble Tone Generator (Generador de tonos)

5.0 Responsabilidades

Los técnicos autorizados del equipo Ultraprobe 15000 serán responsables de utilizar de modo correcto el dispositivo para la inspección y verificación de fugas en el sistema de aire comprimido de acuerdo a este procedimiento. Además tienen que verificar que el equipo esté completo y no le haga falta ningún accesorio, en caso contrario debe notificarlo al supervisor inmediatamente.

5.1 Accesorios del equipo



Fuente: Datos fabricante UE Systems Inc

Figura 1 Accesorios del Ultraprobe 15000.

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE 5 DE 11	CHANGE NO. 2016-0120

6.0 General

6.1 Materiales a utilizar durante la prueba

- Detector ultrasónico de fugas Ultraprobe 15000
- Audífonos
- SCM Módulo escáner.
- Sonda de enfoque de hule
- Varilla de extensión
- Generador de tono WTG-1
- Etiquetas de identificación de fugas
- Amarras plásticas
- Marcador
- Alicata con cortadora

6.2 Ultrasonidos que se encuentran compitiendo

Si los ultrasonidos que se encuentran compitiendo hacen difícil el aislamiento de la fuga, existen dos procedimientos a realizarse:

- a) Manipular el medio ambiente: Cuando es posible, apague el equipo que está produciendo el ultrasonido que compite o aislé el área cerrando puertas y/o ventanas.
- b) Técnicas de blindaje: algunas de las técnicas de blindaje se muestra a continuación :
 - Posicione su cuerpo entre el área de prueba y los ultrasonidos que se encuentran compitiendo, su cuerpo actuará como una barrera.
 - Cuando cubra un área extensa, algunas veces ayuda el uso de un material como una lona, que actuaran como barreras de ultrasonidos externos, e inclusive utilice una bolsa plástica para contrarrestarlos.

6.3 Calibración de sensibilidad

Es recomendable comprobar la sensibilidad de su instrumento antes de proceder a su inspección. Para asegurar la confiabilidad se debe mantener un registro de todas sus pruebas de validación de sensibilidad y asegúrese de mantener su Generador de Tonos Warble cargado.

Este método es para el módulo de escaneo únicamente, insértelo en el extremo frontal del instrumento.

6.3.1. Elaborar la siguiente tabla para documentar la prueba de sensibilidad.

Tabla 1 Formato para protocolo de calibración.

Módulo	# Serie Módulo	Fecha	Ajuste WTG	Frecuencia (kHz)	dB

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Asegúrese que el equipo tenga la tarjeta SD en la ranura, encienda el equipo, presionando el botón, espere unos segundos.

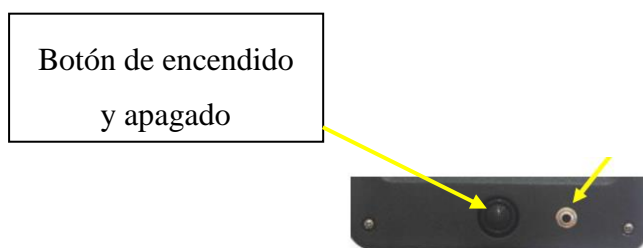


Figura 1 Botón de encendido

6.3.3 Verifique que la carga de la batería sea suficiente para tomar las lecturas viendo la luz del indicador de batería y ajuste la sensibilidad a 15

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE 7 DE 11	CHANGE NO. 2016-0120

6.3.4. A continuación le saldrá la pantalla de inicio del equipo, seleccione la opción display.

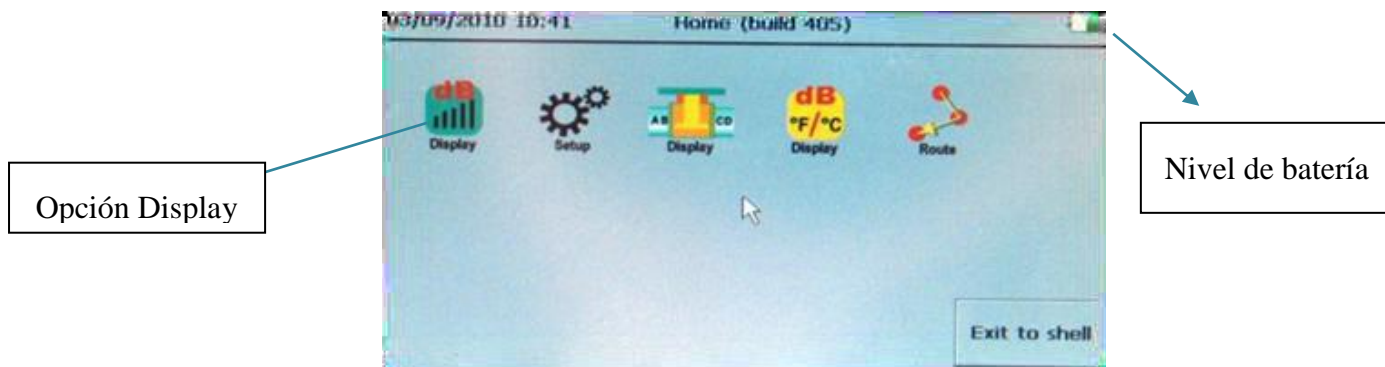


Figura 3 Pantalla principal del equipo.

6.3.5. Seleccione 40 kHz como frecuencia de prueba y anótelo en la tabla 1

6.3.6. Seleccione de su kit la varilla de extensión más larga del Estetoscopio.

6.3.7. Seleccione el nivel low de volumen del Generador de Tonos Warble y anótelo en la tabla.

6.3.8. Gire el Ultraprobe 15000 para que éste descansa sobre la mesa de prueba con el mango de frente hacia usted y el módulo de escaneo de cara al generador de tonos.

6.3.9. Deslice el Ultraprobe suavemente de modo que la placa frontal toque la varilla y que la varilla esté en contacto con la placa frontal mientras está tocando el lado del módulo de escaneo. Alinear el módulo de escaneo de manera que el centro del módulo este de frente al WTG, tal como se muestra.



Figura 4 Distancia correcta de separación entre el equipo y el WTG.

6.3.10. Presione el gatillo, observe y registre la lectura de decibeles (dB) en la tabla 1.

7.0 Procedimiento

7.1 Pasos iniciales.

7.1.1. Asegúrese que la tarjeta SD no guarde datos anteriores, pregunte a David Chaves para que los borre.

7.1.2. En el caso de inspeccionar tuberías que son de difícil acceso o están a larga distancia es recomendable colocar el módulo LRM de largo alcance, sino siga utilizando el módulo SCM.

7.1.3 Después de asegurarse que todos los procedimientos de seguridad han sido cumplidos, proceda al método requerido de inspección.

7.1.4. Poner en la pantalla de escaneo REC =1

7.1.5 Conecte los audífonos al equipo.

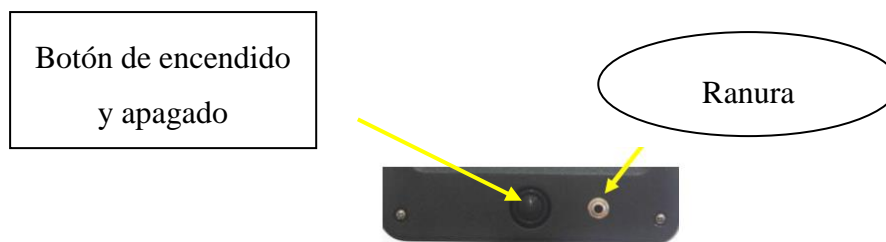


Figura 5 Ranura para conectar los audífonos

7.2 Inspección.

7.2.1. Fije la sensibilidad tan alta como sea posible, preferiblemente a sesenta (S=70 - 60) según el ambiente donde se encuentre.

7.2.2. Comience a escanear dirigiendo el módulo hacia la zona de pruebas. El procedimiento consiste en pasar de lo "grosso" a fino" ajustes más sutiles se realizarán conforme se acerque a la fuga.

7.2.3 Realice un movimiento de arriba hacia abajo, y de izquierda a derecha. Escanee el área posible de fuga para encontrar un sonido que silba. Escuche por los auriculares y mire la señal en el medidor o indicador

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE 9 DE 11	CHANGE NO. 2016-0120

7.2.4 Si un sonido que silba se oye, acérquese a la fuente del sonido que silba. Disminuya la sensibilidad de la amplitud al acercarse al sonido si el silbido se vuelve más fuerte.

7.2.5. Si es difícil aislar la fuga debido a los ultrasonidos que compiten, coloque la Sonda de Hule sobre el módulo de escaneo y prosiga en el área de inspección.

7.2.6. Trate de escuchar un sonido de “escape” mientras observa el medidor.

7.2.7 Siga el sonido al punto donde es más fuerte. El medidor mostrara una lectura más alta cuando se aproxime a la fuga.

7.2.8 Con el fin de centrarse en la fuga, siga reduciendo la sensibilidad y mueva el instrumento más cerca del sitio donde se sospecha se encuentra la fuga hasta que finalmente esté en condiciones de confirmar su existencia.

7.3 Confirmar una fuga.

7.3.1. Con la sonda de hule en el módulo de escaneo cerca del sitio donde se sospecha una fuga mueva el equipo ligeramente en forma de cruz, y verifique que el sonido aumente.

7.3.2. Posicione la sonda de hule directamente sobre el sitio donde se encuentra la fuga, si está completamente seguro de la existencia de la fuga separe la sonda de la fuga 10 cm aproximadamente.

7.3.3. Proceda a tocar en la pantalla del equipo guardar para que el dato tomado sea guardado en la SD card del dispositivo.

7.3.4. Verifique que al momento de guardar el número de registro cambie para que la próxima fuga no sea guardada en una ya existente.



Figura 6 Pantalla que se muestra cuando se realiza el escaneo.

7.4 Etiquetado de una fuga y seguimiento

7.4.1. Cuando ya confirmó la existencia de una fuga, por favor llene la siguiente etiqueta de fuga con los datos correspondientes.

FUGA DE AIRE COMPRIMIDO	
Número de Fuga	
Valor en Decibeles	
Área	
Categoría	1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>
Firma	
Fecha	
Descrip prob	
Reparado	<input type="checkbox"/>
Verificado	<input type="checkbox"/>
Nota: No remover etiqueta hasta que la fuga sea verificada	

FUGA DE AIRE COMPRIMIDO	
Número de Fuga	
Área	
Firma	
Fecha	

Figura 7 Etiqueta de fugas a utilizar.

La categoría se va a definir según el dato de decibeles encontrados

Categoría 1: Valor mayor a 60 dB.

Categoría 2: Rango entre mayor 40 dB hasta 60 dB

Categoría 3: Valor entre 25 dB a 40 dB

ISSUE DATE	DOCUMENT NO. CR-ML-117	REV. N/A
PREVIOUS EDITION	PAGE	CHANGE NO. 2016-0120

7.4.2. Coloque la etiqueta 1 específicamente en el lugar de la fuga, asegúrese que queda bien sujeta con una amarra plástica, para que no haya posibilidad de caerse.

7.4.3. En la casilla de descripción del problema se identifica la pieza que está dañada, por ejemplo, acople rápido hembra o filtro del regulador de presión, para a la hora de la reparación sea más fácil saber que hay que cambiar.

7.4.4. La etiqueta 2 guárdela será entregada al encargado de documentar las fugas en el software (David Chaves) y prosiga detectando otras fugas.

7.4.5. Cuando ya finalizó la inspección, apague y guarde el equipo en la maleta de protección adecuada y notifique el nivel de batería para su próximo uso.

7.4.6. El supervisor de cada área productiva será el responsable de delegar a los técnicos correspondientes para corregir las fugas halladas.

7.4.7 Cuando se ya arregló la fuga se debe poner una equis (X) en la casilla de verificado.

7.4.8. La etiqueta de fuga será removida solamente cuando ya se verificó que las fuga ya no existe y en la casilla de verificado hay una equis.

8.0 Documentación

Para este manual de procedimiento, esta sección no se requiere.

Apéndice 8. Rutinas de inspección programa de fugas.

Baxter			
Rutina de Inspección			
Área: Manufactura I.V.			
Zona 1 Área de empaque Tiromats	Equipo	Revisión en cada equipo	Frecuencia
		Panel principal	
		Reguladores de presión	M
	Tiro-02	Uniones y conexiones manifold	M
	Tiro-03	Manguera y racores neumáticos	M
	Tiro-04	Unidad de mantenimiento	M
	Tiro-06	Panel de formado	
	Tiro-07	Unidad de mantenimiento	M
	Tiro-08	Uniones y conexiones manifold	M
	Conexiones electroválvulas	M	
Zona 2 Área de ensamble cuarto limpio	Equipo	Revisión en cada equipo	Frecuencia
	Banda I.V 1	Manguera y racores neumáticos bandas de alimentación Chases de alimentación bandas de alimentación Llaves de paso y conexiones a bandas	M
	Banda I.V 2		M
	Banda I.V 3		M
	Banda I.V 4		M
	Banda I.V 5		M
	Banda I.V 6		M
	Banda I.V 7		M
	Banda I.V 8		M
Observaciones			Responsable de inspección

Baxter			
Rutina de Inspección			
Área: Automatización			
Zona Cuarto limpio	Equipo	Revisión en cada equipo	Frecuencia
	HSC-01 Mod 01	Conexiones de acoples rápidos de manguera Juntas de manguera neumática Válvulas de cierre Manguera neumática Uniones roscadas Chases de alimentación Unidad de mantenimiento equipos y módulos Manguera y racores neumáticos módulos	M
	HSC-01 Mod 02		M
	HSC-01 Mod 03		M
	HSC-01 Mod 04		M
	HSC-01 Mod 05		M
	HSC-02		M
	Y200		M
	Tail End 01		M
	Tail End 02		M
	Top Segment		M
	High Speed Interlink		M
	IAC		M
	CTV		M
Observaciones			Responsable de inspección

Apéndice 8. Continuación

Baxter		Rutina de Inspección	
Área: Moldeo por Inyección			
	Equipo	Revisión en cada equipo	Frecuencia
Zona 1 Resinas de moldeo	SECAR 11	Reguladores de presión Filtro entrada de tolva Conexiones de acoples rápidos de manguera Juntas de manguera neumática Válvulas de cierre Racores neumáticos Uniones roscadas	M
	SECAR 15		M
	SECAR 12		M
	SECAR 8		M
	SECAR 6		M
	SECAR 3		M
	SECAR 13		M
	SECAR 10		M
	SECAR 1		M
	SECAR 7		M
	SECAR 5		M
	SECAR 2		M
	SECAR 4		M
	MEZC-01		M
	MEZC-02		M
Zona 2 Cuarto limpio Moldeo	Equipo	Revisión en cada equipo	Frecuencia
	IMM-13	Manguera y racores neumáticos Chases de alimentación moldeadoras Unidad de mantenimiento moldeadoras Uniones roscadas	M
	IMM-14		M
	IMM-15		M
	IMM-16		M
	IMM-17		M
	IMM-18		M
	IMM-19		M
	IMM-20		M
	IMM-21		M
	IMM-22		M
	IMM-07		M
	IMM-08		M
	IMM-09		M
	IMM-10		M
Observaciones			Responsable de inspección

Apéndice 9. Datos para calcular indicador de consumo específico.

Día semana	Total consumos compresores(kWh)	Unidades Terminadas	Indicador kWh/Unid term		
J 04	4038	310,704	0.0130		
V 05	5137	374,256	0.0137		
S 06	7290	216,128	0.0337		
D 07	7223	0	#DIV/0!		
L 08	4333	281,410	0.0154		
K 09	4465	269,424	0.0166		
M 10	4539	342,528	0.0133		
J 11	4214	269,856	0.0156		
V 12	4047	395,544	0.0102		
S 13	6123	202,032	0.0303	Average Sem	0.0169
D 14	6094	0	#DIV/0!		
L 15	3878	300,096	0.0129		
K 16	3867	264,660	0.0146		
M 17	4062	393,168	0.0103		
J 18	3965	293,712	0.0135		
V 19	4129	227,150	0.0182		
S20	5287	190,408	0.0278	Average Sem	0.0162
D21	5243	0	#DIV/0!		
L22	3856	325,656	0.0118		
K23	4628	365,184	0.0127		
M24	5695	339,648	0.0168		
J25	4956	314,880	0.0157		
V26	4160	334,176	0.0124		
S27	5495	195,408	0.0281	Average Sem	0.0163
D28	5425	0	#DIV/0!		
L29	3853	261,880	0.0147		
K01	4410	307,764	0.0143		
M02	4128	320,280	0.0129		
J03	4043	376,608	0.0107		
V04	4562	324,432	0.0141		
S 05	5419	224,880.00	0.0241	Average Sem	0.0151

Apéndice 10. Reportes de inspección de fugas IV.

MASTER																		
Numero de Registro	Aire Fugas reparadas		Costo de la perdida			CO ₂ Identificado	NO Identificado	SO ₂ Identificado	Total CFM identificado									
	CFM	Costo	Identificado	Reparado	% Completado	#/N/A	#/N/A	#/N/A	64,9	Problema de seguridad	Reparado (Y/N)	Reparado por	Fecha de reparacion	Calendario de la orden de trabajo #	Costo de perdida de fugas identificadas	Tamaño de la fuga (CFM)	Perdida de Energia (kWh)	
	0,0	\$0,00	\$6.734,44	\$0,00	0%	#/N/A	#/N/A	#/N/A	64,9									
	Nombre del Grupo	Nombre de la locacion	Tipo de gas	Presion en la Fuga	Medicion dB	Descripcion del problema	Horas por dia	Dias por año	Dificultad de reparacion									
1	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	61	Regulador Tiro-07	24	365							\$459,52	4,4	7659	
2	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	42	Regulador Tiro-07	24	365							\$272,48	2,6	4541	
3	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	64	Unión Regulador Tiro-07	24	365							\$491,48	4,7	8191	
4	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	45	Fuga en electroválvula	24	365							\$300,12	2,9	5002	
5	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	44	Fuga en electroválvula unidad mto	24	365							\$290,82	2,8	4847	
6	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	51	Empaque exhaust Festo	24	365							\$357,61	3,4	5960	
7	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	47	Filtro unidad mto	24	365							\$318,96	3,1	5316	
8	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	39	Unión roscada unidad mto	24	365							\$245,62	2,4	4094	
9	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	65	Regulador Tiro-06	24	365							\$502,27	4,8	8371	
10	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	48	Regulador Tiro-06	24	365							\$328,50	3,2	5475	
11	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	69	Regulador panel formadoTiro-06	24	365							\$546,08	5,3	9101	
12	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	56	Fuga en electroválvula Tiro-03	24	365							\$407,66	3,9	6794	
13	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	48	Unidad mto Tiro-02	24	365							\$328,50	3,2	5475	
14	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	49	Regulador unidad mto Tiro-02	24	365							\$338,13	3,3	5635	
15	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	44	Unidad mto Tiro-02	24	365							\$290,82	2,8	4847	
16	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	63	Regulador Tiro-02 Panel principal	24	365							\$480,76	4,6	8013	
17	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	52	Electroválvula Tiro-02 Panel formado	24	365							\$367,47	3,5	6124	
18	Manufatura I.V	Tiromats	Aire	100	56	Fuga en panel principal Tiro-03	24	365							\$407,66	3,9	6794	

- Fecha de inspección 04/08/16 y 04/28/16
- Inspección realizada por: A. Peralta y F. Córdoba
- El ahorro anual identificado es de \$ 6.735 aproximado
- Total de cfm perdidos: 64.9 cfm
- Porcentaje de fugas en el área: 18,5%

Apéndice 11. Reportes de inspección de fugas Automatización.

Copyright © 2008 UE Systems Inc. Patente en trámite.

MASTER															
Numero de Registro	Aire Fugas reparadas		Costo de la perdida			CO ₂ Identificado	NO Identificado	SO ₂ Identificado	Total CFM identificado	Problema de seguridad	Reparado (Y/N)	Reparado por	Fecha de reparacion	Calendario de la orden de trabajo #	Costo de perdida de fugas identificadas
	CFM	Costo	Identificado	Reparado	% Completado										
	0.0	\$0.00	\$11,511.24	\$0.00	0%										
	Nombre del Grupo	Nombre de la locacion	Tipo de gas	Presion en la Fuga	Medicion dB	Descripcion del problema	Horas por dia	Dias por año	Dificultad de reparacion						
1	Automatización	CTV	Aire	100	56	Fuga en acople panel inferior	24	365							\$407.66
2	Automatización	CTV	Aire	100	68	Fuga en acople panel inferior	24	365							\$535.03
3	Automatización	CTV	Aire	100	61	Racor neumático en "T"	24	365							\$459.52
4	Automatización	CTV	Aire	100	64	Fuga filtro unidad mto	24	365							\$491.48
5	Automatización	CTV	Aire	100	63	Fuga cabezal electroválvulas	24	365							\$480.76
6	Automatización	CTV	Aire	100	59	Fuga cabezal electroválvulas	24	365							\$438.56
7	Automatización	HSC #01	Aire	100	52	Fuga Regulador módulo 1	24	365							\$367.47
8	Automatización	HSC #01	Aire	100	61	Falla filtro unidad mto	24	365							\$459.52
9	Automatización	HSC #01	Aire	100	70	Fuga Regulador módulo 2	24	365							\$557.19
10	Automatización	HSC #01	Aire	100	75	Fuga Regulador cargador módulo 2	24	365							\$613.71
11	Automatización	HSC #01	Aire	100	68	Fuga Regulador cargador módulo 1	24	365							\$535.03
12	Automatización	HSC #01	Aire	100	58	Manguera rota módulo 3	24	365							\$428.19
13	Automatización	HSC #01	Aire	100	61	Fuga filtro unidad mto	24	365							\$459.52
14	Automatización	HSC #01	Aire	100	68	Fuga filtro unidad mto	24	365							\$535.03
15	Automatización	HSC #01	Aire	100	61	Fuga en unidad de mto	24	365							\$459.52
16	Automatización	HSC #01	Aire	100	74	Fuga en unidad de mto	24	365							\$602.29
17	Automatización	HSC #01	Aire	100	64	Fuga en regulador	24	365							\$491.48
18	Automatización	HSC #01	Aire	100	60	Fuga en union roscada	24	365							\$449.01
19	Automatización	HSC #01	Aire	100	56	Fuga unión roscada	24	365							\$407.66
20	Automatización	HSC #01	Aire	100	87	Fuga en electroválvula	24	365							\$755.50
21	Automatización	HSC #01	Aire	100	80	Manguera rota módulo 5	24	365							\$671.77
22	Automatización	HSC #01	Aire	100	99	Fuga en filtro unidad mto	24	365							\$905.35

- Fecha de inspección 02/23/16 y 04/29/16 / Inspección realizada por: D. Pereira y F. Córdoba
- El ahorro anual identificado es de \$ 11.510 aproximado/ Total de cfm perdidos: 110.9 cfm
- Porcentaje de fugas en el área: Falta inspeccionar las otras 6 máquinas restantes de la zona, por lo tanto no se calcula este porcentaje

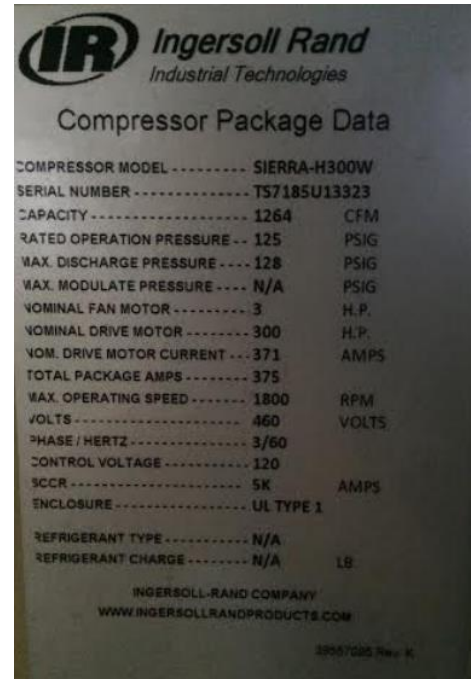
Apéndice 12. Reportes de inspección de fugas Moldeo.

MASTER																					
Numero de Registro	Aire Fugas reparadas		Costo de la perdida			CO ₂ Identificado	NO Identificado	SO ₂ Identificado	Total CFM Identificado												
	CFM	Costo	Identificado	Reparado	% Completado					Descripción del problema	Horas por día	Días por año	Dificultad de reparación	Problema de seguridad	Reparado (Y/N)	Reparado por	Fecha de reparación	Calendario de la orden de trabajo #	Costo de perdida de fugas identificadas	Tamaño de la fuga (CFM)	Perdida de Energia (kWh)
	0,0	\$0,00	\$4.779,35	\$0,00	0%																
Nombre del Grupo	Nombre de la locacion	Tipo de gas	Presion en la Fuga	Medicion dB																	
1	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	56	Unión roscada filtro entrada tolva	24	365									\$407,66	3,9	6794		
2	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	50	Unión roscada filtro entrada tolva	24	365									\$347,83	3,4	5797		
3	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	76	Unión roscada filtro entrada tolva	24	365									\$625,20	6,0	10420		
4	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	62	Unión roscada filtro entrada tolva	24	365									\$470,11	4,5	7835		
5	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	33	Fuga acople hembra	24	365									\$194,38	1,9	3240		
6	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	65	Unión roscada filtro entrada tolva	24	365									\$502,27	4,8	8371		
7	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	36	Unión roscada filtro entrada tolva	24	365									\$219,57	2,1	3660		
8	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	20	Unión roscada filtro entrada tolva	24	365									\$96,40	0,9	1607		
9	Resinas de Moldeo	Secadores	Aire	100	45	Acople hembra Mezc-01	24	365									\$300,12	2,9	5002		
10 (01)	Moldeo	CL-07	Aire	100	38	Colocar teflón acople manguera Chase 56	24	365									\$236,84	2,3	3947		
11 (02)	Moldeo	CL-07	Aire	25	42	Acople manguera hembra IMM-08 Toma de baja presión	24	365									\$134,96	1,3	2249		
12 (03)	Moldeo	CL-07	Aire	25	49	Acople manguera hembra IMM-20 Toma de baja presión	24	365									\$181,40	1,7	3023		
13 (04)	Moldeo	CL-07	Aire	25	55	Acople manguera hembra IMM-17 Toma de baja presión	24	365									\$226,41	2,2	3773		
14 (05)	Moldeo	CL-07	Aire	100	40	Manguera neumática 10 mm	24	365									\$254,48	2,5	4241		
15 (06)	Moldeo	CL-07	Aire	100	43	Acople hembra Chase 66 IMM-13	24	365									\$281,60	2,7	4693		
16 (07)	Moldeo	CL-07	Aire	100	45	Manómetro IMM-22 Filtro Mini secador	24	365									\$300,12	2,9	5002		

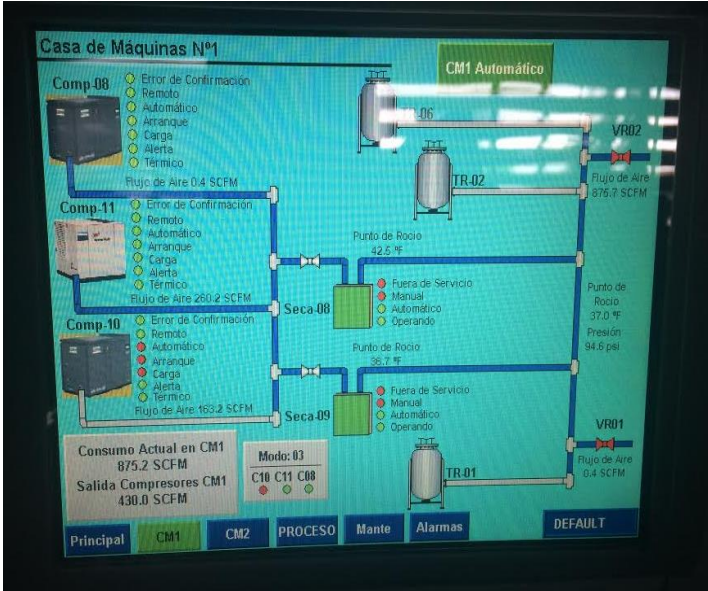
- Fecha de inspección 02/23/16 y 05/10/16
- Inspección realizada por: D.Jiménez y F.Córdoba
- El ahorro anual identificado es de \$ 4.780 aproximado
- Total de cfm perdidos: 46.1 cfm
- Porcentaje de fugas en el área: 30,7%

X. ANEXOS

Anexo 1. Datos de placa de compresor 08 y 11 de CM #1



Anexo 2. Control inteligente del aire comprimido y Panel View.



Anexo 3. Hoja de datos CAGI para compresor Ingersoll Rand Sierra H-300W.



COMPRESSOR DATA SHEET

Rotary Compressor: Fixed Speed

MODEL DATA - FOR COMPRESSED AIR

1	Manufacturer: Ingersoll Rand			
2	Model Number	H300W	Date:	February 2016
	<input type="checkbox"/> Air-cooled	<input checked="" type="checkbox"/> Water-cooled	Type:	Screw
	<input type="checkbox"/> Oil Injected	<input checked="" type="checkbox"/> Oil-Free	# of Stages:	2
3*	Rated Capacity at Full Load Operating Pressure ^{a, e}	1264	acfm ^{a, e}	
4	Full Load Operating Pressure ^b	125	psig ^b	
5	Maximum Full Flow Operating Pressure ^c	128	psig ^c	
6	Drive Motor Nameplate Rating	300	hp	
7	Drive Motor Nameplate Nominal Efficiency	96.0	percent	
8	Fan Motor Nameplate Rating (if applicable)	3.0	hp	
9	Fan Motor Nameplate Nominal Efficiency	89.5	percent	
10*	Total Package Input Power at Zero Flow ^e	56.4	kW ^e	
11	Total Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure ^d	256.6	kW ^d	
12*	Specific Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure ^e	20.3	kW/100 cfm ^e	

* For models that are tested in the CAGI Performance Verification Program, these are the items verified by the third party program administrator. Consult CAGI website for a list of participants in the third party verification program: www.cagi.org

NOTES:

Member:



- a. Measured at the discharge terminal point of the compressor package in accordance with ISO 1217, Annex C; ACFM is actual cubic feet per minute at inlet conditions.
- b. The operating pressure at which the Capacity (item 3) and Electrical Consumption (item 11) were measured for this data sheet.
- c. Maximum pressure attainable at full flow, usually the unload pressure setting for load/no load control or the maximum pressure attainable before capacity control begins. May require additional power.
- d. Total package input power at other than reported operating points will vary with control strategy.
- e. Tolerance is specified in ISO 1217, Annex C, as shown in table below.

Volume Flow Rate at specified conditions		Volume Flow Rate ^f	Specific Energy ^g Consumption	No Load / Zero Flow Power ^g
m ³ / min	ft ³ / min	%	%	
Below 0.5	Below 15	+/- 7	+/- 8	+/- 10%
0.5 to 1.5	15 to 50	+/- 6	+/- 7	
1.5 to 15	50 to 500	+/- 5	+/- 6	
Above 15	Above 500	+/- 4	+/- 5	

ROT 030

10/11 R3 This form was developed by the Compressed Air and Gas Institute for the use of its members. CAGI has not independently verified the reported data

Anexo 4. Hoja de datos CAGI para compresor Atlas Copco ZR 90.


COMPRESSOR DATA SHEET			
Rotary Compressor: Fixed Speed			
MODEL DATA - FOR COMPRESSED AIR			
1	Manufacturer: Atlas Copco		
2	Model Number: ZR 90-130	Date:	02-07-2012
	<input type="checkbox"/> Air-cooled <input checked="" type="checkbox"/> Water-cooled	Type:	Screw
	<input type="checkbox"/> Oil-injected <input checked="" type="checkbox"/> Oil-free	# of Stages:	2
3*	Rated Capacity at Full Load Operating Pressure ^{a, c}	498	acfm ^{a, c}
4	Full Load Operating Pressure ^b	131	psig ^b
5	Maximum Full Flow Operating Pressure ^c	131	psig ^c
6	Drive Motor Nominal Rating	125	hp
7	Drive Motor Nominal Efficiency	94.5	percent
8	Fan Motor Nominal Rating (if applicable)	-	hp
9	Fan Motor Nominal Efficiency	-	percent
10*	Total Package Input Power at Zero Flow ^e	24.0	kW ^e
11	Total Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure ^d	106.3	kW ^d
12*	Specific Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure ^e	21.3	kW/100 cfm ^e

*For models that are tested in the CAGI Performance Verification Program, these items are verified by the third party administrator. Consult CAGI website for a list of participants in the third party verification program: www.cagi.org

NOTES:

- Measured at the discharge terminal point of the compressor package in accordance with ISO 1217, Annex C; ACFM is actual cubic feet per minute at inlet conditions.
- The operating pressure at which the Capacity (Item 3) and Electrical Consumption (Item 11) were measured for this data sheet.
- Maximum pressure attainable at full flow, usually the unload pressure setting for load/no load control or the maximum pressure attainable before capacity control begins. May require additional power.
- Total package input power at other than reported operating points will vary with control strategy.
- Tolerance is specified in ISO 1217, Annex C, as shown in table below:

Volume Flow Rate at specified conditions		Volume Flow Rate	Specific Energy Consumption	No Load / Zero Flow Power
m^3/min	ft^3/min	%	%	
Below 0.5	Below 15	+/- 7	+/- 8	+/- 10%
0.5 to 1.5	15 to 50	+/- 6	+/- 7	
1.5 to 15	50 to 500	+/- 5	+/- 6	
Above 15	Above 500	+/- 4	+/- 5	



Member
CAGI
Compressed Air & Gas Institute

ROT 030

10/11/88 This form was developed by the Compressed Air and Gas Institute for the use of its members. CAGI has not independently verified the reported data.

Anexo 5. Hoja de datos CAGI para compresor Atlas Copco ZT 250.

COMPRESSOR DATA SHEET			
Rotary Compressor: Fixed Speed			
MODEL DATA - FOR COMPRESSED AIR			
1	Manufacturer: Atlas Copco		
2	Model Number: ZT 250-125	Date:	02-07-2012
	<input checked="" type="checkbox"/> Air-cooled <input type="checkbox"/> Water-cooled	Type:	Screw
	<input type="checkbox"/> Oil-injected <input checked="" type="checkbox"/> Oil-free	# of Stages:	2
3*	Rated Capacity at Full Load Operating Pressure ^{a, c}	1254	acfm ^{a, c}
4	Full Load Operating Pressure ^b	125	psig ^b
5	Maximum Full Flow Operating Pressure ^c	125	psig ^c
6	Drive Motor Nominal Rating	300	hp
7	Drive Motor Nominal Efficiency	96.2	percent
8	Fan Motor Nominal Rating (if applicable)	2 x 5.1	hp
9	Fan Motor Nominal Efficiency	83.0	percent
10*	Total Package Input Power at Zero Flow ^e	45.2	kW ^e
11	Total Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure ^d	251.0	kW ^d
12*	Specific Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure ^e	20.0	kW/100 cfm ^e

*For models that are tested in the CAGI Performance Verification Program, these items are verified by the third party administrator. Consult CAGI website for a list of participants in the third party verification program: www.cagi.org

NOTES:

- Measured at the discharge terminal point of the compressor package in accordance with ISO 1217, Annex C; ACFM is actual cubic feet per minute at inlet conditions.
- The operating pressure at which the Capacity (Item 3) and Electrical Consumption (Item 11) were measured for this data sheet.
- Maximum pressure attainable at full flow, usually the unload pressure setting for load/no load control or the maximum pressure attainable before capacity control begins. May require additional power.
- Total package input power at other than reported operating points will vary with control strategy.
- Tolerance is specified in ISO 1217, Annex C, as shown in table below:

Volume Flow Rate at specified conditions		Volume Flow Rate	Specific Energy Consumption	No Load / Zero Flow Power
m ³ /min	ft ³ /min	%	%	
Below 0.5	Below 15	+/- 7	+/- 8	+/- 10%
0.5 to 1.5	15 to 50	+/- 6	+/- 7	
1.5 to 15	50 to 500	+/- 5	+/- 6	
Above 15	Above 500	+/- 4	+/- 5	

Member
CAGI
Compressed Air & Gas Institute

ROT 030

1001 R8 This form was developed by the Compressed Air and Gas Institute for the use of its members. CAGI has not independently verified the reported data.

Anexo 6. Costo de la tarifa eléctrica para T-MT de Jasec.

T-MT	TMT	Servicio con consumos iguales o mayores a 240 000KWh/año, servidos en media tensión.	Tarifa opcional para clientes servidos en media tensión, con una vigencia mínima de un año, prorrogable por periodos anuales, debiendo comprometerse los clientes a consumir como mínimo 240 000KWh por año. Si dicho mínimo no se ha cumplido, por el abonado, en la facturación del doceavo mes se agregaran los KWh necesarios para completar dicho mínimo, a los que se les aplicará el precio de la energía en el periodo punta. Adicionalmente no se permite a los usuarios incluidos en esta tarifa, la utilización de plantas térmicas en el periodo punta.	Punta, 10 a 12:30 horas y 17:30 a 20 horas, ¢/KWh o ¢/KW	57.03	10,037.12
				Valle, 06 a 10 horas y 12:30 a 17:30 horas, ¢/KWh o ¢/KW	27.88	7,197.07
				Nocturno, 20 a 06 horas, ¢/KWh o ¢/KW	19.01	4,923.51
(*)...La fecha de vigencia puede ser variada por una nueva publicación de tarifas.						

Costo de la energía

Período Punta 5 horas

Período Valle 9 horas

Período Nocturno 10 horas

Obteniendo el promedio ponderado según el peso de cada valor se tiene:

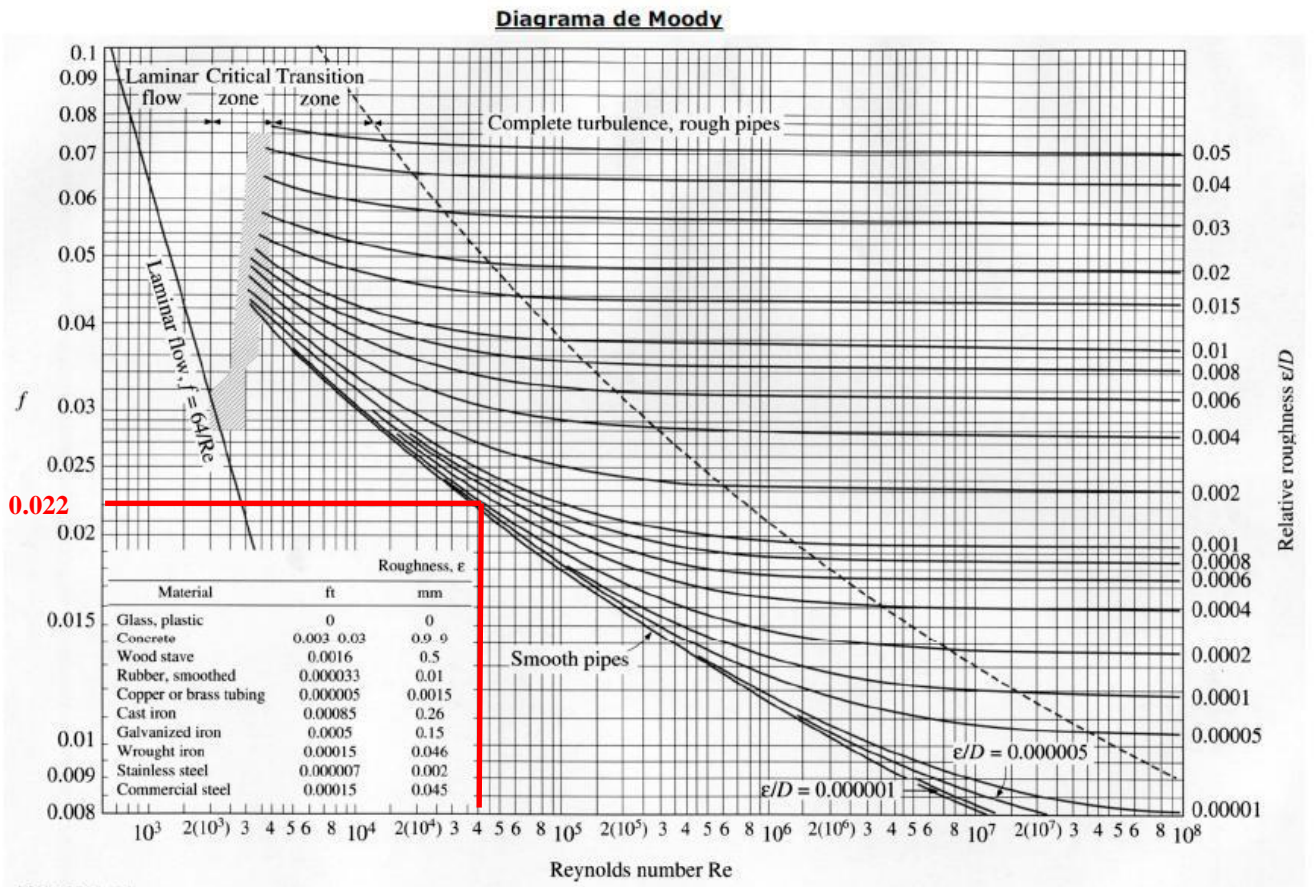
$$x = \frac{(57.03 * 5) + (27.88 * 9) + (19.01 * 10)}{24}$$

$$x = 30,26 \frac{\text{¢}}{\text{kWh}}$$

Con el tipo de cambio de ¢ 540 por dólar se obtiene el costo en dólares

$$x = 0,056 \frac{\text{\$}}{\text{kWh}}$$

Anexo 7. Diagrama de Moody



Anexo 8. Coeficientes de pérdida en accesorios

ANEXO VIII – COEFICIENTES DE PÉRDIDA DE CARGA DE ACCESORIOS

TIPO DE ACCESORIO	DIBUJO	CONDICIÓN	FÓRMULA
ESTRECHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL		$\theta < 45^\circ$	$K = \frac{0.8 \cdot (\sin \theta / 2) (1 - \beta^2)}{\tau^4}$
		$45^\circ < \theta < 90^\circ$	$K = \frac{0.5 \cdot \sqrt{(\sin \theta / 2) (1 - \beta^2)}}{\tau^4}$
ENSANCHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL		$\theta < 45^\circ$	$K = \frac{2.6 \cdot (\sin \theta / 2) (1 - \beta^2)^2}{\tau^4}$
		$45^\circ < \theta < 90^\circ$	$K = \frac{(1 - \beta^2)^2}{\tau^4}$
CODOS 90°			$K=30 \cdot f_T$
CODO 45°			$K=16 \cdot f_T$
CONEXIONES ESTÁNDAR EN "T"		FLUJO DIRECTO	$K=20 \cdot f_T$
		FLUJO DESVIADO A 90°	$K=60 \cdot f_T$
CURVAS DE 180° DE RADIO			$K=50 \cdot f_T$

DIÁMETRO	mm	15	20	25	32	40	50	65,80	100	125	150	200,250	300,400
NOMINAL	Pulg	3/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2, 3	4	5	6	8, 10	12, 16
Factor de fricción		0,027	0,025	0,023	0,022	0,019	0,018	0,017	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012

ANEXO IX – COEFICIENTES DE PÉRDIDA DE CARGA DE VÁLVULAS

VÁLVULA DE RETENCIÓN	VÁLVULA DE RETENCIÓN (ÁNGULO Y CLAPETA)	VÁLVULA DE MARIPOSA
 If: $\beta = 1, \theta = 0$ $K_1 = 400 f_T$ $\beta = 1, \dots K_1 = 200 f_T$ $\beta < 1, \dots K_1 = \text{Formula 7}$ $\beta < 1, \dots K_1 = \text{Formula 7}$	 $K = 100 f_T$ $K = 50 f_T$	 50 mm (2") to 200 mm (8") $K = 45 f_T$ 250 mm (10") to 350 mm (14") $K = 35 f_T$ 400 mm (16") to 600 mm (24") $K = 25 f_T$
VÁLVULA DE COMPUERTA	VÁLVULA DE BOLA	VÁLVULA DE CORTE (DISTINTAS DE LAS ANTERIORMENTE DESCRITAS)
 If: $\beta = 1, \theta = 0$ $K_1 = 8 f_T$ $\beta < 1$ and $\theta < 45^\circ$ $K_1 = \text{Formula 5}$ $\beta < 1$ and $45^\circ < \theta < 180^\circ$ $K_2 = \text{Formula 6}$	 If: $\beta = 1, \theta = 0$ $K_1 = 3 f_T$ $\beta < 1$ and $\theta < 45^\circ$ $K_2 = \text{Formula 5}$ $\beta < 1$ and $45^\circ < \theta < 180^\circ$ $K_2 = \text{Formula 6}$	 If: $\beta = 1, \dots K_1 = 400 f_T$ $\beta = 1, \dots K_1 = 200 f_T$ $\beta < 1, \dots K_1 = \text{Formula 7}$ $\beta < 1, \dots K_1 = \text{Formula 7}$

Anexo 9. Caída de presión en Pre-filtro Wilkerson F43-0E-000

Particulate Filter F43



F43-0E-000

B

Filters, Regulators, Lubricators

Features

- Heavy-duty Cast Aluminum Housings to Withstand Operating Pressures Up to 250 PSIG*
- Differential Pressure Indicator to Eliminate the Guesswork of Element Replacement

☐ = "Most Popular"

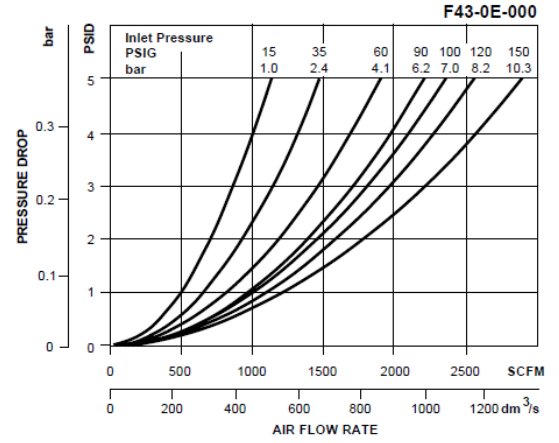
Specifications

Flow Capacity*	3	2900 SCFM (1368 dm ³ /s)
Maximum Supply Pressure	without DPI and with Pressure Gauge	250 PSIG (17.2 bar)†
	with DPI	150 PSIG (10.3 bar)
Operating Temperature	32° to 150°F (0° to 65.5°C)	
Port Size	NPT / BSPP-G 3	
Standard Filtration	5 Micron	
Weight	32.8 lb. (14.9 kg)	

* Inlet pressure 150 PSIG (10.3 bar). Pressure drop of 5 PSID (0.3 bar).
 ** Without pressure indicator - Max. supply pressure is 250 PSIG (17.3bar).
 F Series Filters, Type "A" 5 micron elements: All Wilkerson Type "A" 5 micron elements meet or exceed ISO Class 3 for maximum particle size and concentration of solid contaminants.

Materials of Construction

Baffle	Plated Steel
Body	Aluminum
Bowls	Aluminum
Deflector	Plated Steel
Filter Element	Polyethylene
Seals	Fluorocarbon
Stud	Plated Steel



$\Delta P = 2 \text{ psi por filtro}$

Anexo 10. Caída de presión en secador NVC Ingersoll Rand

Specifications

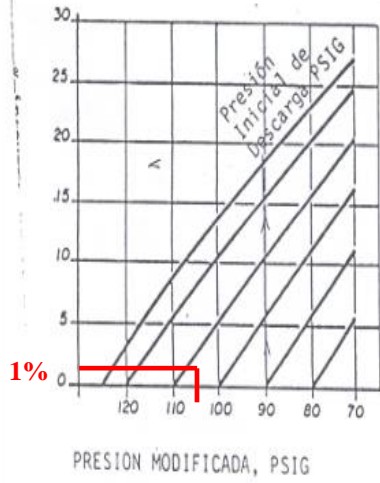
Model	Air Capacity		Operating kW		Dimensions (in/mm)			Approx. Ship Wt. (lbs /kg)	Air In/Out (in)
	(SCFM 38°F/ 3°C m3/min)	Pressure Drop (psig/barg)	Air Cooled	Water Cooled	W	D	H		
NVC200	200/5.7	1.6/0.11	1.66	1.06	28/711	33/838	58/1473	620/282	1.5 NPT
NVC300	300/8.5	2.1/0.14	2.54	1.65	28/711	33/838	58/1473	735/334	2 NPT
NVC400	400/11.3	2.9/0.20	3.24	2.19	28/711	33/838	58/1473	745/339	2 NPT
NVC500	500/14.1	2.9/0.20	4.65	4.28	42/1067	40/1016	62/1575	1250/570	3 NPT
NVC600	600/17.0	3.0/0.21	4.82	3.14	42/1067	40/1016	62/1575	1275/580	3 NPT
NVC700	700/19.8	2.7/0.19	5.79	3.58	42/1067	40/1016	62/1575	1320/600	3 NPT
NVC800	800/22.7	2.9/0.20	6.50	4.16	42/1067	40/1016	62/1575	1415/643	3 NPT
NVC1000	1000/28.3	2.4/0.17	7.03	4.48	32/813	76/1930	69/1753	2315/1052	4 FLG
NVC1200	1200/34.0	3.1/0.21	8.72	5.48	32/813	76/1930	69/1753	2435/1107	4 FLG
NVC1600	1600/45.3	3.3/0.23	11.48	7.34	32/813	76/1930	69/1753	2785/1266	4 FLG
NVC2000	2000/56.7	3.5/0.24	13.18	9.09	34/864	91/2311	91/2311	4070/1850	6 FLG
NVC2400	2400/68.0	3.5/0.24	14.29	9.59	34/864	91/2311	91/2311	4150/1886	6 FLG
NVC3250	3250/92.1	3.0/0.21	18.03	14.77	75/1905	96/2438	100/2540	6330/2877	8 FLG
NVC4000	4000/113.3	3.0/0.21	21.77	15.26	75/1905	100/2540	96/2438	7060/3029	8 FLG
NVC4800	4800/136.0	3.0/0.21	28.72	19.32	75/1905	100/2540	96/2438	7200/3273	8 FLG
NVC6000	6000/170.0	3.0/0.21	32.65	22.89	110/2794	98/2489	101/2565	9870/4486	10 FLG



Anexo 11. Porcentajes de ahorro por reducción de la presión de descarga.

Gráfica 10

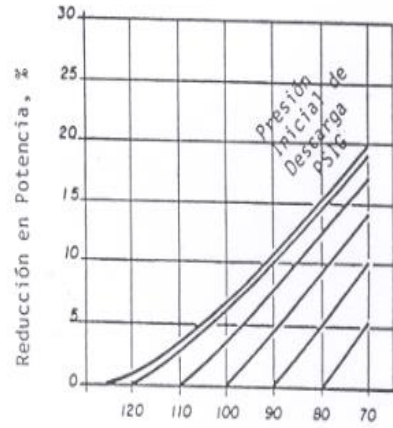
EFFECTO EN POTENCIA POR UN DECREMENTO EN PRESION DE DESCARGA



PRESION MODIFICADA, PSIG

FIGURA 1. Compresores Reciprocantes de una etapa y rotatorio de tornillo.

1 PSIG = 6894.757 Pa.



PRESION MODIFICADA, PSIG

FIGURA 2. Compresores Reciprocantes de dos etapas y centrífugos.

Anexo 12. Estimación de los cfm de fugas a partir de los decibeles.

TABLA DE PROPORCION DE FLUJO - CFM															Aire
Sensibilidad	150 PSI		125PSI		100 PSI		75 PSI		50 PSI		25 PSI		10 PSI		
	Proporción de la fuga	Costo	Proporción de la fuga	Costo	Proporción de la fuga	Costo	Proporción de la fuga	Costo	Proporción de la fuga	Costo	Proporción de la fuga	Costo	Proporción de la fuga	Costo	
1.00	0.03	\$ 2.88	0.02	\$ 1.94	0.01	\$ 1.36	0.01	\$ 0.79	0.00	\$ 0.30	0.00	\$ 0.10	0.00	\$ 0.04	
2.00	0.07	\$ 6.94	0.05	\$ 4.90	0.04	\$ 3.58	0.02	\$ 2.24	0.01	\$ 0.97	0.00	\$ 0.37	0.00	\$ 0.16	
3.00	0.12	\$ 11.62	0.09	\$ 8.44	0.07	\$ 6.31	0.04	\$ 4.12	0.02	\$ 1.91	0.01	\$ 0.80	0.00	\$ 0.38	
4.00	0.17	\$ 16.75	0.13	\$ 12.41	0.10	\$ 9.45	0.07	\$ 6.33	0.03	\$ 3.11	0.01	\$ 1.38	0.01	\$ 0.69	
5.00	0.23	\$ 22.25	0.17	\$ 16.73	0.13	\$ 12.91	0.09	\$ 8.85	0.05	\$ 4.53	0.02	\$ 2.12	0.01	\$ 1.10	
6.00	0.29	\$ 28.05	0.22	\$ 21.37	0.17	\$ 16.67	0.12	\$ 11.62	0.06	\$ 6.16	0.03	\$ 3.01	0.02	\$ 1.60	
7.00	0.35	\$ 34.13	0.27	\$ 26.27	0.21	\$ 20.68	0.15	\$ 14.64	0.08	\$ 7.99	0.04	\$ 4.05	0.02	\$ 2.20	
8.00	0.42	\$ 40.44	0.32	\$ 31.41	0.26	\$ 24.94	0.18	\$ 17.89	0.10	\$ 10.01	0.05	\$ 5.23	0.03	\$ 2.91	
9.00	0.49	\$ 46.97	0.38	\$ 36.78	0.30	\$ 29.41	0.22	\$ 21.34	0.13	\$ 12.21	0.07	\$ 6.56	0.04	\$ 3.71	
10	0.55	\$ 53.70	0.44	\$ 42.36	0.35	\$ 34.09	0.26	\$ 24.98	0.15	\$ 14.58	0.08	\$ 8.03	0.05	\$ 4.62	
11	0.63	\$ 60.62	0.50	\$ 48.13	0.40	\$ 38.95	0.30	\$ 28.82	0.18	\$ 17.13	0.10	\$ 9.64	0.06	\$ 5.63	
12	0.70	\$ 67.71	0.56	\$ 54.08	0.45	\$ 44.00	0.34	\$ 32.83	0.20	\$ 19.84	0.12	\$ 11.39	0.07	\$ 6.75	
13	0.77	\$ 74.96	0.62	\$ 60.21	0.51	\$ 49.22	0.38	\$ 37.01	0.23	\$ 22.70	0.14	\$ 13.28	0.08	\$ 7.97	
14	0.85	\$ 82.37	0.69	\$ 66.49	0.56	\$ 54.60	0.43	\$ 41.35	0.27	\$ 25.72	0.16	\$ 15.31	0.10	\$ 9.29	
15	0.93	\$ 89.92	0.75	\$ 72.93	0.62	\$ 60.14	0.47	\$ 45.86	0.30	\$ 28.90	0.18	\$ 17.47	0.11	\$ 10.72	
16	1.01	\$ 97.61	0.82	\$ 79.52	0.68	\$ 65.83	0.52	\$ 50.51	0.33	\$ 32.22	0.20	\$ 19.78	0.13	\$ 12.26	
17	1.09	\$ 105.42	0.89	\$ 86.25	0.74	\$ 71.66	0.57	\$ 55.31	0.37	\$ 35.69	0.23	\$ 22.22	0.14	\$ 13.91	
18	1.17	\$ 113.37	0.96	\$ 93.11	0.80	\$ 77.63	0.62	\$ 60.26	0.41	\$ 39.30	0.26	\$ 24.79	0.16	\$ 15.66	
19	1.25	\$ 121.44	1.03	\$ 100.11	0.86	\$ 83.74	0.67	\$ 65.34	0.44	\$ 43.05	0.28	\$ 27.50	0.18	\$ 17.52	
20	1.34	\$ 129.62	1.11	\$ 107.23	0.93	\$ 89.98	0.73	\$ 70.56	0.48	\$ 46.94	0.31	\$ 30.34	0.20	\$ 19.49	
21	1.42	\$ 137.91	1.18	\$ 114.48	0.99	\$ 96.34	0.78	\$ 75.91	0.53	\$ 50.97	0.34	\$ 33.32	0.22	\$ 21.57	
22	1.51	\$ 146.31	1.26	\$ 121.84	1.06	\$ 102.82	0.84	\$ 81.38	0.57	\$ 55.13	0.38	\$ 36.43	0.25	\$ 23.76	
23	1.60	\$ 154.82	1.34	\$ 129.31	1.13	\$ 109.43	0.90	\$ 86.99	0.61	\$ 59.42	0.41	\$ 39.67	0.27	\$ 26.05	
24	1.69	\$ 163.43	1.41	\$ 136.90	1.20	\$ 116.15	0.96	\$ 92.71	0.66	\$ 63.85	0.44	\$ 43.05	0.29	\$ 28.46	
25	1.78	\$ 172.13	1.49	\$ 144.60	1.27	\$ 122.98	1.02	\$ 98.56	0.71	\$ 68.40	0.48	\$ 46.56	0.32	\$ 30.98	
26	1.87	\$ 180.93	1.57	\$ 152.40	1.34	\$ 129.93	1.08	\$ 104.52	0.75	\$ 73.07	0.52	\$ 50.20	0.35	\$ 33.61	
27	1.96	\$ 189.82	1.66	\$ 160.31	1.41	\$ 136.98	1.14	\$ 110.60	0.80	\$ 77.87	0.56	\$ 53.96	0.38	\$ 36.35	
28	2.05	\$ 198.80	1.74	\$ 168.31	1.49	\$ 144.13	1.21	\$ 116.79	0.86	\$ 82.80	0.60	\$ 57.86	0.40	\$ 39.20	
29	2.15	\$ 207.87	1.82	\$ 176.42	1.56	\$ 151.39	1.27	\$ 123.09	0.91	\$ 87.85	0.64	\$ 61.89	0.44	\$ 42.16	
30	2.24	\$ 217.03	1.91	\$ 184.61	1.64	\$ 158.76	1.34	\$ 129.50	0.96	\$ 93.02	0.68	\$ 66.05	0.47	\$ 45.24	
31	2.34	\$ 226.26	1.99	\$ 192.91	1.72	\$ 166.22	1.40	\$ 136.02	1.02	\$ 98.31	0.73	\$ 70.34	0.50	\$ 48.42	
32	2.43	\$ 235.58	2.08	\$ 201.29	1.79	\$ 173.77	1.47	\$ 142.65	1.07	\$ 103.71	0.77	\$ 74.76	0.53	\$ 51.72	
33	2.53	\$ 244.98	2.17	\$ 209.76	1.87	\$ 181.42	1.54	\$ 149.38	1.13	\$ 109.24	0.82	\$ 79.31	0.57	\$ 55.14	
34	2.63	\$ 254.46	2.25	\$ 218.32	1.95	\$ 189.17	1.61	\$ 156.21	1.19	\$ 114.88	0.87	\$ 83.98	0.61	\$ 58.66	
35	2.73	\$ 264.01	2.34	\$ 226.97	2.03	\$ 197.01	1.68	\$ 163.14	1.25	\$ 120.63	0.92	\$ 88.78	0.64	\$ 62.30	
36	2.83	\$ 273.63	2.43	\$ 235.70	2.12	\$ 204.93	1.76	\$ 170.17	1.31	\$ 126.50	0.97	\$ 93.71	0.68	\$ 66.06	
37	2.93	\$ 283.33	2.53	\$ 244.51	2.20	\$ 212.95	1.83	\$ 177.30	1.37	\$ 132.49	1.02	\$ 98.77	0.72	\$ 69.92	
38	3.03	\$ 293.10	2.62	\$ 253.41	2.28	\$ 221.05	1.91	\$ 184.52	1.43	\$ 138.58	1.07	\$ 103.96	0.76	\$ 73.91	
39	3.13	\$ 302.94	2.71	\$ 262.38	2.37	\$ 229.24	1.98	\$ 191.84	1.50	\$ 144.79	1.13	\$ 109.27	0.81	\$ 78.00	

Fuente: UE Systems

Anexo 13. Cotizaciones de materiales para reparaciones de fugas.



PROFORMA # 73526

Cliete: Baxter Productos Medicos Ltda
Dirección: Cartago, Costa Rica Parque Industrial
Telefono: 590-1000
Atencion: Sr. Felipe Córdoba

Solicitud #:
Fecha: 9-May-2016

Vendedor: Priscilla C
Modo Envio: Se entrega al cliente

Destino: Cartago Costa Rica

Cant.	Unid.	Descripcion	Precio	Total
1	und	Yee 6mm Manguera todos lados PRESTOLOK YP6	1,585.00	1,585.00
1	und	Codo Union 6mm Manguera ambos lados PRESTOLOK CP6	1,585.00	1,585.00
1	und	Union 6mm Manguera ambos lados PRESTOLOK UP6	1,600.00	1,600.00
1	und	Acople Recto 6mm Manguera a 1/8" NPT PRESTOLOK AP618	1,705.00	1,705.00
1	und	Acople Recto 8mm Manguera a 1/8" NPT PRESTOLOK AP818	1,835.00	1,835.00
1	und	Acople Recto 6mm Manguera a 1/4" NPT PRESTOLOK AP614	1,835.00	1,835.00
1	und	Union 5/16" Manguera ambos lados PRESTOLOK UP516	1,945.00	1,945.00
1	und	Acople Rap. Macho 3/8" NPT (Cuerpo) DC2103	3,830.00	3,830.00
1	und	Acople Rap. Hembra 3/8" NPT (Cuerpo) DC2023	4,360.00	4,360.00
1	und	Acople Rap. Macho 3/8" NPT (Punta) DCP2103	2,150.00	2,150.00
1	und	Filtro Separador de Agua y Aceite #317, Goni	4,440.00	4,440.00
1	und	Filtro Aire 3/8" NPT PA2121 Campbell Hausfeld	17,485.00	17,485.00
1	und	Mini Regulador Aire 1/4" NPT, MP5148 Campbell Hausfeld	10,775.00	10,775.00
1	und	Filtro ,Regulador y Lubricador Aire 3/8" NPT PA2078 Campbell Hausfeld	47,370.00	47,370.00
1	und	Fabricacion de Manguera 3/4" x 1/2" p/Aire c/Acoples JIC	33,795.00	33,795.00
1	und	Electrovalvula 1/4" NPT 3Viasx2Pos. Bobina 110V recta, Cammozi	63,945.00	63,945.00
1	und	Lubricador Aire 1/4" 40 SCFM NPT, Parker	25,545.00	25,545.00
			SubTotal	€ 225,785.00
			Descuento	€ 0.00
			Impuesto	€ 0.00
			Total Colones	€ 225,785.00

Doscientos veinticinco mil setecientos ochenta y cinco con 00/100

(Precios sujetos a cambio sin previo aviso)

Articulos sujetos a previa venta.

Tiempo de entrega: Inmediata después recibida la Orden de Compra.

Vigencia de la Oferta: 8 Días.

Forma de Pago: CREDITO.

Ing. Edwin Cordoba

Agente: Priscilla C

Hecho Por: Edwin C.P.

Anexo 13. Continuación.



Cotización #65988

Tel: (506)2431-0444 Fax: (506)2440-2393 Div. KAESF (506)2441-2627

Fecha: 12/05/2016 Valido hasta 12/06/2016 Su Asesor Tecnico

Credito 30 Dias

Para	A Cotizar	Direccion de Envio
Depto. Compras		

Fax:

Item	Codigo	Cantidad	Descripción del Producto	Tiempo Entrega	Precio Unitario	Precio Total
1	478839ECR	1	Filtro Para Aire Comprimido en 1/4"	Inmediato	USD 67.06	\$67.06
2	478893ECR	1	Unidad de Filtro Regulador 1/4" Incluye Manometro	2 a 3 semanas	USD 157.86	\$157.86
3	478728ECR	1	Filtro para Aire Comprimido 3/8"	Inmediato	USD 111.99	\$111.99
4	478758ECR	1	Lubricador para Aire Comprimido 3/8"	2 a 3 semanas	USD 129.39	\$129.39
5	592614ECR	1	Regulador de Presión p/ Montaje en Batería.	2 a 3 semanas	USD 135.40	\$135.40
6	494856ECR	1	Modulo de Derivación	2 a 3 semanas	USD 85.48	\$85.48
Subtotal:						\$687.18

\$0.00

Impuesto: \$0.00

Total: **\$687.18**

Nota: No se aceptan ordenes de compra en colones, el pago debe ser al tipo de cambio de fecha de cancelación de la factura.

Importante: Nos reservamos el derecho de venta previa. Los precios Cotizados son los vigentes a la fecha y estan sujetos a cambios sin previo aviso.

La oferta se limita a proveer el producto listado, no a los usos que se le de al mismo o beneficios deseados.

Todo credito esta sujeto a aceptacion expresa de la jefatura del Departamento de Contabilidad de Equipos Neumaticos S.A.