



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN
NEUMÁTICO PARA LOS SERVICIOS
VEHICULARES Y ANÁLISIS DEL DESECHO
DE SÓLIDOS Y LUBRICANTES EN
EL TALLER DE TRANSEQUIPOS, S. A.**

Henning Ricardo Barahona Twietmeyer
Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, mayo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN
NEUMÁTICO PARA LOS SERVICIOS
VEHICULARES Y ANÁLISIS DEL DESECHO
DE SÓLIDOS Y LUBRICANTES EN
EL TALLER DE TRANSEQUIPOS, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

HENNING RICARDO BARAHONA TWIETMEYER

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León de De León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chávez Salazar
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN NEUMÁTICO PARA LOS SERVICIOS VEHICULARES Y ANÁLISIS DEL DESECHO DE SÓLIDOS Y LUBRICANTES EN EL TALLER DE TRANSEQUIPOS, S. A,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 16 de noviembre de 2005.



Henning Ricardo Barahona Twietmeyer

AGRADECIMIENTO A:

DIOS	Todo poderoso, por darme la fortaleza necesaria para superar las dificultades y ascender un escalón más hacia el éxito.
MIS PADRES	Heide y Ricardo, por haberme apoyado en todo momento y ser un digno ejemplo a seguir.
MIS HERMANAS	Quienes me apoyaron y brindaron mucho cariño.
ING. SERGIO RAMÍREZ	Por su amistad y apoyo en la realización de este proyecto.
ING. JAIME BATTEN	Por su amistad, apoyo y asesoría en la elaboración de este proyecto.
SR. IVAN GUERRA	Por brindarme la información necesaria para respaldar este proyecto.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y poder ser una persona de valor.
COMPAÑEROS	Quienes me brindaron su amistad y apoyo en el transcurso de la carrera.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Supremo creador.

MI FAMILIA

Como reconocimiento a su apoyo y confianza que me han brindado siempre.

**COMPAÑEROS
Y AMIGOS**

Por los momentos inolvidables que compartimos juntos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI

1 GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción y ubicación de la organización.....	1
1.3. Principales actividades de la empresa.....	2
1.4. Estructura organizacional.....	3
1.5. Misión y visión.....	6

2 MARCO TEÓRICO

2.1. ¿Qué es el aire?.....	7
2.2. Propiedades físicas del aire.....	8
2.3. Propiedades químicas del aire.....	8
2.4. Aire comprimido.....	8
2.5. Referencias históricas.....	9
2.6. Características y consecuencias del aire.....	10
2.6.1. Características deseables.....	10
2.6.2. Características Indeseables.....	11

2.7.	Ventajas del aire comprimido vrs. la electricidad	12
2.8.	Ventajas del aire comprimido vrs. la hidráulica	12
2.9.	Lubricante	13
2.10.	Sistema de lubricación neumático.....	14
2.11.	Red de aire comprimido	16
2.11.1.	Descripción de una red de aire comprimido	16
2.10.1.1.	Filtro del compresor	16
2.10.1.2.	Compresor	17
2.10.1.3.	Postenfriador.....	17
2.10.1.4.	Tanque de almacenamiento.....	17
2.10.1.5.	Filtros de línea	17
2.10.1.6.	Secadores.....	17
2.10.1.7.	Unidad de mantenimiento	18
2.10.2.	Clasificación de tuberías	19
2.10.2.1.	Tubería principal	19
2.10.2.2.	Tuberías secundarias.....	19
2.10.2.3.	Tuberías de servicio.....	19
2.11.	Desecho de sólidos y lubricantes.....	20
2.11.1.	Desechos sólidos	21
2.11.1.1.	Reducción al mínimo.....	21
2.11.1.2.	Reducción a la fuente	22
2.11.2.	Desecho de lubricantes	22
2.11.2.1.	Destilación	24
2.11.2.2.	Combustión.....	24
2.11.2.3.	Regeneración.....	25

3	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	
3.1.	Situación actual de la organización.....	27
3.1.1.	Análisis FODA.....	27
3.2.	Situación actual del taller	29
3.2.1.	Problemática	29
3.2.2.	Análisis de causas-efectos (árbol de problema).....	30
3.2.3.	Plano de la situación actual del taller	32
3.2.4.	Equipo actual para la realización de los servicios	33
3.2.5.	Método actual para la realización de servicios.....	35
3.2.5.1.	Procesos en los servicios.....	35
3.2.5.2.	Inconvenientes.....	42
3.2.6.	Desecho actual de sólidos y lubricantes.....	43
3.2.6.1.	Manejo de sólidos dentro del taller	43
3.2.6.2.	Manejo de aceite usado dentro del taller	44
3.2.6.3.	Programa de recolección de aceite usado.....	46
4	DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE LUBRICACIÓN	
4.1.	Evaluación de la instalación.....	47
4.1.1.	Estado del compresor actual.....	47
4.1.2.	Estado de la red de distribución	49
4.2.	Sistema neumático de lubricación.....	50
4.2.1.	Equipo necesario para el sistema.....	51
4.2.1.1.	Depósitos de aceite.....	57
4.2.1.2.	Bomba de aceite	58
4.2.1.3.	Tubería de aceite	74
4.2.1.4.	Carretes de mangueras	76
4.2.1.5.	Medidores de aceite.....	77
4.2.1.6.	Recomendaciones de conexión.....	78

4.2.2.	Planos del diseño	79
4.2.3.	Consumo de aire requerido por el sistema de lubricación	83
4.2.4.	Consumo de aire de todo el equipo del taller	86
4.3.	Selección del compresor.....	94
4.3.1.	Método para seleccionar el compresor óptimo	96
4.3.2.	Compresor sugerido	98
4.3.3.	Cotizaciones	99
4.4.	Red de distribución de aire comprimido	100
4.4.1.	Ubicación del compresor	101
4.4.2.	Plano sugerido para el taller	102
4.2.3.	Instalación necesaria para el sistema de lubricación	103
4.4.4.	Modificaciones a la instalación actual.....	111
4.4.5.	Tratamiento de aire	122
5	ANÁLISIS DE COSTOS	
5.1.	Inversión inicial	127
5.1.1.	Costo del sistema de lubricación neumático	127
5.1.2.	Costo del compresor	128
5.1.3.	Costo de la red de distribución.....	128
5.1.4.	Monto total a invertir.....	130
5.2.	Determinación de costos.....	131
5.2.1.	Costos variables	131
5.2.2.	Costos fijos	132
5.3.	Determinación de ingresos	133
5.4.	Flujo de caja	134
5.5.	Evaluación de la inversión	136
5.5.1.	Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)	136
5.5.2.	Valor Actual Neto (VAN).....	138
5.5.3.	Período de Retorno de la Inversión (TRC)	139

6	ANÁLISIS SOBRE EL DESECHO DE SÓLIDOS Y LUBRICANTES	
6.1.	Impactos en el manejo de desechos sólidos y lubricantes.....	141
6.1.1.	Actividades que conllevan un impacto ambiental.....	141
6.1.1.1	Principales fuentes de contaminación.....	141
6.1.1.2.	Análisis de la cantidad de aceite usado generado	142
6.1.2.	Elementos del ambiente afectados.....	143
6.1.2.1.	Daños debido al manejo de sólidos	144
6.1.2.1.	Daños debido al manejo de lubricantes	145
6.2.	Medidas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales.	147
6.2.1.	Medidas en el manejo de desechos sólidos	148
6.2.2.	Medidas en el manejo de aceite usado	151
6.2.3.	Tratamiento en caso de intoxicación con aceite usado.....	152
6.2.4.	Otras medidas importantes.....	152
	CONCLUSIONES.....	159
	RECOMENDACIONES.....	163
	REFERENCIAS	165
	BIBLIOGRAFÍA.....	167
	APÉNDICE	169
	ANEXOS.....	171

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa zona 1	2
2	Organigrama de la empresa	5
3	Esquema de un sistema de lubricación neumático	15
4	Componentes de una red de aire comprimido	18
5	Árbol de problema.....	31
6	Plano actual del taller.....	32
7	Equipo actual para suministro de lubricantes.....	33
8	Esquema de un puente para levantamiento de vehículos.....	35
9	Diagrama de flujo actual de operaciones para realizar un servicio vehicular con cita	36
10	Diagrama de flujo actual de operaciones para realizar un servicio vehicular sin cita	39
11	Esquema de una derivación en la red.....	50
12	Depósito de aceite	57
13	Bomba neumática	58
14	Coeficiente de pérdida de presión para flujo turbulento	63
15	Tubería de aceite (corte lateral)	74
16	Carretes de manguera	76
17	Medidor de aceite	77
18	Conexión de las bombas.....	79
19	Ubicación del equipo.....	80
20	Tubería de aceite	81

21	Estructura para los carretes	82
22	Cilindro de un puente neumático	88
23	Compresor sugerido.....	99
24	Plano del taller sugerido.....	102
25	Nomograma para el cálculo de tuberías de aire comprimido	105
26	Nomograma para el cálculo de pérdida de presión en bar,.....	106
27	Extremos de tubería.....	120
28	Esquema de una unidad de mantenimiento.....	123
29	Derivaciones de aire adecuadas.....	125
30	Flujo de efectivo.....	135
31	Clasificación de los desechos sólidos	150
32	Diseño de un extractor de gases de escape de motor.....	153
33	Orejera para protección auditiva	157









TABLAS

I	Ventajas y desventajas del equipo actual	34
II	Cuadro detalle de operaciones del diagrama.....	38
III	Cuadro detalle de operaciones del diagrama.....	41
IV	Ventajas y desventajas de las alternativas en un servicio	42
V	Ventajas y desventajas del manejo de solidos dentro del taller.....	44
VI	Ventajas y desventajas del manejo	45
VII	Análisis de demandas de lubricantes para motor	52
VIII	Análisis de ciclicidad de lubricantes para motor	53
IX	Análisis de demandas de lubricantes varios y otros productos	54
X	Análisis de ciclicidad para lubricantes varios y otros productos	55
XI	Máximo de servicios por día	56
XII	Coeficiente de pérdida, flujo laminar.....	62

XIII	Viscosidades de lubricantes a varias temperaturas.....	64
XIV	Tabla de referencia de caudal.....	65
XV	Datos específicos para el cálculo de las bombas.....	65
XVI	Tipo de bomba para cada producto.....	73
XVII	Longitudes de tubería $\frac{3}{4}$ "	75
XVIII	Inventario del equipo neumático utilizado en el taller	86
XIX	Herramientas neumáticas que demandan aire comprimido en el taller	87
XX	Volumen equivalente de aire comprimido	90
XXI	Interpolación del equivalente.....	91
XXII	Coeficiente de utilización de herramientas comunes	91
XXIII	Demanda teórica.....	93
XXIV	Interpolación del equivalente de aire del consumo real	96
XXV	Rangos de presión y volumen para	97
XXVI	Consideraciones en base a desempeño de los compresores.....	97
XXVII	Longitud equivalente para accesorios comunes	107
XXVIII	Diámetros de tubería	121
XXIX	Costos estimados del sistema de lubricación neumático.....	127
XXX	Costos estimados para la red de distribución	129
XXXI	Activo fijo	130
XXXII	Costos variables anuales.....	131
XXXIII	Costos fijos anuales.....	132
XXXIV	Ingresos por servicios.....	133
XXXV	Ingresos por venta de desechos.....	133
XXXVI	Valor de rescate del equipo del taller	134
XXXVII	Flujo de caja	135
XXXVIII	Regresión lineal para el cálculo de la inflación.....	136
XXXIX	Proyección de la tasa de inflación	137
XL	Cálculo del valor presente	138

XLI	Período de retorno de la inversión.....	139
XLII	Cantidad de contaminantes líquidos por año.....	143
XLIII	Cantidad de desechos sólidos reciclables.....	150
XLIV	Actividades con alto nivel de ruido.....	154
XLV	Tabla de exposiciones de ruido permisibles.....	154

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Compresor recíprocante o de pistón, montado horizontalmente
	Depósito de aire comprimido
	Tubería de aire comprimido
	Válvula de globo
	Toma de aire (acoplamiento rápido)
	Unidad de mantenimiento
	Tonel de 208 litros (cerrado)
	Tonel de 208 litro (destapado)

GLOSARIO

Aditivo	Sustancia que se agrega a otras para darles cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.
Bar	Unidad de medida de presión, equivalente a 14.5 PSI.
Bidón	Recipiente metálico de regular capacidad, que se destina al transporte o almacenamiento de líquidos.
Caída de presión	Pérdida de presión comúnmente debida a la fricción en la tubería y accesorios.
CFM	Abreviatura de <i>cubic feet per minute</i> o pies cúbicos por minuto.
Compresor	Es una máquina diseñada para comprimir aire o gas, desde una presión inicial hasta una alta presión de descarga.
Compresor Centrifugo	Es una máquina que logra la compresión de aire por medio de paletas en rápida rotación.

Compresor de tornillo o helicoidal	Es una máquina de desplazamiento positivo, que consta de dos rotores de forma helicoidal que comprimen y desplazan un gas.
Compresor reciprocante	Es una máquina en la cual el elemento que comprime y desplaza al gas es un pistón que efectúa un movimiento reciprocante dentro de un cilindro.
Cp	Abreviatura de <i>centipoise</i> , unidad de viscosidad absoluta, 1 Cp es la viscosidad del agua a 20°C.
Cst	Abreviatura de <i>centistokes</i> , unidad de viscosidad cinemática.
<i>Fuel oil</i>	Aceite combustible derivado del petróleo natural, generalmente se utiliza en procesos industriales; en calderas, hornos y calefacción.
GPM	Abreviatura de galones por minuto.
<i>Hostess</i>	Anfitriona
IARC	Centro internacional de investigaciones sobre el cancer.
Inflación	Pérdida del poder adquisitivo de la moneda.
Min	Abreviatura de minutos.

Nm³	<i>Normal cubic meter</i> , metros cúbicos de aire a condiciones normales o atmosféricas.
Nomograma	Representación gráfica que permite realizar con rapidez cálculos numéricos aproximados.
OSHA	Abreviatura de <i>Occupational Safety & Health Administration</i> , Administración de Salud y Seguridad Ocupacional.
PAHs	Abreviatura de <i>Polycyclic aromatic hydrocarbons</i> , hidrocarburos aromáticos policíclicos.
Picks	Se refiere a las veces que sale cierto producto de bodega, sin importar la cantidad que se despache.
PSI	Abreviatura de la unidad de medida de presión, <i>pounds per square inch</i> , libras por pulgada cuadrada.
Ratch	Llave especial, con un mecanismo de trinquete, utilizada para roscar y desenroscar tornillos.
RPM	Abreviatura de revoluciones por minuto.
SAE	<i>Society of mechanical engineer</i> , por sus siglas en ingles, sociedad de ingenieros automotrices.
Seg	Abreviatura de segundos.

Viscosidad

Es la medida de la capacidad del lubricante para resistir la tensión cortante.

TLC

Abreviatura de Tratado de Libre Comercio.

RESUMEN

Con el desarrollo de este trabajo de graduación que se realizó a través del ejercicio profesional supervisado E.P.S., se muestra la necesidad que tienen los talleres de servicio de vehículos de mecanizar y simplificar sus procesos, lo cual incluye la generación de aire comprimido, su adecuada distribución y utilización.

Para lograr generar el aire comprimido se requiere de una máquina llamada compresor, el cual debe proveer este aire eficaz y eficientemente; así también, para la distribución del aire a todos los puntos del taller que lo necesiten, se requiere una instalación bien diseñada, ya que juega un papel importante en el aumento de la eficiencia, una adecuada red de distribución evita la condensación de agua y caídas de presión, alargando así la vida útil y aprovechando al máximo el rendimiento de la herramienta o equipo neumático.

Con la finalidad de mecanizar los procesos, existen varios sistemas o herramientas a las que se puede recurrir; en este caso se da énfasis a la realización de servicios de mantenimiento de vehículos, los cuales se pueden realizar con un sistema de lubricación neumático, que no es más que un conjunto de equipo apoyado por presión de aire para su funcionamiento, que facilita la dosificación y aplicación de lubricantes a un vehículo.

Los servicios de lubricación traen consigo la generación de desechos sólidos y lubricantes, que causan un impacto en el medio ambiente, se requiere entonces ciertas medidas con el fin de reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales.

OBJETIVOS

Generales

1. Diseñar un sistema de lubricación neumático con sus respectivas herramientas, accesorios y redes de distribución, para facilitar y agilizar la realización de los servicios vehiculares.
2. Analizar el impacto que tienen en el ambiente el manejo de desechos sólidos y lubricantes en el taller de servicios.

Específicos

1. Conocer qué es el aire comprimido y sus ventajas sobre otras fuentes de energía.
2. Seleccionar el compresor con la capacidad y características adecuadas.
3. Determinar mejoras a la red de distribución de aire comprimido, con el fin de reducir las pérdidas de presión y la presencia de agua en el sistema.
4. Diseñar el sistema de lubricación neumático, para lograr que los servicios de lubricación sean más eficientes.
5. Proponer medidas para reducir, eliminar o compensar los efectos negativos al ambiente debido al manejo de desechos sólidos y lubricantes.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas para lograr ser competentes y subsistir en el mercado, tienen que ocuparse por ser cada vez más productivas, es decir que se debe tratar de producir más con menos insumos. Para esto, es necesario realizar mejoras en los procesos productivos, siempre evaluando la factibilidad y rentabilidad de dichos proyectos.

Transequipos es una empresa que se ha dedicado siempre a la venta, servicio de mantenimiento y reparación de vehículos de reconocidas marcas, con el paso de los años se ha visto que la demanda de vehículos y los requerimientos han aumentado, por lo que se ve una oportunidad de mejora, modificando las instalaciones en el taller de servicios, específicamente en lo que se refiere a servicios de lubricación.

Actualmente en el taller no se cuenta con un lugar específico para realizar servicios de lubricación, estos son realizados manualmente y en diferentes puestos de trabajo, presentándose por ello ciertos problemas como retrasos y dificultad de aplicación de los lubricantes; se pretende entonces diseñar un sistema de lubricación neumático y establecer una área específica para realizar servicios de lubricación, facilitando y agilizando así los procesos, que a su vez aumentan la eficiencia del taller.

Para realizar el diseño de este sistema de lubricación, es necesario conocer los antecedentes de la empresa, indicados en el capítulo uno; se deben tener claros los conceptos relacionados con el aire comprimido y la lubricación, que se incluyen en el marco teórico, capítulo dos; la situación actual de la empresa se indica en el capítulo tres, el diseño del sistema de lubricación se desarrolla en el capítulo cuatro y el análisis de costos, que determinan si el proyecto es rentable, se incluye en el capítulo cinco.

El diseño de este sistema trae consigo modificaciones a la red de distribución de aire comprimido, ya que actualmente la instalación cuenta con deficiencias que la hacen inadecuada, tanto para el sistema de lubricación que se piensa instalar, como para el uso de cualquier equipo neumático. Con esto lógicamente se aumentará la demanda de aire comprimido, por lo que se tendrá que reemplazar el compresor existente, seleccionando uno adecuado que satisfaga la demanda actual, previendo siempre futuras ampliaciones.

Como complemento de este proyecto, se incluye en el capítulo seis un análisis sobre la generación y el manejo de desechos sólidos y lubricantes en el taller, con el fin de proponer mejoras en los procesos que minimicen los efectos negativos en nuestro medio ambiente.

1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Antecedentes

La empresa fue constituida el 30 de abril de 1991, iniciando operaciones el 16 de agosto de ese mismo año. Se originó con la adquisición de una empresa dedicada a la venta de fertilizantes, vehículos y maquinaria agroindustrial; la cual tenía 40 años de operación y contaba con al rededor de 30 empleados, actualmente la empresa cuenta con más de 100 empleados y se enfocó a la venta de vehículos únicamente, dejando por un lado a los productos agroindustriales.

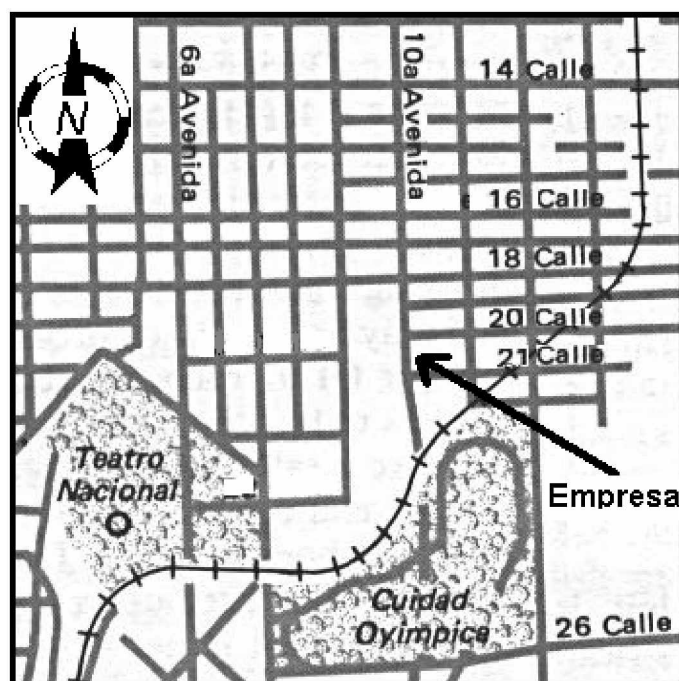
En un principio se vendían vehículos de reconocidas marcas de origen ingles, tanto agrícolas como de lujo; en 1999 se adquirió la representación de vehículos de lujo de origen alemán; línea que en el 2004 se logró independizar, ubicando en la zona 9 la sala de ventas, taller y venta de repuestos; que había estado compartiendo en zona 1 el espacio físico y personal para todas las marcas.

1.2. Descripción y ubicación de la organización

La empresa se dedica a la comercialización y servicio de vehículos de reconocidas marcas, y encuentra entre los 300 grandes contribuyentes de impuestos según la SAT.

Esta ubicada en la 10a. Avenida 20-43 zona 1 de la ciudad de Guatemala (ver figura 1); donde tiene sus oficinas centrales, taller de servicios y venta de repuestos. Adicionalmente cuenta con una sala de ventas en la zona 10 y una división de vehículos de lujo en la zona 9.

Figura 1. Mapa zona 1



Fuente: www.inmochapin.com “mapa del centro histórico”

1.3. Principales actividades de la empresa

La principal función de la empresa es la venta, servicio de mantenimiento y reparación de vehículos, por lo que cuenta con un taller de servicios especializado y personal altamente calificado, así también la empresa cuenta con un amplio stock de repuestos.

1.4. Estructura organizacional

En la figura 2 se muestra el organigrama de la empresa, la cual tiene una estructura organizacional vertical, de tramos amplios y con una división organizacional departamentalizada según funciones de la empresa, es decir departamentalización funcional.

Se manejan tres niveles gerenciales fundamentales, el gerente general se encuentra en el primer nivel, mientras los gerentes de los departamentos se encuentran como administradores de mandos intermedios, y luego el personal no administrativo.

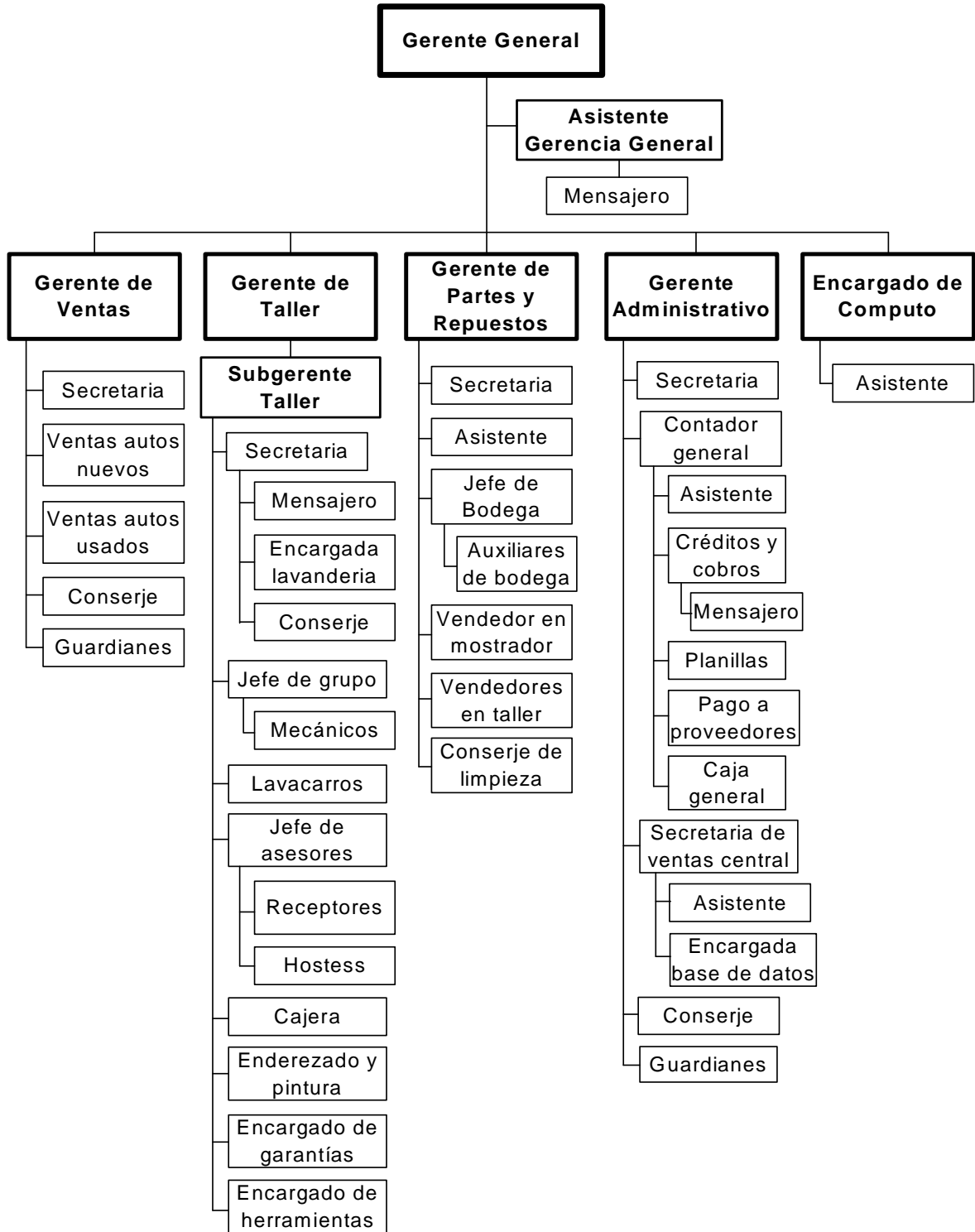
Ventajas

- Los administradores están obligados a delegar responsabilidades y establecer políticas claras.
- Al delegar responsabilidad, los gerentes dedican más tiempo a funciones administrativas, planeación, organización, dirección y control.
- Sigue el principio de la especialización ocupacional, simplifica la capacitación de los empleados y, por consiguiente, facilita la eficiencia en la utilización del personal.
- Los puestos de trabajo están documentados y claramente definidos, por lo que se facilita la rotación o reemplazo de personal.

Desventajas

- Tendencia de que los superiores con exceso de trabajo se conviertan en cuello de botella para la toma de decisiones.
- La selección de los subordinados debe ser estricta, para asegurarse que sean responsables en sus puestos de trabajo.
- Resta importancia a los objetivos globales de la empresa, ya que cada departamento se preocupa por sus objetivos, generando así barreras y falta de comunicación entre departamentos.
- Lentitud en la comunicación entre el nivel inferior y la alta gerencia, lo que conlleva a una administración reactiva, tomando las decisiones generalmente después de los sucesos.
- Reduce la coordinación entre las funciones, y hay una adaptación lenta a los cambios de ambiente, debido a la alta especialización en el puesto de trabajo.
- Los costos de administración son altos, debido a la existencia de muchos niveles gerenciales.

Figura 2. Organigrama de la empresa



1.5. Misión y visión

La misión es el propósito o razón de ser de una empresa, mientras la visión expresa las aspiraciones y el propósito fundamentales de una organización y apela por lo común al corazón y la razón de sus integrantes, en los siguientes numerales se indica la misión y visión de la empresa.

1.5.1. Misión

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes, brindando un servicio de calidad que se basa en la honestidad de todas nuestras acciones, manteniendo la confianza de que su vehículo esta en las mejores manos.

1.5.2. Visión

Trabajaremos en equipo para ser cada día mejores, brindando con entusiasmo e innovación respaldada por nuestras marcas la óptima satisfacción del cliente. Consolidándonos como una empresa que garantiza su inversión.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ¿Qué es el aire?

El aire es una mezcla de gases, que cuando está seco tiene la siguiente composición: nitrógeno, 78.03%; oxígeno, 20.99%; argón, 0.94%; dióxido de carbono, 0.03%; hidrógeno, 0.01%; neón, 0.00123%; metano, 0.0002%; óxido nitroso, 0.00005%; vapor de agua, variable; ozono, variable; y algunas otras partículas, variable. Para el aire seco que rodea las ciudades, especialmente cerca de las zonas industriales, estas proporciones varían ligeramente. Esta mezcla que respiramos a diario tiene una serie de propiedades interesantes. El aire pesa 1.2928 gramos por litro a 0°C y a presión atmosférica.

El aire es compresible y cumple con las leyes para los gases perfectos o ideales. Esta quizá sea una de las propiedades más importantes del mismo ya que permitirá manejar los cambios termodinámicos del aire en situaciones reales.

El aire rodea nuestro planeta formando una capa de varios kilómetros de espesor de acuerdo con la altitud, composición, temperatura y otras características que conforman la atmósfera que rodea a la tierra y comprende varias capas o regiones que se mantienen pegadas a la tierra debido a la fuerza de gravedad. Si se imagina la atmósfera como si estuviera constituida por distintas capas, resultaría evidente que, cada una de ellas descansaría sobre la otra hasta alcanzar la superficie.

Sobre ella percibimos el resultado de aquellas cargas sucesivas que reconocemos como presión atmosférica. Naturalmente la Tierra está en constante evolución sobre si misma alrededor del Sol, en consecuencia cabe imaginar una serie de variaciones en el espesor de la capa de aire que se manifiesta finalmente como una variable de la presión atmosférica.

2.2. Propiedades físicas del aire

- Es de menor peso que el agua.
- Es de menor densidad que e agua.
- Tiene volumen indefinido, es compresible.
- No existe en el vacío.
- Es incoloro, inodoro e insípido.

2.3. Propiedades químicas del aire

- Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.
- Esta compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno y el dióxido de carbono elementos básicos para la vida.

2.4. Aire comprimido

El aire comprimido constituye una forma de transporte de energía bastante eficiente, poco dañina y segura si se maneja adecuadamente, se ha ido utilizando cada vez en más aplicaciones industriales.

2.5. Referencias históricas

En la antigüedad los griegos fueron cautivados, en su búsqueda de la verdad, por cuatro elementos que se presentan con relativa continuidad y abundancia, agua, aire, fuego y tierra.

El aire, parecía por su naturaleza volátil y presencia transparente, la más fina expresión de la materia, que en otras densidades o estados constituía, además, los otros elementos. Era casi el alma. En griego la palabra **PNEUMA** significa “alma” y en consecuencia la técnica que utiliza el aire como vehículo para transmitir energía se llamó **PNEUMÁTICA**.

A partir de entonces el aire se usó de muy variadas maneras. La navegación a vela fue quizá la más antigua forma de aprovechamiento de la energía eólica; más tarde los molinos de viento la transformaron en energía mecánica.

Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Sólo desde aproximadamente el año 1950 se puede hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación, llegando a ser en la actualidad de vital importancia sobre todo en las aplicaciones donde la velocidad de actuación debe ser elevada y particularmente en instalaciones donde la seguridad es el factor más importante.

El diseño y mantenimiento adecuado de redes de aire comprimido y sus respectivos accesorios, juega un papel decisivo en los procesos productivos involucrados cuya energía utilizada es el aire.

2.6. Características y consecuencias del aire

Es interesante conocer los motivos que causaron tal evolución al circunscribir nuestro accionar a las características que éste presenta. Sería también oportuno anticipar la posibilidad de que existan características deseables e indeseables como a continuación se mencionan:

2.6.1. Características deseables

- El aire está disponible en todas partes y en cantidades ilimitadas.
- Se trata de un medio elástico, así que permite su compresión.
- Una vez comprimido puede ser almacenado en recipientes.
- Esta posibilidad de almacenamiento hace que su transporte pueda ser interpretado de dos formas: una por conductos y tuberías, y la otra, en pequeños recipientes preparados para el efecto.
- Aun comprimido el aire no posee características explosivas ya que es insensible a las variaciones de temperatura, esto hace de la técnica neumática un aliado fundamental en casos de seguridad. Además no existen riesgos de chispas o cargas electrostáticas.
- La compresibilidad del aire no compromete los circuitos debido a los golpes de ariete y además las sobrecargas a que se someten no constituyen situaciones peligrosas o que provoquen daños permanentes al material.
- Los cambios de temperatura no modifican su prestación en forma significativa y no produce calor por sí mismo.

- Normalmente se trata de una técnica limpia (desde el punto de vista macroscópico) característica que unida a la seguridad, proporciona una herramienta eficaz en muchos procesos industriales.

2.6.2. Características indeseables

- Requiere instalaciones especiales para la recuperación del aire.
- Desde el punto de vista microscópico el aire tal cual lo tomamos de la atmósfera, no es limpio, motivo por el cual debe ser sometido a ciertos tratamientos para su preparación.
- Los movimientos de los actuadores neumáticos no son rigurosamente regulares ni constantes debido a la calidad elástica del aire.
- EL aire comprimido es rentable solamente cuando se le utiliza hasta un determinado esfuerzo, desde cierto límite es mejor la fuerza hidráulica.
- Otro de los inconvenientes de esta técnica es el ruido que provoca la descarga del aire ya utilizado a la atmósfera. El cual puede evitarse razonablemente con silenciadores.
- La niebla aceitosa, que se aporta al aire para lubricar los diferentes componentes de la red de distribución, se pierde al escapar el aire al exterior, por lo que cabe aclarar que el aire de descarga podría estar contaminado y que, por lo tanto no sigue manteniendo vigentes todas las propiedades que tenía cuando se le aspiró.
- El aire tiene oxígeno, lo cual es inconveniente en algunos procesos debido a la oxidación de materiales y la alimentación de combustión en caso de incendios; muchas veces se sustituye por nitrógeno por ser un gas inerte que desplaza al oxígeno.

2.7. Ventajas del aire comprimido vrs. la electricidad

El uso de aire comprimido en herramientas y equipos tiene varias ventajas sobre el equipo accionado eléctricamente; estas son las siguientes:

- Es capaz de llegar a proveer un recurso de energía cuando nos referimos a los compresores portátiles, ya que las herramientas neumáticas no podrían operar en áreas remotas en donde es imposible contar con otras fuentes de energía. Las herramientas neumáticas pueden llegar a trabajar sin ningún problema de recalentamiento, teniendo además las ventajas de poder contar con velocidades y torques variables, y sin que éstas se lleguen a dañar tan fácil por una sobrecarga o dejen de trabajar por una pérdida de flujo; sin embargo no se recomienda sobrepasar la presión indicada por el fabricante, ya que reducen su tiempo de vida útil.
- Las herramientas neumáticas son de un peso más ligero y por ello pueden llegar a ser utilizadas por cualquier obrero por mucho más tiempo y con menor fatiga.
- El equipo neumático es mucho más seguro ya que reduce el peligro de producir un incendio, especialmente en industrias de pintura y minería, ya que no necesita de conexiones eléctricas que podrían llegar a producir chispa, sin embargo en el momento de presentarse un incendio el aire es un inconveniente, ya que ayuda a propagar el fuego con mayor rapidez.
- Por ser piezas fáciles de remover, accesibles y de simple diseño, los costos de operación y mantenimiento son mucho más bajos.

2.8. Ventajas del aire comprimido vrs. la hidráulica

Las ventajas del uso de aire comprimido sobre el equipo accionado hidráulicamente, son las siguientes:

- Es mucho más seguro, debido a que el aire es un fluido que es más resistente de ser consumido por el fuego, ya que opera en líneas de baja presión. Mientras que los sistemas hidráulicos operan en máquinas que trabajan a altas temperaturas, creando así riesgos de incendio.
- Se requiere de un menor mantenimiento preventivo, mientras que en los sistemas hidráulicos hay que revisarlos constantemente para mantenerlos libres de contaminación y prevenir derrames.
- Los sistemas neumáticos pueden ser diseñados de forma más flexible y simple. Esto es frecuentemente utilizado en una línea de producción que debe ser modificada constantemente para que pueda adaptarse a los distintos productos que se procesan, tal como sucede en la industria automotriz, y además, son muy adaptables a la automatización en sistemas de producción en constante cambio o expansión.
- La red de distribución puede ser diseñada para permitir la operación simultánea de varios sistemas independientes con una instalación a un costo inicial bajo.
- Los costos de mantenimiento son menores debido a que este se realiza en un menor tiempo del que se necesitaría para reparar un sistema hidráulico.
- Las fugas de aire no son críticas como lo son en un sistema hidráulico, ya que se puede seguir operando sin que se reduzca mucho el rendimiento.

2.9. Lubricante

Sustancia utilizada para minimizar los efectos del rozamiento, sirve para evitar el desgaste de las piezas móviles de los dispositivos mecánicos, sirviendo también en muchos casos para refrigerar la zona de fricción, evitando el agarrotamiento del mecanismo debido a los efectos dilatadores del calor.

Los primeros lubricantes fueron los aceites vegetales y las grasas animales, pero la industria petroquímica ha proporcionado una buena cantidad de sustancias derivadas del petróleo, mucho más resistentes a la descomposición térmica por calentamiento y más estables ante los cambios climatológicos. También se utilizan lubricantes derivados de materias sólidas; como el polvo de grafito o polvos de talco.

Últimamente pueden encontrar en el mercado mecanismos que no es necesario lubricar mediante las grasas y aceites tradicionales, al tener todas sus piezas un recubrimiento de materiales poliméricos como el teflón, con un coeficiente de rozamiento muy bajo.

Dentro de la industria en general, los lubricantes juegan un papel fundamental, pues evitan que el contacto continuo entre partes móviles de una máquina provoque esfuerzos por extrema fricción que puedan llevarla a un mal funcionamiento e inclusive a su destrucción.

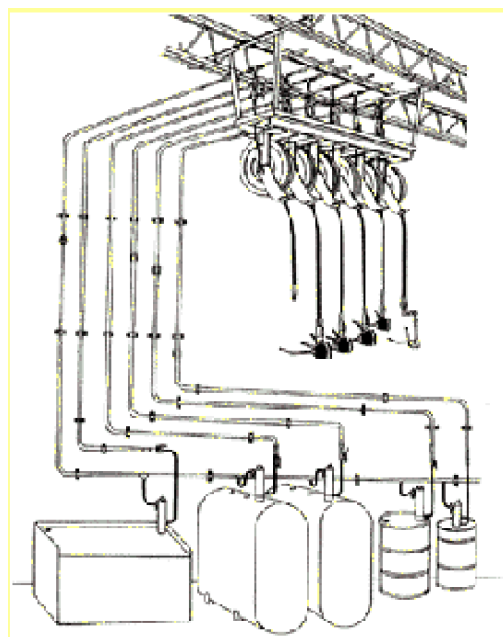
2.10. Sistema de lubricación neumático

Es un sistema útil para brindarle servicios de mantenimiento a vehículos, servicios tales como: cambios de aceite (de motor, caja y diferenciales), engrase y suministro de refrigerante de motor. Este sistema es simplemente una asistencia para los puestos de servicio, que ayuda a simplificar y agilizar el trabajo, haciendo así más eficientes los servicios de lubricación.

El sistema de lubricación neumático no es más que un conjunto de equipos industriales que sirven para abastecer de los diferentes lubricantes al vehículo que esta en servicio, se puede visualizar en la figura 3. Es decir que los lubricantes no tienen que ser transportados en envase, ni ser manipulados con dificultad, ya que con este equipo los lubricantes se despachan a granel y con facilidad de aplicación.

Como su nombre lo indica la fuente de energía de este sistema es neumática, por lo tanto requiere de un compresor de aire y su respectiva red de distribución. Los equipos que se requieren son: depósitos, bomba neumática, carretes con mangueras y medidores de cantidad de aceite (dosificadores).

Figura 3. Esquema de un sistema de lubricación neumático



Fuente: www.amcarinc.com/servicios.trm “Equipo neumático para suministro de aceite”

2.11. Red de aire comprimido

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos cuya alimentación continua y adecuada de aire garantizará el exitoso y eficiente desempeño de los procesos de producción.

El diseño y mantenimiento adecuado de la red de aire comprimido y sus respectivos accesorios, juega un papel decisivo en los procesos productivos involucrados cuya energía utilizada es el aire.

2.11.1. Descripción de una red de aire comprimido (dispositivos)

En general una red de aire comprimido cuenta con los siguientes 7 dispositivos mostrados en la figura 4.

2.11.1.1. Filtro del compresor

Este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.

2.11.1.2. Compresor

Es el encargado de convertir la energía mecánica en energía neumática, comprimiendo el aire a presión y volumen adecuado. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo.

2.11.1.3. Postenfriador

Es el encargado de eliminar gran parte del agua que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad.

2.11.1.4. Tanque de almacenamiento

Almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.

2.11.1.5. Filtros de línea

Se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para los requerimientos de las aplicaciones conectadas a la red.

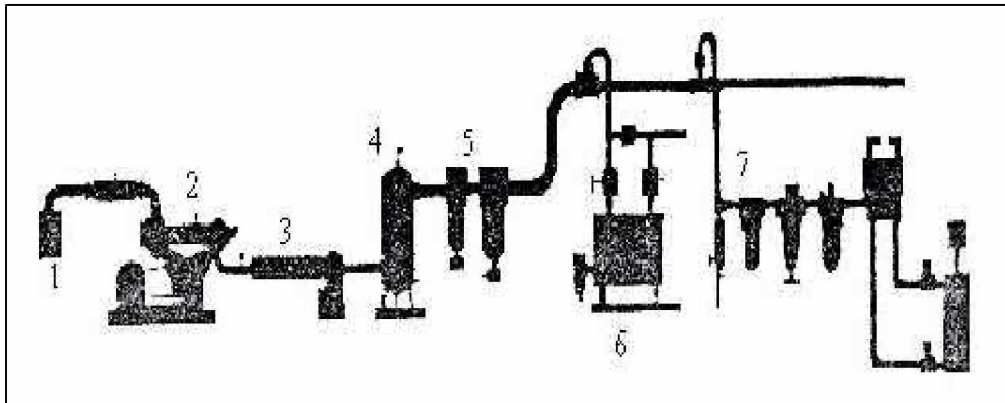
2.11.1.6. Secadores

Se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco, generalmente en industrias alimenticias.

2.11.1.7. Unidad de mantenimiento

Está compuesta por un filtro de partículas de baja eficiencia, un regulador con manómetro y un lubricador; su función principales es la de acondicionar una corriente determinada para su uso en una maquina, conocidos como F.R.L. (filtro, regulador y lubricador).

Figura 4. Componentes de una red de aire comprimido



Fuente: www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml

En la figura 4 se puede observar que los elementos 1, 2, 3, 4 y 5 se ubican en la tubería principal, su presencia es obligatoria en todas las redes de aire comprimido, el 6 puede ubicarse en las tuberías secundarias y el 7 se instala en la tubería de servicio que alimenta las diferentes aplicaciones.

2.11.2. Clasificación de tuberías

En la red de distribución de aire comprimido hay diferentes tipos de tuberías, que se clasifican de la siguiente manera.

2.11.2.1. Tubería principal

Es la línea que sale de compresor y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal. Como norma se debe tener que la velocidad máxima del aire en la tubería principal debe ser de 8 m/s.

2.11.2.2. Tuberías secundarias

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro. La velocidad del aire en ellas no debe superar 8 m/s.

2.11.2.2. Tuberías de servicio

Son las que surten en sí a los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento. Debe procurarse no sobre pasar de tres el número de equipos alimentados, con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros mayores de ½". Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas y por lo tanto la velocidad del aire puede llegar hasta 15 m/s.

2.12. Desecho de sólidos y lubricantes

Todo residuo o desecho que pueda causar daño a la salud o al medio ambiente es considerado como un residuo peligroso, fundamento por el cual los gobiernos tienen la responsabilidad de promover la adopción de medidas para reducir al máximo la generación de estos desechos, así como establecer políticas y estrategias para que su manejo y eliminación se ejecuten sin menoscabo del medio ambiente y se reduzcan sus propiedades nocivas mediante técnicas apropiadas.

Básicamente el sistema de manejo de los residuos se compone de cuatro sub sistemas:

- a) Generación:** cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso genera un residuo, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más un material.
- b) Transporte:** es aquel que lleva el residuo. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites internacionales (en el caso de residuos peligrosos), o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.
- c) Tratamiento y disposición:** el tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario.

d) Control y supervisión: este sub sistema se relaciona fundamentalmente con el control y supervisión efectiva de los otros tres sub sistemas.

En el mundo han hecho su aparición en los últimos años, nuevos procesos y tecnologías que permiten la reutilización o reciclaje de residuos o desechos peligrosos, transformándolos en sustancias susceptibles de ser utilizadas o aprovechadas ya sea como materia prima o como energéticos.

2.12.1. Desechos sólidos

Desecho sólido es todo material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos, las causas principales de la contaminación del suelo con desechos sólidos son la aplicación de residuos sólidos contaminados o contaminantes.

Existen muchas formas de reducir o eliminar los efectos en el medio ambiente que traen con sigo el manejo de desechos sólidos.

2.12.1.1. Reducción al mínimo

La reducción al mínimo de desechos incluye cualquier operación o procedimiento que minimice la cantidad o toxicidad de los desechos peligrosos, con la meta de disminuir en el presente y en el futuro las amenazas a la salud y el ambiente.

2.12.1.2. Reducción a la fuente

La reducción a la fuente puede ser lograda por la modificación del proceso o de los materiales y por la implementación de políticas y procedimientos que reducen los desechos. Las operaciones clave que pueden utilizarse para reducir al mínimo los desechos son las siguientes:

- Entrenamientos de los empleados sobre la gestión de los desechos peligrosos y su minimización.
- Cambios de productos y otros materiales utilizados en la práctica diaria.
- Mejoras y cambios de equipos.
- Buenas prácticas operativas y de mantenimiento.
- Envío de los residuos ya clasificados a empresas dedicadas al reciclaje.

El entrenamiento debería incluir, además de las técnicas de recirculación y recuperación, técnicas de segregación y eliminación de desechos químicos, prevención de los derrames, mantenimiento preventivo, preparación y respuesta a situaciones de emergencia.

2.12.2. Desecho de lubricantes

El aceite usado es el líquido aceitoso, pardo a negro, que se remueve del automóvil cuando se realiza un servicio de lubricación. Es similar al aceite que no ha sido usado excepto que contiene productos químicos adicionales a causa de su uso como lubricante, formados cuando el aceite es expuesto a altas temperaturas y presión. También contiene ciertos residuos tóxicos que se generan por la combustión, en el caso de aceite de motor.

Los aceites usados que se generan en el mundo pueden ser manejados en tres formas principales: rerrefinadas (regeneración) en bases lubricantes para su posterior uso, destiladas a combustible diesel y comercializadas como combustible sin tratar (*fuel oil*).

Antes de decidir cual método se usara en la recuperación de un aceite usado es necesario conocer la composición química de dicho aceite (cuanto menor sea la calidad del aceite base en el aceite usado mayor será el precio y dificultad de su tratamiento), ya que el método de recuperación a elegir esta íntimamente ligado a la composición química de un aceite usado, en algunos casos el factor decisivo es la disposición de infraestructuras adecuadas.

Por desconocimiento de procedimientos técnicos para su adaptación, por ausencia de normatividad sobre su reutilización industrial, por la carencia de estándares de consumo en calderas, hornos y secadores y por el mercado negro existente con estos productos, se presume que los manejos dados a los aceites usados y en general a este tipo de energéticos alternativos, son inadecuados, no solo ambiental, sino técnicamente. Estos procedimientos están generando la degradación del medio ambiente por la gran cantidad de contaminantes, particularmente aquellos asociados con contenidos de metales como arsénico, cadmio, cromo, plomo y antimonio entre otros, que son emitidos a la atmósfera durante el proceso de combustión. Estos compuestos químicos producen un efecto directo sobre la salud humana y varios de ellos son carcinógenos.

Existen 3 formas de reutilizar los aceites usados, que se explican a continuación:

2.12.2.1. Destilación

El proceso se lleva a cabo en dos etapas, la primera es destilar el aceite usado para remover compuestos volátiles, agua y la segunda o destilado final es la separación de los aceites pesados (destilado) de los contaminantes (fondos). El producto de la destilación es un aceite diesel de alta calidad (bajo en cenizas y contenido de azufre) y un subproducto de flux de asfalto. Por destilación los metales pesados y otros contaminantes del aceite usado salen por el flujo de asfalto.

2.12.2.2. Combustión

Para el aprovechamiento energético de los aceites usados se pueden seguir dos caminos diferentes en función de las instalaciones en las que se va a realizar el mismo. El primer camino esta destinado como combustible en instalaciones con alta potencia térmica, altas temperaturas, gran consumo de combustible y alta producción de gases. El mayor ejemplo de esto son los hornos de las cementeras, estos hornos queman el aceite usado y los contaminantes de éste especialmente los metales quedan incorporados al cemento, aquellas partículas que no lo hacen son retenidas por precipitadores electrostáticos. El segundo camino es usado en la aplicación de tratamientos físico-químicos más complejos con el fin de fabricar un combustible que pueda tener un espectro de utilización más amplio en instalaciones con menos potencia térmica o en motores de combustión y calderas. Estos tratamientos deben incluir como mínimo la separación de elementos volátiles y de metales pesados, así como agua y sólidos (normalmente esto hace por destilación o por tratamiento con aditivos floculantes).

El aceite se constituye en uno de los residuos con mayor potencial para ser empleado como combustible por su elevada capacidad calorífica. La transformación del aceite usado a energético, requiere la aplicación de un tratamiento tendiente a adecuar las condiciones del aceite a las características propias del proceso de combustión, consistente básicamente en la aplicación de dos etapas: adecuación del aceite usado mediante procesos de filtración para retirar partículas gruesas y remoción de partículas finas, mediante procesos de sedimentación y centrifugación.

Los aceites usados contienen concentraciones de metales pesados, sulfuros, fósforo y total de halógenos un poco más altas que las de los petróleos crudos, por la baja calidad como combustible de los aceites usados estos se mezclan con otros combustibles antes de su uso, con esto los niveles específicos de contaminantes se disminuyen a los límites aceptados. Desde el punto de vista global las emisiones netas por unidad de combustible quemado son las mismas sin importar el grado de dilución.

La combustión de 1 litro de aceite usado produce en promedio emisiones al aire de 800mg de zinc y 30mg de plomo. La combustión de los aceites usados comparados con la rerrefinación y la destilación genera en promedio 150 y 5 veces más contaminación respectivamente.

2.12.2.3. Regeneración

La regeneración de aceites usados es la operación mediante la cual se obtienen de los aceites usados un nuevo aceite base comercializable. Casi todos los aceites usados son regenerables aunque en la práctica la dificultad y el costo hacen inviable la regeneración de aceites usados con alto contenido de aceites vegetales, aceites sintéticos, agua y sólidos.

Un proceso de regeneración consta de tres fases:

- a) Pretratamiento:** esta fase consiste en eliminar una parte importante de los contaminantes del aceite usado, como son: el agua, los hidrocarburos ligeros, los lodos, las partículas gruesas, etc. Cada proceso emplea un método determinado o incluso una combinación de varios.

- b) Regeneración:** en esta fase se eliminan los aditivos, metales pesados y fangos asfálticos. Éste punto es el paso principal de cada método, cada uno de ellos obteniendo al final un aceite libre de contaminantes con una fuerte coloración que lo hace inviable comercialmente, por esto es necesario incluir una última etapa de acabado.

- c) Acabado:** dependiendo del objetivo final del aceite dependerán los métodos usados en esta etapa.

Dependiendo del proceso empleado pueden existir o no todas las fases.

3. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1. Situación actual de la organización

En el entorno existe una serie de factores que influyen mucho en la operación y funcionamiento de la organización, el conocimiento de estos factores es importante para tener un rumbo en la toma de decisiones.

3.1.1. Análisis FODA

Para diagnosticar las fuerzas a las que se enfrenta la empresa se utiliza un análisis FODA, que a su vez las clasifica en internas y externas, internas son las fortalezas y las debilidades, que identifican las fuerzas centrales de una organización y determinan qué debe mejorarse; mientras externas son las oportunidades y las amenazas, que en la planeación sirven para crear la misión, los objetivos, los planes y las estrategias de una organización.

FORTALEZAS

- Voluntad de la alta gerencia a cambiar las deficiencias detectadas en su funcionalidad.
- Taller en una ubicación adecuada, con cercanía de las diferentes zonas de la ciudad.
- Personal capaz y capacitado.
- Servicio de mantenimiento y reparación de todos los vehículos que se venden.
- Atención personalizada y orientada a la satisfacción del cliente.

OPORTUNIDADES

- Capacidad de atender a clientes de otros países.
- Capitalizar la mala atención de la competencia.
- Ampliar el mercado a nivel nacional, mejorando la eficiencia en los servicios.

DEBILIDADES

- Administración no orientada a la eficiencia y eficacia.
- No se prevén problemas, la manera de solucionarlos es reactiva, suelen apagarse los fuegos.
- Falta de comunicación entre departamentos.
- Procedimientos no sistematizados o estandarizados en la realización de servicios de lubricación.
- No hay control ni programación sobre el desecho de sólidos y lubricantes que se generan en el taller.

AMENAZAS

- Competencia es capaz de bajar precios y quitarnos nuestro segmento del mercado.
- Crecimiento de empresas semejantes y aparición de nuevas empresas debido al TLC.
- Aumento de talleres especializados solo en servicios rápidos.

3.2. Situación actual del taller

En el departamento de taller de Transequipos se realiza la reparación y mantenimiento a los vehículos de las marcas que allí se venden, de la calidad de éste servicio depende mucho la satisfacción de los clientes, lo cual indica que las funciones de este departamento repercuten directamente en el logro de los objetivos de la organización, por lo que se le debe dar importancia a los problemas se presentan en el taller.

3.2.1. Problemática

Hay grandes deficiencias en los servicios de mantenimiento de vehículos, específicamente en los servicios de lubricación, que incluyen engrase, aceite de motor, aceite de cajas y diferenciales.

Actualmente todos los procesos son manuales y no se cuenta con equipo que ayude a simplificar y agilizar la realización de los servicios, tampoco se cuenta con un área específica, ni una persona especializada en lubricación; entonces los servicios se vuelven lentos y difíciles de coordinar, debido a que los mecánicos generalmente están ocupados en alguna reparación o no hay lugar en donde realizarlo.

Para que un cliente pueda realizarle un servicio de lubricación a su vehículo requiere mucho tiempo, por lo que se ve la necesidad de instalar un sistema de lubricación neumático, que facilite y agilice la realización de estos servicios. Con este sistema se disminuiría el tiempo, costos de mano de obra y otros gastos ocultos que traen consigo los procesos actuales en los servicios de lubricación.

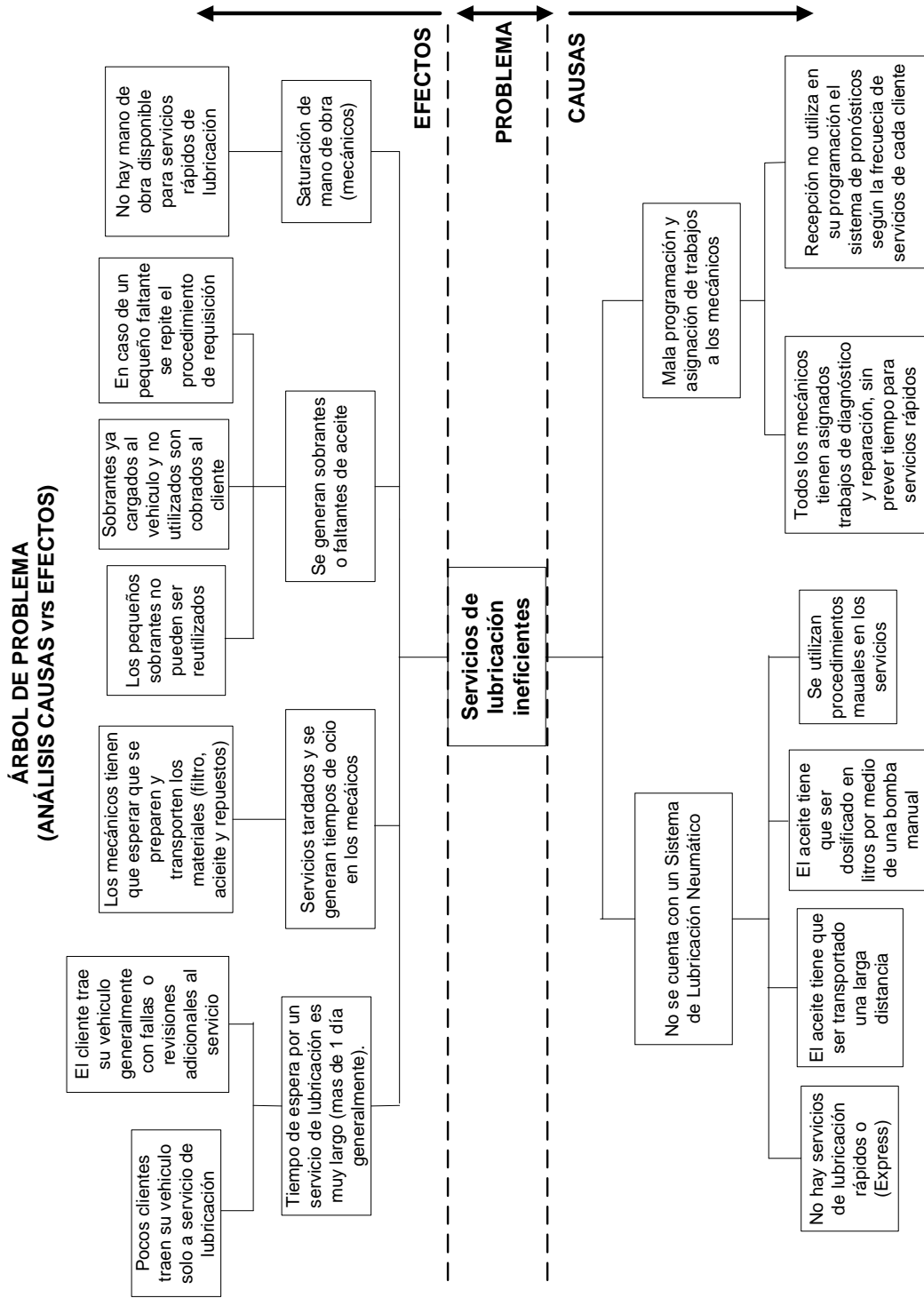
3.2.2. Análisis causas-efectos (árbol de problema)

Los servicios de lubricación no se realizan de manera eficiente, en la figura 5 se puede visualizar gráficamente las causas y los efectos de este problema, la ineficiencia se debe principalmente a que no se cuenta con un sistema de lubricación neumático, limitando así el tiempo de realización de los servicios, ya que las operaciones manuales como dosificar, transportar y vaciar los lubricantes crean grandes inconvenientes. El mecánico que realiza el servicio tiene que hacer una requisición de las partes y lubricantes, esperar que las autorice su jefe de grupo, una vez autorizadas espera a que los lubricantes sean dosificados y llevados junto con los repuestos a su área de trabajo, generando entonces tiempos de ocio en los mecánicos. Debido a que la dosificación se hace en recipientes de un litro, frecuentemente se presentan faltantes o sobrantes de aceites, los faltantes significan repetir el proceso de requisición y los sobrantes que ya fueron cargados a una orden de trabajo y no fueron utilizados son cobrados al cliente.

También afecta la mala asignación de trabajos a los mecánicos, saturándolos con reparaciones y diagnósticos, sin prever tiempo para servicios de mantenimiento rápidos; tampoco se utilizan las herramientas existentes como la programación de trabajos en base a pronósticos realizados según la frecuencia de servicios de cada cliente, ya que se estima que un cliente específico recorre en un tiempo promedio los kilómetros entre cada servicio, pudiendo así comunicarse con el cliente para establecer la fecha y la hora en que se realizará el próximo servicio, verificando también la existencia de las partes y lubricantes que se requieren para la realización de éste.

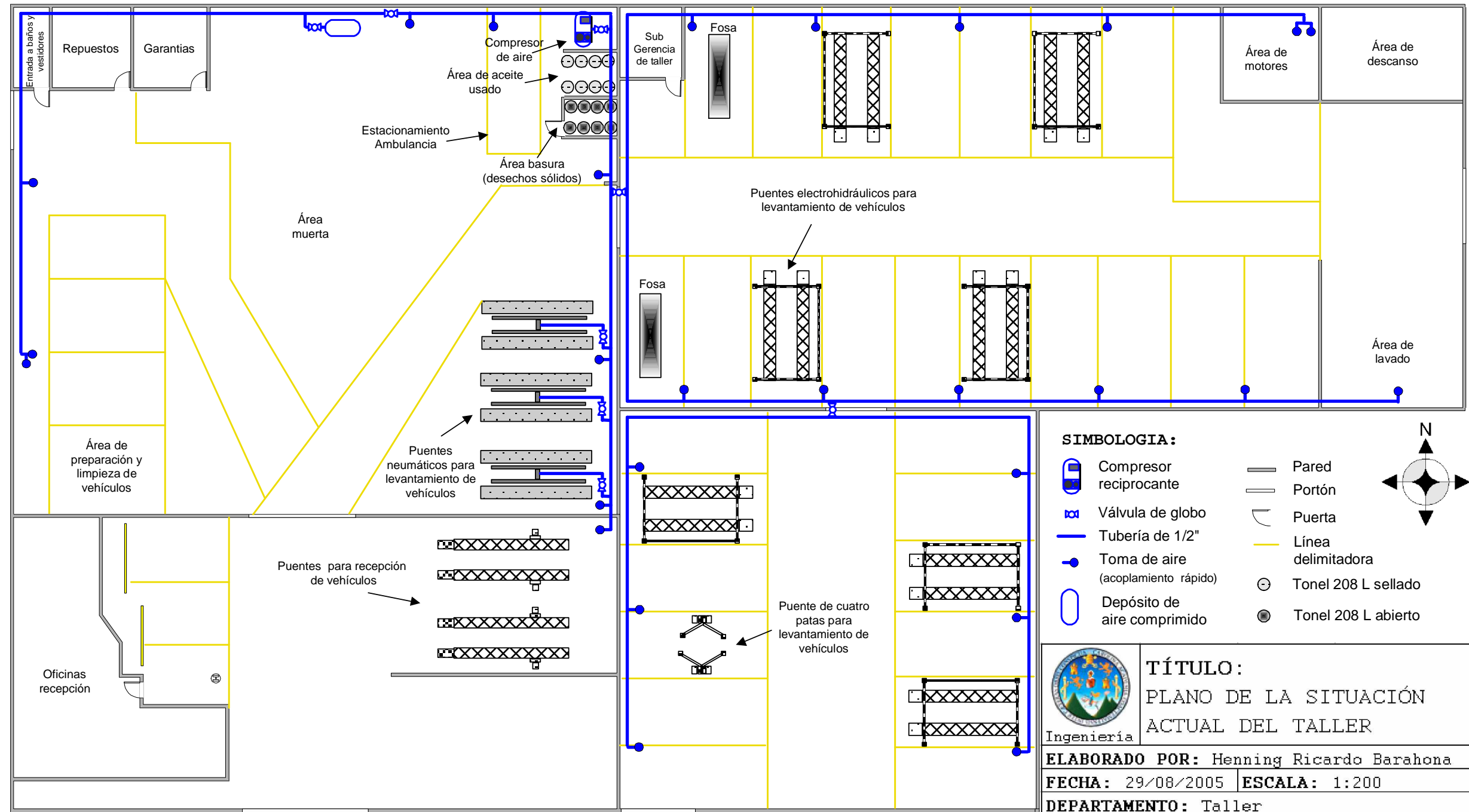
Debido a los inconvenientes que representa para un cliente llevar su vehículo a servicio de mantenimiento, la mayoría de los trabajos en el taller incluyen fallas y revisiones adicionales al servicio.

Figura 5. Árbol de problema



3.2.3. Plano de la situación actual del taller

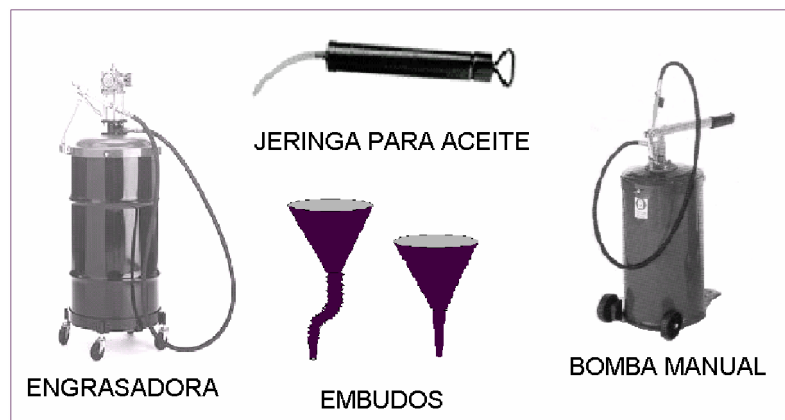
Figura 6. Plano de la situación actual del taller



3.2.4. Equipo actual para la realización de servicios

Actualmente no existe mayor equipo destinado a la realización de servicios vehiculares (ver figura 7), únicamente se cuenta con una engrasadora neumática portátil, una bomba manual para aceites de caja y diferenciales y una jeringa para aceite hidráulico, el aceite de motor es aplicado directamente de los envases o mediante un embudo.

Figura 7. Equipo actual para suministro de lubricantes



Fuente: www.tooldesk.com “Equipo de lubricación”

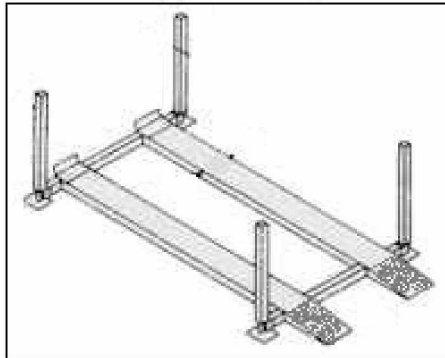
Existen ciertas ventajas y desventajas del equipo con que se cuenta actualmente en el taller, las cuales se citan en la tabla I.

Tabla I. Ventajas y desventajas del equipo actual

Equipo	Ventajas	Desventajas
Engrasadora neumática portátil	<ul style="list-style-type: none"> · Se puede utilizar en diferentes puestos del taller · Buena presión, por ser neumática 	<ul style="list-style-type: none"> · Necesita manguera de aire comprimido para operar · Se pierde tiempo en buscarla y llevarla al lugar de trabajo
Bomba manual para aceite	<ul style="list-style-type: none"> · Facilita la aplicación de lubricantes en diferentes posiciones a cajas y diferenciales 	<ul style="list-style-type: none"> · Demasiado lenta para bombear · Generalmente se necesitan dos personas para operarla
Jeringa para aceite	<ul style="list-style-type: none"> · Tiene un costo de adquisición bastante bajo 	<ul style="list-style-type: none"> · Se tiene que llenar manualmente por cada bombeo, limitando la rapidez de un servicio · Difícil de manipular · No se tiene acceso a partes con poco espacio
Embudos y mangueras	<ul style="list-style-type: none"> · Bajo costo · Fácil de utilizar 	<ul style="list-style-type: none"> · Lentitud para suministrar lubricantes · No se pueden utilizar en muchas posiciones

La empresa cuenta con 13 puentes para levantamiento de vehículos como el de la figura 8, de los cuales 2 son para recepción de vehículos, y 11 que son utilizados tanto para reparaciones como para realizar los servicios de mantenimiento que incluyen los servicios de lubricación; no existe un área específica para lubricación, sino que se realiza en los diferentes puentes del taller.

Figura 8. Esquema de un puente para levantamiento de vehículos



Fuente: www.targetlifts.com “Puente elevador de vehículos”

3.2.5. Método actual para la realización de los servicios

La metodología que se sigue para realizar un servicio vehicular es la misma no importando el tipo de servicio, a continuación se analiza la secuencia general que tienen los servicios y los inconvenientes que se presentan.

3.2.5.1. Procesos en los servicios

En las figuras 9 y 10 se muestran los eventos que se presentan al realizar un servicio vehicular, se puede observar que hay dos formas, la primer alternativa es con cita previa, indicada en la figura 9, que es cuando el cliente reporta el día y la hora a la que llevará el vehículo y la otra alternativa indicada en la figura 10, es cuando el cliente se presenta sin haber hecho cita previa.

Figura 9. Diagrama de flujo actual de operaciones para realizar un servicio vehicular con cita

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

DEPARTAMENTO: Taller de servicios

ANALISTA: Ricardo Barahona

PROCESO: Servicio vehicular con cita

DIAGRAMA No: 01

OBJETIVO: Identificar inconvenientes

PAGINA: 1/2

FECHA: 10 de octubre de 2005

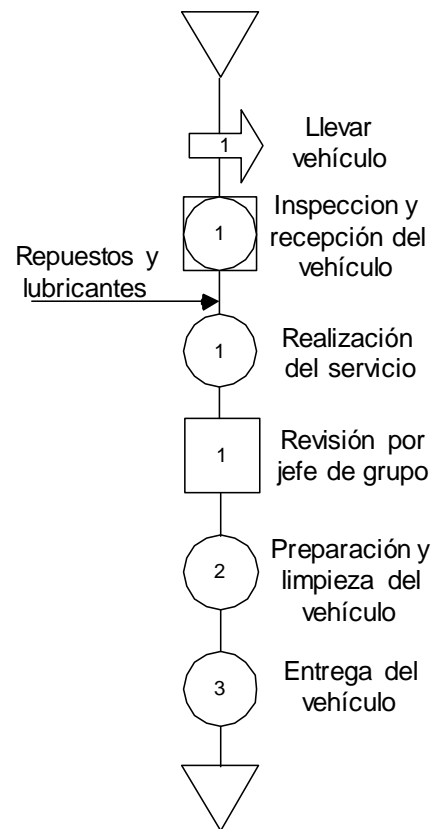


Figura 9. Diagrama de flujo actual de operaciones para realizar un servicio vehicular con cita (continuación)

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

DEPARTAMENTO: Taller de servicios **ANALISTA:** Ricardo Barahona
PROCESO: Servicio vehicular con cita **DIAGRAMA No:** 01
OBJETIVO: Identificar retrasos **PAGINA:** 2/2
FECHA: 10 de octubre de 2005

RESUMEN

No.	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Operación	3
2		Inspección	1
3		Operación inspección	1
4		Transporte	1

Tabla II. Cuadro detalle de operaciones del diagrama de flujo de un servicio vehicular con cita







OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
	El cliente lleva su vehículo al taller de servicios, habiendo realizado una cita previa
	Los receptores realizan la inspección del vehículo, solicitan los repuestos y lubricantes, y le asignan mecánico
	El mecánico recibe el vehículo junto con las partes y lubricantes, luego realiza el servicio
	El jefe de grupo realiza una inspección al vehículo, para dar el visto bueno del servicio
	Se realiza la preparación y limpieza del vehículo, para completar el servicio
	Se entrega el vehículo al cliente, indicándole las reparaciones realizadas

Figura 10. Diagrama de flujo actual de operaciones para realizar un servicio vehicular sin cita

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

DEPARTAMENTO: Taller de servicios
PROCESO: Servicio vehicular sin cita
OBJETIVO: Identificar inconvenientes
FECHA: 10 de octubre de 2005

ANALISTA: Ricardo Barahona
DIAGRAMA No: 02
PAGINA: 1/2

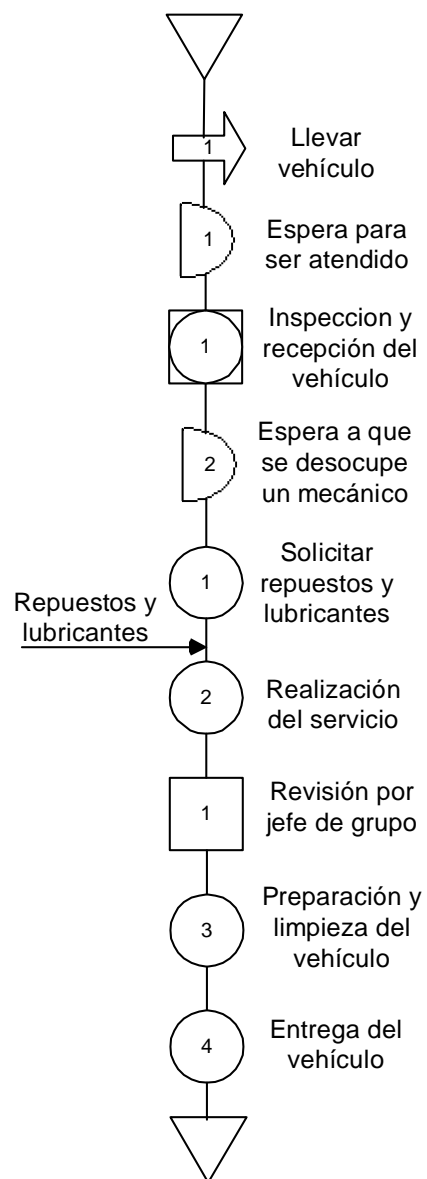


Figura 10. Diagrama de flujo actual de operaciones para realizar un servicio vehicular sin cita (continuación)

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

DEPARTAMENTO: Taller de servicios **ANALISTA:** Ricardo Barahona
PROCESO: Servicio vehicular sin cita **DIAGRAMA No:** 02
OBJETIVO: Identificar retrasos **PAGINA:** 2/2
FECHA: 10 de octubre de 2005

RESUMEN












No.	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Operación	4
2		Inspección	1
3		Operación inspección	1
4		Transporte	1
5		Demora	2

Tabla III. Cuadro detalle de operaciones del diagrama de flujo de un servicio vehicular sin cita

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
	El cliente lleva su vehículo al taller de servicios
	El cliente espera a ser atendido, en una sala destinada para este propósito; se le da prioridad a los clientes que hicieron cita
	Los receptores realizan una inspección antes de recibir el vehículo y le asignan un mecánico
	El vehículo se traslada al área muerta y espera a que se desocupe algún mecánico
	El mecánico tiene que solicitar los repuestos y lubricantes, según sea el tipo de servicio
	Una vez autorizados los repuestos y lubricates, estos son llevados al taller y el mecánico realiza el servicio
	El jefe de grupo realiza una inspección al vehículo, para dar el visto bueno del servicio
	Se realiza la preparación y limpieza del vehículo, para completar el servicio
	Se entrega el vehículo al cliente, indicándole las reparaciones realizadas

3.2.5.2. Inconvenientes

Con los procesos actuales en los servicios vehiculares se generan ciertos retrasos e inconvenientes que los hacen ineficientes, se puede ver en los diagramas de flujo de las figuras 9 y 10, que hay dos formas o alternativas para el cliente: una es llegar al taller sin haber hecho cita, con la que hay probabilidad de que tenga que esperar, ya que se le da prioridad a los clientes que hicieron cita previa, también ocurre un retraso inevitable cuando el vehículo tiene que esperar a que se desocupe un mecánico. La otra alternativa es hacer una cita, con lo que el cliente llega el día y la hora indicada, así se logra atender más rápido el servicio, ya que se hace una programación sobre quien lo va a atender y las partes que se van a utilizar, en la tabla IV se muestran las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Tabla IV. Ventajas y desventajas de las alternativas en un servicio

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Con cita previa	<ul style="list-style-type: none">· El cliente no tiene que esperar para ser atendido· El taller se programa con la asignación del mecánico, y reservar las partes y lubricantes que se necesitan para el servicio	<ul style="list-style-type: none">· El cliente tiene que llamar y coordinar el día y la hora con el taller· El cliente debe ser puntual, ya que si se pasa del tiempo estimado se atiende a otros vehículos
Sin cita previa	<ul style="list-style-type: none">· El cliente no tiene que llamar ni coordinarse con el taller· Se puede presentar en el momento que tenga tiempo	<ul style="list-style-type: none">· El cliente corre el riesgo de tener que esperar· El servicio es más tardado, generalmente más de un día· En ocasiones no hay en existencia las partes y lubricantes necesarios para el servicio

Existen ciertas deficiencias en la realización de un servicio vehicular que los hacen lentos y un tanto difíciles, específicamente en la operación de realización del servicio (ver los diagramas de las figuras 9 y 10), la cual varia para cada tipo de servicio y para cada tipo de auto, por lo que se analizó de una forma general; en esta operación se producen tiempos de ocio de los mecánicos, ya que él debe requisar el aceite, esperar que lo dosifiquen y lo transporten hacia el lugar de aplicación, adicionalmente se encuentra con dificultades para la aplicación del mismo, teniendo que buscar recipientes especiales, embudos o mangueras. También se generan desperdicios, ya que en ocasiones como en el cambio de aceite de motor el cliente paga un litro de aceite y este no es utilizado en su totalidad, esto se debe principalmente a la carencia de equipo especial para lubricación de vehículos.

3.2.6. Desecho actual de sólidos y lubricantes

En el taller de servicios se realizan ciertas actividades que conllevan un impacto en el ambiente y en la salud de los trabajadores, principalmente se debe a que el manejo de desechos sólidos y lubricantes dentro del taller, no es adecuado.

3.2.6.1. Manejo de sólidos dentro del taller

Analizando el proceso de manipulación de sólidos (basura) que se generan en el taller de servicios, se logró determinar que básicamente se generan desechos sólidos tales como: paños para limpiar (wipe), aserrín, envases plásticos, llantas, cartón, papel, chatarra y baterías, los cuales son depositados en los recipientes para basura, ver en el plano de planta del taller de la figura 6 el área de basura.

La basura se desecha sin distinción alguna, y es recolectada por una empresa privada autorizada por la municipalidad, la recogen dos veces por semana y la llevan al basurero general de la ciudad. El manejo actual de sólidos dentro del taller genera ciertas ventajas y desventajas, las cuales se citan en la tabla V.

Tabla V. Ventajas y desventajas del manejo de sólidos dentro del taller

Actividad	Ventajas	Desventajas
Manejo actual de sólidos dentro del taller	<ul style="list-style-type: none"> · Fácil ordenamiento y limpieza del taller, ya que no se tienen que clasificar los desechos sólidos · Costos bajos en el desechamiento de la basura, ya que no se requiere de personal que la clasifique · Rápidez en el flujo de la basura, ya que la recolección se realiza dos veces por semana 	<ul style="list-style-type: none"> · Contribución a la contaminación de nuestro medio ambiente · Desperdicio de materiales que podrían ser reutilizados o reciclados · No se aprovecha el beneficio económico que genera el reciclaje de materiales, que podría ayudar tanto a la economía de la empresa como a la del país en general.

3.2.6.2. Manejo de aceite usado dentro del taller

Observando el proceso de manipulación de aceite usado en el taller de servicios y analizando si hubiese alguna anomalía en el desecho de estos lubricantes, por ejemplo: tirarlos en la red cloacal o a la basura, se determinó lo siguiente:

El aceite usado es recibido en depósitos pequeños que se colocan bajo los vehículos, luego de haber vaciado la totalidad del aceite, el mecánico lo lleva al área de almacenamiento destinada a tal fin, ver en el plano de planta del taller de la figura 6 el área de aceite usado, allí se almacena en toneles de 208 litros.

El desecho de lubricantes usados se lleva a cabo en conjunto con la empresa Montecristo, la cual compra en promedio 2.5 toneles de aceite usado al mes, al cual se le realizan los respectivos tratamientos para su posterior reutilización; la empresa trabaja en base a las normativas del programa de recolección de aceite usado. El manejo actual de aceite usado dentro del taller tiene ciertas ventajas y desventajas, las cuales se citan en la tabla VI.

Tabla VI. Ventajas y desventajas del manejo de aceite usado dentro del taller

Actividad	Ventajas	Desventajas
Manejo actual de aceite usado dentro del taller	<ul style="list-style-type: none"> · Fácil almacenamiento, ya que no se tienen que clasificar entre aceite de motor, caja o diferenciales · El aceite usado es vendido, por lo cual se obtiene una ganancia · Bajos costos en el manejo, ya que es tarea del mismo mecánico llevar el aceite usado al área de almacenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> · No se clasifica entre aceite de motor, caja o diferenciales, siendo así imposible regenerar el aceite para su posterior reutilización como lubricante, solo se puede utilizar como combustible, lo cual debe ser controlado para no liberar contaminantes al medio ambiente · No hay control de si realmente el aceite usado es depositado en el área específica y no vertido en la red cloacal

3.2.6.3. Programa de recolección de aceite usado

En Guatemala se han estado realizando ciertas actividades con el fin de controlar y minimizar los daños que ocasionan una mala disposición de los aceites usados, el programa de recolección de aceite usado fue creado con esta finalidad por el ministerio de ambiente y recursos naturales (MARN).

La recolección de aceite usado empezó por la iniciativa de las empresas: Esso, Shell, Texaco y Cementos Progreso, esta última lo compraba para utilizarlo como combustible en los hornos de alta temperatura; en otros casos donde no se recolectaba el aceite usado, este se tiraba al entorno y se disponía sin ningún control ni cuidado de los recursos naturales, el ambiente y la salud humana, con graves consecuencias al ambiente, tal es el caso de la contaminación hídrica, ya que se estima que un litro de aceite usado contamina un millón de litros de agua.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN NEUMÁTICO

4.1. Evaluación de la instalación

El sistema de aire comprimido del taller, que incluye el compresor y la red de distribución, esta en condiciones que lo hacen ineficiente, esto debido a una serie de factores tales como: errores en el diseño, antigüedad y carencia de algunos elementos, falta de mantenimiento y una creciente demanda de aire comprimido.

En general, el aire que se esta suministrando actualmente es de baja calidad, ya que no cumple con los requerimientos mínimos, tanto para las herramientas que actualmente se utilizan en el taller, como para el sistema neumático de lubricación que se pretende instalar.

4.1.1. Estado del compresor actual

Cabeza del compresor

Marca: Kellog American
Tipo: Estacionario, alternativo de pistón, cilindros verticales, dos etapas, refrigerado por aire, con interenfriador, montado sobre depósito horizontal y accionado por motor eléctrico acoplado por correas con relación 3 a 1.
Modelo: B331A 8/61
RPM: 580
Depósito: 80 galones

Motor

Marca: Baldor
Tipo: Eléctrico, trifásico de 230/460V, 60Hz.
Potencia: 5 HP
RPM: 1750

El compresor actual fué fabricado en 1961 y ha sido utilizado desde la constitución de la empresa en 1991, debido al aumento en la demanda de aire comprimido, éste compresor ya no cumple con los requerimientos, y menos aun para alimentar el sistema neumático de lubricación que se pretende instalar.

La sala del compresor esta relativamente centralizada, se puede ver en la **figura 6** que es un área de 5.2 metros cuadrados, con paredes de 1.20 metros de altura; el compresor esta anclado en una estructura metálica que lo eleva 0.76 metros del suelo.

El compresor esta regulado para arrancar a 100 PSI y apagarse a 130 PSI, hay presencia de pequeñas fugas en el sistema, ya que el compresor arranca aproximadamente 2 veces por hora cuando no hay consumo de aire comprimido, es decir cuando el taller esta parado; lógicamente esto implica un gasto de energía eléctrica y desgaste innecesario del compresor.

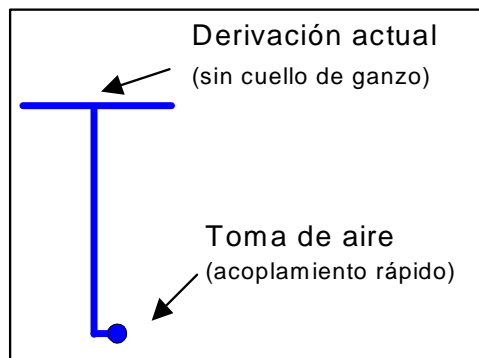
4.1.2. Estado de la red de distribución

La red de distribución tiene errores de diseño que la hacen ineficiente, prueba de ello es que no se está utilizando al máximo la potencia de las herramientas neumáticas, por pérdidas de presión en el sistema; la calidad del aire no es la adecuada, lo que acorta la vida útil del equipo y hay fugas que provocan arranques innecesarios del compresor.

La pérdida de presión se debe principalmente a que el diámetro de la tubería es de ½” desde que sale del compresor y se mantiene hasta los puntos de aplicación, se puede observar en la figura 6 el recorrido actual de la tubería, no se optó por los caminos más cortos, ni se determinó un diámetro adecuado para el flujo de aire que se demanda en todo el taller.

La calidad del aire no es la adecuada, hay presencia de partículas y agua en exceso; las partículas se deben a que no se está tratando el aire, el agua se debe a que el diseño de la tubería no permite la extracción de agua por medio de purgas, (ver figura 11) al contrario hay gran tendencia a la acumulación de agua, la cual es arrastrada por el flujo de aire en forma de chorros y llevada hasta los puntos donde herramientas y equipo neumático demandan aire comprimido.

Figura 11. Esquema de una derivación en la red de aire comprimido actual



Las fugas se deben principalmente a que no hay un programa de inspección y mantenimiento de la instalación de aire comprimido, donde se identifiquen las fugas y se reparen inmediatamente. Las fugas actuales hacen que el compresor arranque en promedio dos veces por hora, sin que el taller esté operando, debido a esto ha sido necesario apagar y descargar el compresor al final de cada día.

4.2. Sistema neumático de lubricación

Es sabido que un sistema neumático de lubricación es conjunto de equipos industriales que sirven para abastecer de los diferentes lubricantes al vehículo que está en servicio, facilitando la aplicación de lubricantes para realizar un servicio vehicular. Este sistema es simplemente una asistencia para los puestos de servicio, que ayuda a simplificar y agilizar el trabajo, logrando hacer más servicios en menos tiempo y a menor costo.

4.2.1. Equipo necesario para el sistema

Para seleccionar el equipo neumático de lubricación a instalarse, es necesario analizar ciertos factores como: compatibilidad de materiales, presión de aire disponible, presión y caudal de aceite requerido, viscosidad del aceite a bombear, pérdidas de presión por accesorios.

No hay que pasar por alto el historial de los servicios de lubricación, es decir las demandas de cada uno de los lubricantes para establecer la capacidad de despacho requerida, siempre previendo futuras ampliaciones y aumentos en la demanda. Por efectos de exactitud se toman las demandas del taller en el año 2005, debido a que en este año el taller implementó ciertas políticas que cambiaron significativamente sus demandas en comparación con años anteriores, a continuación se detallan los cálculos.

· Demanda de lubricantes para motor

Según el historial de consumos de lubricantes para motor del año 2005, indicado en la tabla VII, se tiene un total de litros al año de cada tipo de aceite, el cual se expresa en toneles (208 litros) para tener una mejor referencia del volumen que se maneja.

Debido a que se realizan servicios a diferentes vehículos con distintos tipos de motor, la cantidad de litros por servicios es variable, por lo que es útil el dato de las veces que se despacha cierto tipo de aceite (*picks*), el cual indica en este caso el número de servicios realizados.

Tabla VII. Análisis de demandas de lubricantes para motor

Año 2005	20W50		15w40		5w50		5w40		5W30	
	Picks	Litros	Picks	Litros	Picks	Litros	Picks	Litros	Picks	Litros
Enero	51	315	13	86	27	179	0	0	0	0
Febrero	42	222	14	99	36	253	0	0	0	0
Marzo	37	222	13	94	38	231	0	0	0	0
Abril	43	251	5	30	28	181	0	0	0	0
Mayo	41	238	4	29	49	328	0	0	0	0
Junio	43	250	13	83	43	301	0	0	0	0
Julio	34	203	2	14	4	24	29	191	0	0
Agosto	37	226	3	21	0	0	31	200	14	102
Septiembre	20	115	4	26	0	0	27	159	12	88
Octubre	20	122	6	40	0	0	17	119	13	83
Noviembre	35	218	2	14	0	0	26	184	9	64
Diciembre	24	135	2	14	0	0	18	123	14	106
<i>Litros</i>	427	2517	81	550	225	1497	148	976	62	443
<i>Toneles</i>		12.1		2.6		7.2		4.7		2.1

En la tabla VII se puede observar que todos los aceites de motor demandan cantidades superiores a los dos toneles anuales, por lo que son cantidades razonables para instalarlos en el sistema neumático de lubricación, a excepción del 5W50 que se discontinuó en julio, reemplazándolo por las presentaciones 5W40 y 5W30, sin embargo se tomaron en cuenta los servicios realizados con este lubricante, ya que son útiles para proyectar las demandas al futuro.

Máximo de servicios de motor por día

En la realización de servicios vehiculares ocurre un fenómeno de ciclicidad semanal, es decir que cierto día de la semana ocurre el máximo de servicios, en la tabla VIII se muestran los datos para lubricantes de motor, indicando con los *picks* el número de servicios registrados cierto día durante todo el año.

Tabla VIII. Análisis de ciclicidad de lubricantes para motor

Día	20W50		15W40		5W50		5W40		5W30		PROMEDIO %
	Picks	%	Picks	%	Picks	%	Picks	%	Picks	%	
Lunes	89	20.84	16	19.75	58	25.78	40	27.03	16	25.81	23.84%
Martes	110	25.76	24	29.63	62	27.56	40	27.03	14	22.58	26.51%
Miércoles	112	26.23	21	25.93	51	22.67	24	16.22	15	24.19	23.05%
Jueves	63	14.75	9	11.11	28	12.44	25	16.89	7	11.39	13.32%
Viernes	53	12.41	11	13.58	26	11.56	19	12.84	10	16.13	13.30%
Total	427	100	81	100	225	100	148	100	62	100	100%=943

De la tabla VIII se observa que los días lunes, martes y miércoles es cuando más servicios de lubricación de motor se realizan, presentándose como máximo el día martes con 26.51%. Del total de picks de la **tabla VII** se determina que se realizan 943 servicios de lubricación de motor al año, en la empresa se trabaja de lunes a viernes durante 52 semanas al año; entonces se espera como máximo de servicios de lubricación de motor al día:

$$\text{Max} = \frac{943 \cdot 0.2651}{52} = 4.807 \cdot 5 \text{ servicios}$$

El sistema debe ser capaz de atender por lo menos cinco servicios de lubricación de motor en un día.

· **Demanda de lubricantes varios y otros productos**

En la tabla IX se registra el historial de consumo de lubricantes varios y otros productos, y se puede ver que solamente el refrigerante, el DEX, y el 85W90 demandan cantidades suficientes para instalarlos en el sistema de lubricación neumático, el resto de productos no es rentable, ya que en muy raras ocasiones se utilizan.

Tabla IX. Análisis de demandas de lubricantes varios y otros productos

Año 2005	DEX		85W90		Refrige- rante		75W90		Aceite para caja de cambios (MTF)		Hidráulico para timón	
	Picks	Litros	Picks	Litros	Picks	Litros	Picks	Litros	Picks	Litros	Picks	Litros
Enero	9	64	6	27	18	70	0	0	2	6	7	11
Febrero	4	19	7	34	19	82	0	0	3	6	7	11
Marzo	9	63	16	53	19	82	2	2	6	16	0	0
Abril	8	39	7	23	12	43	0	0	1	2	0	0
Mayo	12	50	21	113	29	122	0	0	1	3	1	1
Junio	7	22	8	43	29	104	2	2	8	20	3	5
Julio	18	92	12	41	9	46	1	1	1	1	1	2
Agosto	16	69	10	40	11	50	1	1	2	5	0	0
Septiembre	5	29	6	17	13	57	2	2	2	5	2	2
Octubre	7	30	7	22	14	54	1	1	2	5	1	3
Noviembre	7	38	12	49	12	53	0	0	3	9	1	1
Diciembre	6	30	6	18	8	28	1	3	2	6	3	8
<i>Litros</i>	108	545	118	480	193	791	10	12	33	84	26	44
<i>Toneles</i>		2.6		2.3		3.8						

Máximo de servicios de lubricantes varios y otros productos

Debido a que el ingreso de vehículos al taller tiene un comportamiento cíclico semanalmente, se procede a realizar un análisis de ciclicidad para lubricantes varios y otros productos, indicado en la **tabla X**, donde se muestran los datos para el refrigerante, DEX y aceite 85W90, indicando con los *picks* el número de servicios registrados ese día de la semana durante todo el año.

Tabla X. Análisis de ciclicidad para lubricantes varios y otros productos

Día	Refrigerante		DEX		85W90	
	Picks	%	Picks	%	Picks	%
Lunes	46	23.96%	20	18.69%	24	20.5%
Martes	43	22.40%	32	29.91%	43	36.8%
Miércoles	32	16.67%	23	21.50%	25	21.4%
Jueves	32	16.67%	22	20.56%	18	15.4%
Viernes	40	20.83%	11	10.28%	8	6.8%
Total	193	100%	108	100%	118	100%

Se puede ver en la tabla X que en el caso del refrigerante se registro el máximo el día lunes con 46 servicios al año, que representa el 23.969% del total de servicios de refrigerante al año que es de 193, para el resto de lubricantes se tiene registrado el máximo el día martes, el DEX con 32 servicios, representando el 29.91% del total 108 servicios en un año, y el aceite 85W90 con 43 servicios equivalente al 36.8% de un total de 118 servicios al año. Entonces la capacidad instalada del sistema se calcula con los datos antes mencionados, teniendo en cuenta que en un año hay 52 semanas.

Refrigerante:

$$\text{Max} = \frac{193 \cdot 0.2396}{52} = 0.8893 \cdot 1 \text{ servicio}$$

El sistema debe tener la capacidad de atender por lo menos un servicio de refrigerante diario.

DEX:

$$\text{Max} = \frac{108 \cdot 0.2991}{52} = 0.6212 \cdot 1 \text{ servicio}$$

El sistema debe tener la capacidad de atender por lo menos un servicio de DEX diario.

85W90:

$$\text{Max} = \frac{118 \cdot 0.368}{52} = 0.8351 \cdot 1 \text{ servicio}$$

El sistema debe tener la capacidad de atender por lo menos un servicio de 85W90 diario.

En general la capacidad instalada que debe tener el sistema se detalla en la tabla XI, se tiene un total de 8 servicios vehiculares como máximo en un día, también se deben prever futuros aumentos en la demanda.

Tabla XI. Máximo de servicios por día

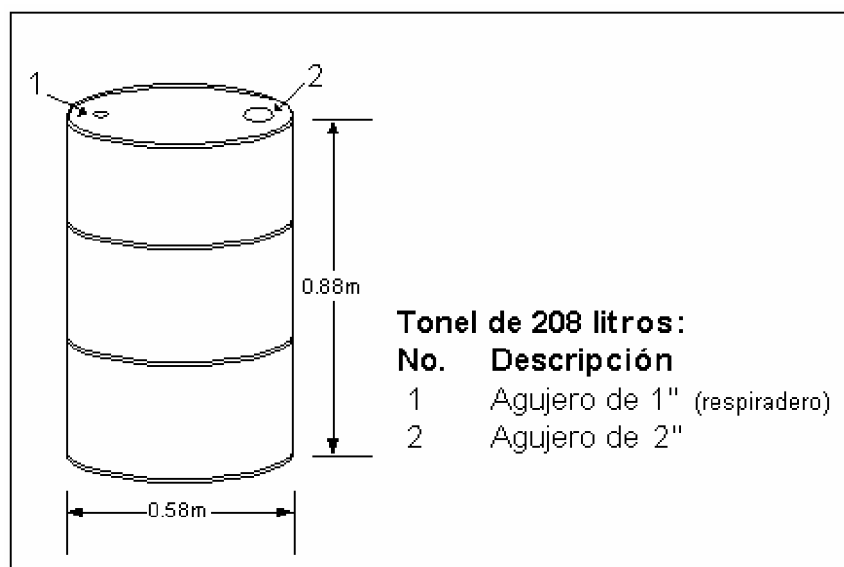
Producto	Máximo por día
Servicios de motor	5
Refrigerante	1
DEX	1
85W90	1
TOTAL de servicios	8

4.2.1.1. Depósitos de aceite

Los depósitos de aceite no son más que tanques de almacenamiento llamados bidones, de los cuales se bombea el lubricante hasta el punto de aplicación. Se debe establecer la sala de bombeo, donde se colocan los bidones, con el fin de tener mejor control, no estropear el entorno de trabajo, evitar contaminación del lubricante y minimizar el riesgo de incendios.

Hay una limitante que establece la capacidad de los bidones y es que el despacho a granel se realiza como máximo en toneles de 208 litros o 55 galones (figura 12), los cuales tienen la ventaja de poderlos utilizar como tanques de almacenamiento del sistema, lo cual evitaría también la contaminación por trasiego del lubricante; según el análisis de las demandas se puede ver en las tablas VII y IX que con estos depósitos es suficiente, ya que el máximo consumo que le corresponde al 20W50 es de 12.1 toneles al año, lo que significa un abastecimiento promedio de 1 tonel mensual.

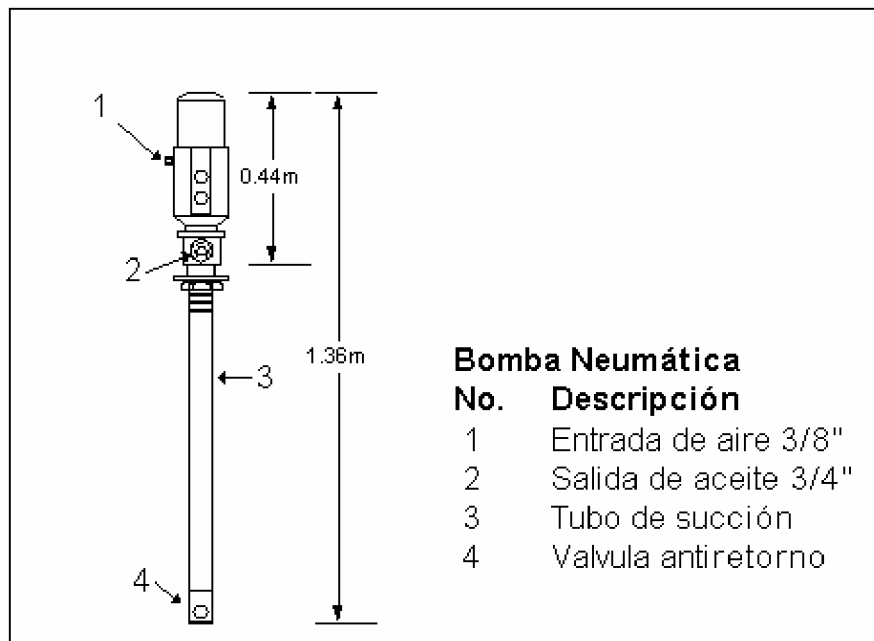
Figura 12. Depósito de aceite



4.2.1.2. Bomba de aceite

Es un equipo neumático que se utiliza para bombear un fluido desde la sala de bombeo hasta su punto de aplicación, para manejar lubricantes se utilizan bombas de pistón (ver figura 13), las cuales tienen la característica de poder multiplicar la presión del fluido en base a presión de aire disponible. Para seleccionar una bomba neumática se requiere tomar en cuenta ciertas variables como: viscosidad del fluido a manejar, caudal requerido, tipo de aplicación, los cálculos para seleccionar la bomba adecuada se detallan a continuación.

Figura 13. Bomba neumática



Pasos para seleccionar una bomba neumática:

1) Recopilar información:

Caudal requerido, en galones por minuto (GPM)

Viscosidad, en *Centipoise* (Cp)

Gravedad específica, valor adimensional basado en la densidad del agua

Tipo de aplicación:

Rociar _____

Extrusión _____

Transferencia _____

Diámetro de conductos, en pulgadas:

Manguera _____

Tubería _____

Longitud de conductos, en pies:

Manguera _____

Tubería _____

Elevación _____ (respecto a la salida de fluido de la bomba)

2) Calcular el número de Reynolds para cada diámetro de conductos.

$$RE = 3160 \frac{Q \hat{GS}}{\mu \hat{d}}$$

Donde: RE = número de Reynolds

Q = caudal (en galones por minuto)

GS = Gravedad específica

μ = Viscosidad (en Centipoise)

d = diámetro (en pulgadas)

3) Determinar si es flujo laminar o turbulento:

El flujo es laminar si $RE < 1500$

El flujo es es turbulento si $RE > 1500$

4) Calcular las caídas de presión en cada componente:

Para flujo laminar:

$$\Delta p = \mu \hat{C} \hat{Q}$$

Donde: Δp = Caída de presión en PSI

C = coeficiente de pérdida, flujo laminar (tabla XII)

Q = caudal (en galones por minuto)

μ = Viscosidad (en Poise, 1 Centipoise = 1/100 Poise)

Para flujo turbulento:

$$\Delta p = \frac{0.0135 L f GS Q^2}{d^5}$$

Donde: Δp = Caída de presión en PSI

L = Longitud equivalente

f = coeficiente de pérdida, flujo turbulento (figura 14)

GS = gravedad específica

Q = caudal (en galones por minuto)

d = diámetro (en pulgadas)

Pérdida de presión por elevación

$$\Delta p = \frac{h GS}{2.31}$$

Donde: Δp = Caída de presión en PSI

h = altura de bombeo, desde la salida de la bomba.

GS = gravedad específica

5) Determinar la relación de presión de la bomba (*Ratio*):

Se debe tener claro que el *ratio* de la bomba es la relación entre la presión de aire que entra en la bomba y la presión de fluido suministrada, es decir que una bomba 2:1 si trabaja con 100 PSI de aire, es capaz de entregar 200 PSI de fluido, esto con el fin de compensar las caídas de presión y cumplir con el caudal requerido.

$$\text{Ratio} = \frac{\Delta p}{\text{aire disponible}}$$

Tabla XII. Coeficiente de pérdida, flujo laminar

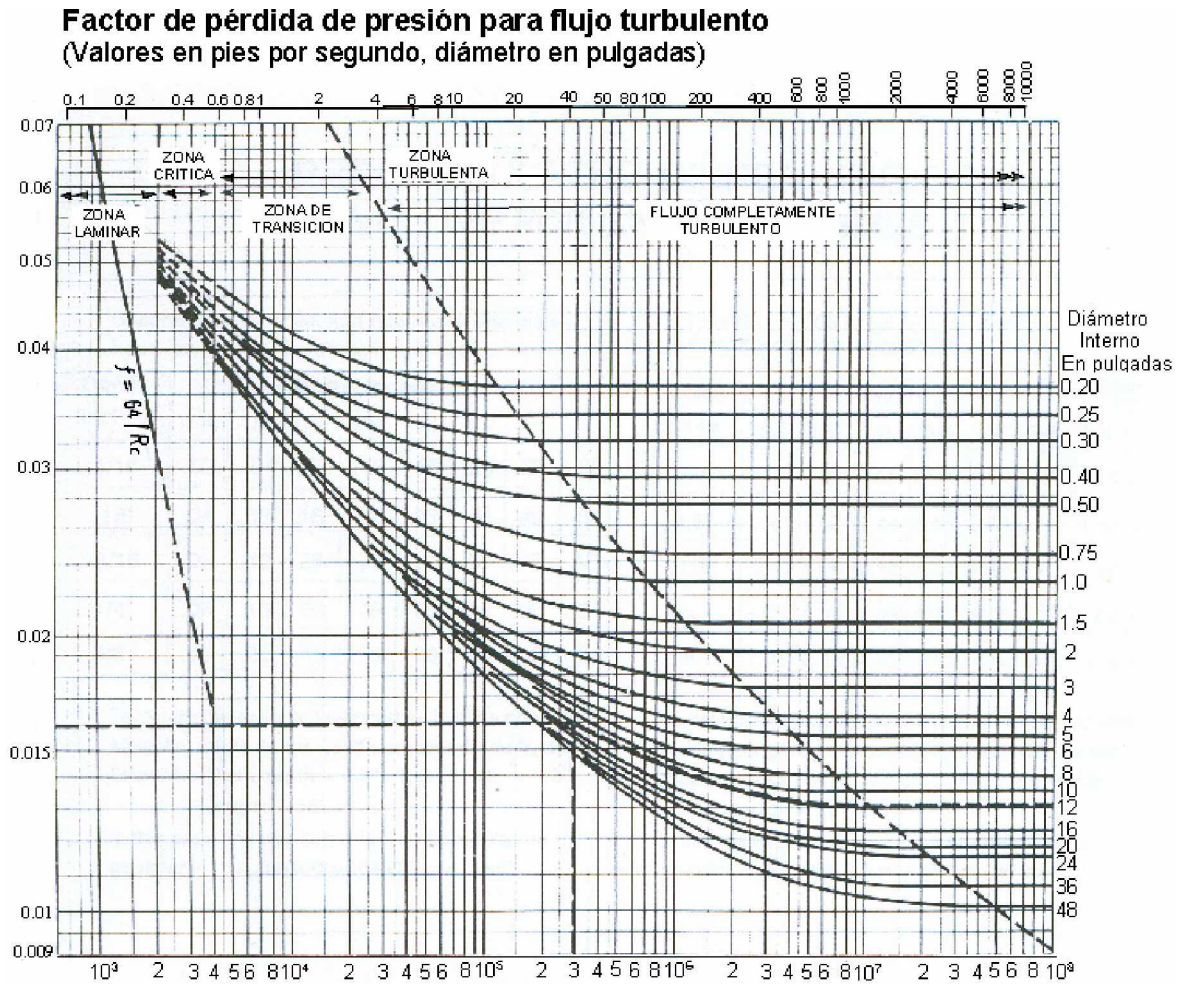
Producto	L (equivalente)	d	C
Para manguera de 100 pies (diámetro interno)			
Manguera de ¼"		0.25	530
Manguera de 5/16"		0.3125	290
Manguera de 3/8"		0.375	140
Manguera de ½"		0.50	44
Manguera de ¾"		0.75	8.6
Manguera de 1"		1.0	2.7
Para tubería de acero de 100 pies			
Tubería de ¾"		0.75	6
Tubería de 1"		1.0	2.3
Tubería de 1 ¼"		1.25	0.75
Tubería de 1 ½"		1.5	0.41
Tubería de 2"		2.0	0.15
Tubería de 3"		3.0	0.034
Tubería de 4"		4.0	0.011
Para accesorios comunes			
Medidor de aceite individual	6.0	0.375	4
Pistola de suministro estándar	1.0	0.3	15
Pistola de suministro alto volumen	0.5	0.3	1
Pistola dosificadora estándar	0.5	0.16	19.1
Pistola dosificadora alto volumen	0.5	0.30	7.2
Pistola de extrusión de aluminio	6.0	0.375	5.2
Pistola de extrusión de acero	6.0	0.25	13.7
Pistola para rociar	3.0	0.28	14

Fuente: **Manual de manejo de fluidos a base de aire comprimido ARO corporation, OHIO 1987.** (*Fluid Handling Text, Lesson 4: Selection Factors*)

De la tabla XII, el valor del coeficiente de pérdida de presión para flujo laminar "C", para manguera y tubería esta en base a 100 pies de longitud, por lo que se debe multiplicar por la longitud que se tenga y luego dividirlo entre 100. Por ejemplo, para 33 pies de manguera de 3/8" se tiene un valor "C" de:

$$"C" = \frac{C \cdot L}{100} = \frac{33 \cdot 140}{100} = 46.2$$

Figura 14. Coeficiente de pérdida de presión para flujo turbulento



Fuente: **Manual de manejo de fluidos a base de aire comprimido ARO corporation, OHIO 1987.** (Fluid Handling Text, Lesson 4: Selection Factors)

Ejemplo: El coeficiente de pérdida "f" para tubería de 12 pulgadas, con un número de Reynolds RE = 300000 (ver en la figura 14), es de f=0.016.

Cálculo de las bombas para el sistema de lubricación neumático:

Según los pasos para seleccionar una bomba neumática se deben conocer ciertos datos específicos de cada producto como la viscosidad dinámica en Cp, la cual se calcula en base a las viscosidades establecidas por la SAE a temperaturas de 40°C y 100°C, con la ayuda de un calculador de viscosidades a diferentes temperaturas se logra encontrar la viscosidad en Cst a una temperatura ambiente de 20°C, luego se multiplica esta viscosidad calculada en Cst por la gravedad específica, obteniendo así una viscosidad en las unides requeridas para el cálculo (Cp, ver tabla XIII).

Tabla XIII. Viscosidades de lubricantes a varias temperaturas

Producto	Viscosidad Cst a 40°C	Viscosidad Cst a 100°C	Viscosidad Cst a 20°C	Gravedad Específica	Viscosidad Cp a 20°C
Refrigerante*	----	----	18.0	1.125	16
DEX	37.0	7.7	83.4	0.8601	71.7
15W40	90.8	14.4	234.6	0.8791	206.2
85W90	157.0	13.6	626.3	0.9060	567.4
20W50	126.0	18.1	342.0	0.8860	303.0
5W40	94.0	15.1	239.6	0.8560	205.1
5W30	63.2	10.6	161.3	0.8600	138.7

Fuente: **Calculador de viscosidades Shell**, www.baseoils.shellglobalsolutions.com

***Manual de manejo de fluidos a base de aire comprimido ARO corporation, OHIO** 1987. (*Fluid Handling Text, Lesson 4: Selection Factors*). Pág. 25.

También es necesario establecer el caudal requerido, para lo cual se creó la tabla XIV como una ayuda para determinar el caudal mínimo que se puede esperar de una bomba neumática instalada en un sistema con carrete de manguera y pistola de suministro.

Tabla XIV. Tabla de referencia de caudal

μ (Cp)	Q (GPM)	μ (Cp)	Q (GPM)
5	11	250	3
10	9	300	2
15	8	350	2
25	7	400	2
50	6	450	1
100	5	500	1
150	4	550	1
200	3	600	1

Fuente: Datos tabulados para un sistema de lubricación con carrete de manguera y pistola de suministro, en base a: **Manual de manejo de fluidos a base de aire comprimido ARO corporation**, OHIO 1987. (*Fluid Handling Text, Lesson 4: Selection Factors*). Pág. 21.

De la tabla de referencia de caudal (tabla XIV), se interpolan los valores de las viscosidades de los fluidos que se utilizarán, obteniendo los valores del caudal requerido que no se encuentran en la tabla, los cuales se muestran en la tabla XV.

Tabla XV. Datos específicos para el cálculo de las bombas

Producto	Q (GPM)	μ (Cp)	GS	L de tubería $\frac{3}{4}$ " (pies)*
Refrigerante	8	16	1.1300	11.64
DEX	6	71.7	0.8601	8.70
15W40	3	206.2	0.8791	5.74
85W90	1	567.4	0.9060	4.43
20W50	2	303.0	0.8860	5.74
5W40	3	205.1	0.8560	8.2
5W30	4	138.7	0.8600	10.33

* La longitud de tubería fue calculada en base a plano de la figura 20

Para el cálculo de las bombas, se debe tomar en cuenta los requerimientos siguientes:

- Una manguera de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, de 5 pies de largo antes de la tubería (ver figura 18, pag 79).
- La manguera de los carretes es de un diámetro de $\frac{1}{2}$ " y 10m de largo, equivalentes a 32.8 pies (ver figura 16, pág. 76).
- Los medidores de aceite (pistolas de suministro) tienen un diámetro en la boquilla de 0.16" (ver figura 17, pág. 77).
- Hay una elevación de 1.10m que equivale a 3.608 pies (ver figura 15, pág. 74).

Con la finalidad de mostrar detalladamente el cálculo para la selección de una bomba neumática se trabajará inicialmente para un flujo turbulento el refrigerante de motor en inciso A, y la bomba para flujo laminar en el inciso B.

A) Bomba para el Refrigerante

Se realiza el cálculo de la bomba para refrigerante, debido a que es el único fluido de los que se va a manejar, que tiene un flujo turbulento.

1) Datos

Caudal requerido: 8 GPM

Viscosidad: 16 cP de la tabla XV.

Gravedad específica: 1.13 de la tabla XV.

Tipo de aplicación: Transferencia

Diámetro de conductos, en pulgadas: (ver figura 15, pág. 74)

Manguera a la salida de la bomba de $\frac{3}{4}$ " = 0.75"

Tubería de $\frac{3}{4}$ " = 0.75"

Carrete de manguera de $\frac{1}{2}$ " = 0.5"

Pistola medidora de aceite = 0.16"

Longitud de conductos, en pies:

Manguera a la salida de la bomba 5 pies (ver figura 15, pág. 74)

Tubería 11.64 pies (de tabla XV)

Carrete de manguera de $\frac{1}{2}$ " = 10m = 32.8 pies (figura 16, pág. 76)

Elevación 1.10 metros, equivalente a 3.608 pies (ver figura 15, pág. 74)

2) Calcular el número de Reynolds:

Manguera y tubería de $\frac{3}{4}$ "

$$RE = 3160 \left(\frac{8 \cdot 1.13}{16 \cdot 0.75} \right) = 2380.53$$

Manguera de $\frac{1}{2}$ "

$$RE = 3160 \left(\frac{8 \cdot 1.13}{16 \cdot 0.5} \right) = 3570.8$$

Pistola medidora de aceite 0.16"

$$RE = 3160 \left(\frac{8 \cdot 1.13}{16 \cdot 0.16} \right) = 11158.8$$

3) Determinar si es flujo laminar o turbulento:

En todos los diámetros el flujo es turbulento, ya que $RE > 1500$

4) Calcular las caídas de presión en cada componente: (con fórmula para flujo turbulento)

5 pies de manguera de $\frac{3}{4}$ ", $f = 0.048$ (de figura 14)

$$4p = \frac{0.0135 \cdot 0.048 \cdot 5 \cdot 1.13 \cdot 8^2}{0.75^5} = 0.9874$$

11.64 pies de tubería de $\frac{3}{4}$ ", $f = 0.048$ (de figura 14)

$$4p = \frac{0.0135 \cdot 0.048 \cdot 11.64 \cdot 1.13 \cdot 8^2}{0.75^5} = 2.2987$$

32.8 pies de manguera de $\frac{1}{2}$ ", $f = 0.044$ (de figura 14)

$$4p = \frac{0.0135 \cdot 0.044 \cdot 32.8 \cdot 1.13 \cdot 8^2}{0.5^5} = 45.0888$$

Pistola medidora de aceite 0.16", $f = 0.042$ (de figura 14)

$$4p = \frac{0.0135 \cdot 0.042 \cdot 0.5 \cdot 1.13 \cdot 8^2}{0.16^5} = 195.529$$

Elevación 1.10 metros, $h = 3.608$ pies

$$4p = \frac{3.608 \cdot 1.13}{2.31} = 1.765$$

La suma de todas las pérdidas de presión da:

$$4p = 0:9874 + 2:2987 + 45:0888 + 195:529 + 1:765$$

$$4p = 245:669 \text{ PSI}$$

5) Determinar la relación de presión de la bomba (*Ratio*):

El aire disponible en el sistema es de 100 PSI, por lo que la relación de presión (*ratio*) es:

$$\text{Ratio} = \frac{245:669}{100} = 2:45669$$

Es necesario hacer mención que de acuerdo a los cálculos debería utilizarse la bomba con *Ratio* 2:1 no obstante, dentro de las especificaciones del fabricante se estipula que para instalaciones medias que incluyan carretes de manguera y pistolas de suministro de lubricante, sea utilizada la bomba con *Ratio* de presión 3:1 debido a que una de menor relación de presión trabajaría forzada; entonces con una bomba 3:1 se lograría que el lubricante 85W90 sea suministrado a un caudal de 8 galón por minuto.

B) Bomba para 85W90:

Se realiza el cálculo de la bomba para éste producto como ejemplo, debido a que es el fluido más viscoso que se va a manejar, tiene un flujo laminar al igual que el resto de lubricantes.

1) Datos:

Caudal requerido: 1 GPM

Viscosidad: 567.4 cP de la tabla XV.

Gravedad específica: 0.9060 de la tabla XV.

Tipo de aplicación: Transferencia

Diámetro de conductos, en pulgadas: (ver figura 15, pág. 74)

Manguera a la salida de la bomba de $\frac{3}{4}$ " = 0.75"

Tubería de $\frac{3}{4}$ " = 0.75"

Carrete de manguera de $\frac{1}{2}$ " = 0.5"

Pistola medidora de aceite 0.16"

Longitud de conductos, en pies:

Manguera a la salida de la bomba = 5 pies (ver figura 18, pág. 79)

Tubería de $\frac{3}{4}$ " = 4.43 pies (de tabla XV)

Carrete de manguera de $\frac{1}{2}$ " = 10m = 32.8 pies (figura 16, pág. 76)

Elevación 1.10 metros, equivalente a 3.608 pies (ver figura 15, pág. 74)

2) Calcular el número de Reynolds.

Manguera y tubería de $\frac{3}{4}$ "

$$RE = 3160 \left(\frac{1 \cdot 0.906}{567.4 \cdot 0.75} \right) = 6.7276$$

Manguera de ½"

$$RE = 3160 \left(\frac{1 \cdot 0.906}{567.4 \cdot 0.5} \right) = 10.0915$$

Pistola medidora de aceite 0.16"

$$RE = 3160 \left(\frac{1 \cdot 0.906}{567.4 \cdot 0.16} \right) = 31.5359$$

3) Determinar si es flujo laminar o turbulento:

En todos los diámetros el flujo es laminar, ya que $RE < 1500$

4) Calcular las caídas de presión en cada componente:

5 pies de manguera de ¾", $C=0.43$ (de tabla VIII)

$$4p = 5.674 \cdot 0.43 \cdot 1 = 2.4398$$

4.43 pies de tubería de ¾", $C=0.2658$ (de tabla XII)

$$4p = 5.674 \cdot 0.266 \cdot 1 = 1.5093$$

32.8 pies de manguera de ½", $C=14.432$ (de tabla XII)

$$4p = 5.674 \cdot 14.432 \cdot 1 = 81.8872$$

Pistola medidora de aceite 0.16", $C=19.1$ (de tabla XII)

$$4p = 5.674 \cdot 19.1 \cdot 1 = 108.3734$$

Elevación 1.10 metros, h=3.608 pies

$$4p = \frac{3:608 \cdot 0:906}{2:31} = 1:4151$$

La suma de todas las pérdidas de presión nos da:

$$4p = 2:4398 + 1:5093 + 81:8872 + 108:3734 + 1:4151$$

$$4p = 195:6248 \text{ PSI}$$

5) Determinar la relación de presión de la bomba (*Ratio*):

El aire disponible en el sistema es de 100 PSI, por lo que la relación de presión (*ratio*) es:

$$\text{Ratio} = \frac{195:6248}{100} = 1:9562$$

Como se refirió en el cálculo para el refrigerante de motor la bomba recomendada por el fabricante es la que tenga relación de presión 3:1, logrando con ella suministrar aceite a un caudal de 8 galones por minuto.

Los pasos mostrados con anterioridad deben ser aplicados para cada uno de los fluidos que serán utilizados en el sistema de lubricación, a continuación se muestra la tabla XVI, donde se recopilan los resultados de cada uno de los cálculos por fluido.

Tabla XVI. Tipo de bomba para cada producto

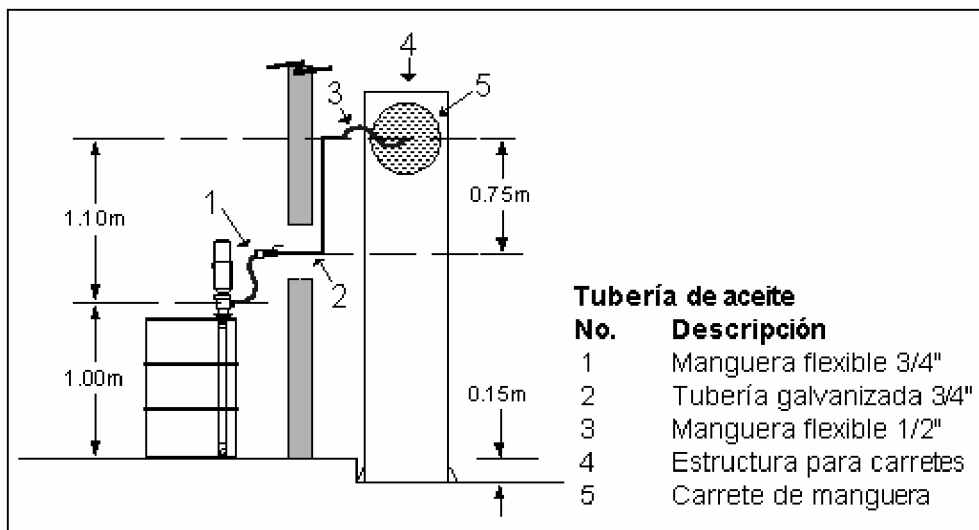
Producto	Q (GPM)	Δp	<i>Ratio</i>	Tipo de bomba
Refrigerante	8	245.669	2.4567	3:1
DEX	6	149.693	1.4969	3:1
15W40	3	213.593	2.1359	3:1
85W90	1	195.625	1.9563	3:1
20W50	2	209.281	2.0928	3:1
5W40	3	213.333	2.1333	3:1
5W30	4	193.203	1.9320	3:1

La tabla ofrece la gama de resultados en forma simultánea facilitando la selección de la bomba adecuada para cada tipo de fluido, mostrando claramente la óptima recomendada por el fabricante, que estipula que para instalaciones medias que incluyan carretes de manguera y pistolas de suministro de lubricante, sea utilizada como mínimo una bomba con *Ratio* de presión 3:1 debido a que una de menor relación de presión trabajaría forzada.

4.2.1.3. Tubería de aceite

La tubería de aceite es la que conecta a las bombas neumáticas con los carretes de manguera, llevando el fluido desde los bidones hasta el punto de aplicación, se puede ver en la figura 15 el recorrido de la tubería, desde el depósito (tonel) hasta el carrete de manguera.

Figura 15. Tubería de aceite (corte lateral)



Es conveniente utilizar tubería galvanizada HG de 3/4" cédula 40 del mercado local, éste diámetro debido a que la salida de la bomba es 3/4" y un diámetro menor generaría caídas de presión innecesarias; para la conexión a los carretes es necesario un reductor, ya que la manguera que conecta al carrete con la tubería es de 1/2".

Se puede observar que la tubería tiene un recorrido por elevación de 0.75m, mientras que las distancias horizontales se pueden calcular o medir del plano de la tubería de aceite (figura 20, pág. 81). Entonces la longitud total de tubería es la suma del recorrido por elevación más las distancias horizontales.

Tabla XVII. Longitudes de tubería ¾"

Producto	Longitud en metros	Longitud en pies
Refrigerante	3.55	11.64
DEX	2.65	8.70
15W40	1.75	5.74
85W90	1.35	4.43
20W50	1.75	5.74
5W40	2.5	8.2
5W30	3.15	10.33

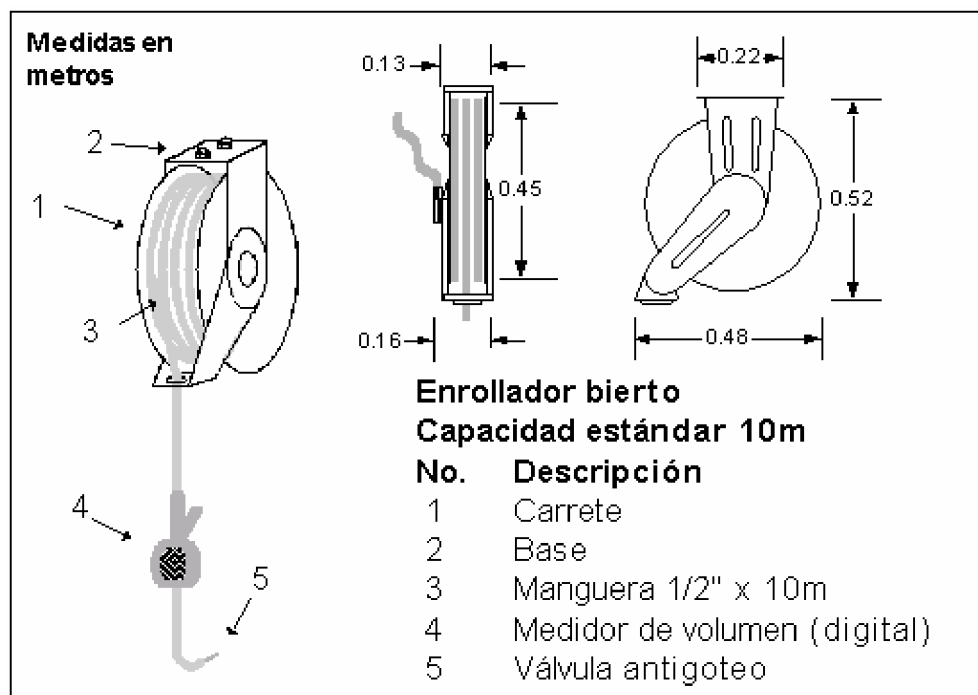
Se debe tener presente que entre la tubería galvanizada y la bomba hay una manguera flexible de ¾" de diametro y de 5 pies de largo, la cual se debe tomar en cuenta para el cálculo de las bombas, realizado en la pagina 64. La función de esta manguera es contrarestar las vibraciones producidas por la bomba y facilitar el reemplazo de depósito, para lo cual es necesario desmontar la bomba del tonel.

4.2.1.4. Carretes de manguera

Un carrete de manguera no es más que un dispensador o enrollador de manguera (ver figura 16), que permite el suministro de un fluido a diferentes puntos donde se le requiera, facilitando la maniobrabilidad ya que incluyen un mecanismo que regresa la manguera automáticamente.

Se debe instalar un enrollador de manguera por cada fluido utilizado, con una pistola de distribución adecuada en el extremo libre de la manguera; éstos pueden ir montados en la pared, techo o en una estructura para el efecto.

Figura 16. Carretes de manguera

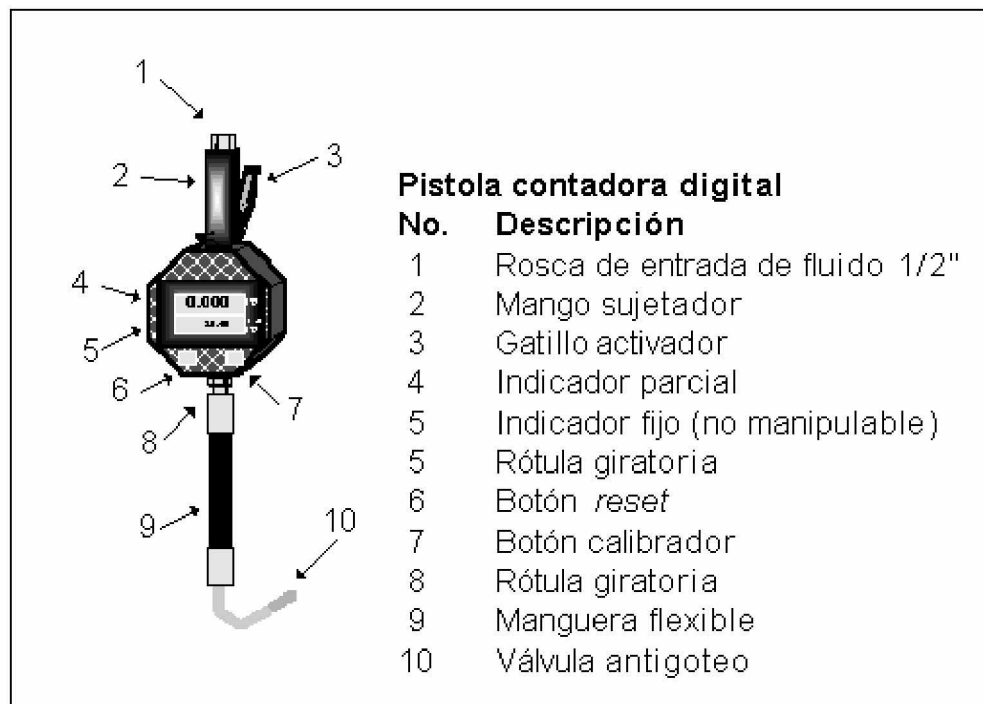


4.2.1.5. Medidor de aceite

Un medidor de aceite es un contador volumétrico que permite la lectura parcial del volumen suministrado y totalizar la cantidad despachada hasta la fecha, este último dato es no manipulable, útil para el control de inventario.

En éste caso lo más conveniente es utilizar pistolas de suministro que incluyan medidor de aceite, es decir que el contador esta montado sobre la pistola, que contiene un protector de caucho para evitar daños al contador, también incluyen filtro, rótula giratoria y boquilla antigoteo (ver figura 17).

Figura 17. Medidor de aceite



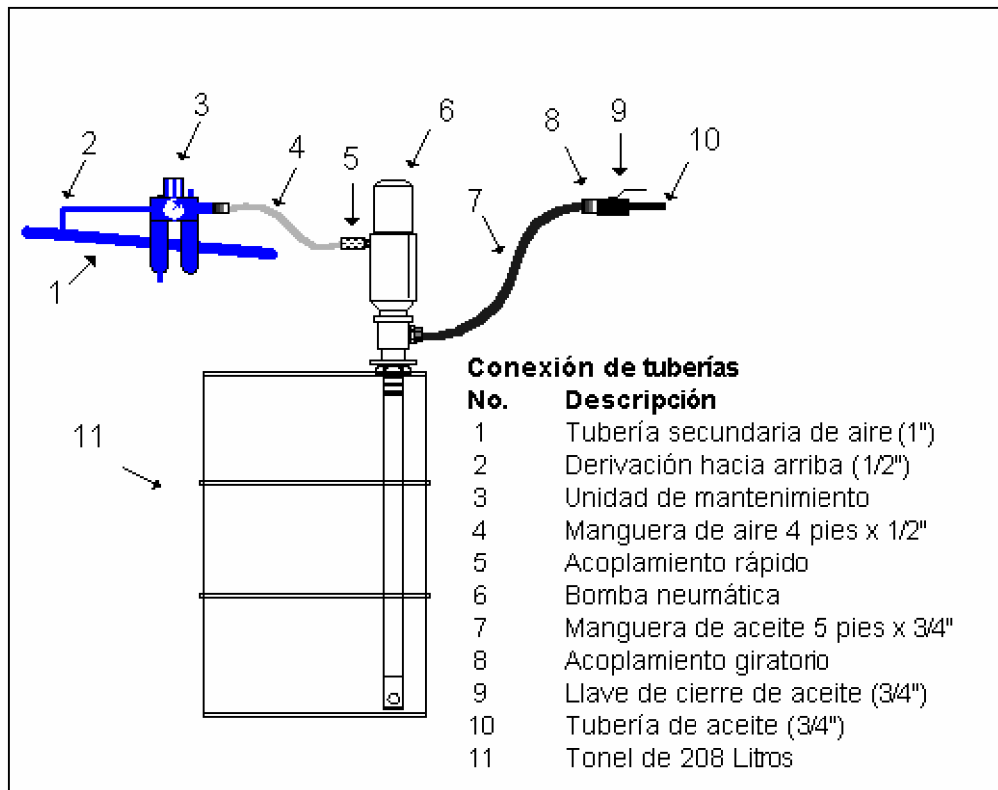
4.2.1.6. Recomendaciones de conexión

En la figura 18 se muestra gráficamente las recomendaciones para instalar las bombas de aceite. Para la tubería de derivación de aire se debe realizar una derivación de tipo cuello de ganzo, para disminuir la presencia de agua en la tubería, posteriormente una unidad de mantenimiento por cada bomba, que permita filtrar, lubricar y regular la presión de aire, se utilizará una manguera de aire de 4 pies de largo con acoplamiento rápido en su extremo libre que irá conectado a la bomba.

Para conectar la salida de la bomba de aceite con la tubería, se recomienda una manguera de $\frac{3}{4}$ " de diámetro por 5 pies de largo, con un acoplamiento giratorio en el extremo que se conecta con la tubería, esto con el objetivo de poder desmontar la bomba del bidón sin tener que desconectar la tubería. Posteriormente una llave de paso, que permita cerrar el flujo de aceite en caso de emergencia, o al final de cada jornada de trabajo.

Antes de conectar la tubería de aceite se recomienda una limpieza o lavado, debido a que la tubería trae rugosidad y suciedad por el proceso de fabricación, que puede contaminar el producto o generar un flujo turbulento. Para conectar los accesorios se debe utilizar un sellador de juntas, con el fin de evitar la presencia de fugas.

Figura 18. Conexión de las bombas

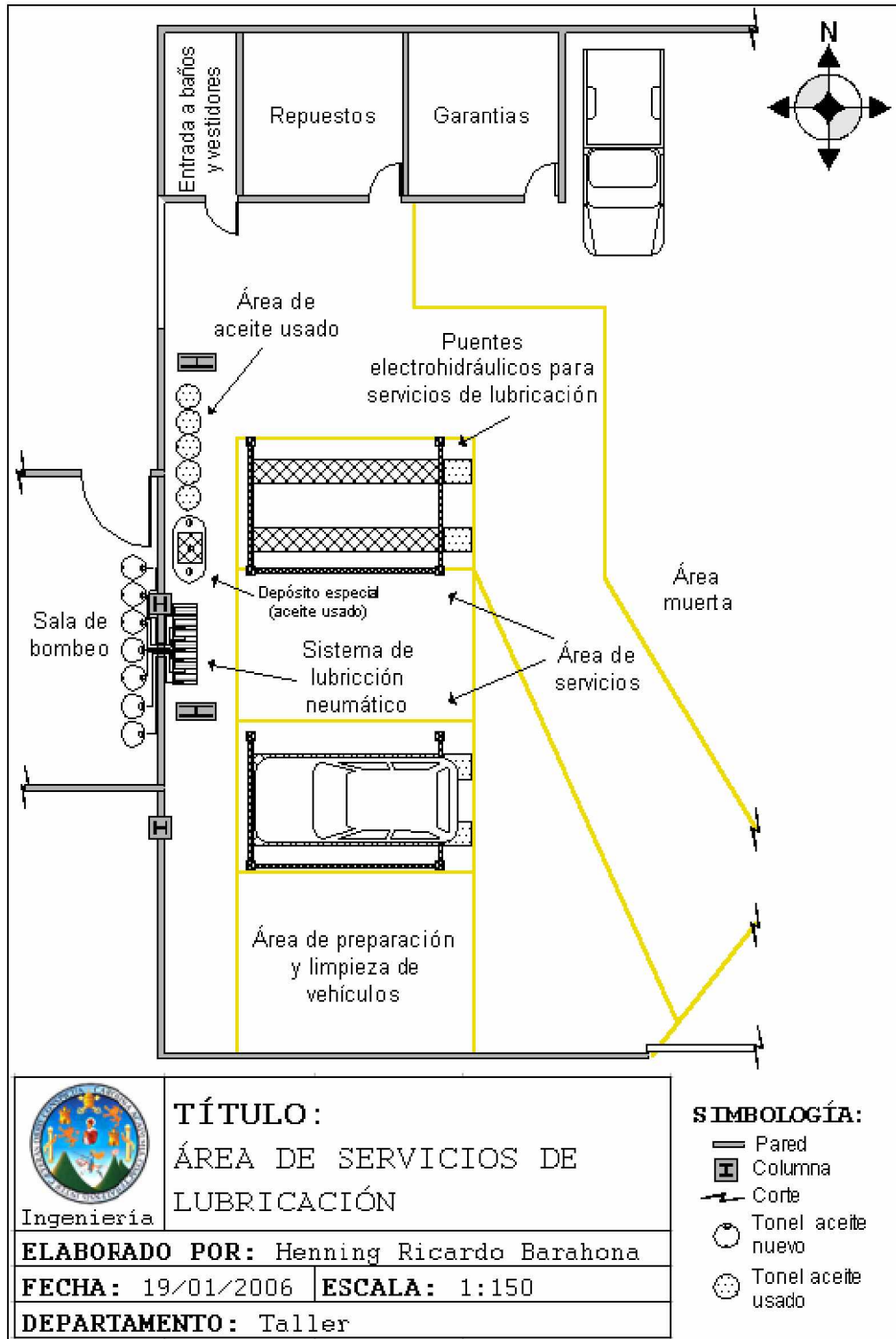


4.2.2. Planos del diseño

El área de servicios de lubricación en su nuevo diseño, organiza de manera más eficiente el equipo y los componentes necesarios para los servicios, está diseñada ergonómicamente e incorpora elementos que mejoran el despacho de lubricantes.

Los planos a continuación detallan cada uno de los componentes necesarios, su ubicación y disposición propiciando un mejor entorno de trabajo, garantizando seguridad para el mecánico y el vehículo, logrando con dicha distribución una mayor efectividad en el servicio.

Figura 19. Ubicación del equipo



Ingeniería

TÍTULO:
ÁREA DE SERVICIOS DE LUBRICACIÓN

ELABORADO POR: Henning Ricardo Barahona

FECHA: 19/01/2006 | **ESCALA:** 1:150

DEPARTAMENTO: Taller

SIMBOLOGÍA:

- Pared
- Columna
- ⚡ Corte
- Tonel aceite nuevo
- ⊙ Tonel aceite usado

Figura 20. Tubería de aceite

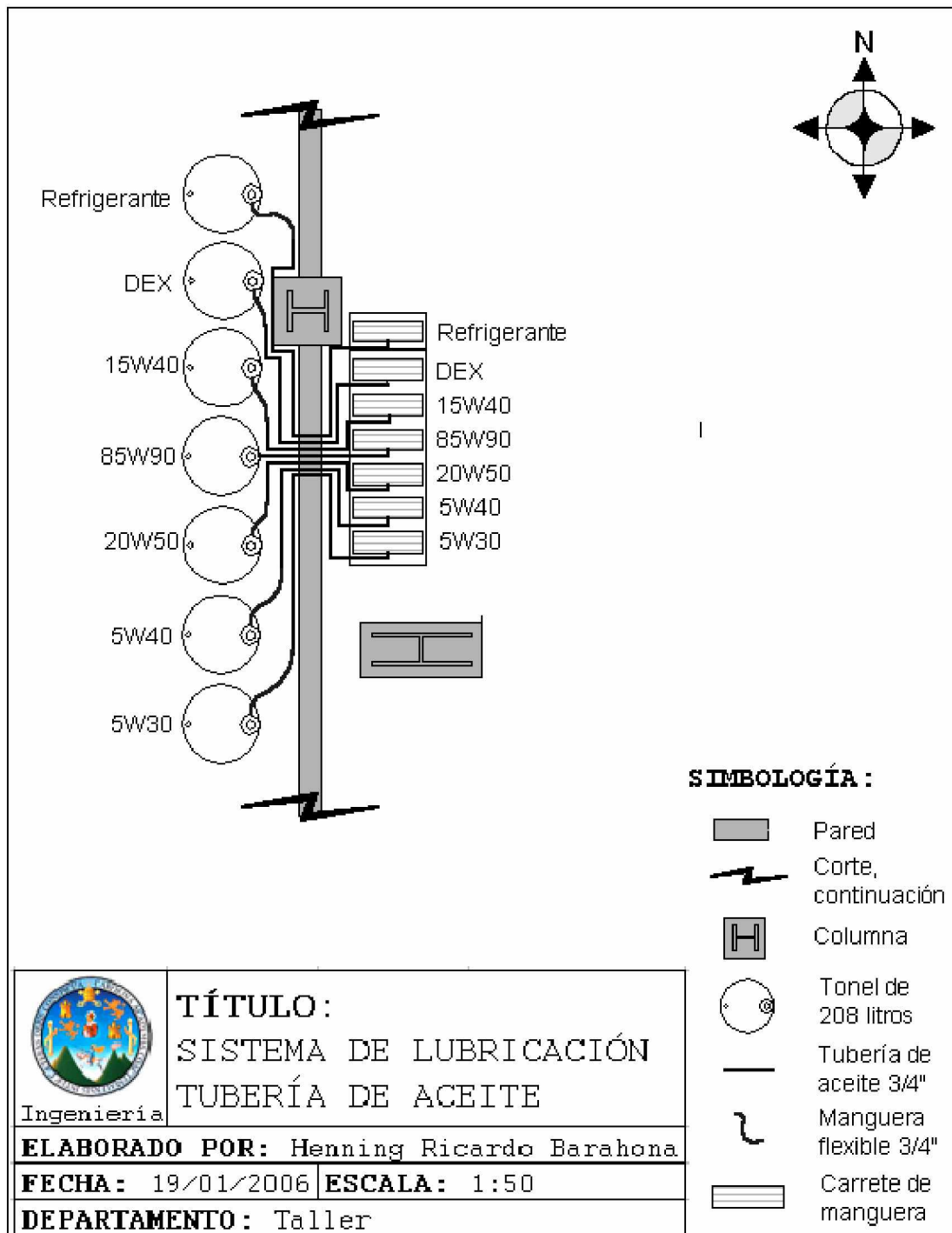
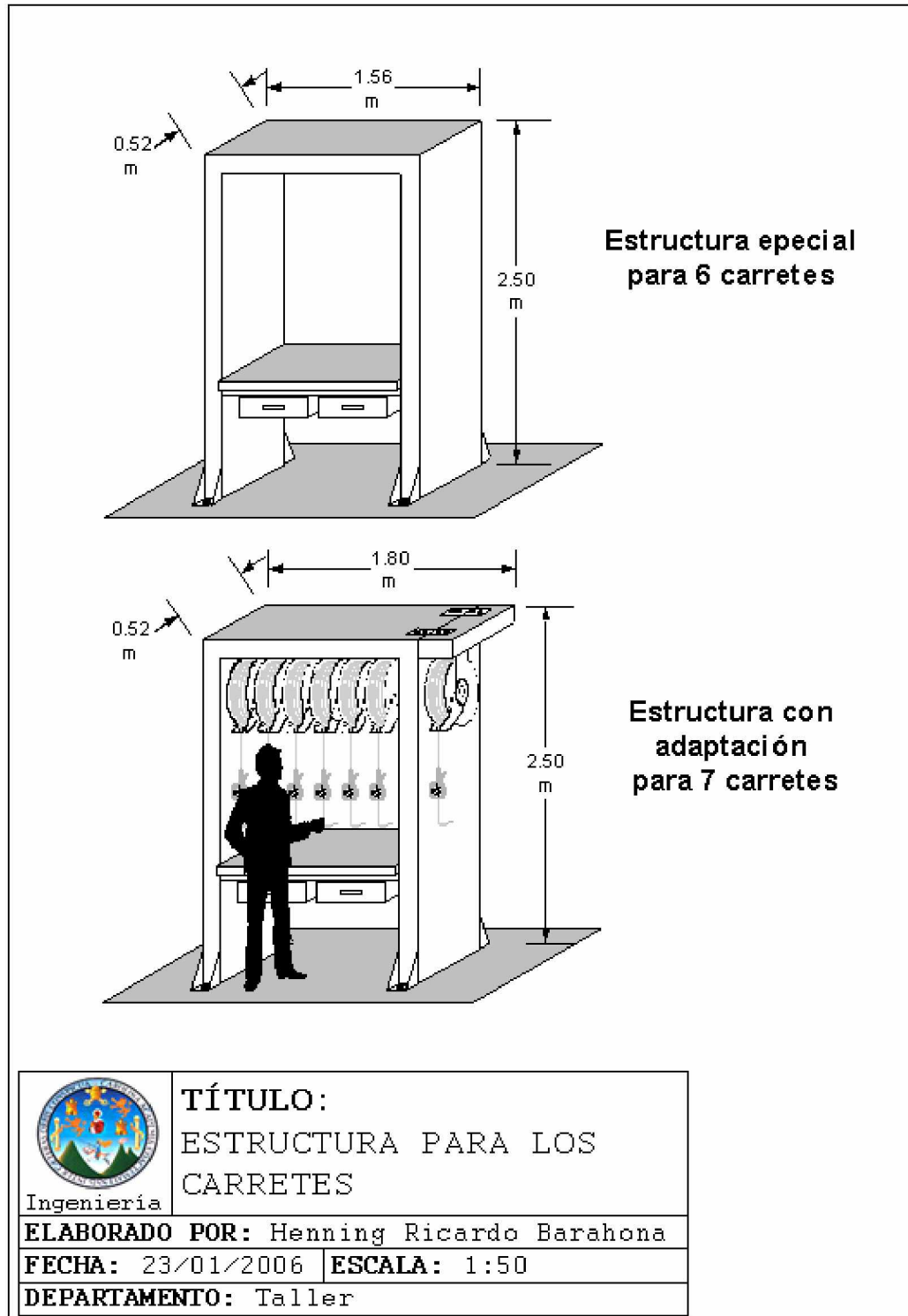


Figura 21. Estructura para los carretes



4.2.3. Consumo de aire requerido por el sistema de lubricación

El sistema de lubricación neumático, como su nombre lo indica es apoyado por aire comprimido, por lo que su funcionamiento consume cierta cantidad de aire que influye mucho en la selección del compresor a instalarse. El consumo total del sistema se procede a calcular de la siguiente manera:

Consumo unitario:

Se tienen 7 bombas neumáticas 3:1, ver tabla XVI, las cuales tienen un consumo de individual de 1.55 Nm^3 por minuto, según datos del fabricante.

Coefficiente de utilización:

Se refiere al porcentaje de tiempo que cierto equipo demanda aire comprimido en una jornada de trabajo, en el caso del sistema de lubricación neumático, el coeficiente de utilización depende de la cantidad de servicios que se realice, por lo que se procede a calcularlo de la siguiente manera:

$$F = \frac{T_u \cdot 100}{T_t}$$

Donde:

F = factor de utilización (%)

T_u = tiempo total que se hace uso del equipo (min)

T_t = tiempo total de observación (min)

Para efectos de cálculo se toma como el tiempo total de observación la jornada de trabajo, que se labora en una jornada diurna especial de lunes a viernes, de 10 horas diarias con 1 hora y 12 minutos de almuerzo, obteniendo un total de 8 horas 48 minutos de tiempo efectivo de trabajo, equivalente a 528 minutos diarios.

El tiempo de funcionamiento se obtiene multiplicando el total de servicios al día por el tiempo que se tarda en suministrar un lubricante, para fines de cálculo se utiliza el fluido de mayor viscosidad (85W90), ya que tiene un caudal de 1 GPM siendo el que toma más tiempo en ser despachado, en promedio se suministra un galón en cada servicio, entonces el tiempo de suministro es de 1 minuto.

Previendo futuros aumentos en la demanda y los días en los que se tiene que atender un número mayor de servicios de lo normal, se toma el doble del total de servicios reales al día, ver (tabla XI, $8 \times 2 = 16$), teniendo entonces un tiempo total de funcionamiento al día de 16 minutos, entonces el factor de utilización es:

$$F = \frac{16 \times 100}{528} = 3.03\%$$

El coeficiente de utilización para el sistema de lubricación neumático nos indica que el equipo demanda aire comprimido un 3.03% del 100% que equivale a una jornada de trabajo.

Demanda teórica del sistema:

Es importante tener presente que cada servicio que se realiza es de un solo tipo de lubricante, por lo que solo una bomba demanda aire específicamente para un servicio, entonces para encontrar la demanda teórica "D" del sistema se multiplica el consumo unitario por el coeficiente de utilización, no importando el número de bombas:

$$D = 1:55 \hat{a} 0:0303 = 0:046965 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

El sistema de lubricación neumático tiene una demanda teórica de 0.046965 Nm³ por minuto.

4.2.4. Consumo de aire del equipo y herramienta del taller

A todo equipo y herramienta que demanda aire comprimido se le denomina equipo neumático, en el taller se cuenta con variedad de estos equipos, de los cuales es importante saber cuanto aire requieren y cuan frecuente se utilizan, con la finalidad de calcular la demanda total de aire, que es un factor determinante de los diámetros de tubería y capacidad del compresor a seleccionar; se procede a calcular esta demanda de la siguiente manera:

Inventario del equipo:

El taller cuenta con varias herramientas y equipo neumático, las cuales se totalizan en la tabla XVIII, luego de haber realizado un conteo físico.

Tabla XVIII. Inventario del equipo neumático utilizado en el taller

Designación	Cantidad
Llave de impacto con árbol cuadrado de $\frac{3}{4}$ "	1
Llave de impacto con árbol cuadrado de $\frac{1}{2}$ "	9
<i>Ratch</i> con árbol cuadrado de $\frac{1}{2}$ "	1
<i>Ratch</i> con árbol cuadrado de $\frac{3}{8}$ "	1
Inflador de neumáticos	3
Pulidora con disco de 7"	1
Puente neumático para levantamiento de vehículos	3
Pistolas para pintar	1
Pistoleta soplante	3
Engrasadora neumática portátil	1

Consumo unitario:

El flujo o demanda de aire comprimido que tiene cada herramienta o equipo neumático esta establecido en el manual del fabricante o en algunos textos, en la tabla XIX se citan estos consumos unitarios.

Tabla XIX. Herramientas neumáticas que demandan aire comprimido en el taller

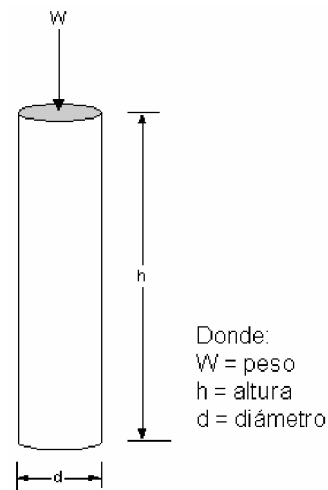
Designación	Consumo Nm ³ /min
Llave de impacto con árbol cuadrado de ¾"	0.6
Llave de impacto con árbol cuadrado de ½"	0.5
<i>Ratch</i> con árbol cuadrado de ½"	0.5
<i>Ratch</i> con árbol cuadrado de 3/8"	0.3
Inflador de neumáticos	0.2
Pulidora con disco de 7"	0.65
Puente neumático para levantamiento de vehículos	1.2*
Pistolas para pintar	0.15
Pistoleta soplante	0.15
Engrasadora neumática portatil	1.415

Fuente: Camicer, Royo. **Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones**, pág. 197

*Cálculo del consumo unitario para un puente neumático

En el caso del puente neumático para levantamiento de vehículos, no hay un consumo estándar establecido, por lo que se procede a calcularlo como un cilindro de simple efecto (ver figura 22). Los datos son los siguientes: diámetro del cilindro 0.28m, altura promedio 1.5m, tomando en cuenta que el vehículo más pesado que se levanta es de 2,600Kg.

Figura 22. Cilindro de un puente neumático para levantamiento de vehículos



Para determinar el consumo, es necesario calcular el volumen de aire del cilindro:

$$V = \pi r^2 h$$

Donde:

V = volumen

r = radio = 0.14m

h = altura = 1.5m

Entonces:

$$V = \pi (0.14)^2 \cdot 1.5 = 0.092363\text{m}^3$$

El volumen de aire es de 0.09236 metros cúbicos a presión que genera el peso del vehículo, la cual se calcula en base al área transversal del cilindro.

La presión en PSI necesaria para elevar 2600Kg con el cilindro se calcula agregando un 30% a la carga, por regla general de neumática, siendo también necesario convertir la carga a libras.

$$W = 2600\text{kg} \hat{a} 2:205\left(\frac{\text{lb}}{\text{kg}}\right) \hat{a} 1:30 = 7453\text{Lb}$$

Donde:

W = Peso o carga en Lb

El área transversal del cilindro es:

$$A = \pi r^2$$

Donde:

A = área transversal

r = radio = 0.14m = 5.5118 pulg

$$A = \pi(5:5118)^2 = 95:4418\text{pulg}^2$$

Presión requerida para elevar la carga

$$P = \frac{W}{A}$$

Donde:

P = presión en PSI

W = peso en libras = 7453 Lb

$$P = \frac{7453}{95:4418} = 78:0884 \text{ PSI}$$

Aproximando esta presión a 80 PSI podemos consultar en la tabla XX, que 0.09236m³ a esta presión equivalen a cierto volumen de aire en condiciones atmosféricas.

Tabla XX. Volumen equivalente de aire comprimido a presiones comunes

Nm ³ de aire libre	Volumen equivalente a presión de:		
	60 PSI	80 PSI	100 PSI
0.238	0.055	0.043	0.036
0.566	0.115	0.087	0.072
0.849	0.166	0.131	0.108
1.132	0.222	0.175	0.144
1.415	0.278	0.219	0.181
1.699	0.334	0.262	0.217
1.982	0.389	0.306	0.253
2.265	0.444	0.350	0.289
2.548	0.499	0.394	0.326
2.831	0.554	0.438	0.362
3.538	0.696	0.549	0.447
4.246	0.833	0.656	0.544
4.953	0.974	0.769	0.633
5.663	1.115	0.877	0.725
7.078	1.392	1.095	0.895

Fuente: Carnicer, Royo. **Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones**, pág. 17

Nm³ se refiere a metros cúbicos a condiciones atmosféricas, que según la norma ISO R 554 corresponden a 20°C, 14.7 PSI, con una humedad relativa del 65%.

El volumen de aire libre a condiciones atmosféricas de 0.09236 m³ a 80 PSI, se puede encontrar interpolando los datos de la tabla XX, ver detalle en la tabla XXI.

Tabla XXI. Interpolación del equivalente de aire para puente neumático

Nm ³	80 PSI
0.566	0.087
X	0.09236
0.849	0.131

$$X = \frac{(0.09236 - 0.087) \cdot (0.849 - 0.566)}{(0.131 - 0.087)} + 0.566 = 0.600475 \text{ Nm}^3$$

Entonces 0.09236 m³ a 80 PSI equivale a 0.600475 Nm³, el tiempo que se tarda en levantar un vehículo es de 0.5 minutos, por lo que el consumo unitario del puente neumático para levantamiento de vehículos sería de 1.2 Nm³ por minuto.

Coefficiente de utilización

El coeficiente de utilización “F” se refiere al porcentaje de tiempo que el equipo esta en funcionamiento durante una jornada de trabajo, es decir que dependiendo del tipo de herramienta y del uso que se le de tendrá diferente coeficiente, en la tabla XXII se muestra el coeficiente de utilización para algunas herramientas comunes.

Tabla XXII. Coeficiente de utilización de herramientas comunes

Tipo de herramienta	Coefficiente de utilización
Atornilladores	25%
Lijadoras y pulidoras	50%
Pistoleta soplante	10%

Fuente: Carnicer, Royo. **Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones**, pág. 198

Para herramientas que no existe un coeficiente de utilización predeterminado, se procede a calcularlo de la siguiente manera:

$$F = \frac{T_u \cdot 100}{T_t}$$

Donde:

F = factor de utilización (%)

T_u = tiempo total que se hace uso del equipo (min)

T_t = tiempo total de observación (min)

Para efectos de cálculo se toma como el tiempo total de observación la jornada de trabajo que equivale a 8.8 horas diarias, debido a que se trabaja en jornada diurna especial de lunes a viernes.

Inflador de neumáticos

$$F = \frac{16 \cdot 100}{8.8 \cdot 60} = 3\%$$

Puente neumático para levantamiento de vehículos

$$F = \frac{32 \cdot 100}{8.8 \cdot 60} = 6.06\%$$

Pistola para pintar (utilizada para lavar motores)

$$F = \frac{55 \cdot 100}{8.8 \cdot 60} = 10.42\%$$

Engrasadora neumática portátil

$$F = \frac{21 \cdot 100}{8.8 \cdot 60} = 3.98\%$$

Calculo de la demanda teórica:

Para determinar la demanda teórica “D” de todo el equipo y herramienta del taller, es necesario multiplicar el consumo unitario de cada una, por la cantidad, por el coeficiente de utilización y posteriormente se suma el total, resumiendo estos cálculos en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. Demanda teórica

Designación	Cantidad	Nm³/min	F (%)	D (Nm³/min)
Llave de impacto con árbol cuadrado de ¾”	1	0.6	25	0.15
Llave de impacto con árbol cuadrado de ½”	9	0.5	25	1.125
<i>Ratch</i> con árbol cuadrado de ½”	1	0.5	25	0.125
<i>Ratch</i> con árbol cuadrado de 3/8”	1	0.3	25	0.075
Inflador de neumáticos	3	0.2	3	0.018
Pulidora con disco de 7”	1	0.65	50	0.325
Puente neumático para Levantamiento de vehículos	3	1.2	6.06	0.21816
Pistolas para pintar	1	0.15	10.42	0.01563
Pistoleta soplante	3	0.15	10	0.045
Engrasadora neumática portátil	1	1.415	3.98	0.05632
TOTAL				2.15311

Entonces la demanda teórica “D” en todo el taller, es la suma del consumo de las herramientas más el consumo del sistema de lubricación neumático:

$$D = 0:046965 + 2:15311 = 2:20008\text{Nm}^3 \text{ por minuto}$$

El taller tiene una demanda teórica total de aire de 2.20008 Nm³ por minuto.

4.3. Selección del compresor

Seleccionar el compresor puede llegar a ser un factor decisivo en lo que se refiere a eficiencia y productividad, es decir que un compresor muy pequeño nos puede afectar el proceso y reducir su vida útil, ya que trabajaría forzado, mientras que un compresor muy grande elevaría el costo inicial y de mantenimiento, no aprovechando al máximo su capacidad.

Para el taller específicamente se tienen los siguientes datos:

Presión de trabajo:

Es la presión a la cual se trabaja, tanto para el caudal de aire entregado por el compresor como para la red de distribución; también se conoce como presión máxima de utilización, la determina el equipo o maquinaria que requiere de la mayor presión entre todo el equipo.

En éste caso la presión de trabajo es marcada por el sistema de lubricación neumático, que tiene una presión máxima de 145 PSI, pero el fabricante recomienda trabajar un 30% abajo de este valor, con la finalidad de garantizar una vida útil más larga. Entonces la presión de trabajo sería de 100 PSI.

La instalación neumática que se tendrá entonces va a ser de baja presión, ya que se dice que una instalación o sistema de aire comprimido es de alta presión si sobrepasa las 145 PSI. En neumática generalmente se utilizan sistemas de baja presión, en muy raras ocasiones se sobrepasan las 145 PSI, cuando se requiere una presión mayor se recomienda utilizar sistemas hidráulicos, debido a la compresibilidad del aire.

Demanda de aire:

Para seleccionar el compresor se debe tener el consumo real de aire comprimido, por lo que a la demanda teórica calculada anteriormente se le debe añadir: pérdidas por fugas (10%), error de cálculo (10%), seguridad por crecimiento o ampliación en el futuro (20%); también se debe tener presente que se trata de un taller de servicios, en el cual existen horas pico en las que se demanda más aire comprimido de lo normal, por lo que es necesario añadir un 20% debido a este fenómeno.

Entonces el total par la red de aire comprimido sería:

Demanda teórica	=	2.20008 Nm ³
Pérdida por fugas (10%)	=	0.220008 Nm ³
Error de cálculo (10%)	=	0.220008 Nm ³
Seguridad por crecimiento futuro (20%)	=	0.440015 Nm ³
Compensar horas pico (20%)	=	0.440015 Nm ³

Al realizar la sumatoria se tiene el Total = 3.52012 Nm³

Se espera un consumo real de aire de 3.52012 Nm³, este valor esta en metros cúbicos de aire libre a condiciones atmosféricas, equivale a cierto volumen por minuto a una presión de trabajo de 100 PSI (ver tabla XX, pág. 90).

El valor exacto no se encuentra en la tabla XX, por lo que se procede a interpolar (ver tabla XXIV):

Tabla XXIV. Interpolación del equivalente de aire del consumo real

Nm ³	100 PSI
2.831	0.362
3.52012	X
3.538	0.447

$$X = \frac{(3.52012 - 2.831) \cdot (0.447 - 0.362)}{(3.538 - 2.831)} + 0.362 = 0.44485 \text{ m}^3$$

Entonces el consumo real a 100 PSI sería de 0.44485 m³ por minuto, que equivale a 15.7 CFM, se realiza esta conversión debido a que los compresores del mercado local indican su caudal de entrega en CFM.

4.3.1. Método para seleccionar el compresor óptimo

El método más efectivo para seleccionar el tipo de compresor a utilizarse en una determinada aplicación está basada en los rangos de presión y volumen de aire que se requiere, en la necesidad del almacenamiento, para ello existe la tabla XXV:

Tabla XXV. Rangos de presión y volumen para seleccionar un compresor

VOLUMEN (CFM) / POTENCIA (HP)	RANGOS DE PRESIÓN (PSIG)			
	0-50	50-100	100-200	>200
Menor de 15 HP Menor de 60 CFM	Reciprocante	Reciprocante	Reciprocante o Tornillo Rotativo	Reciprocante
15 – 150 HP 60 – 750 CFM	Reciprocante	Tornillo Rotativo	Tornillo Rotativo	Reciprocante
150 – 600 HP 750 – 3000 CFM	Reciprocante	Tornillo Rotativo	Tornillo Rotativo	Reciprocante
Mayor 600 HP Mayor a 3000 CFM	Reciprocante	Centrífugo	Centrífugo	Centrífugo

Fuente: Gardner Denver Machinery Inc. **Buyer's guide**. Pág. 7

Se deben tener ciertas consideraciones adicionales, basadas en el desempeño que cada uno de los tipos de compresor presentan, los cuales se citan en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. Consideraciones en base a desempeño de los compresores

DESCRIPCIÓN	RECIPROCANTE	TORNILLO ROTATIVO	CENTRÍFUGO
Costo de instalación	A	B	A
Aire libre de aceite	A	P	P
Nivel de ruido	A	B	P
Bajo costo de mantenimiento	B	P	P
Mayor eficiencia a plena carga	A	A	B
Mayor eficiencia a carga parcial	A	P	B
Bajo costo de lubricante	A	P	B
Ocupa menos espacio	B	A	P
Cimentación delgada	B	A	P
Recuperar la inversión	B	A	P
Baja ventilación	B	P	A
Utilizar el calor generado	B	A	B
Nota: el desempeño de cada uno de estos compresores está señalado por una literal, la cual significa A = alto, P = promedio y B = bajo.			

Fuente: Gardner Denver Machinery Inc. **Buyer's guide**. Pág. 7

4.3.2. Compresor sugerido

El compresor a instalar debe ser capaz de suministrar 0.44485 Nm^3 por minuto, o el equivalente de 15.70 CMF y mantener una presión de trabajo de 100 PSI, basándonos en la tabla XXV de rangos de presión y volumen para seleccionar un compresor, están como alternativa un compresor reciprocante o uno de tornillo rotativo, tomando en cuenta otras consideraciones importantes (tabla XXVI) se sugiere que sea reciprocante, ya que en el taller no se tiene una demanda de aire constante, sino que los consumos son parciales, para lo cual el compresor de tornillo no es recomendable, a pesar de ser más eficiente. Un compresor reciprocante tiene también la ventaja de tener un costo inicial mucho más bajo (ver anexo 1, el costo de un compresor de tornillo).

Un compresor reciprocante o de pistón no está diseñado para trabajar constantemente, sino que debe tener un periodo de enfriamiento para obtener un funcionamiento óptimo y duradero, por lo que se debe duplicar el consumo de aire para que el compresor solo funcione el 50% del tiempo, entonces debe ser capaz de suministrar $15.70 \times 2 = 31.4 \text{ CFM}$, la mejor alternativa del mercado sería un compresor de 10 HP (ver figura 23), que tendrá también la ventaja de no trabajar forzosamente en las horas pico de consumo de aire en el taller.

Figura 23. Compresor sugerido



Fuente: www.equipmentland.com/products/ch/aircompressors
"Guía de productos Campbell Hausfeld"

4.3.3. Cotizaciones

Compresor Campbell Hausfeld Q 24,800.00

Cabeza del compresor

Marca: Campbell Hausfeld, fabricado en EE.UU.

Tipo: Estacionario, alternativo de pistón, cuatro cilindros en V, dos etapas, refrigerado por aire, con interenfriador, montado sobre depósito horizontal y accionado por motor eléctrico acoplado por correas con relación 2.67 a 1.

Modelo: C1103120H

RPM: 556

Depósito: 120 galones

CFM 37.5 @ 90 PSI

Motor

Marca: US Motor
Tipo: Eléctrico, trifásico de 230/460V, 60Hz.
Potencia: 10 HP
RPM: 1750

Cotizado en Olmstead Compresores, una empresa con experiencia en la venta, servicio de mantenimiento y reparación de compresores, ubicada en la calzada Aguilar Batrez 43-27 Zona 12.

4.4. Red de distribución de aire comprimido

Se llama red de distribución a toda la instalación que sirve para transportar el aire comprimido desde la sala de compresores hasta los lugares de utilización, compuesta principalmente por: tubería, accesorios y válvulas.

Cuando se transporta un fluido a través de una tubería, se origina, inevitablemente, una pérdida de presión que se traduce en consumo de energía y, por lo tanto, en un aumento de los costos de producción. Es por eso que el diseño y mantenimiento adecuado de la red de aire comprimido y sus respectivos accesorios, es importante para lograr un aprovechamiento al máximo de la energía neumática, manteniendo una buena eficiencia.

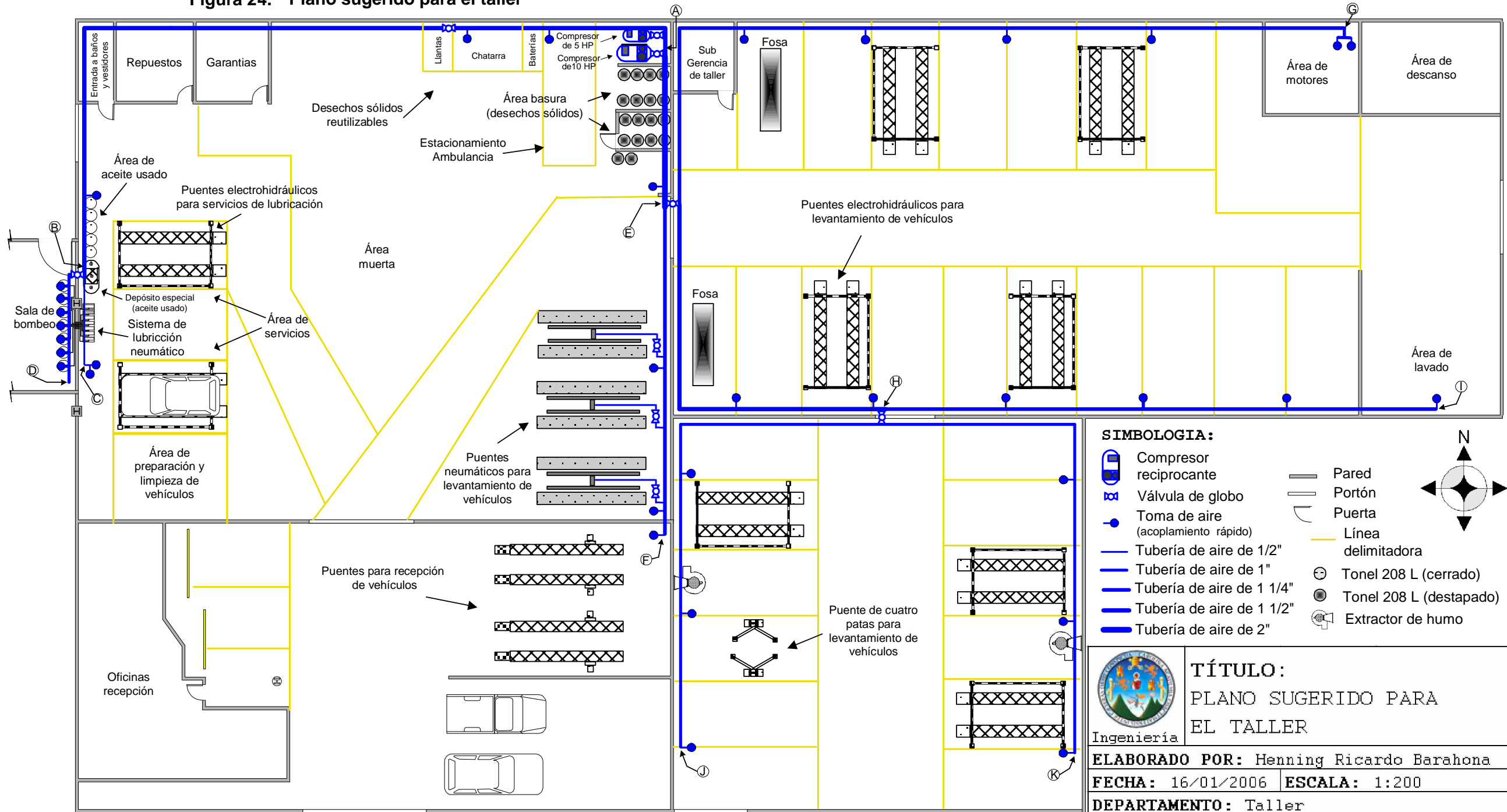
La disminución de presión se debe principalmente por el rozamiento en los tubos rectos y la oposición de las variaciones de dirección en los conductos, añadiendo las resistencias individuales de los accesorios.

4.4.1. Ubicación del compresor

La ubicación del compresor actual es la indicada para instalar el nuevo compresor, ya que esta bastante centralizada (ver figura 24), dejando el compresor actual conectado en paralelo, para cubrir emergencias o permitir el mantenimiento del nuevo compresor sin dejar de suministrar aire al taller.

4.4.5. Plano sugerido para el taller

Figura 24. Plano sugerido para el taller



11 AVENIDA

21 CALLE

4.4.3. Instalación necesaria para el sistema de lubricación

El sistema de lubricación neumático requiere de aire comprimido, el cual debe llevarse desde el compresor hasta la sala de bombeo sin que se presente demasiada caída en la presión, la disminución de presión se genera por el rozamiento en la tubería y por la oposición de las variaciones de dirección en los conductos, añadiendo las resistencias individuales que genera cada accesorio, las pérdidas de presión se compensan aumentando el diámetro en los conductos.

Se puede observar en la figura 24 que el tramo AD es la tubería que lleva el aire hasta el sistema de lubricación, para realizar los cálculos, primero se toma el tramo AB y luego BD, dejando establecido también el diámetro para BC.

Para calcular las pérdidas de presión se debe tomar en cuenta el siguiente procedimiento, tanto para el diámetro de tubería del sistema de lubricación neumático, como para todo el taller:

Procedimiento para determinar el diámetro de tubería:

1) Consumo de aire:

Primero se determina la cantidad de aire que pasa por la tubería, para ello se puede consultar la tabla XIX de consumos unitarios y la cantidad de tomas de aire que se deben abastecer (figura 24).

2) Longitud equivalente:

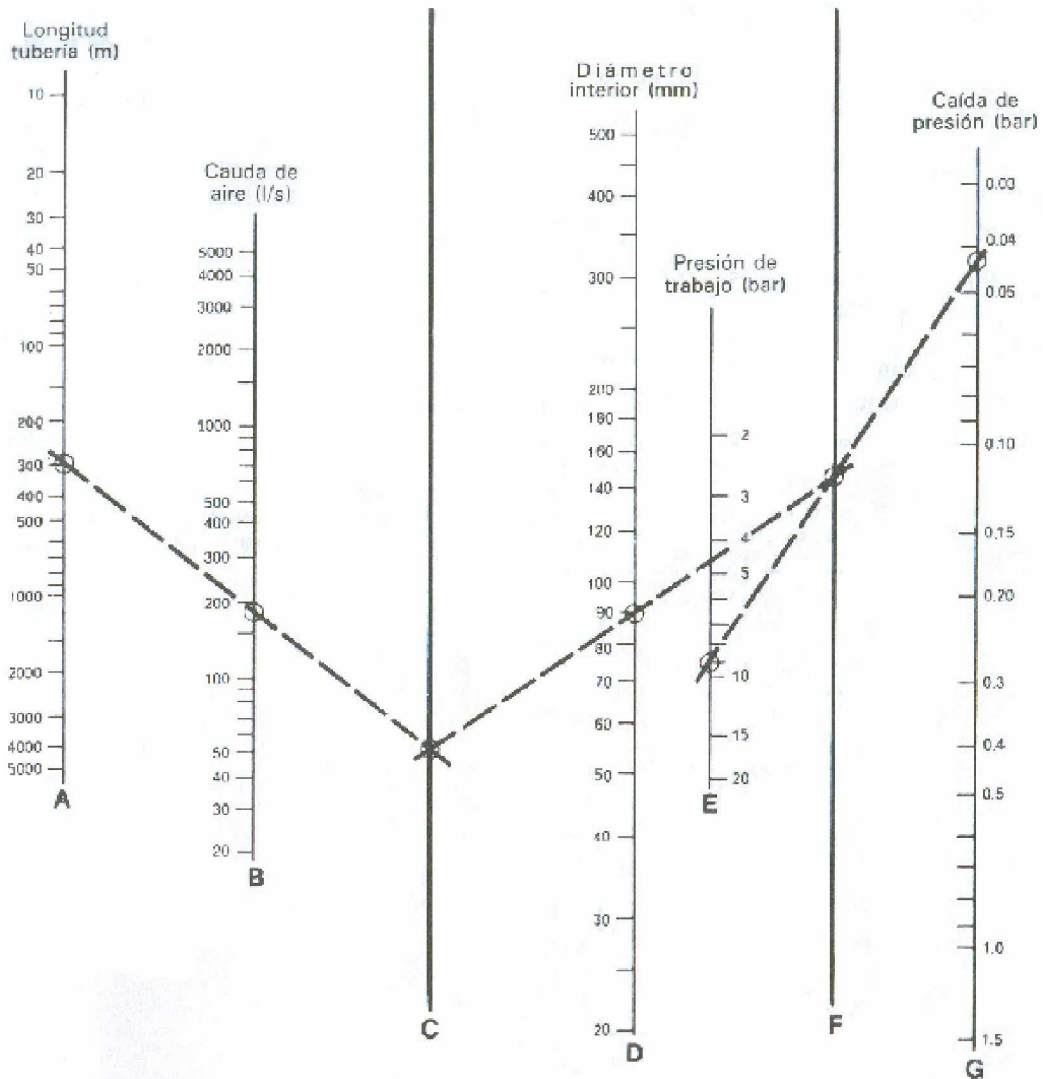
La longitud de tubería se calcula midiendo en el plano del taller, (figura 24) ya que el plano esta a escala 1:200, es decir que cada centímetro equivale a 2 metros; se tiene que agregar también la longitud equivalente por accesorios (tabla XXVII).

3) Pérdida de presión:

El diámetro de tubería influye mucho en la pérdida de presión que se tendrá en el la red de distribución, por lo que se evalúa cierto diámetro de tubería, si éste genera menos de las pérdidas admisibles (3%), entonces se toma por correcto, de lo contrario se tiene que aumentar al diámetro inmediato superior y volver a evaluar, así hasta que las pérdidas sean menos del 3%; puede presentarse también el caso de que las pérdidas generadas por ese diámetro sean bastante bajas, pudiendo evaluar un diámetro menor, con el fin de reducir el costo de la instalación.

Para determinar la pérdida de presión generada por cierto diámetro de tubería, se incluyen ciertas gráficas (figuras 25 y 26) que facilitan el cálculo, también se deben consultar ciertos datos establecidos de longitud equivalente por accesorios (tabla XXVII de la pág. 107).

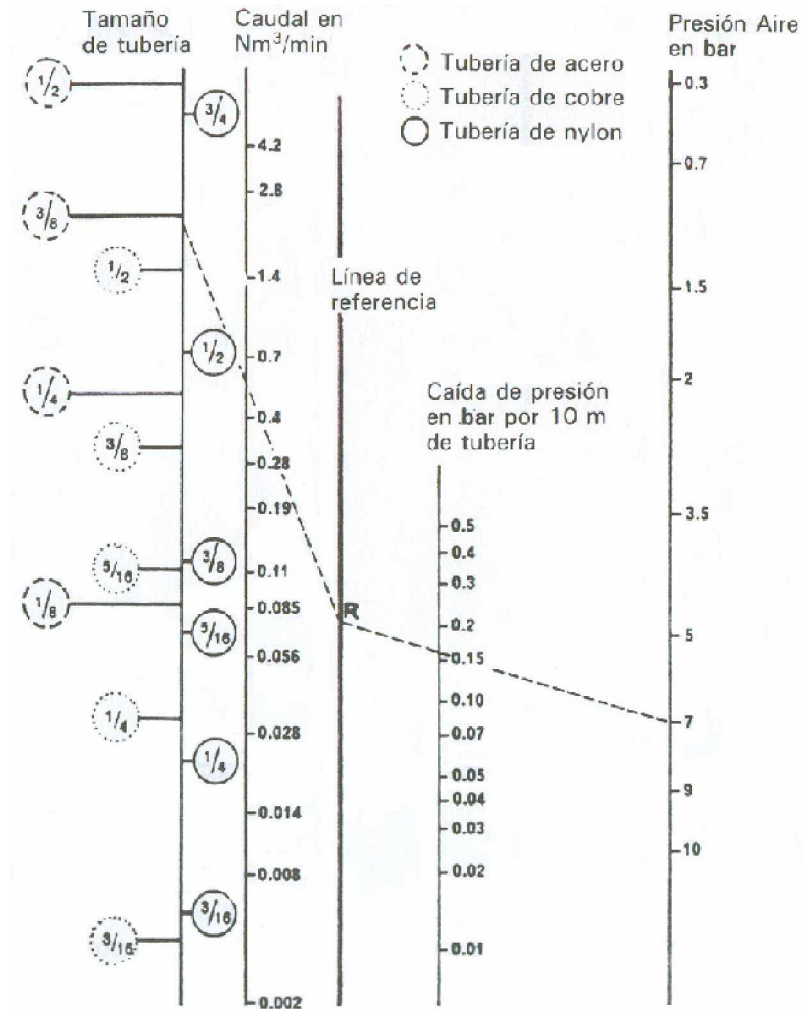
Figura 25. Nomograma para el cálculo de tuberías de aire comprimido



Fuente: Carnicer, Royo. **Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones**, pág. 219

Ejemplo: Para una tubería de 90 mm de diámetro que posea una longitud de 300 m y circule un caudal de aire libre de 210 N Lt/s a una presión de trabajo de 9 bar, se tiene una pérdida de presión de 0.045 bar (ver figura 25).

Figura 26. Nomograma para el cálculo de pérdida de presión en bar, por cada 10 m de tubería.



Fuente: Carnicer, Royo. **Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones**, pág. 220

Ejemplo: Para una tubería de acero con diámetro de $3/8''$, en la que circula un caudal de 0.55 Nm^3 por minuto a una presión de trabajo de 7 bar, la caída de presión es de 0.16 bar por cada 10 m (ver figura 26).

Tabla XXVII. Longitud equivalente para accesorios comunes

Accesorios	Longitud equivalente en metros							
	Diámetro interior de tubería en pulgadas							
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
Válvula de compuerta	0.11	0.15	0.19	0.25	0.29	0.37	0.44	0.55
Codo a 90°	0.47	0.63	0.80	1.05	1.23	1.58	1.88	1.88
Te	0.19	0.25	0.32	0.42	0.49	0.63	0.75	0.94
Te reducida	0.47	0.63	0.80	1.05	1.23	1.58	1.88	1.88
Manguitos de reducción	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	1.00	1.50	2.00

Fuente: Rafael López, **Manual para instalaciones de vapor y aire**, pp 133.

Diámetro de tubería para el tramo AB:

1) Consumo de aire:

El aire que pasa por esta tubería corresponde al sistema de lubricación neumático (para el cálculo, se asume que dos bombas trabajan simultáneamente) y 5 tomas de aire en las que se asumen 5 pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), ver consumos unitarios en tabla XIX, entonces:

$$\text{Tomas de aire: } 5 \times 0.65 = 3.25 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

$$\text{Sistema de lubricación: } 1.55 \times 2 = 3.1 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

$$\text{Total de consumo} = 6.35 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

Para el tramo AB se tiene entonces una demanda de aire de 6.35 Nm^3 por minuto, que equivale a 105.8 Lt/s.

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

1 Reductor de 2" a 1 ½"	= 0.70 x 1	= 0.70 m
4 Te de 1 ½"	= 0.49 x 4	= 1.96 m
3 Reductores de 1 ½" a ½"	= 0.30 x 3	= 0.90 m
2 Llaves de globo de 1 ½"	= 0.29 x 2	= 0.58 m
2 Codos de 1 ½"	= 1.23 x 2	= 2.46 m
Longitud de tubería		= 41.8 m
Longitud total		= 48.40 m

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 48.4 m de tubería de 1 ½", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.2 bar (2.9 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es de:

$$\%P = \frac{0.2 \times 100}{7} = 2.85\%$$

La pérdida de presión es de 2.85%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de 1 ½" por correcto, para el tramo AB.

Diámetro de tubería para el tramo BD:

1) Consumo de aire:

Por esa tubería pasa exclusivamente el aire que consume el sistema de lubricación neumático, se asume que hay 2 bombas trabajando simultáneamente:

Sistema de lubricación: $1.55 \times 2 = \text{Nm}^3$ por minuto

Para el tramo BD se tiene entonces una demanda de aire de 3.1 Nm^3 por minuto, que equivale a 51.67 Lt/s .

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

1 Reductor de 1 ½" a 1"	= 0.50 x 1	= 0.50 m
1 Llave de globo de 1"	= 0.19 x 2	= 0.19 m
7 Te de 1"	= 0.32 x 7	= 2.24 m
8 Reductores de 1" a ½"	= 0.30 x 8	= 2.40 m
3 Codos de 1"	= 0.80 x 3	= 2.40 m
7 Codos de ½"	= 0.47 x 7	= 3.29 m
Longitud de tubería		= 9.00 m
Longitud total		= 20.02 m

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 20.02 m de tubería de $1"$, se tiene una pérdida de presión de 0.18 bar (2.61 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es de:

$$\%P = \frac{0.18 \times 100}{7} = 2.57\%$$

La pérdida de presión es de 2.57% , menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de $1"$ por correcto, para el tramo BD.

Diámetro de tubería para el tramo BC:

1) Consumo de aire:

En éste tramo se tienen 2 tomas de aire, en las que se asume que hay dos pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), trabajando simultáneamente:

$$\text{Tomas de aire: } 0.65 \times 2 = 1.3 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

Para el tramo BD se tiene entonces una demanda de aire de 3.1 Nm³ por minuto.

3) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

1 Reductor de 1 ½" a ½"	= 0.30 x 1	= 0.30 m
2 Te de ½"	= 0.19 x 2	= 0.38 m
Longitud de tubería		= 5 m
Longitud total		= 5.68 m

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 5.68 m de tubería de ½", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.3 bar, por cada 10 metros (de la figura 26), entonces el porcentaje de pérdida para 6.64 m es de:

$$\%P = \frac{0.3 \hat{a} 5.68 \hat{a} 100}{7 \hat{a} 10} = 2.43\%$$

La pérdida de presión es de 2.43%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de ½” por correcto, para el tramo BC.

4.4.4. Modificaciones a la red de aire comprimido del taller

La instalación actual tiene deficiencias, mencionadas en el numeral 4.1.2. “Estado de la red de distribución actual”, por lo que se ve la necesidad de rediseñarla, el recorrido de la tubería se toma por correcto, teniendo también establecidos los puntos de suministro de aire; solamente se determinará el diámetro adecuado de la tubería y se pone énfasis en la evacuación de condensados. Para realizar los cálculos se divide la red de distribución en varios tramos (indicados en la figura 24).

Diámetro de tubería para el tramo AE:

1) Consumo de aire:

Este tramo debe suministrar 22 tomas de aire, en las que se asume que hay una pulidora (herramienta estándar de mayor consumo) en cada toma, trabajando simultáneamente, también se tienen 3 puentes neumáticos para levantamiento de vehículos:

Tomas de aire: $0.65 \times 22 = 14.3 \text{ Nm}^3$ por minuto

Puentes: $1.2 \times 3 = 3.6 \text{ Nm}^3$ por minuto

Para el tramo BD se tiene entonces una demanda de aire de 17.9 Nm^3 por minuto, que equivale a 298.33 Lt/s.

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

3 Te 2"	= 0.63 x 3	= 1.89 m
1 Reductor de 2" a 1 ½"	= 0.70 x 2	= 1.40 m
1 Reductor de 2" a 1 ¼"	= 0.60 x 2	= 1.20 m
2 Llave de globo de 2"	= 0.37 x 2	= 0.74 m
Longitud de tubería		= 8 m
Longitud total		= 13.23 m

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 13.23 m de tubería de 2", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.13 bar (1.89 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es:

$$\%P = \frac{0.13 \times 100}{7} = 1.86\%$$

La pérdida de presión es de 1.86%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de 2" por correcto, para el tramo AE.

Diámetro de tubería para el tramo EF:

1) Consumo de aire:

Se alimentan con este tramo a 3 tomas de aire, en las que se asume que hay 3 pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), trabajando simultáneamente, también se tienen 3 puentes neumáticos para levantamiento de vehículos:

Tomas de aire: $0.65 \times 3 = 1.95 \text{ Nm}^3$ por minuto

Puentes: $1.2 \times 3 = 3.6 \text{ Nm}^3$ por minuto

Para el tramo BD se tiene entonces una demanda de aire de 5.55 Nm^3 por minuto, que equivale a 92.5 Lt/s .

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

6 Te de $1 \frac{1}{4}$ " $= 0.42 \times 6 = 2.52 \text{ m}$

7 Reductores de $1 \frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " $= 0.30 \times 7 = 2.10 \text{ m}$

Longitud de tubería $= 16.4 \text{ m}$

Longitud total $= 21.02 \text{ m}$

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 21.02 m de tubería de $1 \frac{1}{4}$ ", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.19 bar (2.76 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es:

$$\%P = \frac{0.19 \times 100}{7} = 2.71\%$$

La pérdida de presión es de 2.71% , menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de $1 \frac{1}{4}$ " por correcto, para el tramo EF.

Diámetro de tubería para el tramo EG:

1) Consumo de aire:

En éste tramo se tienen 6 tomas de aire, en las que se asume que hay 6 pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), trabajando simultáneamente.

$$\text{Tomas de aire: } 0.65 \times 6 = 3.9 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

Para el tramo BD se tiene entonces una demanda de aire de 3.9 Nm³ por minuto, que equivale a 65 Lt/s.

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

$$1 \text{ Reductor de } 2'' \text{ a } 1 \frac{1}{4}'' = 0.60 \times 1 = 0.60 \text{ m}$$

$$5 \text{ Te } 1 \frac{1}{4}'' = 0.42 \times 5 = 2.10 \text{ m}$$

$$6 \text{ Reductores de } 1 \frac{1}{4}'' \text{ a } \frac{1}{2}'' = 0.30 \times 6 = 1.80 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de tubería} = 41.2 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total} = 45.70 \text{ m}$$

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 45.7 m de tubería de 1 ¼", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.20 bar (2.9 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es:

$$\%P = \frac{0.20 \times 100}{7} = 2.86\%$$

La pérdida de presión es de 2.86%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de 1 ¼" por correcto, para el tramo EG.

Diámetro de tubería para el tramo EH:

1) Consumo de aire:

En éste tramo se tienen 12 tomas de aire, en las que se asume que hay 12 pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), trabajando simultáneamente.

Tomas de aire: $0.65 \times 12 = 7.8 \text{ Nm}^3$ por minuto

Para el tramo BD se tiene entonces una demanda de aire de 7.8 Nm^3 por minuto, que equivale a 130 Lt/s.

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

1 Reductor de 2" a 1 ½"	= 0.70 x 1	= 0.70 m
4 Te de 1 ½"	= 0.49 x 4	= 1.96 m
2 Reductor 1 ½" a ½"	= 0.30 x 2	= 0.60 m
1 Llave de globo de 1 ½"	= 0.29 x 1	= 0.29 m
Longitud de tubería		= 20 m
Longitud total		= 23.55 m

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 23.55 m de tubería de 1 ½", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.19 bar (2.755 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es:

$$\%P = \frac{0.19 \times 100}{7} = 2.71\%$$

La pérdida de presión es de 2.71%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de 1 ½" por correcto, para el tramo EH.

Diámetro de tubería para el tramo HI:

1) Consumo de aire:

En éste tramo se tienen 4 tomas de aire, en las que se asume que hay dos pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), trabajando simultáneamente.

$$\text{Tomas de aire: } 0.65 \times 4 = 2.56 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

Para el tramo BD se tiene entonces una demanda de aire de 2.6 Nm³ por minuto, que equivale a 43.33 Lt/s.

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

$$1 \text{ Reductor } 1 \frac{1}{2}'' \text{ a } 1 \frac{1}{4}'' = 0.60 \times 1 = 0.60 \text{ m}$$

$$4 \text{ Te } 1 \frac{1}{4}'' = 0.42 \times 4 = 1.68 \text{ m}$$

$$5 \text{ Reductores de } 1 \frac{1}{4}'' \text{ a } \frac{1}{2}'' = 0.30 \times 5 = 1.50 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de tubería} = 27.4 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total} = 31.18 \text{ m}$$

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 31.18 m de tubería de 1 ¼", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.13 bar (1.89 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es:

$$\%P = \frac{0.13 \times 100}{7} = 1.86\%$$

La pérdida de presión es de 1.86%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de 1 ¼" por correcto, para el tramo HI.

Diámetro de tubería para el tramo HJ y HK:

1) Consumo de aire:

Estos tramos son similares, por lo que se toma para cada uno 3 tomas de aire, en las que se asume que hay 3 pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), trabajando simultáneamente.

$$\text{Tomas de aire: } 0.65 \times 3 = 1.95 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

Para el tramo HJ se tiene entonces una demanda de aire de 1.95 Nm³ por minuto, que equivale a 32.5 Lt/s.

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

1 Reductor de 1 ½" a 1"	= 0.50 x 1	= 0.50 m
1 Codo de 1"	= 0.80 x 1	= 0.80 m
3 Te 1"	= 0.32 x 3	= 0.96 m
4 Reductores de 1" a ½"	= 0.30 x 4	= 1.20 m
Longitud de tubería		= 26 m
Longitud total		= 29.46 m

3) Pérdida de presión:

Para una longitud equivalente de 29.46 m de tubería de 1", a presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.09 bar (1.31 PSI), de la figura 25, entonces el porcentaje de pérdida es:

$$\%P = \frac{0.09 \times 100}{7} = 1.29\%$$

La pérdida de presión es de 1.29%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de 1" por correcto, para el tramo HI.

Diámetro de tubería para las derivaciones:

1) Consumo de aire:

En las derivaciones se tiene como máximo dos tomas de aire, por lo que se asume que hay 2 pulidoras (herramienta estándar de mayor consumo), trabajando simultáneamente.

$$\text{Tomas de aire: } 0.65 \times 2 = 1.3 \text{ Nm}^3 \text{ por minuto}$$

Para las derivaciones se tiene entonces una demanda de aire de 1.3 Nm³ por minuto.

2) Longitud equivalente:

Longitud equivalente por accesorios (de tabla XXVII):

2 Codos de ½"	= 0.47 x 2	= 0.94 m
1 Te de ½"	= 0.19 x 1	= 0.19 m
1 Llave de globo de ½"	= 0.11 x 1	= 0.11 m
Longitud de tubería		= 2.7 m
Longitud total		= 3.94 m

Se debe tener presente que hay 25 derivaciones, para el cálculo de accesorios para toda la instalación.

3) Pérdida de presión:

Para las derivaciones, en las que hay una presión de trabajo de 100 PSI (se aproxima a 7 bar), se tiene una pérdida de presión de 0.25 bar (3.625 PSI) por cada 10 metros, de la figura 26, entonces el porcentaje de pérdida para 3.94 metros es:

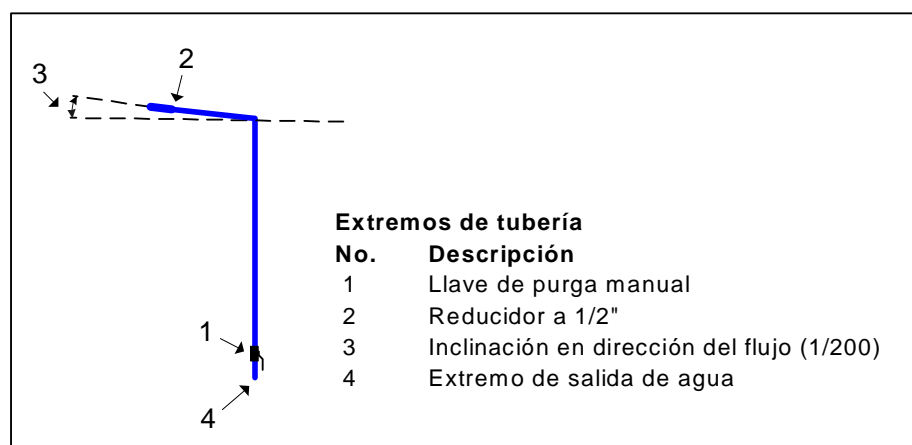
$$\%P = \frac{0.25 \times 3.94 \times 100}{7 \times 10} = 1.41\%$$

La pérdida de presión es de 1.41%, menor que la pérdida permisible (3%), entonces se toma el diámetro de ½" por correcto, para las derivaciones.

Extremos de tubería:

En los extremos de tubería (puntos C, F, G, I, J y K) se debe instalar una purga manual, ver figura 27, con una llave de globo para poder purgar la línea periódicamente.

Figura 27. Extremos de tubería



Diámetros de tubería para toda la red de distribución

Cuando se transporta un fluido a través de una tubería, se origina, inevitablemente una pérdida de presión que se traduce en un consumo de energía y por lo tanto un aumento en los costos de producción de aire comprimido. Como se mencionó con anterioridad la instalación actual tiene un diámetro de tubería de ½" en todo su recorrido, lo cual genera demasiadas pérdidas de presión, por lo que se calculó el diámetro correcto para la tubería, basado en el principio de no exceder una pérdida de presión del 3%. La red de distribución de aire comprimido se dividió en tramos (ver el plano de la figura 24) y se indica su respectivo diámetro de tubería recomendado en la tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. Diámetros de tubería

Tramo de tubería (Indicado en plano, figura 24)	Diámetro	% Pérdida de presión
AB	1 ½"	2.85%
BD	1"	2.57%
BC	½"	2.43%
AE	2"	1.86%
EF	1 ¼"	2.71%
EG	1 ¼"	2.86%
EH	1 ½"	2.71%
HI	1 ¼"	1.86%
HJ	1"	1.29%
HK	1"	1.29%
Derivaciones	½"	1.41%

4.4.5. Tratamiento de aire

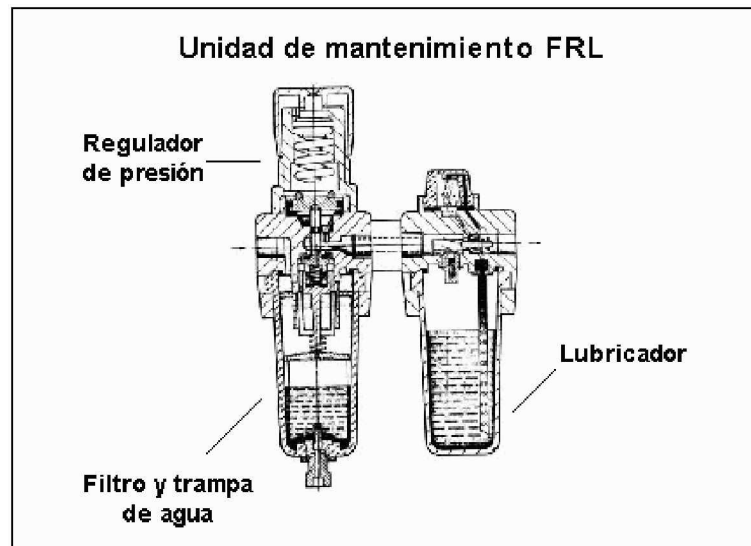
Debido a que la calidad del aire que requiere el taller es para uso general, no se requiere filtros de línea ni secadores, bastará con tratar el aire al final de la línea, con unidades de mantenimiento.

El tratamiento al final de la línea, responde en forma directa a las necesidades de calidad de aire en un determinado proceso. De hecho, un suministro central podría acondicionarse a la más alta calidad de aire, pero muy probablemente esto no sería rentable, ni lógico. Resulta mucho más cómodo y más barato, el preparar el aire para una calidad requerida por determinado proceso o equipo neumático.

Se recomienda entonces contar con seis unidades de mantenimiento portátiles para todo el taller, debido a que colocar una en cada derivación elevaría considerablemente el costo de la red de distribución de aire comprimido, entonces estas unidades se deben conectar antes de utilizarse cualquier equipo o herramienta neumática, siendo responsabilidad de cada usuario.

Una unidad de mantenimiento esta compuesta por un filtro, un regulador de presión y un lubricador (ver figura 28), es por eso que también se les llama FRL. Con el uso de una unidad de mantenimiento se logra obtener un aire limpio, a una presión controlada y lubricado, con lo cual se puede garantizar el óptimo funcionamiento del equipo o herramienta neumática, alargando también su vida útil.

Figura 28. Esquema de una unidad de mantenimiento



Fuente: www.sapiensman.com/neumatica.htm “Unidad de mantenimiento”

Filtro: La principal función de cualquier filtro es proteger los elementos “aguas abajo” de su posición. El filtro está construido de manera tal que, elimine los contaminantes como polvo y gotas de agua por fuerza centrífuga, filtrando luego las partículas más pequeñas mediante un elemento filtrante para que el aire comprimido pueda fluir hacia la salida.

Los elementos filtrantes son clasificados por el tamaño de las partículas que interceptan, cubriendo un amplio entorno, desde 2 hasta 100 micrones. Cuando las gotas de condensado se depositan en el fondo del vaso, se produce una acumulación de agua que debe ser eliminada periódicamente, es por eso que también se les conoce como “trampa de agua”.

Regulador: como todas las técnicas que manejan energía, en la neumática también se hace necesario controlar su intensidad, en éste caso presión. La energía está directamente relacionada con la presión del sistema y el gobierno debe ejercer controlando la presión por medio de reguladores de presión, los cuales pertenecen a un grupo de válvulas llamado “válvulas controladoras de presión”.

Gracias al regulador de presión se puede obtener una presión menor a la que genera el compresor, presión que se puede adaptar a determinadas necesidades de trabajo, en función de lo anterior, se pueden distinguir dos presiones (o niveles de energía) diferentes: la presión que entrega la fuente compresora y la presión usada para trabajar.

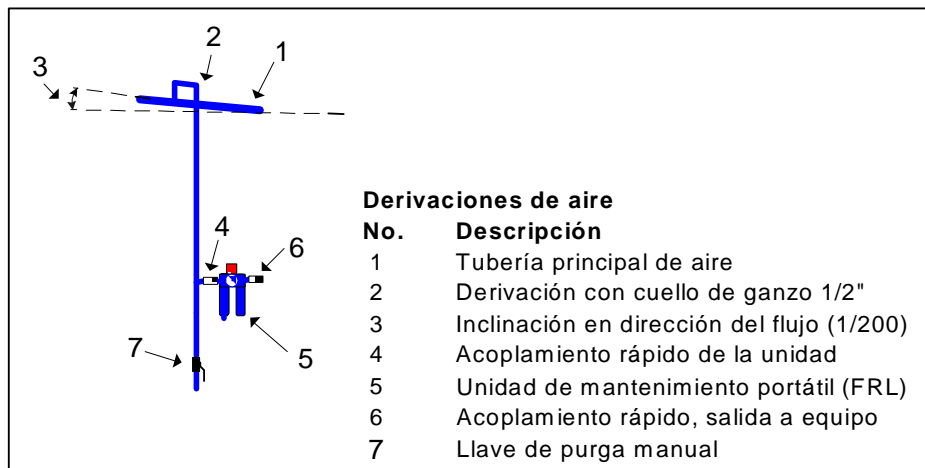
Lubricador: la forma práctica más lógica para lograr el correcto funcionamiento y garantizar una larga vida útil, de todo aparato que esta compuesto por mecanismos, sin duda, es la lubricación.

Estas unidades cuentan con un dispositivo que eleva el aceite y lo incorpora en la vena de aire en forma pulverizada. Esta elevación puede controlarse externamente y la energía para hacerlo, así como también la necesaria para su pulverización, se toma de la energía del aire en circulación.

Diseño de las derivaciones

Las derivaciones se deben hacer desde la parte superior de la tubería principal, ver figura 29, para evitar que los condensados sean arrastrados y puedan llegar a la herramienta o equipo neumático; se debe incluir también una llave de purga en el extremo del tubo, para extraer los condensados que logren bajar por la derivación.

Figura 29. Derivaciones de aire adecuadas



Para poder conectar y desconectar fácilmente, tanto la herramienta como la unidad de mantenimiento, se utilizan acoplamientos rápidos, los cuales tienen un dispositivo que cierra automáticamente el paso del aire al desconectar el equipo. La unidad de mantenimiento se debe conectar justo antes del acoplamiento rápido al cual se conecta el equipo o herramienta neumática, para así filtrar, regular la presión y lubricar el aire que el equipo demanda.

5. ANÁLISIS DE COSTOS

5.1. Inversión inicial

5.1.1. Costo del sistema de lubricación neumático

El equipo y herramienta para el sistema de lubricación neumático que se cotizó, es de la marca española SAMOA, la cual se caracteriza por fabricar productos especiales para el mantenimiento de vehículos, en la tabla XXIX se estiman los costos del equipo y herramienta para el sistema de lubricación.

Tabla XXIX. Costos estimados del sistema de lubricación neumático

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total
Bomba neumática para tonel 3:1	7	Q 3,400.00	Q 23,800.00
Accesorios y tubería para bombas	7	Q 2,000.00	Q 14,000.00
Carrete de manguera 10 m x ½"	7	Q 4,300.00	Q 30,100.00
Estructura para 7 carretes	1	Q 17,000.00	Q 17,000.00
Recolectadores de aceite usado	2	Q 4,700.00	Q 9,400.00
Mano de obra por instalación de equipo	--	Q 3,500.00	Q 3,500.00
Puente electrohidráulico para levantamiento de vehículos	2	Q31,500.00	Q 63,000.00
		TOTAL	Q 160,800.00

Fuente: **Máquinas, equipos y herramientas industriales SOLARSA, S. A.**

Costo total del sistema de lubricación neumático Q 160,800.00

5.1.2. Costo del compresor

En el numeral 4.3.2. se sugirió el compresor óptimo, el cual es reciprocante o de pistón de 10 HP, cuya cotización se encuentra en el numeral 4.3.3.

Compresor Campbell Hausfeld de 10 HP Q 24,800.00

Se recomienda éste compresor, por ser de marca reconocida, con 1 año de garantía y por ser común en el mercado guatemalteco, habiendo así existencia de repuestos.

La instalación y conexión no tiene ningún costo, ya que corre por cuenta de la empresa a la que se le compre, siempre y cuando se tenga la tubería de aire y cables eléctricos preparados el día de la instalación del mismo.

5.1.3. Costo de la red de distribución de aire comprimido

La tubería utilizada en la red de distribución debe ser galvanizada (HG) de tipo pesado, o cédula 40; la instalación de la misma se debe realizar con accesorios roscados, con sus respectivos soportes, por lo que se incluye un costo de mano de obra. También se incluyó un gasto por imprevistos, debido a que los tubos son vendidos en longitudes de 6 metros con rosca en los extremos, teniendo entonces que hacer roscas y utilizar juntas adicionales; los costos de la tubería se indican en la tabla XXX.

Tabla XXX. Costos estimados para la red de distribución

Accesorios y tubería	Cantidad	Costo Unitario	Total
Te de 2"	3	Q 39.20	Q 117.60
Reductor de 2 a 1 ½"	3	Q 19.70	Q 59.10
Reductor de 2 a 1 ¼"	2	Q 19.70	Q 39.40
Válvula de globo de 2"	2	Q 75.50	Q 151.00
Codo de 1 ½"	2	Q 17.20	Q 34.40
Te de 1 ½"	10	Q 25.50	Q 255.00
Reductor de 1 ½" a ½"	7	Q 11.90	Q 83.30
Válvula de globo de 1 ½"	3	Q 50.50	Q 151.50
Reductor de 1 ½" a 1 ¼"	1	Q 11.90	Q 11.90
Reductor de 1 ½" a 1"	1	Q 11.90	Q 11.90
Te de 1 ¼"	15	Q 23.20	Q 348.00
Reductores de 1 ¼" a ½"	18	Q 9.90	Q 178.20
Codo de 1"	4	Q 8.30	Q 33.20
Te de 1"	10	Q 12.00	Q 120.00
Válvula de globo de 1"	1	Q 43.50	Q 43.50
Reductor de 1" a ½"	12	Q 7.00	Q 84.00
Codo de ½"	64	Q 3.30	Q 211.20
Te de ½"	25	Q 4.20	Q 105.00
Válvula de globo de ½"	32	Q 34.75	Q 1,112.00
Manguera flexible de 2 m x 2"	1	Q 450.00	Q 450.00
Tubería de 2"	8 m	Q 66.50	Q 532.00
Tubería de 1 ½"	62 m	Q 52.38	Q 3,247.56
Tubería de 1 ¼"	85 m	Q 45.32	Q 3,852.20
Tubería de 1"	61 m	Q 35.07	Q 2,139.27
Tubería de ½"	69 m	Q 17.07	Q 1,177.83
Unidad de mantenimiento (FRL)	6	Q 1,048.00	Q 6,288.00
Mano de obra por instalación	--	Q 4,000.00	Q 4,000.00
Gastos imprevistos		Q 2,000.00	Q 2,000.00
		TOTAL	Q 26,837.06

Accesorios cotizados en SISTAGUA, la tubería fue cotizada en distribuidora Distun, de corporación Aceros de Guatemala.

Costo total de la red de distribución de aire comprimido Q 26,837.06

5.1.4. Monto total a invertir

El proyecto tiene un costo total de:

Sistema de lubricación	Q 160,800.00*
Compresor	Q 24,800.00
Red de distribución	Q 20,837.06
Total	Q 212,437.06

*No se tiene que invertir el monto que corresponde al sistema de lubricación neumático, ya que la empresa que les suministra los lubricantes hará un convenio de proporcionar el equipo a comodato, con la condición de que se utilicen exclusivamente los lubricantes que ellos venden.

Entonces se tiene únicamente el costo del compresor y la red de distribución, generando un activo fijo que se totaliza en la tabla XXXI:

Tabla XXXI. Activo fijo

Activo fijo	
Maquinaria y equipo	
Compresor de 10 Hp	Q24,800.00
Red de distribución de aire comprimido	Q26,837.06
Total de activo fijo	Q51,637.06

Monto total a invertir Q 51,637.06

5.2. Determinación de costos

El proyecto trae consigo ciertos costos necesarios para su operación y funcionamiento, los cuales se dividen en variables y fijos, los costos variables dependen de las unidades producidas (servicios de lubricación), mientras los costos fijos como su nombre lo indica no varían respecto al número de servicios realizados.

5.2.1. Costos variables

En la tabla XXXII se totalizan los costos variables, tomando en cuenta que el departamento de contabilidad tiene asignado un costo total de mano de obra directa de un 20% sobre el precio de venta del servicio el cual está indicado en la tabla XXXIV.

Tabla XXXII. Costos variables anuales

Materia prima				
Insumos Utilizados Por Servicios	Litros por servicio	Costo Unidad	No. Servicios	Total al Año
Servicio de motor	7.00	51.78	943	Q341,799.78
Servicio de refrigerante	4.00	13.57	193	Q10,476.04
Servicio de caja mecánica y diferenciales	4.00	27.40	118	Q12,932.80
Servicio de caja automática	5.00	22.11	108	Q11,939.40
Total de materia prima				Q377,148.02
Mano de obra directa (20% sobre el precio de venta de servicio)				
Tipo de servicio	Precio de venta	No. servicios	MOD 20% ventas	
Servicio de motor	Q1,928.96	943	Q363,800.91	
Servicio de refrigerante	Q300.00	193	Q11,580.00	
Servicio de caja mecánica y diferenciales	Q2,263.75	118	Q53,424.50	
Servicio de caja automática	Q1,121.00	108	Q24,213.60	
Total de mano de obra directa				Q453,019.01

Total de costos variables al año Q 830,167.03

5.2.2. Costos fijos

Entre los costos fijos estan el alquiler del inmueble, energía eléctrica, depreciaciones, y los gastos por administración y venta; estos últimos incluyen a los receptores, jefe de taller, provador de vehículos y una cajera por lo que el departamento de contabilidad estima un total de mano de obra indirecta involucrada en los servicios de Q697,936.33 al año. En la tabla XXXIII se totalizan los costos fijos

Tabla XXXIII. Costos fijos anuales

Costos fijos	
Gastos de administración y venta	Q697,936.33
Alquiler de inmueble	Q58,382.00
Energía eléctrica	Q24,000.00
Depreciaciones	Q10,327.41
Total	Q790,645.75

Total de costos fijos al año Q 790,645.75

5.3. Determinación de ingresos

El proyecto tiene como beneficios el ingreso por venta de servicios de lubricación, el valor de desecho de la maquinaria y otros ingresos por venta de material de desecho (reciclaje).

En la tabla XXXIV, se indica el precio de venta de cada servicio, totalizando con el numero de servicios que se pronosticaron en las tablas VII y IX, el total de ingresos anuales.

Tabla XXXIV. Ingresos por servicios

PRECIO DE SERVICIOS	PRECIO	No. SERVICIOS	TOTAL AÑO
Servicio de motor	Q1,928.96	943	Q1,819,004.57
Servicio de refrigerante	Q300.00	193	Q57,900.00
Servicio de caja mecánica y diferenciales	Q2,263.75	118	Q267,122.50
Servicio de caja automatica	Q1,121.00	108	Q121,068.00
			Q2,265,095.07

Total de ingresos por venta de servicios Q 2,265,095.07

En la tabla XXXV, se indican los ingresos debido a la venta de los desechos que pueden ser reciclados.

Tabla XXXV. Ingresos por venta de desechos

Producto	Cantidad anual	Precio	total
Llantas	144 unidades	Q 75.00	Q 10,800.00
Baterias	48 unidades	Q 20.00	Q 960.00
Aceite usado	34 toneles	Q 125.00	Q 4,250.00
Chatarra	1 tonelada	Q 1200.00	Q 1,200.00
			Q 17,510.00

Total de ingresos por venta de desechos Q 17,510.00

Se estima que el proyecto tendrá una vida útil de 5 años, por lo que se procede a calcular el valor de rescate del equipo con un porcentaje de depreciación para maquinaria del 20%, se utiliza el método de saldos decrecientes, en el cual se toma el doble del porcentaje de depreciación, es decir $2 * 20\% = 40\%$, los cálculos se indican en la tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. Valor de rescate del equipo del taller

Año	Valor	%	Depreciación	Valor de rescate
1	Q 51,637.06	40%	Q 20,654.82	Q 30,982.24
2	Q 30,982.24	40%	Q 12,392.89	Q 18,589.34
3	Q 18,589.34	40%	Q 7,435.74	Q 11,153.60
4	Q 11,153.60	40%	Q 4,461.44	Q 6,692.16
5	Q 6,692.16	40%	Q 2,676.87	Q 4,015.30

Valor de desecho a los 5 años Q 4,015.30

5.4. Flujo de caja

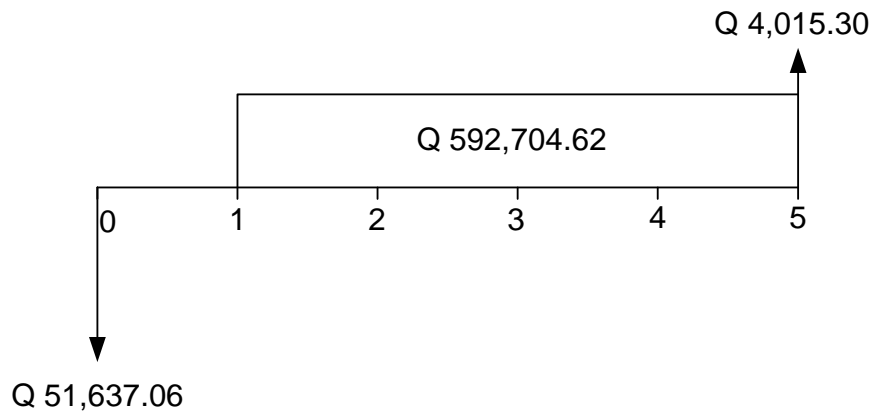
La proyección del flujo de caja es uno de los elementos más importantes para el estudio de un proyecto, por lo que se detalla en la tabla XXXVII. Se realiza el análisis para los 5 años de vida útil del proyecto.

Tabla XXXVII. Flujo de caja

	Año 0	2,006	2007	2008	2009	2010
Ingresos		Q2,265,095.07	Q2,265,095.07	Q2,265,095.07	Q2,265,095.07	Q2,265,095.07
Otros ingresos (reciclaje)		Q17,510.00	Q17,510.00	Q17,510.00	Q17,510.00	Q17,510.00
(-)Costos variables		Q830,167.03	Q830,167.03	Q830,167.03	Q830,167.03	Q830,167.03
(-)Alquiler de inmueble		Q58,382.00	Q58,382.00	Q58,382.00	Q58,382.00	Q58,382.00
(-)Gasto de energía eléctrica		Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00
(-)Gastos de administración y venta		Q697,936.33	Q697,936.33	Q697,936.33	Q697,936.33	Q697,936.33
(-)Depreciación		Q10,327.41	Q10,327.41	Q10,327.41	Q10,327.41	Q10,327.41
Utilidad antes de impuesto		Q661,792.29	Q661,792.29	Q661,792.29	Q661,792.29	Q661,792.29
(-)Impuesto		Q79,415.07	Q79,415.07	Q79,415.07	Q79,415.07	Q79,415.07
Utilidad neta		Q582,377.21	Q582,377.21	Q582,377.21	Q582,377.21	Q582,377.21
Depreciación		Q10,327.41	Q10,327.41	Q10,327.41	Q10,327.41	Q10,327.41
(-)Inversión Inicial	Q51,637.06					
Valor de desecho						Q4,015.30
Flujo de Caja	Q51,637.06	Q592,704.62	Q592,704.62	Q592,704.62	Q592,704.62	Q596,719.92
Acumulado		Q541,067.56	Q1,133,772.19	Q1,726,476.81	Q2,319,181.44	Q2,915,901.36

Se puede observar en la tabla XXXVII que se tienen flujos netos positivos para los 5 años de Q 592,704.62, con una inversión inicial de Q 51,637.06 y un valor de rescate al final del quinto año de Q 4,015.30 por lo que se puede observar gráficamente este flujo de efectivo en la figura 30.

Figura 30. Flujo de efectivo



5.5. Evaluación de la inversión

Para determinar la rentabilidad del proyecto, se procede a realizar una evaluación económica de la inversión, con el flujo de caja que se determinó anteriormente.

5.5.1. Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Todo inversionista espera una rentabilidad sobre el capital que invierte en un proyecto, la cual se ve afectada por la tasa de inflación, por lo que la tasa mínima aceptable de rendimiento se calcula de la siguiente manera:

$$TMAR = i + f + i \hat{a} f$$

Donde:

i = tasa de rentabilidad incluyendo un premio al riesgo

f = tasa de inflación

Para tener un dato más certero, se procede a pronosticar la inflación en base a los datos registrados en los años anteriores (anexo 2), y una regresión lineal calculada en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. Regresión lineal para el cálculo de la inflación

N	Año (X)	Inflación (Y)	XY	X ²	Y ²
1	1997	7.13	14238.61	3988009.00	50.84
2	1998	7.48	14945.04	3992004.00	55.95
3	1999	4.92	9835.08	3996001.00	24.21
4	2000	5.08	10160.00	4000000.00	25.81
5	2001	8.91	17828.91	4004001.00	79.39
6	2002	6.33	12672.66	4008004.00	40.07
7	2003	5.85	11717.55	4012009.00	34.22
8	2004	9.23	18496.92	4016016.00	85.19
9	2005	8.57	17182.85	4020025.00	73.44
Total		63.50	127077.62	36036069.00	469.12

$$b = (n\sum xy - (\sum x)(\sum Y)) / (n\sum x^2 - (\sum x)^2) = 0.2353$$

$$a = (\sum y) / n - b(\sum x) / n = -463.8464$$

Entonces la fórmula sería $Y = -463.8464 + 0.5353(X)$, obteniendo así los valores proyectados de la tasa de inflación para los 5 años de vida útil del proyecto, indicándolos en la tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. Proyección de la tasa de inflación para la vida útil del proyecto

Año	% de Inflación
2006	8.23
2007	8.47
2008	8.70
2009	8.94
2010	9.17

La gerencia espera obtener una tasa de rendimiento $i = 20\%$, la cual incluye un premio al riesgo por el tipo de inversión, el promedio de la inflación para los 5 años de vida útil del proyecto se calcula de los valores proyectados en la tabla XXXIX, obteniendo un valor $f = 8.7\%$.

Entonces la TMAR se calcula con la fórmula descrita anteriormente:

$$TMAR = 0:20 + 0:087 + (0:20 \hat{a} 0:087)$$

$$TMAR = 30\%$$

5.5.2. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto representa el valor presente, tomando en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, en este caso afectado por la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR).

Se utiliza la fórmula de presente dado un futuro:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

Donde:

P = Valor presente

F = Valor futuro

i = Tasa Mínima Atractiva de Retorno

n = Años

Tabla XL. Cálculo del valor presente

Flujo de efectivo	
Inversion inicial	-Q51,637.06
Primer año	Q592,704.62
Segundo año	Q592,704.62
Tercer año	Q592,704.62
Cuarto año	Q592,704.62
Quinto año	Q596,719.92

VAN

Q1,393,017.83

Se tiene un Valor Actual Neto (VAN) en los 5 años de vida del proyecto de Q 1,393,017.83, lo cual nos indica que el proyecto si es rentable.

5.5.3 Período de retorno de la inversión

El período de retorno de la inversión (TRC) nos indica el tiempo en el que se recupera la inversión, es decir que de ese tiempo en adelante el proyecto es rentable. Se calcula igualando el valor del VAN a 0, dejando como incognita el tiempo (n, en años), en la tabla XLI se presenta el resultado.

Tabla XLI. Período de retorno de la inversión

TRC (tiempo de retorno)	
Años	0.0932
Días	34
Meses	1.13

El período de retorno de la inversión es de 34 días, lo cual nos indica que el proyecto se paga después del primer mes.

6. ANÁLISIS SOBRE EL DESECHO DE SÓLIDOS Y LUBRICANTES

6.1. Impactos en el manejo de desechos sólidos y lubricantes

La contaminación es una problemática que afecta gravemente a nuestro medio ambiente, tanto para la sociedad actual como para las generaciones venideras, es por ello que las empresas deben tomar conciencia de enfocar la protección ambiental en sus procesos productivos, se debe tener en cuenta que hay actividades que no solo protegen al medio ambiente, sino que reducen los residuos, ahorran energía y recursos naturales no renovables, tal es el ejemplo del reciclaje, que a la vez de ser amigable con el medio ambiente, aumenta la productividad de las empresas y también de todo el país, al reducir la importación de materias primas.

6.1.1. Actividades que conllevan un impacto ambiental

En el taller se realizan ciertas actividades que traen consigo efectos negativos para el medio ambiente, a continuación se realiza un análisis de estas.

6.1.1.1. Principales fuentes de contaminación

Una fuente de contaminación se debe a que la mayoría de los sólidos (basura) que se genera en el taller, se desechan sin distinción alguna, no aprovechando los productos que se pueden reciclar, y afectando el proceso de biodegradación.

Hay contaminación en el área de lavado, ya que para lavar los motores y algunas piezas manchadas con aceite o grasa, se aplica queroseno, el cual se va junto con la suciedad a la red cloacal.

La limpieza de las áreas donde se derrama aceite usado se realiza con aserrín (que absorbe la mayor parte del aceite), este aserrín es depositado como basura, sin tener el cuidado de identificarlo y desecharlo al lugar correcto.

En el momento de hacer pruebas a los vehículos son acelerados, generando ruido y emisiones de gases de escape, es dañino para el personal, tanto por el nivel sonoro, como por el humo que se queda encerrado en el taller.

Por otra parte, el reemplazo de filtros de aceite y partes intercambiables, genera sólidos que son depositados junto con la basura normal, los cuales llevan cantidades significativas de aceite usado.

6.1.1.2. Análisis de la cantidad de aceite usado generado por el taller

Para determinar la cantidad de aceite usado que se genera, se pueden consultar en la sección 4.2.1, las tablas VII y IX, en las cuales se analizaron las demandas de aceites nuevos del año 2005, asumiendo que el mismo aceite que se aplica a los vehículos es extraído en el próximo servicio, se utilizan estas mismas cantidades para el aceite usado que se genera, indicando los totales en la tabla XLII.

Tabla XLII. Cantidad de contaminantes líquidos por año

PRODUCTO	LITROS	Equivalente (Toneles 208 L)
Lubricantes de motor	5983	29
Lubricantes varios	1165	5.6
Refrigerante	791	3.8
Queroseno	477	2.29

Según antecedentes del taller, los aceites usados siempre han sido almacenados en toneles de 208 litros para su posterior venta; este aceite es comprado por una empresa recolectadora de aceite usado, debidamente certificada por el MARN. Actualmente en Guatemala es la mejor opción para desechar estos lubricantes, quedando el taller sin una mejor alternativa tratando de proteger al medio ambiente.

Cuando se realiza cambio de refrigerante a un vehículo, este es depositado en la red cloacal, causando daños al ambiente, ya que como se puede observar en la tabla anterior, se generan en promedio 3.8 toneles al año.

El gas o queroseno es utilizado para limpiar piezas que están demasiado sucias y para realizar lavados de motor, que mezclados con agua también se van a la red cloacal, se demandan en promedio 2.29 toneles al año, el consumo de éste fue calculado directamente, ya que no hay una relación de lo que se consume con cada servicio.

6.1.2. Elementos del ambiente afectados

Los daños al medio ambiente se deben principalmente al manejo de sólidos y lubricantes, a continuación se detallan los efectos.

6.1.2.1. Daños debido al manejo de sólidos

Enfermedades provocadas por vectores sanitarios: existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos.

Contaminación de aguas: la disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.

Contaminación atmosférica: el material particulado, el ruido y el olor representan las principales causas de contaminación atmosférica

Contaminación de suelos: los suelos pueden ser alterados en su estructura debida a la acción de los líquidos percolados dejándolos inutilizada por largos periodos de tiempo

Contaminación visual y riesgo: la acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto visual negativo para el ambiente, además de tener en algunos casos asociados un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.

Salud mental: existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas.

6.1.2.2. Daños debido al manejo de lubricantes

Es sabido que el aceite usado es un líquido viscoso, pardo a negro, que se remueve del vehículo cuando se realiza un servicio de lubricación. Es similar al aceite nuevo, con la diferencia que contiene productos químicos adicionales, formados cuando el aceite es expuesto a altas temperaturas y presión dentro del motor. También contiene ciertos metales debido al desgaste de piezas, pequeñas cantidades de combustible, refrigerante y sustancias químicas que provienen de la combustión dentro del motor.

Los productos químicos en el aceite nuevo consisten de hidrocarburos, que son destilados del petróleo crudo y de varios aditivos que mejoran el rendimiento del aceite; con el uso el aceite adquiere productos químicos adicionales, que varían dependiendo de la marca o del tipo de aceite, de si se usó en un motor gasolina o diesel, de la condición del motor de donde provino el aceite, y de la cantidad de uso entre cambios de aceite. El aceite usado no ocurre naturalmente en el ambiente.

Efectos en el medio ambiente

- El aceite usado puede llegar al ambiente en forma de gases (humo blanco), a través del tubo de escape durante el uso de un motor en mal estado, que quema aceite.
- Puede entrar al agua o al suelo cuando es desechado en forma inapropiada.
- Los hidrocarburos componentes del aceite generalmente se adhieren a la superficie del suelo.
- Los hidrocarburos componentes del aceite que entran al agua superficial se adhieren a pequeñas partículas en el agua y eventualmente se hunden al fondo.

- Los hidrocarburos de aceite usado pueden acumularse en mariscos y en otros organismos.
- Ciertos metales en el aceite usado se disuelven en agua y se movilizan a través del suelo fácilmente y pueden encontrarse tanto en agua superficial como subterránea.

Datos medibles sobre los daños al medio ambiente:

- **1 litro** de aceite usado que se derrame puede contaminar **1 millón** de litros de agua.
- **5 litros** de aceite usado quemado en un motor de combustión interna contaminan el aire que una persona respira en **tres años**.
- **1 litro** de aceite usado puede llegar a formar manchas de **4000 metros cuadrados** en ríos, lagos o en el océano.

Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud humana varían dependiendo de la marca y el tipo de aceite usado y de las características del motor de donde provino; estos contienen PAHs, algunos de los PAHs han sido identificados como los agentes causantes del cáncer. Los estudios en animales han demostrado que mientras más alto el contenido de los PAHs en el aceite, mayor es la probabilidad de que el aceite sea carcinogénico, según el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC , por sus siglas en inglés).

Los mecánicos y otros trabajadores de automóviles que están expuestos al aceite usado de un gran número de automóviles han experimentado salpullidos, efectos a la sangre (anemia), dolores de cabeza y temblores.

Cuando hay contacto con aceite por tiempos prolongados, se corre el riesgo de contraer cáncer en la piel.

Cuando se respiran neblinas de aceite usado por unos pocos minutos, se puede sufrir leve irritación a la nariz, la garganta y los ojos; mientras que por tiempos prolongados pueden causar cáncer en el sistema respiratorio. También al ingerir pequeñas cantidades de este aceite se puede sufrir diarrea y en grandes cantidades puede llegar a causar hasta la muerte.

Cómo se puede estar expuesto al aceite usado

- Cuando se tiene contacto directo en la piel con aceite usado.
- Respirando cantidades significativas de los compuestos químicos del aceite en gases del tubo de escape de un motor.
- Al quemar el aceite como combustible para calefacción u otro proceso.
- Tocando tierra contaminada o tomando agua contaminada.
- Consumiendo vegetales o carnes que han tenido contacto con aceite usado.

6.2. Medidas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales

La mayoría de los residuos terminan convirtiéndose en basura cuyo destino final es el vertedero o los rellenos sanitarios, los vertederos y rellenos sanitarios son cada vez más escasos y plantean una serie de desventajas y problemas, por lo que se deben tomar medidas para reducir, eliminar o compensar los efectos negativos para el ambiente.

6.2.1. Medidas en el manejo de desechos sólidos

El manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de los desechos sólidos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales.

Un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.

Por ello se recomienda a la empresa clasificar la basura, ya que es más fácil y lógico clasificarla en el origen (taller) que hacerlo posteriormente y se debe contactar a empresas que se dediquen al reciclaje de residuos, entonces (ver figura 31) se deben clasificar los desechos sólidos en:

Papel: el consumo de papel (núcleos administrativos, editoriales de prensa, revistas, libros, etc.) y de cartón corrugado (envases y embalajes de los productos manufacturados) ha crecido también exponencialmente por el incremento de la población y de la cultura en todo el mundo desarrollado. El papel reciclable no se debe mezclar con papel sucio, pañuelos desechables, papel de aluminio, papel de fax, papel engomado, plastificado y encerado.

Plásticos: los plásticos se pueden reciclar, y en los últimos años también se desarrolla de una forma importante, las unidades de incineración de residuos con generación de calor o electricidad son un valioso medio de explotar el alto contenido energético de los plásticos, con poder calorífico intermedio entre el petróleo y el carbón.

Vidrio: los beneficios ambientales del reciclaje de vidrios se traduce en una disminución de los residuos municipales, disminución de la contaminación del medio ambiente, y un notable ahorro de los recursos naturales, ya que cada kg de vidrio recogido sustituye 1.2 kg de materia virgen. El vidrio es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus cualidades, es decir que 1 kg de vidrio usado produce 1 kg de vidrio reciclado.

Envases: diariamente, se utilizan una cantidad considerable de envases de los llamados ligeros: envases de plásticos, latas de hierro y aluminio. Los envases de plásticos se pueden reciclar para la fabricación de bolsas de plástico, mobiliario urbano, señalización, o bien para la obtención de nuevos envases de uso no alimentario.

Pilas y baterías: las pilas usadas no son un residuo cualquiera, son un residuo especial, toxico y peligroso. Las pilas Botón (utilizadas en relojes, calculadoras y sensores remotos), a pesar de su reducido tamaño son las más contaminantes. Las baterías de vehículos pueden ser recicladas.

Metales (chatarra): los metales se pueden reciclar, reduciendo así el consumo de materia prima del país, pueden ser vendidos como chatarra a una siderurgica que la convierta en hierro que pueda ser reutilizado.

Llantas: pueden ser vendidos para que personas particulares decidan hacer uso de ellos.

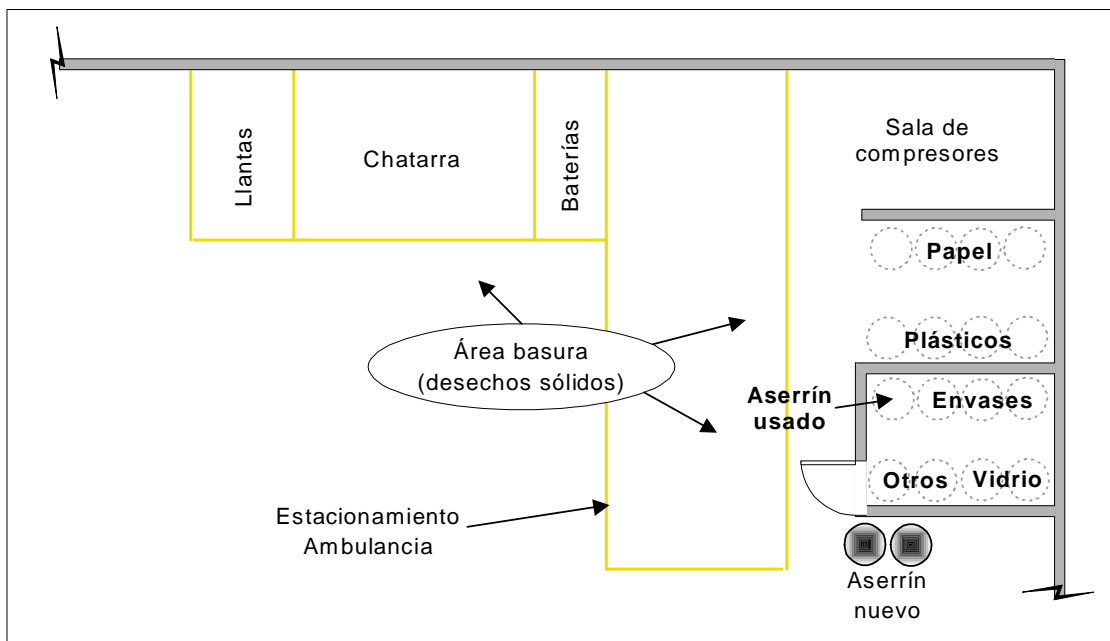
En la tabla XLIII se totaliza la cantidad de los desechos sólidos que actualmente se pueden reciclar en nuestro medio.

Tabla XLIII. Cantidad de desechos sólidos reciclables

Producto	Cantidad anual
Llantas	144 unidades
Baterías	48 unidades
Chatarra	1 tonelada

En la Figura 31 se muestra la forma en que se deben almacenar los desechos sólidos en el taller, con la finalidad de facilitar el reciclaje.

Figura 31. Clasificación de los desechos sólidos



6.2.2. Medidas en el manejo de aceite usado

Se debe establecer el área de almacenamiento de aceite usado cerca de la estación de servicios de lubricación, ver en el plano de la figura 20 que en la situación sugerida para el taller, la nueva ubicación para los lubricantes usados evita el transporte desde distancias muy largas, asegurando también que los mecánicos realmente lo depositen allí, ya que en ocasiones, cuando son cantidades muy pequeñas, simplemente las depositan en la red cloacal. Se tiene también la ventaja, que el vehículo que recolecta el aceite usado tendrá un mejor acceso.

Para reducir al mínimo la presencia de aceite usado en los filtros y partes que se desechan, es recomendable que antes de depositarlos en la basura se dejen estilando, con el fin de que lleven la menor cantidad de lubricante en su interior; esta operación se puede realizar en un recipiente con una tapa en forma de parrilla, y la debe realizar el mecánico después de cada servicio.

El programa de recolección de aceite usado está pasando por una serie de obstáculos, debido a que no se ha podido controlar con exactitud el tratamiento del aceite y es un requisito indispensable que el aceite usado haya sido previamente tratado con el fin de liberarlo de los componentes que lo hacen un residuo peligroso. Por ello se recomienda vender el aceite usado únicamente a empresas que estén debidamente certificadas por el MARN, aun cuando otras empresas ofrecieran más que las que están certificadas.

6.2.3. Tratamiento en caso de intoxicación con aceite usado

Cuando la intoxicación se produce por vía respiratoria, con vapores de aceite caliente o humo de aceite quemado, bastará con retirar al paciente de la atmósfera contaminada, si la depresión respiratoria es intensa, deberá llevarse al centro de asistencia más cercano y se deberá administrar oxígeno al 100% con respiración asistida.

Si la absorción ha sido por ingestión, deberá iniciarse el tratamiento siempre que la cantidad ingerida sea igual o superior a un mililitro por kilogramo, o lo aconseje la situación clínica del paciente; teniendo que llevarlo a un centro de asistencia para hacerle un lavado gástrico, pero con la precaución de evitar el paso de líquido a las vías respiratorias.

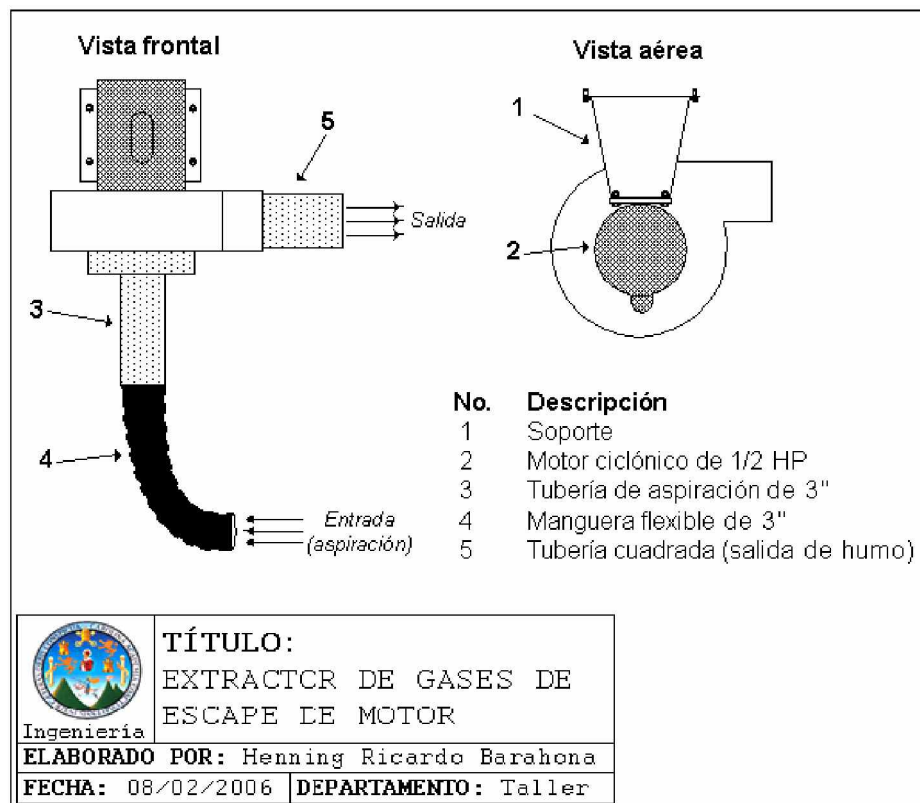
6.2.4. Otras medidas importantes

Deberá evitarse el uso generalizado de las prácticas de vertido a la red cloacal de sustancias tóxicas, mediante la introducción de rutinas de trabajo más coherentes con la optimización de la gestión de los residuos y con criterios preventivos, tales como capacitación al personal sobre buenas prácticas de manufactura y llevar un mejor control para que realmente se realicen estas acciones.

Sustituir los solventes con los que se limpian máquinas, herramientas y el piso de trabajo (thiner, gasolina o keroseno), por otros agentes que sean menos agresivos para el medio ambiente.

Instalar extractores de gases de escape de motor, para conectárselo al tubo de escape de los vehículos, ya que en ocasiones se prueban dejándolos arrancados por largos periodos, generando así un ambiente de trabajo contaminado con gases dañinos para la salud de los trabajadores. Ver la figura 32 el diseño de estos extractores; se instalan en las paredes y de manera estratégica para que le brinden servicio a dos puentes de levantamiento de vehículos, se puede observar en el plano de la figura 24 que se recomienda instalar dos de éstos en el ala sur del taller, ya que es el lugar que se ve más afectado, debido a la poca renovación de aire que se tiene, entonces quedará esta área establecida para probar los vehículos que requieren dejar el motor en marcha durante largos periodos.

Figura 32. Diseño de un extractor de gases de escape de motor



Ciertas tareas que se realizan en el taller generan contaminación auditiva, por lo que se debe tomar medidas para proteger la salud de los trabajadores, en la tabla XLIV se muestran las mediciones de las actividades que presentan alto nivel de ruido, realizado con un decibelímetro a diferentes horarios de trabajo.

Tabla XLIV. Actividades con alto nivel de ruido

Actividad	Nivel de ruido	Tiempo de exposición/día
Utilizar pulidora neumática	95 dB	3.5 horas al día
Aspirar vehículos	90 dB	2 horas al día
Utilizar bomba para lavado de vehículos	95 dB	2 horas al día
Sopletear motores	115 dB	0.75 horas al día
Utilizar llave de impacto neumática	110 dB	1 hora al día
Operar puente electrohidráulico	85 dB	0.25 horas al día

En la tabla XLV se muestran los niveles de ruido permiscibles, los cuales indican el tiempo máximo, en horas por día que una persona puede exponerse a cierto nivel de ruido en decibeles (dB), sin causar daños a su salud.

Tabla XLV. Tabla de exposiciones de ruido permisibles

Tiempo (horas por día)	Nivel de sonido dB
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 o menos	115

Fuente: Benjamin Niebel, Andris Freivalds. **Métodos, estándares y diseño del trabajo.**
Pág. 237

La OSHA establece que la exposición a cualquier nivel de ruido superior a 80dB causa una dosis parcial en quien la escucha. Si la exposición total diaria consiste en varias exposiciones a diferentes niveles de ruido, entonces las dosis parciales se suman para obtener una exposición combinada, si esta es mayor que 100, entonces se debe utilizar protección auditiva.

$$D = 100 \hat{a} \left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} \dots \frac{C_n}{T_n} \right] \hat{o} 100$$

Donde:

D = Dosis combinada de sonido

C = Tiempo de exposición a niveles específicos de ruido (horas)

T = Tiempo permitido a un nivel específico de ruido (horas), tabla XLV

Análisis de ruido en área de preparación y limpieza de vehículos:

En esta área se realizan las actividades utilizar pulidora neumática (95dB por 3.5 horas) y aspirar vehículo (90 dB por 2 horas), los niveles de ruido y tiempo de exposición por actividad se obtuvieron de las mediciones de la tabla XLIV, según la tabla XLV de niveles de ruido permisibles, esta persona no debería tener protección auditiva, sin embargo la OSHA recomienda utilizar protección con niveles mayores a 80dB, por lo que se procede a calcular la dosis combinada de ruido a la que esta persona esta expuesta:

$$D = 100 \hat{a} \left[\frac{3.5}{4} + \frac{2}{8} \right] \hat{o} 100$$

Hay una dosis combinada de ruido de 112.5% que es mayor que el 100%, por lo que se recomienda que esta persona utilice protección auditiva en ambas tareas.

Análisis de ruido en área de lavado:

Se realizan las operaciones utilizar bomba para lavado de vehículos (95dB por 2 horas), sopletear motores (115dB por 0.75 horas) y utilizar aspiradora (90dB por 2 horas), entonces la dosis combinada de ruido para la persona encargada del área de lavado es:

$$D = 100 \left[\frac{2}{4} + \frac{0.75}{0.25} + \frac{2}{8} \right] = 375 \text{ } \approx 100$$

La persona que trabaja en esta área esta expuesta a una dosis combinada de ruido de 375%, por lo que debe utilizar protección auditiva.

Análisis de ruido para los mecánicos:

Los mecánicos realizan las operaciones utilizar llave de impacto neumática (110dB por 1 hora) y operar puente electrohidráulico (85dB por 0.25 horas), según la tabla XLV, a un nivel de ruido de 85 dB no se tiene que utilizar protección auditiva, sin embargo para calcular la dosis combinada de ruido se toma el tiempo permisible para un nivel de ruido de 90 dB, obteniendo un valor de:

$$D = 100 \left[\frac{1}{0.5} + \frac{0.25}{8} \right] = 203 \text{ } \approx 100$$

El mecánico debe utilizar protección auditiva en ambas operaciones, ya que tiene una dosis combinada de ruido del 203%.

El tipo de protección auditiva recomendada para actividades en un taller de servicios es la orejera (ver figura 33), por lo que se debe utilizar en las operaciones: utilizar pulidora neumática, aspirar vehículo, utilizar bomba para lavado de vehículos, sopletear motores, utilizar llave de impacto neumática y operar un puente electrohidráulico para levantamiento de vehículos.

Figura 33. Orejera para protección auditiva



Fuente: Guía de productos para protección auditiva de 3M

CONCLUSIONES

1. Es evidente que el aire comprimido tiene grandes ventajas sobre otras fuentes de energía, y juega un papel importante en los procesos productivos del taller, por lo que se le debe dar importancia a su adecuada generación, distribución y utilización. El sistema de aire comprimido actual del taller, que incluye el compresor y la red de distribución, está en condiciones que lo hacen ineficiente, esto debido a una serie de factores tales como: errores en el diseño, antigüedad y carencia de algunos elementos, y falta de mantenimiento; en general, el aire que se está suministrando es de baja calidad, teniendo presencia de agua y partículas, que afectan el funcionamiento y reducen la vida útil de la herramienta y equipo neumático.
2. La red de distribución de aire comprimido del taller necesita ser modificada, ya que actualmente tiene un diámetro de tubería de 1/2" en todo su recorrido, lo cual genera demasiadas pérdidas de presión, para ello se calcularon los diámetros de tubería correctos, basados en el principio de no exceder una caída en la presión del 3%; también es necesario dejar una inclinación de 1/200 en dirección del flujo, con una llave de purga manual en cada extremo de tubería. Las derivaciones no son del tipo cuello de ganso, las cuales tienen el propósito de evitar que los condensados sean arrastrados hasta el equipo o herramienta neumática; tampoco se cuenta con tratamiento de aire, para lo cual se propone tener 6 unidades de mantenimiento portátiles, las cuales se deben conectar antes de utilizarse cualquier equipo o herramienta neumática, esto debido a que instalar una en cada toma elevaría considerablemente el costo de la red de distribución ya que el taller cuenta con 27 tomas de aire, de las cuales algunas no se utilizan con frecuencia.

3. El compresor actual es de 5 HP, fabricado en el año 1,961 y utilizado por la empresa desde su constitución en 1,991, en la actualidad ya no cumple con los requerimientos de aire comprimido del taller y trabaja forzosamente en las horas pico, en las que el taller demanda más aire de lo normal. Es necesario instalar un compresor de mayor capacidad, siendo la mejor alternativa uno recíprocante o de pistón de 2 etapas con interenfriador, de 10HP con una entrega de 37.5 CFM @ 90 PSI, el cual cumple con la demanda que se pronosticó para el taller, que es de 31.4 CFM, en la cual se contempló un periodo de enfriamiento que requiere éste tipo de compresor, también un aumento futuro en la demanda y lograr cubrir el consumo en las horas pico del taller.

4. Debido a los inconvenientes que se tienen actualmente en la realización de servicios de lubricación, se ve la necesidad de instalar un sistema de lubricación neumático, el cual se justifica claramente de acuerdo con la evaluación económica, ya que teniendo una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) del 30% se obtuvieron flujos netos de efectivo positivos para cada año, en los 5 años de vida útil del proyecto, totalizando un Valor Actual Neto (VAN) de Q 1,393,017.83, con un período de retorno de la inversión de 0.0932 años o equivalente a 1.13 meses; entonces la implementación del sistema sugerido es viable desde cualquier punto de vista, más aun tratándose de un taller de tal magnitud y prestigio. Se debe tener presente la ventaja de no tener que incurrir en el costo del sistema de lubricación que es de Q 160,800.00, ya que la empresa que suministra los lubricantes lo dará a comodato, con la condición de que se utilicen exclusivamente los lubricantes que ellos vender, entonces sólo se tiene que invertir en el compresor y la red de distribución de aire comprimido, generando un monto total a invertir de Q 51,637.06.

5. En lo que se refiere al manejo de sólidos y lubricantes, es importante tomar medidas que eviten al máximo la contaminación del medio ambiente, ya que se ve afectada tanto la sociedad actual, como las generaciones venideras. Entonces se debe promover una adecuada gestión de los desechos que se generan en el taller, ya que disminuyen la contaminación y tienen beneficios adicionales como recuperación de residuos que pueden ser convertidos en materia prima para otros procesos y ser utilizados nuevamente.

6. Es importante tener un ambiente de trabajo confortable y libre de contaminación, ya que cualquier molestia como ruidos intensos o gases de escape de motor, además de ser dañinos para la salud y generar tensión (*stress*), contribuyen a la distracción, causando una disminución en la productividad de los trabajadores.

RECOMENDACIONES

1. Se debe tomar en cuenta la instalación de un sistema de lubricación neumático, la renovación de la red de distribución de aire comprimido y la instalación de un nuevo compresor, como una oportunidad de mejorar las instalaciones del taller, logrando así, mejor eficiencia en todos los procesos productivos.
2. El taller debe disponer de un programa de inspección y mantenimiento de la red de distribución de aire comprimido, que como mínimo haga una revisión semestralmente; se deben tener hojas de chequeo para llevar el control de las inspecciones, pudiendo utilizar el plano de la instalación, en el que se encuentran las dimensiones de tubería y los elementos que la integran; para el mantenimiento del equipo, también se debe tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante o instalador. En cuanto se detecte una fuga de aire o un elemento en mal estado, hay que proceder a su inmediato arreglo, siempre hay que tener presente que es menos costoso el reemplazo de cualquier accesorio que tener una pérdida de aire, ya que generaría arranques innecesarios del compresor, con altos costos a largo plazo.
3. Dejar el compresor actual conectado como reserva, para que en los paros de mantenimiento del nuevo compresor o en casos de emergencia no se tenga que dejar sin aire a la red de aire comprimido.

4. Establecer un área específica para servicios de lubricación, para contar con el sistema de lubricación neumático y todos los equipos y herramientas adicionales necesarias; se debe trasladar los depósitos de aceite usado cerca del sistema de lubricación, para disminuir el tiempo que se requiere en llevarlo hasta el depósito de aceite usado.

5. Clasificar la basura en papel, plásticos, vidrio, envases, baterías, metales y llantas, para reciclarlas; ya se dejaron marcadas y debidamente rotuladas las áreas donde se deberá acumular la basura, clasificada según el esquema ya implementado. También se deben realizar capacitaciones al personal, para que tomen conciencia de la importancia que tiene la protección del medio ambiente.

6. Se debe brindar protección auditiva a los trabajadores que se exponen a mucho ruido, también es necesario colocar dos extractores de humo para conectarlos al tubo de escape de los vehículos, con el fin de evitar que se contamine con gases de escape el área de trabajo de los mecánicos.

REFERENCIAS

1

Aro Corporation. **Fluid Handling Text, Lesson 1: Pneumatic Principles.** (OHIO: Printed in the U.S.A., 1987) pp.1-8.

2

Aro Corporation. **Fluid Handling Text, Lesson 4: Selection Factors.** (OHIO: Printed in the U.S.A., 1987) pp.1-35.

3

Benjamin Niebel y Andris Freivalds. **Métodos, estándares y diseño del trabajo.** (10ª Edición; Mexico: Editorial Alfaomega, 2001) pp.230-238

4

Carnicer Royo, Enrique. **Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones.** (2ª Edición; Madrid: Editorial Paraninfo, S. A., 1994) pp.191-235.

5

CONAMA. **Informe de la gestión y perspectivas de seguimiento de la protección del medio ambiente.** (Guatemala: 2000) p. 25

6

J. Ladron de Guevara y V Moya Pueyo. **Toxicología medica, clínica y laboral.** (Madrid: Mc Graw Hill, 1995) pp.329

7

Saravia Otten, Jun Carlos. **Guia sobre el funcionamiento del compresor de tornillo y la instalación de este tipo de equipo en la planta de reencauche de llantas Vifrio, S. A.** (Guatemala, 2000) pp.1-7

BIBLIOGRAFÍAS

1. Aro Corporation. **Fluid Handling Text, Lesson 2: Air Systems.** (OHIO: Printed in the U.S.A., 1987) 16pp.
2. Aro Corporation. **Fluid Handling Text, Lesson 5: Fluid Handling Systems** (OHIO: Printed in the U.S.A., 1987) 9pp.
3. Ingersoll-Rand Company. **An introduction to compressors.** (Printed in the U.S.A.; Form C750.C; 1988). 15pp.
4. Quiroa E., Horacio. **Redes de Aire Comprimido.** UniversidadEafit, 2003.
5. Saravia Otten, Jun Carlos. **Guía sobre el funcionamiento del compresor de tornillo y la instalación de este tipo de equipo en la planta de reencauche de llantas Vifrio, S. A.** (Guatemala, 2000) pp. 59-86
6. Sapag Chain, Nassir. **Criterios de evaluación de proyectos.** 1ª ed. España: McGraw Hill, 1993. 129pp.

7. Severns, W. H. y otros. **Energía mediante vapor, aire o gas.** 5ª ed. México: Editorial Reverté, 1976. 493pp.

8. Wehrich, Heinz y Harold Koontz. **Administración una perspectiva global.** 10ª ed. Mexico: McGraw Hill, 1994. 745pp.

APÉNDICES

1. Ejemplo de un taller con sistema de lubricación

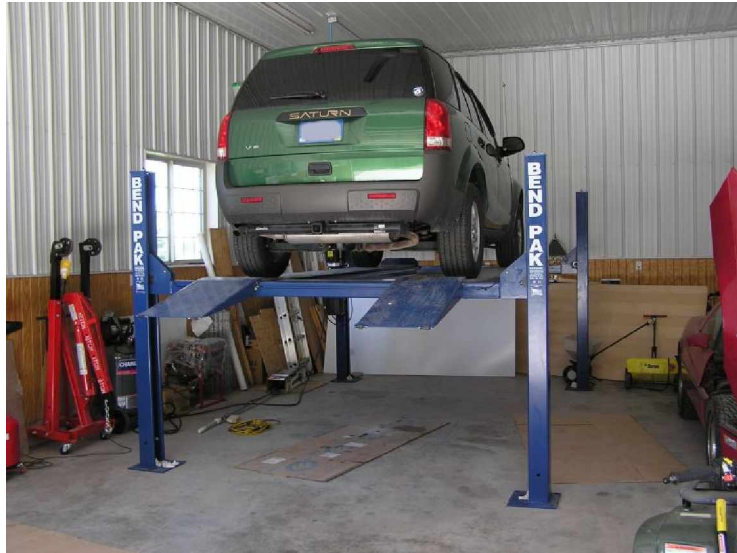


2. Estructura para 2 carretes de manguera instalada en un taller de servicios

1.



3. Puente para levantamiento de vehículos



4. Compresor de tornillo rotativo



ANEXOS

1. Cotizaciones de otros compresores:

Compresor de tornillo rotativo marca Ingersoll Rand 10 HP
Q 56500.00 Coguma, S. A.

Compresor reciprocante marca Ingersoll Rand de 10 HP
Q 26845.00 Coguma, S. A.

2. Porcentaje de inflación de años anteriores

Año	% de Inflación
1997	7.13
1998	7.48
1999	4.92
2000	5.08
2001	8.91
2002	6.33
2003	5.85
2004	9.23
2005	8.57

Fuente: Instituto nacional de estadística (INE) "Inflación de 1997 a 2005"