
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA

// 2
Enero



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Selección de un Equipo Neumático para una
Planta Embotelladora.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Ingeniero Mecánico Electricista Area Mecánica
P R E S E N T A
JUAN LORENZO HERNANDEZ DIAZ

GUADALAJARA, JALISCO

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

La aplicación de la Ingeniería en una Industria Embotelladora, es tan amplia que nos resultaría imposible mencionar en detalle todos los puntos en los cuales la aplicación de esta rama es indispensable para lograr de los equipos adecuados con los cuales se pueda lograr la máxima eficiencia, al mínimo costo de producción. Por esta vez se hará únicamente un estudio el cual corresponderá a la selección de un equipo neumático para una industria de este tipo.

Con la finalidad, de que se formen una idea del proceso que se sigue, en la elaboración del producto en una Industria Embotelladora a continuación se da una breve descripción de materias primas y equipos que intervienen en una forma directa o indirecta, para lograr la obtención de dicho producto.

Departamento de Tratamiento de Aguas

Este departamento es sin duda alguna el número uno en importancia en cualquier planta embotelladora, ya que de la calidad de este líquido depende en gran parte el éxito o el fracaso del producto que se va embotellar. Para obtener agua de buena calidad es necesario que ésta se someta a un tratamiento un tanto especial el cual depende de su origen y de su análisis.

-- Origen del Agua

Agua que penetra profundamente en la tierra, a la que se llega por medio de pozos profundos, y cuyas características se man tienen relativamente constantes.

Analisis del Agua

Una vez obtenida el agua, son enviadas al laboratorio unas muestras, para que se lleva a cabo un analisis químico cuyos resultados indicarán cual es la clase de tratamiento a que se deberá someter dicho líquido.

Objeto del tratamiento del Agua

Las clases generales de impurezas que contiene el agua y - los efectos que éstas causan pueden dividirse en las siguientes clases;

1.- Impurezas que influyen en sus características físicas, tales como turbiedad, color, olor y sabor.

Efectos que causan: la turbiedad causa pérdida de carbonatación, formación de espuma en la llenadora, lo mismo que un aspecto poco atractivo. El color según su origen causa anillos y sedimentos repugnantes. Ciertas impurezas pueden causar un olor indeseable y o sabores anormales.

2.- Impurezas que afectan a su condición higiénica, como - bacterias y micro- organismos.

Efectos que causan: originan el desarrollo de materias orgánicas que pueden provocar la descomposición del agua e incubación de gérmenes patógenos en perjuicio de nuestra salud.

3.- Impurezas que influyen en su composición química tales como minerales, alcalinidad, dureza, etc.

Efectos que causan: la alcalinidad excesiva rebajará la fuerza de la bebida y puede hacerla más susceptible a la invasión de bacterias.

En el tratamiento del agua puede decirse que se efectúan 3 funciones:

1a.- Reducir la alcalinidad del agua. Con el fin de hacerla menos susceptible a la invasión de bacterias y satisfacer las normas establecidas por el control de calidad.

2a.- Esterilizar el agua. La esterilización tiene por objeto impedir el desarrollo de materias orgánicas que puedan provocar la descomposición del agua e incubación de gérmenes patógenos en perjuicio de nuestra salud. La esterilización se logra agregando un compuesto altamente oxidante (por ejemplo cloro) con el fin de matar toda sal orgánica.

3a.- Clarificar el agua. La Clarificación tiene por objeto eliminar toda materia que se encuentre en suspensión en el agua agregando un compuesto coagulante.

Para poder desempeñar las funciones del tratamiento de agua se dispone de un tanque de reacción o tanque coagulador, un banco completo de reactivos y dosificadores de las soluciones químicas, un banco de filtros de arena y un banco de purificadores de carbón activado.

Acondicionamiento o Ablandamiento del Agua.

El ablandamiento del agua se lleva a cabo después de haberse realizado un análisis químico en el cual se determine la dureza en partes por millón. (P.P.M.)

Dureza del agua. El concepto de dureza tal como se aplica al agua, significa la propensión a formar incrustaciones y a su poder precipitante. Las incrustaciones se forman debido a la presencia de sales de calcio, magnesio, sodio, etc. en el agua.

Objeto del Ablandamiento del Agua.

Las funciones más importantes que se efectúan durante el ablandamiento del agua son:

1.- Quitar las materias solubles en suspensión para evitar la formación de incrustaciones sobre las superficies de calentamiento del agua (calderas, lavadoras, condensadores evaporativos, etc.)

2.- Eliminación de los gases, para proteger contra la corrosión los metales de las calderas, lavadoras, etc.

La ventaja obtenida con el ablandamiento del agua es la de obtener una buena eficiencia de operación, un máximo rendimiento de la instalación y un mantenimiento mínimo.

Para efectuar el ablandamiento del agua se requiere de un suavizador, el cual contiene en su interior varias capas de arena y grava, y una de zeolita Sódica. Se conocen por Zeolitas ($N A_2Z$) a los silicatos hidratados de sodio, los cuales tienen la propiedad de absorber el calcio y el magnesio de las aguas que la atraviesan, debido a que sus bases son permutables.

Departamento de Elaboración de Jarabes.

El proceso que se sigue en la elaboración del jarabe se clasifica en 3 partes.

1a.- Elaboración del jarabe simple.

Se conoce con el nombre de jarabe simple, la mezcla que resulta de combinar agua tratada y azúcar.

2a.- Elaboración del jarabe terminado.

Se conoce con el nombre de jarabe terminado la mezcla que resulta de combinar el jarabe simple con los concentrados.

los cuales son la parte fundamental en la elaboración de este jarabe.

2a.- Elaboración del jarabe reposado.

La elaboración del jarabe reposado, consiste en dejar reposar un tiempo determinado el jarabe terminado. Tiempo durante el cual se -- efectúa un fenómeno conocido con el nombre de "inversión del azúcar" Fenómeno que consiste en un proceso hidrolisis por el cual un azúcar -- compuesto en solución en agua y en presencia de ácido, se desdobla en dos azúcares simples. Al suceder ésto, un pequeño porcentaje de agua se transforma realmente en azúcar, lo que desde luego aumenta la cantidad total del azúcar o el total de sólidos en solución.

Todo el equipo utilizado en este departamento es acero inoxidable, acabado sanitario, perfectamente esterilizado antes de cada preparación. Se dispone de equipo de laboratorio para verificar el control de calidad del jarabe.

Departamento de Equipos Auxiliares.

Este departamento recibe el nombre de equipos auxiliares, por encontrarse en él, todos aquellos equipos que intervienen indirectamente en la elaboración del producto.

Los equipos de que se puede hacer mención por encontrarse en este departamento son los siguientes:

Unidades generadoras de vapor.

Unidades pertenecientes a la clase pirotabular, tipo horizontal. Su función es la de generar el vapor suficiente para satisfacer -- los gastos demandados en las lavadoras de botellas, manteniendo las -- temperaturas previamente determinadas en cada uno de los tanques.

Compresoras de Aire :

Debido al papel tan importante que desempeña el aire comprimido en una planta embotelladora, la descripción de este punto se verá en más detalle posteriormente.

Fuente de Energía Eléctrica.

Como fuente de energía se dispone de una sub-estación eléctrica reductora, tipo interior para operación normal y de un generador --- eléctrico de combustión interna, el cual es utilizado en casos de emergencia.

Tanto las terminales del equipo que integra la sub-estación -- eléctrica, como las de generador eléctrico se encuentran conectadas al tablero de distribución, en el cual se encuentran distribuida en circuitos toda la carga instalada, con sus dispositivos de protección correspondientes a sobrecargas y corto circuito.

Departamento de Protección.

Este es el departamento en el cual son concentrados todos los resultados obtenidos con los trabajos que con un determinado fin fueron ejecutados en cada uno de sus departamentos auxiliares.

El proceso de elaboración que se sigue en este departamento será descrito en una forma general sin entrar en detalle en cuanto al funcionamiento de los equipos, por no ser este el tema que nos ocupa.

Máquina Desempacadora de Botellas.

Esta máquina como su nombre lo indica tiene como finalidad desempacar la botella de su caja, una vez que ésta ha sido depositada en el transportador de dicha máquina.

Máquina lavadora de Botellas

Esta máquina se encuentra construida por varios tanques de --
renajo , así como de tanque en cual se efectua el enjuague de la botella
alta presión.

Las condiciones que deben tenerse presentes con el fin de ob-
tenerse una botella limpia y comercialmente esterilizada son:

Agua caliente. La cual se obtiene el hacer contacto el agua
fría con los intercambiadores de calor (serpentes) a través de los --
cuales fluye el vapor..

Material alcalino. Cada tanque contiene una concentración de --
terminada de sosa cáustica, la cual actúa como un germicida, y tiene co-
mo finalidad esterilizar la botella matando toda sal orgánica.

Tiempo de Contacto Caústico. Este punto está íntimamente liga-
do con el punto anterior, puesto que la eficiencia del lavado de la bot
ella, varía con el tiempo que ésta dure en contacto con el material alcal-
lino.

Enjuagues a Alta Presión. De la eficiencia de estos enjuagues
depende al que se obtenga la botella libre de cualquier residuo de mate-
rial alcalino.

Inspector Electrónico de Botellas vacías.

Esta máquina tienen como función detectar con un cono óptico-
de inspección toda partícula sucia que se encuentre en el fondo de la bo-
talla. El principio utilizado para la detección de partículas sucias, es
un sistema que se ve una luz constante pasando hacia arriba, a través del
fondo de la botella. Cuando una partícula -

de suciedad se presente, causa una pequeña obstrucción de luz, la cual es detectada como una variación en la cantidad constante de luz, por una foto celda eléctrica y medida en un circuito electrónico el cual activa un sistema de rochazo, y la botella es sacada de la línea de producción.

Equipo Proporcionador.

Una vez que el agua y el jarabe han sido tratados y elaborados respectivamente, obteniendo resultados satisfactorios, son conducidos al equipo proporcionador, el cual tiene como principal finalidad proporcionar cantidad correcta de agua y jarabe al gabinete enfriador-saturador, en el cual se efectúa: una perfecta homogenización de la mezcla agua jarabe. Se enfría la mezcla para lo cual se dispone de un equipo de refrigeración industrial, utilizando el amoníaco. Se carbonata la mezcla para lo cual se utiliza gas carbónico el cual actúa además como un preservativo.

Máquina Llenadora-Coronadora.

A esta máquina llega la mezcla agua-jarabe ya enfriada y carbonatada para iniciarse el proceso de llenado de la botella y una vez terminado éste pasa a la coronadora en donde como su nombre lo indica se corona la botella.

Empacadora.

En esta máquina finaliza la elaboración del producto. En ella se efectúa el empaquetado de todo aquel producto que ha satisfecho las normas establecidas por el departamento de control de calidad.

PROPIEDADES DEL AIRE

El aire es una mezcla de nitrógeno, oxígeno, argón, anhídrido carbónico y vapor de agua. En cada 100 volúmenes de aire existen aproximadamente 79 volúmenes de nitrógeno 1 volumen de argón y otros, y 20 volúmenes de oxígeno. Es inodoro, inodoro, poco soluble y difícilmente licuable, es comburente y por lo tanto también combustible cuando se le hace penetrar a una atmósfera de un gas que pueda arder en él, como por ejemplo hidrógeno, acétileno, etc.

Aire Libre. Es el que existe en las condiciones de presión y temperaturas reinantes en la aspiración de un compresor.

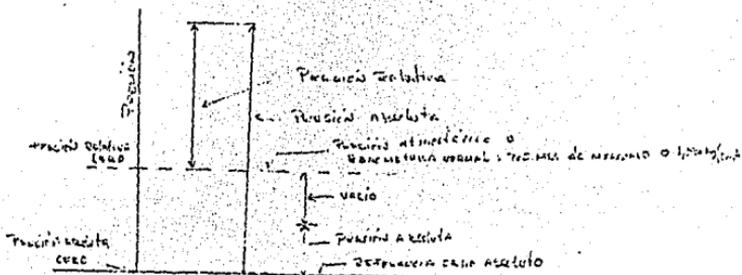
Aire Comprimido. El aire comprimido es el resultado obtenido de comprimir aire libre, desde la presión atmosférica hasta una cierta presión de descarga, para lo cual se utilizan compresores de aire, los cuales son definidos normalmente como todas aquellas máquinas que comprimen aire desde la presión atmosférica hasta altas presiones de descarga.

Presión. Se denomina presión, la fuerza por unidad de superficie ejercida por un medio sobre sus límites. En el aire comprimido la presión es debida al bombardeo de sus moléculas en movimiento a sus límites fijos.

La presión se mide algunas veces en función de la presión atmosférica normal, la cual se define como la presión equivalente a la ejercida por una columna de mercurio de 760 m.m. de altura, a la temperatura de 0°c (cero grados centígrados). La presión atmosférica normal es igual a 1.033 Kg/cm², ó 14.69 Lbs./pulgada². (También llamada presión barométrica).

Presión Absoluta. Es igual a la suma de la presión atmosférica más, la presión manométrica. Su unidad está dada en kg/cm^2 .

Presión Manométrica. Es la presión medida sobre la atmosférica (véase la siguiente figura) y se dice que es igual a la presión absoluta - menos la presión atmosférica. Su unidad está dada en kg/cm^2 .



La presión es medida por medio de aparatos a los cuales se les denomina manómetros, los cuales tienen como finalidad indicar la presión de trabajo, ya sea un líquido o un gas con el que se trabaje.

Entre los tipos de manómetros más usados se encuentran el de Bourdon que es utilizado con más frecuencia por ser más cómodo para muchos fines, y el manómetro de líquido en el cual se utiliza como líquido el mercurio. Este tipo es utilizado con menos frecuencia en la industria.

Aire Puro . El peso del aire puro a cero grados centígrados y a la presión atmosférica de 1.033 kg/cm². es igual a 1.293 kg/m³.

A continuación se muestra la tabla no. 1 y no. 2 de las cuales al estudiarlas cuidadosamente se deduce que el peso del aire aumenta a medida que se disminuye la temperatura y viceversa el peso del aire disminuye a medida que se aumenta la temperatura. También podrá observar que si se comprime una masa de aire puro en la cual la temperatura permanece constante, variando únicamente la presión, el peso del aire varía -- proporcionalmente con la presión.

Lo mencionado anteriormente es muy importante que se tome en cuenta cuando se haga la localización y la selección de un equipo neumático.

En la localización deberán de buscarse lugares secos y bien ventilados, descartando todos aquellos lugares donde la temperatura ambiente afecta la eficiencia de la máquina . En la selección del equipo debe tenerse presente la densidad del aire (altura sobre el nivel del mar), - presión atmosférica ambiente.

PROPIEDADES DEL AIRE

1911

Peso del aire a diferentes temperaturas y a la presión atmosférica

Temperatura C.	kg/m ³	Temperatura C.	kg/m^{3}	Temperatura C.	kg/m^{3}	Temperatura C.	kg/m^{3}
-41	1.4233	01	1.2935	79	1.2140	157	1.1345
-40	1.4166	10	1.2915	80	1.2115	160	1.1315
-39	1.4101	20	1.2895	81	1.2090	163	1.1285
-38	1.4036	30	1.2875	82	1.2065	166	1.1255
-37	1.3971	40	1.2855	83	1.2040	169	1.1225
-36	1.3906	50	1.2835	84	1.2015	172	1.1195
-35	1.3841	60	1.2815	85	1.1990	175	1.1165
-34	1.3776	70	1.2795	86	1.1965	178	1.1135
-33	1.3711	80	1.2775	87	1.1940	181	1.1105
-32	1.3646	90	1.2755	88	1.1915	184	1.1075
-31	1.3581	100	1.2735	89	1.1890	187	1.1045
-30	1.3516	110	1.2715	90	1.1865	190	1.1015
-29	1.3451	120	1.2695	91	1.1840	193	1.0985
-28	1.3386	130	1.2675	92	1.1815	196	1.0955
-27	1.3321	140	1.2655	93	1.1790	199	1.0925
-26	1.3256	150	1.2635	94	1.1765	202	1.0895
-25	1.3191	160	1.2615	95	1.1740	205	1.0865
-24	1.3126	170	1.2595	96	1.1715	208	1.0835
-23	1.3061	180	1.2575	97	1.1690	211	1.0805
-22	1.2996	190	1.2555	98	1.1665	214	1.0775
-21	1.2931	200	1.2535	99	1.1640	217	1.0745
-20	1.2866	210	1.2515	100	1.1615	220	1.0715
-19	1.2801	220	1.2495	101	1.1590	223	1.0685
-18	1.2736	230	1.2475	102	1.1565	226	1.0655
-17	1.2671	240	1.2455	103	1.1540	229	1.0625
-16	1.2606	250	1.2435	104	1.1515	232	1.0595
-15	1.2541	260	1.2415	105	1.1490	235	1.0565
-14	1.2476	270	1.2395	106	1.1465	238	1.0535
-13	1.2411	280	1.2375	107	1.1440	241	1.0505
-12	1.2346	290	1.2355	108	1.1415	244	1.0475
-11	1.2281	300	1.2335	109	1.1390	247	1.0445
-10	1.2216	310	1.2315	110	1.1365	250	1.0415
-9	1.2151	320	1.2295	111	1.1340	253	1.0385
-8	1.2086	330	1.2275	112	1.1315	256	1.0355
-7	1.2021	340	1.2255	113	1.1290	259	1.0325
-6	1.1956	350	1.2235	114	1.1265	262	1.0295
-5	1.1891	360	1.2215	115	1.1240	265	1.0265
-4	1.1826	370	1.2195	116	1.1215	268	1.0235
-3	1.1761	380	1.2175	117	1.1190	271	1.0205
-2	1.1696	390	1.2155	118	1.1165	274	1.0175
-1	1.1631	400	1.2135	119	1.1140	277	1.0145
0	1.1566	410	1.2115	120	1.1115	280	1.0115

Tabla # 1

Fase específica del aire a presiones y temperaturas diferentes
En kilogramos por metro cúbico

Temperatura t	Presiones, en kilogramos por centímetro cuadrado									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1.251	2.503	3.755	5.006	6.257	7.509	8.761	10.012	11.264	12.515
5	1.229	2.458	3.687	4.916	6.145	7.374	8.603	9.832	11.060	12.290
10	1.207	2.414	3.622	4.829	6.036	7.244	8.451	9.658	10.865	12.073
15	1.186	2.372	3.559	4.745	5.926	7.118	8.341	9.491	10.677	11.863
20	1.166	2.332	3.498	4.664	5.830	6.996	8.162	9.328	10.494	11.660
25	1.146	2.293	3.439	4.586	5.732	6.879	8.026	9.172	10.338	11.465
30	1.127	2.255	3.383	4.510	5.638	6.766	7.893	9.021	10.148	11.276
35	1.109	2.218	3.328	4.437	5.546	6.655	7.765	8.874	9.983	11.092
40	1.091	2.183	3.275	4.366	5.457	6.549	7.641	8.733	9.824	10.915
45	1.074	2.149	3.223	4.298	5.373	6.447	7.521	8.596	9.670	10.744
50	1.058	2.115	3.173	4.231	5.288	6.346	7.404	8.462	9.520	10.577
55	1.042	2.083	3.125	4.167	5.208	6.250	7.292	8.333	9.375	10.416
60	1.026	2.052	3.078	4.104	5.130	6.156	7.182	8.208	9.234	10.260
65	1.011	2.022	3.032	4.043	5.054	6.065	7.076	8.086	9.097	10.103
70	0.996	1.992	2.988	3.984	4.979	5.977	6.971	7.966	8.965	9.961
75	0.982	1.964	2.945	3.927	4.903	5.881	6.873	7.855	8.836	9.818
80	0.968	1.936	2.911	3.871	4.869	5.807	6.775	7.743	8.710	9.678
85	0.954	1.909	2.883	3.817	4.771	5.725	6.681	7.635	8.589	9.543
90	0.941	1.882	2.823	3.765	4.705	5.647	6.588	7.529	8.470	9.411
95	0.928	1.857	2.785	3.714	4.642	5.570	6.490	7.427	8.356	9.284
100	0.916	1.832	2.748	3.664	4.580	5.496	6.412	7.325	8.244	9.160

$$P_{\text{fase específica}} = \frac{\text{presión} \times 10,000}{RT}; R = 29.27 \text{ y } T = t + 273^{\circ}$$

El uso del aire comprimido como fuerza ha despertado una gran demanda en toda la industria en general, su aplicación es tan extensa que son variados los fines para los que se utiliza.

Las industrias que utilizan el aire comprimido como fuerza están con clientes de que con el uso del aire comprimido han incrementado a su producción y han reducido sus costos (siempre y cuando la selección del equipo para poseer el aire comprimido las siguientes características:

Por ser una mejor fuerza industrial

Por ser seguro y flexible en sus aplicaciones

Por ser fácilmente transmitido

- Importancia del aire comprimido en una Planta Embotelladora.

En la industria embotelladora en particular la utilización del aire comprimido como fuerza, desempeña un papel muy importante, ya que de él depende el eficiente funcionamiento de casi la totalidad del equipo utilizado en la elaboración del producto, el cual opera, sino totalmente - si en un porcentaje muy elevado neumáticamente (a base de aire comprimido).

Es requisito indispensable que al elaborarse un estudio de un equipo neumático para una industria de este tipo, se realice lo más pronto -- consensualmente posible y se recopilen todos los datos proporcionados -- por los fabricantes de maquinaria y así poder seleccionar el equipo lo más preciso posible, ya que la presencia de este flujo, además de intervenir en el perfecto funcionamiento del equipo en general, desempeña un papel -- muy importante en el control de calidad del producto, puesto que pequeñas variaciones de presión en la unidad proporcionadora, cualquiera que sea -

el tipo de ésta, proporcionará un producto fuera de las normas establecidas de control de calidad por considerársele como desperdicio.

Así como en la unidad proporcionará las variaciones de la presión del aire afectan la calidad del producto, pueden enumerarse varios equipos neumáticos (operando por aire) en los cuales la baja de presión a la falta casi completa del aire comprimido hacen más costosa la producción del producto.

Esta es la razón principal por la cual se hace hincapié en la recopilación de los datos precisos de consumo de aire, proporcionados por el fabricante, y así poder elaborar la selección del equipo neumático, con el cual se puede obtener un incremento en la producción a un costo más reducido.

Si se da alguna el punto más importante para el industrial es el de lograr un incremento en su producción a un costo reducido. Para lograr este objetivo se requiere un acondicionamiento adecuado del aire comprimido, el cual puede ser logrado mediante el uso de accesorios de los cuales se hablará posteriormente. Los beneficios obtenidos con el acondicionamiento del aire comprimido con innumerables, de los cuales los siguientes llaman la atención del industrial por ser éstos los que mayor economía le representan por costos de operación:

a).- Prolongar la vida de sus herramientas y dispositivos movidos por aire.

Para lograr lo anterior requiere una filtración del aire, eliminación de las líneas de aire comprimido, escamas de oxidación, partículas de sellador, lubricante del compresor condensado, etc.

Estos contaminantes deben ser removidos de la línea antes de que se permita entrar el aire a las herramientas, cilindros, válvulas etc. con el fin de evitar daños posteriores en el equipo.

b).- Reducir los gastos de mantenimiento y reparación.

Lo cual se logra obteniendo una perfecta lubricación en los equipos operados por aire.

c).- Disminuir los costos del aire comprimido.

Lo cual se logra con una perfecta regulación de presión.

Todo el equipo movido por aire, tal como herramientas, cilindros, válvulas etc. Trabaja más eficientemente a la presión de operación especificada por el fabricante. Trabajar a mayor presión de aire que la recomendada aumenta el desgaste y reduce la vida del equipo, la eficiencia del equipo es más baja y por consiguiente el aire comprimido se malgasta. "Malgastar" el aire comprimido representa, elevar los costos de operación.

Los puntos anteriormente mencionados, son vistos en detalle en el capítulo correspondiente a accesorios de la instalación.

CAPACIDAD, DEMANDA Y
PRESIONES DE OPERACION

La capacidad demandada y las presiones de operación requerida para el perfecto funcionamiento de los equipos de embotellado, son indicados en los puntos siguientes:

2.1. Equipos Neumáticos.

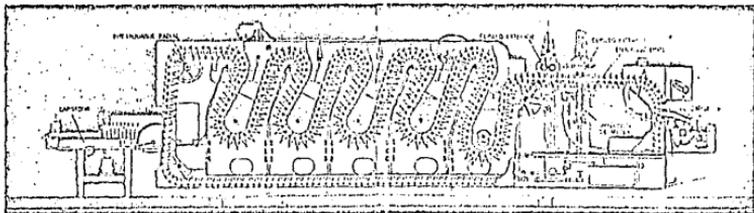
Como se había mencionado en una industria embotelladora un alto porcentaje de los equipos son neumáticos (operados por -- aire), razón por la cual se da tanta importancia a la selección de los compresores de aire.

En forma breve se mencionan algunos de los equipos operados por aire, y la importancia de este fluido durante su funcionamiento.

Máquina Lavadora de Botellas.

Esta máquina requiere de una pequeña cantidad de aire comprimido, su empleo es de gran importancia en su funcionamiento. Se le utiliza como un auxiliar en el control de las temperaturas de cada uno de los tanques, en la operación de los enjuagues de las botellas, etc.

El funcionamiento adecuado de estas partes de la máquina proporciona botellas limpias y comercialmente esterilizadas que cumplen con las normas establecidas por el departamento de control de calidad.



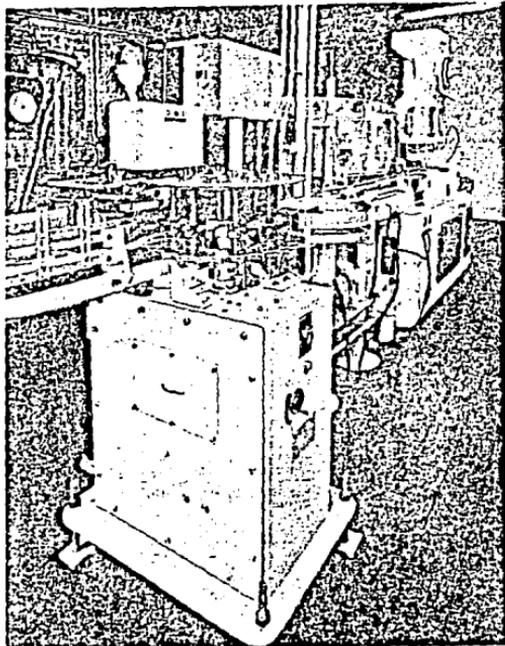
Lavadora de Botellas

Lavadora de Botellas

Inspector Electrónico de Botellas Vacías.

Debido a que el funcionamiento de este equipo depende de la operación correcta de un paquete electrónico (amplificador) y de 2 fotoceldas eléctricas comúnmente llamados ojos eléctricos, es requisito indispensable que exista en el cabezal detector una presión de aire comprimido superior a la presión atmosférica, y además que el aire sea lo más seco posible con el fin de evitar humedad del medio ambiente en las fotoceldas mencionadas, y así pueda lograrse el funcionamiento adecuado de éstas.

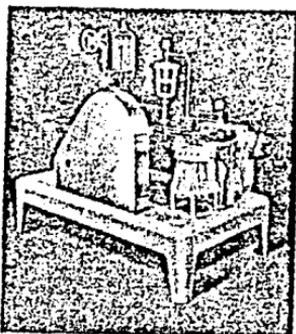
Además de requerir aire comprimido en las líneas de sobre presión del cabezal detector, se requiere para el funcionamiento adecuado de su sistema de modulación etc.



Inspeccionador de Botellas Vacías

Unidad Proporcionadora.

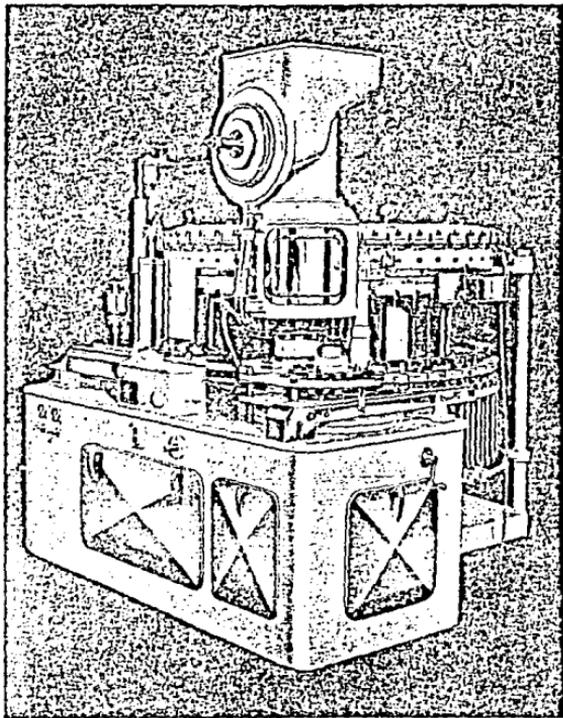
La función principal de este equipo es la de proporcionar cantidades correctas de agua y jarabe. Está constituida en parte por válvulas o bombas neumáticas a través de las cuales fluye el agua o el jarabe, si durante la operación del equipo se registrasen variaciones de presión de aire, la operación de dichas válvulas sería incorrecta, teniéndose como consecuencia una mezcla agua-jarabe fuera de las normas establecidas por el departamento de control de calidad.



Sincrómetro

Máquina Llenadora- Coronadora.

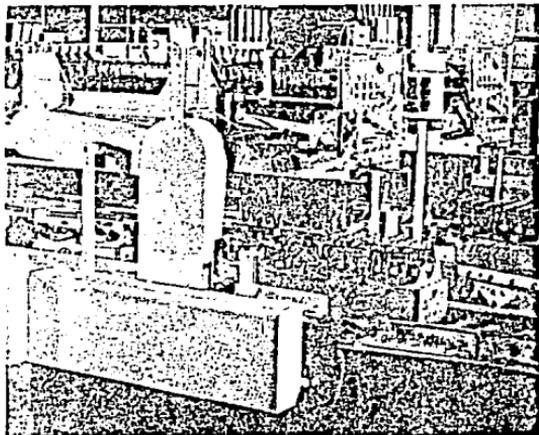
Esta es la máquina que requiere de mayor cantidad de aire comprimido para su eficiente funcionamiento. La escasez de este fluido trae como consecuencia pérdidas debidas a un mal llenado (bajo contenido de líquido en la botella) y debidas a las fugas de gas carbónico provocado en cada una de las válvulas de llenado.



Llenadora y capsuladora

Máquina Empacadora

Como se mencionó anteriormente en esta máquina, se --
efectúa el empaçado de todo aquel producto que ha satisfecho las -
normas establecidas por el Departamento de Control de Calidad.
La baja presión de aire, provoca un mal funcionamiento en el cabe-
zal y en la mesa elevadora de dicha máquina, teniendo como conse-
cuencia una excesiva rotura de botellas y desperdicio de producto,
lo que hace aún más costosa la elaboración del producto terminado.



2.2.- Capacidad Requerida y Presión de Operación en cada uno de los equipos.

Las capacidades requeridas y las presiones de operación proporcionados por los fabricantes de maquinarias utilizada en una planta embotelladora son indicadas en la siguiente tabla.

Máquina	Consumo		Presión	
	$M^3/mín.$	$pies^3/mín.$	Kg/cm^2	$Lbs/pulg^2$
Lavadora de botellas	0.0849	3.00	2.81	40
Inspector electrónico	0.2547	9.00	2.81	40
Unidad proporcionadora	0.0560	2.00	4.22	60
Blendera	1.698	60.00	4.22	60
Embotelladora	0.4457	15.75	4.22	60

Factores de conversión:

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 14.223 \text{ Lbs/pulg}^2$$

$$1 \text{ Lbs/pulg}^2 = 0.0703 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1 \text{ Mto}^3 = 35.31 \text{ pies}^3$$

$$1 \text{ pie}^3 = 0.0293 \text{ mts}^3$$

2.3.- Capacidad total necesaria.

La capacidad total necesaria para lograr el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos anteriormente mencionados, es obtenida de las siguientes bases:

1.- Debido a que existirán caídas en las tuberías, válvulas, conexiones y accesorios de la instalación, se considerará la presión de descarga del compresor superior a la descarga será igual a 7.00 Kg/cm^2 o sea 100 Lbs/pulg^2 .

2.- Se considera que prácticamente la compresión en el compresor es adiabática, por lo cual $PV^k = \text{constante}$, que es la ecuación para un proceso adiabático.

3.- Como el equipo neumático va a ser instalado en la en la Cd. de Guadalajara, Jalisco, la cual se encuentra a 1,589 metros sobre el nivel del mar, con la ayuda de la tabla siguiente--- (tabla No. 3) se determina un factor, el cual es empleado al efectuar la corrección por variación de la presión atmosférica.

ALTITUDE AND ATMOSPHERIC PRESSURES

Feet*	Altitude above Sea Level		Temperature**		Barometer*		Atmospheric Pressure	
	Miles	Meters*	F°	C°	inches Hg. Abs.	mm Hg. Abs.	P.S.F.	Kilg. cm. Abs.
0	0.00	0.00	59	15.00	30.00	762.0	14.70	1.033
100	0.00	30.48	58	14.44	29.97	761.5	14.68	1.032
200	0.00	60.96	57	13.89	29.94	761.0	14.66	1.031
300	0.00	91.44	56	13.33	29.91	760.5	14.64	1.030
400	0.00	121.92	55	12.78	29.88	760.0	14.62	1.029
500	0.00	152.40	54	12.22	29.85	759.5	14.60	1.028
600	0.00	182.88	53	11.67	29.82	759.0	14.58	1.027
700	0.00	213.36	52	11.11	29.79	758.5	14.56	1.026
800	0.00	243.84	51	10.56	29.76	758.0	14.54	1.025
900	0.00	274.32	50	10.00	29.73	757.5	14.52	1.024
1000	0.00	304.80	49	9.44	29.70	757.0	14.50	1.023
1100	0.00	335.28	48	8.89	29.67	756.5	14.48	1.022
1200	0.00	365.76	47	8.33	29.64	756.0	14.46	1.021
1300	0.00	396.24	46	7.78	29.61	755.5	14.44	1.020
1400	0.00	426.72	45	7.22	29.58	755.0	14.42	1.019
1500	0.00	457.20	44	6.67	29.55	754.5	14.40	1.018
1600	0.00	487.68	43	6.11	29.52	754.0	14.38	1.017
1700	0.00	518.16	42	5.56	29.49	753.5	14.36	1.016
1800	0.00	548.64	41	5.00	29.46	753.0	14.34	1.015
1900	0.00	579.12	40	4.44	29.43	752.5	14.32	1.014
2000	0.00	609.60	39	3.89	29.40	752.0	14.30	1.013
2100	0.00	640.08	38	3.33	29.37	751.5	14.28	1.012
2200	0.00	670.56	37	2.78	29.34	751.0	14.26	1.011
2300	0.00	701.04	36	2.22	29.31	750.5	14.24	1.010
2400	0.00	731.52	35	1.67	29.28	750.0	14.22	1.009
2500	0.00	762.00	34	1.11	29.25	749.5	14.20	1.008
2600	0.00	792.48	33	0.56	29.22	749.0	14.18	1.007
2700	0.00	822.96	32	0.00	29.19	748.5	14.16	1.006
2800	0.00	853.44	31	-0.56	29.16	748.0	14.14	1.005
2900	0.00	883.92	30	-1.11	29.13	747.5	14.12	1.004
3000	0.00	914.40	29	-1.67	29.10	747.0	14.10	1.003
3100	0.00	944.88	28	-2.22	29.07	746.5	14.08	1.002
3200	0.00	975.36	27	-2.78	29.04	746.0	14.06	1.001
3300	0.00	1005.84	26	-3.33	29.01	745.5	14.04	1.000
3400	0.00	1036.32	25	-3.89	28.98	745.0	14.02	0.999
3500	0.00	1066.80	24	-4.44	28.95	744.5	14.00	0.998
3600	0.00	1097.28	23	-5.00	28.92	744.0	13.98	0.997
3700	0.00	1127.76	22	-5.56	28.89	743.5	13.96	0.996
3800	0.00	1158.24	21	-6.11	28.86	743.0	13.94	0.995
3900	0.00	1188.72	20	-6.67	28.83	742.5	13.92	0.994
4000	0.00	1219.20	19	-7.22	28.80	742.0	13.90	0.993
4100	0.00	1249.68	18	-7.78	28.77	741.5	13.88	0.992
4200	0.00	1280.16	17	-8.33	28.74	741.0	13.86	0.991
4300	0.00	1310.64	16	-8.89	28.71	740.5	13.84	0.990
4400	0.00	1341.12	15	-9.44	28.68	740.0	13.82	0.989
4500	0.00	1371.60	14	-10.00	28.65	739.5	13.80	0.988
4600	0.00	1402.08	13	-10.56	28.62	739.0	13.78	0.987
4700	0.00	1432.56	12	-11.11	28.59	738.5	13.76	0.986
4800	0.00	1463.04	11	-11.67	28.56	738.0	13.74	0.985
4900	0.00	1493.52	10	-12.22	28.53	737.5	13.72	0.984
5000	0.00	1524.00	9	-12.78	28.50	737.0	13.70	0.983
5100	0.00	1554.48	8	-13.33	28.47	736.5	13.68	0.982
5200	0.00	1584.96	7	-13.89	28.44	736.0	13.66	0.981
5300	0.00	1615.44	6	-14.44	28.41	735.5	13.64	0.980
5400	0.00	1645.92	5	-15.00	28.38	735.0	13.62	0.979
5500	0.00	1676.40	4	-15.56	28.35	734.5	13.60	0.978
5600	0.00	1706.88	3	-16.11	28.32	734.0	13.58	0.977
5700	0.00	1737.36	2	-16.67	28.29	733.5	13.56	0.976
5800	0.00	1767.84	1	-17.22	28.26	733.0	13.54	0.975
5900	0.00	1798.32	0	-17.78	28.23	732.5	13.52	0.974
6000	0.00	1828.80	-1	-18.33	28.20	732.0	13.50	0.973
6100	0.00	1859.28	-2	-18.89	28.17	731.5	13.48	0.972
6200	0.00	1889.76	-3	-19.44	28.14	731.0	13.46	0.971
6300	0.00	1920.24	-4	-20.00	28.11	730.5	13.44	0.970
6400	0.00	1950.72	-5	-20.56	28.08	730.0	13.42	0.969
6500	0.00	1981.20	-6	-21.11	28.05	729.5	13.40	0.968
6600	0.00	2011.68	-7	-21.67	28.02	729.0	13.38	0.967
6700	0.00	2042.16	-8	-22.22	27.99	728.5	13.36	0.966
6800	0.00	2072.64	-9	-22.78	27.96	728.0	13.34	0.965
6900	0.00	2103.12	-10	-23.33	27.93	727.5	13.32	0.964
7000	0.00	2133.60	-11	-23.89	27.90	727.0	13.30	0.963
7100	0.00	2164.08	-12	-24.44	27.87	726.5	13.28	0.962
7200	0.00	2194.56	-13	-25.00	27.84	726.0	13.26	0.961
7300	0.00	2225.04	-14	-25.56	27.81	725.5	13.24	0.960
7400	0.00	2255.52	-15	-26.11	27.78	725.0	13.22	0.959
7500	0.00	2286.00	-16	-26.67	27.75	724.5	13.20	0.958
7600	0.00	2316.48	-17	-27.22	27.72	724.0	13.18	0.957
7700	0.00	2346.96	-18	-27.78	27.69	723.5	13.16	0.956
7800	0.00	2377.44	-19	-28.33	27.66	723.0	13.14	0.955
7900	0.00	2407.92	-20	-28.89	27.63	722.5	13.12	0.954
8000	0.00	2438.40	-21	-29.44	27.60	722.0	13.10	0.953
8100	0.00	2468.88	-22	-30.00	27.57	721.5	13.08	0.952
8200	0.00	2499.36	-23	-30.56	27.54	721.0	13.06	0.951
8300	0.00	2529.84	-24	-31.11	27.51	720.5	13.04	0.950
8400	0.00	2560.32	-25	-31.67	27.48	720.0	13.02	0.949
8500	0.00	2590.80	-26	-32.22	27.45	719.5	13.00	0.948
8600	0.00	2621.28	-27	-32.78	27.42	719.0	12.98	0.947
8700	0.00	2651.76	-28	-33.33	27.39	718.5	12.96	0.946
8800	0.00	2682.24	-29	-33.89	27.36	718.0	12.94	0.945
8900	0.00	2712.72	-30	-34.44	27.33	717.5	12.92	0.944
9000	0.00	2743.20	-31	-35.00	27.30	717.0	12.90	0.943
9100	0.00	2773.68	-32	-35.56	27.27	716.5	12.88	0.942
9200	0.00	2804.16	-33	-36.11	27.24	716.0	12.86	0.941
9300	0.00	2834.64	-34	-36.67	27.21	715.5	12.84	0.940
9400	0.00	2865.12	-35	-37.22	27.18	715.0	12.82	0.939
9500	0.00	2895.60	-36	-37.78	27.15	714.5	12.80	0.938
9600	0.00	2926.08	-37	-38.33	27.12	714.0	12.78	0.937
9700	0.00	2956.56	-38	-38.89	27.09	713.5	12.76	0.936
9800	0.00	2987.04	-39	-39.44	27.06	713.0	12.74	0.935
9900	0.00	3017.52	-40	-40.00	27.03	712.5	12.72	0.934
10000	0.00	3048.00	-41	-40.56	27.00	712.0	12.70	0.933
10100	0.00	3078.48	-42	-41.11	26.97	711.5	12.68	0.932
10200	0.00	3108.96	-43	-41.67	26.94	711.0	12.66	0.931
10300	0.00	3139.44	-44	-42.22	26.91	710.5	12.64	0.930
10400	0.00	3169.92	-45	-42.78	26.88	710.0	12.62	0.929
10500	0.00	3200.40	-46	-43.33	26.85	709.5	12.60	0.928
10600	0.00	3230.88	-47	-43.89	26.82	709.0	12.58	0.927
10700	0.00	3261.36	-48	-44.44	26.79	708.5	12.56	0.926
10800	0.00	3291.84	-49	-45.00	26.76	708.0	12.54	0.925
10900	0.00	3322.32	-50	-45.56	26.73	707.5	12.52	0.924
11000	0.00	3352.80	-51	-46.11	26.70	707.0	12.50	0.923
11100	0.00	3383.28	-52	-46.67	26.67	706.5	12.48	0.922
11200	0.00	3413.76	-53	-47.22	26.64	706.0	12.46	0.921
11300	0.00	3444.24	-54	-47.78	26.61	705.5	12.44	0.920
11400	0.00	3474.72	-55	-48.33	26.58	705.0	12.42	0.919
11500	0.00	3505.20	-56	-48.89	26.55	704.5	12.40	0.918
11600	0.00	3535.68	-57	-49.44	26.52	704.0	12.38	0.917
11700	0.00	3566.16	-58	-50.00	26.49	703.5	12.36	0.916
11800	0.00	3596.64	-59	-50.56	26.46	703.0	12.34	0.915
11900	0.00	3627.12	-60	-51.11	26.43	702.5	12.32	0.914
12000	0.00	3657.60	-61	-51.67	26.40	702.0	12.30	0.913
12100	0.00	3688.08	-62	-52.22	26.37	701.5	12.28	0.912
12200	0.00	3718.56	-63	-52.78	26.34	701.0	12.26	0.911
12300	0.00	3749.04	-64	-53.33	26.31	700.5	12.24	0.910
12400	0.00	3779.52	-65	-53.89	26.28	700.0	12.22	0.909
12500	0.00	3810.00	-66	-54.44	26.25	699.5	12.20	0.908
12600	0.00	3840.48	-67	-55.00	26.22	699.0	12.18	0.907
12700	0.00	3870.96	-68	-55.56	26.19	698.5	12.16	0.906
12800	0.00	3901.44	-69	-56.11	26.16	698.0	12.14	0.905
12900	0.00	3931.92	-70	-56.67	26.13	697.5	12.12	0.904
13000	0.00	3962.40	-71	-57.22	26.10	697.0	12.10	0.903
13100	0.00	3992.88	-72	-57.78	26.07	696.5	12.08	0.902
13200	0.00	4023.36	-73	-58.33	26.04	696.0		

El factor empleado en la corrección por altura es obtenido en la forma siguiente:

Consultando la tabla No. 3 se deduce que la presión atmosférica al nivel del mar, es igual a 1.033 Kg/cm² absolutos, a sea 14.696 Lbs/pulg² absolutas. Para encontrar la presión atmosférica reinante en la ciudad de Guadalajara a 1,589 metros sobre el nivel del mar, hay la necesidad de hacer la siguiente interpolación:

1,526 metros	-	0.660 Kg/cm ² abs
<u>1,831</u> metros	-	<u>0.828</u> " " "
305 metros	-	0.032 Kg/cm ² abs

1,589 metros
<u>1,526</u> = metros
0.063 metros

Efectuando una regla de tres:

305 metros	-	0.032 Kg/cm ² abs
63 metros	-	X

$$X = \frac{63 \times 0.032}{305} = 0.00654 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs}$$

$$0.860 - 0.00654 = 0.8534 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs.} \quad (12.137 \text{ Lbs/pulg}^2 \text{ abs.})$$

De lo anterior se deduce que la capacidad requerida a una altura de 1,589 metros sobre el nivel del mar, es obtenida multiplicando la cantidad requerida al nivel del mar por el siguiente factor.

$$\frac{0.860 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs.}}{0.8534 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs.}} = 1.21$$

4.- Para efectos fiscales la vida útil considerada a los equipos es de 10 años, (en los cuales se considera una depreciación anual de un 10%). Por las experiencias obtenidas en la práctica, y considerando que teóricamente la vida útil de los equipos sea 10 años, así como la posibilidad de una ampliación futura, se estima que los desgastes naturales ocasionados por el trabajo, tanto en el compresor como en los equipos operados por aire, durante su vida útil bajarán su eficiencia de operación en un 40%. Debido a lo anterior es recomendable efectuar un ajuste a las capacidades demandadas en un 40%.

Las capacidades demandadas en cada equipo son las siguientes:

a).- Lavadora

$$V_1 = 0.0849 \text{ mts}^3/\text{min.}$$

$$P_1 = 2.81 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_2 = \quad \quad X$$

$$P_2 = 7.00 \text{ Kg/cm}^2$$

Haciendo uso de la ecuación para un proceso adiabático $P_1 V_1^k$ en la que $k = cp/cv$ relación de calor específico o presión constante y calor específico a volumen constante. El valor de (k) para el aire es igual a 1.41

Despejando v_2^k y efectuando operaciones se tiene:

$$V_2^k = V_1^k \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/k}$$

$$V_2 = 0.0849 \left(\frac{2.81}{7.00} \right)$$

$$0.71 = 0.0444 \text{ mts}^3/\text{min.}$$

$$V_2 = 0.0444 \text{ Mts}^3/\text{min}$$

$$(1.57 \text{ pies}^3/\text{min.})$$

Corrección por altura:

$$V_2 = 0.0444 \times 1.21 = 0.0537 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$\begin{aligned} \text{Ajuste} &= 0.0537 + 40\% = 0.0537 \approx 1.40 \\ &= 0.0752 \text{ mts.}^3/\text{min.} \quad (2.66 \text{ pies}^3/\text{min.}) \end{aligned}$$

b).- Inspector Electrónico:

$$\begin{aligned} V_1 &= 0.2547 \text{ mts.}^3/\text{min.} & P_1 &= 2.81 \text{ Kg/cm}^2 \\ V_2 &= X & P_2 &= 7.00 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Efectuando operaciones tenemos:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{0.71} = 0.2547 \left(\frac{2.81}{7.00} \right)^{0.71}$$

$$V_2 = 0.1333 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

Corrección por altura:

$$V_2 = 0.1333 \times 1.21 = 0.1613 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$\text{Ajuste: } 0.1613 + 40\% = 0.1613 \approx 1.4 = 0.2258 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$V_2 = 0.2258 \text{ mts.}^3/\text{min.} \quad (7.98 \text{ pies}^3/\text{min.})$$

c).- Unidad proporcionadora:

$$\begin{aligned} V_1 &= 0.0560 \text{ mts.}^3/\text{min.} & P_1 &= 4.22 \text{ Kg/cm}^2 \\ V_2 &= X & P_2 &= 7.00 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Efectuando operaciones tenemos:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{0.71} = 0.0560 \left(\frac{4.22}{7.00} \right)^{0.71}$$

$$V_2 = 0.0393 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

Corrección por altura:

$$V_2 = 0.0393 \times 1.21 = 0.0476 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$\text{Ajuste: } 0.0476 + 40\% = 0.0476 \times 1.40 = 0.0666 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$V_2 = 0.0666 \text{ mts.}^3/\text{min.} \quad (2.35 \text{ pies}^3/\text{min.})$$

d).- Llenadora:

$$V_1 = 1.698 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$P_1 = 4.22 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_2 = \quad \quad X$$

$$P_2 = 7.00 \text{ Kg/cm}^2$$

Efectuando operaciones tenemos:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{0.71} = 1.698 \left(\frac{4.22}{7.00} \right)^{0.71}$$

$$V_2 = 1.180 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

Corrección por altura:

$$V_2 = 1.180 \times 1.21 = 1.428 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$\text{Ajuste: } 1.428 + 40\% = 1.428 \times 1.4 = 1.999 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$V_2 = 2.00 \text{ mts.}^3/\text{min.} \quad (70.62 \text{ pies}^3/\text{min.})$$

e).- Empacadora:

$$V_1 = 0.4457 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$P_1 = 4.22 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_2 = \quad \quad X$$

$$P_2 = 7.00 \text{ Kg/cm}^2$$

Efectuando operaciones tenemos:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{0.71} = 0.4457 \left(\frac{4.22}{7.00} \right)^{0.71}$$

$$V_2 = 0.3113 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

Corrección por altura:

$$V_2 = 0.3113 \times 1.21 = 0.377 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$\text{Ajuste: } 0.377 + 40\% = 0.377 \times 1.40 = 0.5278 \text{ mts.}^3/\text{min.}$$

$$V_2 = \underline{\underline{0.5278 \text{ mts.}^3/\text{min.}}} \quad (18.63 \text{ pies}^3/\text{min.})$$

La capacidad total demandada es igual a la suma de las -
capacidades parciales demandadas por cada equipo.

$$\text{Capacidad total} = 2.93 \text{ mts.}^3/\text{min.} \quad (102.27 \text{ Pies}^3/\text{min.})$$

CALCULO Y SELECCION DE TUBERIAS

El uso de las tuberías es el método más comúnmente --- empleado para el transporte de fluidos, desde un punto a otro. (Se comprende por un fluido, una sustancia que cede a cualquier presión que tienda a alterar su forma. Los fluidos incluyen tanto a los líquidos como a los gases). La tubería de sección circular es la más frecuentemente utilizada, porque su forma ofrece gran resistencia estructural.

Antes de entrar en detalle en la selección de tuberías correspondientes, es recomendable tener presente lo siguiente:

Las tuberías para aire comprimido, deberán de ser, de diámetro suficiente para evitar la excesiva caída de presión bajo condiciones de flujo máximo. Deberán contener tapas restrictoras como sea posible, los recodos agudos deben evitarse, y usarse tubos encorvados donde sea posible. Los ramales de alimentación del equipo, válvulas y conexiones de manguera, deberán ser lo suficientemente grandes para dar el flujo máximo (en metros cúbicos por minuto o pies cúbicos por minuto) que requiera la herramienta o equipo conectado. Es recomendable intentar las tuberías de aire comprimido en la dirección del flujo del aire, para que tanto la gravedad, como el flujo del aire arrastren el agua --- (o condensado) a las trampas, o ramales de descarga de agua, localizados en los puntos bajos del sistema de tubería, los cuales --- deberán de ser purgados regularmente.

Con el fin de proteger el equipo conectado al sistema, los ramales o conexiones nunca deberán tomarse de la parte inferior de la línea principal de aire, para evitar que la humedad condensada llegue al equipo o herramienta. Las conexiones deben hacerse en la parte superior de las líneas principales, extendiendo la salida hacia arriba en la misma forma en que queda ilustrada en la siguiente figura:

La velocidad máxima posible en las tuberías en la velocidad del sonido. Esta velocidad ocurrirá en el extremo de descarga o en una línea estrecha, cuando la caída de presión es suficientemente alta.

3.1.- Red General.-

Isométrico; Sección A(. Véase figura

Materiales y Conexiones

Tubería 6.00 metros

2 codos de 90°

1 tee (paso recto)

1 válvula de globo (abierta totalmente)

Gasto (flujo) de aire = 2.93 mts³/min (102.27 pies³/min)

Las tablas No. 4 y No. 5 determinan la caída de presión de aire en Lbs/pulg², por cada 100 pies de longitud, y las pérdidas por fricción en conexiones de tubería respectivamente, y los diagramas de isométricos de tubería son utilizados en la selección de la tubería.

Para el gasto anteriormente mencionado de 2.93 mts³/min o sea 102.27 pies³/min la caída de presión en Lbs/pulg² por cada 30 metros -- (6 100 pies) de tubería es obtenida consultando la tabla No. 4.

Gasto	Caída de presión en tuberías de:							
	31.750 m.m. (1 1/4")		32.100 m.m. (1 1/2")		50.800 m.m. (2")			
mts ³ /min	pies ³ /min	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²	
2.93	102.50	2.24	31.80	0.998	14.20	0.274	3.90	

Las pérdidas por fricción en conexiones de tubería en terminos -- equivalentes en metros de tubería en línea recta, son encontrados en la -- tabla No. 5.

La tubería de 38.100 m.m. (1 1/4" pulg) de diámetro no es recomendable por ser muy alta la caída de presión debida a que el tramo de tubería es muy pequeña.

3.2.- Derivaciones

Isométrico Sección B).- Véase figura

Material y Conexiones

Tubería 5.50 metros

2 codos de 90°

1 Tee (paso recto)

Gasto (flujo) de aire = 2.75 mts³/min. (97.26³/min).

Para un gasto de 97.26 pies³/min la caída de presión - el Lbs/pulg² por cada 30.00 mts. (o 100 pies) de tubería es obtenida consultando la tabla No.4 e interpolando entre los siguientes valores:

Gasto		Caída de presión en tuberías de:					
		31.750 m.m. (1 1/4")		38.100 (1 1/2")		50.800 m.m.	
mts ³ /min	pies ³ /min	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²
2.93	102.50	2.24	31.80	0.998	14.20	0.274	3.90
2.72	96.12	1.96	27.90	0.889	12.60	0.242	3.44
2.75	97.26	2.02	28.60	0.910	13.08	0.272	3.52

Las pérdidas por fricción en conexiones de tubería en terminos equivalentes en metros de tubería en línea recta son encontrados en la tabla No. 5.

Conexiones	31.750 m.m.	38.100 m.m.	50.800 m.m.
2 codos de 90°	2.12 mts.	2.48 mts.	3.16 mts.
1 Tee (paso recto)	0.54 "	0.57 "	0.91 "
Tubería	<u>0.50</u> "	<u>5.50</u> "	<u>5.50</u> "
Total	8.16 mts.	8.65 mts.	9.57 mts.

Conclusión:

La tubería recomendable es la de 50,800 m.m.(2") de diámetro. La tubería de 38.100 m.m. (1 1/2") de diámetro también satisface las necesidades pero con la finalidad de buscar una mayor economía en la instalación se ha descartado.

Isométrico Sección C). Véase figura

Materiales y Conexiones

Tubería 6.90 metros

1 Tee (paso recto)

Gasto (flujo) de aire = 0.142 mts³/min (5.01 pies³/min)

Para un gasto de 0.142 mts³/min (5.01 pies³/min) la caída de presión en Lbs/pulg² por cada 30.00 mts (6 100 pies) de tubería es obtenida consultando la tabla No. 4

Gasto	Caída de presión en tuberías de :						
	9.525 m.m. (3/8")		12.700 m.m. (1/2")		19.050 m.m. (3/4")		
mts ³ /min	pies ³ /min	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²	Kg/pulg ²	Lbs/pulg ²	Kg/cm ²	Lbs/pulg ²
0.145	5.126	1.299	18.40	0.391	5.49	0.0917	1.30

Las pérdidas por fricción en conexiones de tubería en términos equivalentes en metros de tubería en la línea recta encontrados en la tabla No. 5

Conexiones	9.525 m.m.	12.700 m.m.	19.050 m.m.
1 Tee (paso recto)	0.15 mts.	0.21 mts.	0.33 mts.
Tubería	<u>6.00</u> mts.	<u>6.00</u> mts.	<u>6.00</u> mts.
Total	6.15 mts.	6.21 mts.	6.33 mts.

Tanteo No.1.- Tubería de 9.525 m.m. (3/8") de diámetro.

Caída de presión en Kg/cm² correspondientes a 6.15 metros de tubería.

$$\begin{aligned}
 30.00 \text{ mts. de tubería} & - 1.200 \text{ kg/cm}^2 \\
 6.15 \text{ " " " " } & - X \\
 X = 6.15 \times 1.299 & = 0.265 \text{ kg/cm}^2 \text{ (3.78 Lbs/pulg}^2 \text{)}
 \end{aligned}$$

La presión de utilización en el punto 4 es igual a la presión en el punto 2 (Véase isométricos) menos la caída de presión en la tubería -- (P_f):

$$P_4 = P_2 - P_f = 6.746 - 0.265 = 6.481 \text{ kg/cm}^2 \text{ (92.56 Lbs./pulg}^2 \text{)}$$

Tanteo No. 2.- Tubería de 12.700 m.m. (1/2") de diámetro.
La caída de presión en kg/cm^2 correspondientes a 6.21 metros de tubería.

$$\begin{aligned}
 30.00 \text{ mts. de tubería} & - 0.391 \text{ kg/cm}^2 \\
 6.21 \text{ " " " " } & - X \\
 X = \frac{6.21 \times 0.391}{30.00} & = 0.0802 \text{ kg/cm}^2 \text{ (1.14 Lbs/pulg}^2 \text{)}
 \end{aligned}$$

$$P_4 = P_2 - P_f = 6.746 - 0.2802 = 6.67 \text{ kg/cm}^2 \text{ (95.20 Lbs/pulg}^2 \text{)}$$

El tanteo correspondiente a la tubería de 19.050 m.m. (3/4") de diámetro no se realiza, por tener una caída de presión demasiado baja, y por resultar antieconómica su instalación.

Conclusión:

La tubería recomendable es la de 9.525 m.m. (3/8") de diámetro. Las tuberías de 12.700 m.m. (1/2") y la de 19.050 m.m. son descartadas por ser antieconómicas su instalación.

Isométrico Sección D).- Llenadoras:

Material y Conexiones

Tubería 10.00 metros

1 codo de 90°

2 tees (paso recto)

1 válvula de globo (abierto totalmente).

Gasto (flujo) circ= 2.22 mts³/min. (78.63 picos³/min.)

Para un gasto de 2.22 mts³/min (78.63 pica³/min), la caída de presión en Lbs/pulg² por cada 30.00 mts. (6 100 pica) de tubería es obtenida consultando la tabla No. 4 e interpolando entre los siguientes valores:

Gasto		Caída de presión en tuberías de :			
		31.750 m.m. (1 1/4")		38.100 m.m. (1 1/2")	
mts ³ /min	pica ³ /min	kg/cm ²	Lbs/pulg ²	kg/cm ²	Lbs/pulg ²
2.17	76.90	1.208	18.00	0.568	8.04
2.35	83.30	1.49	21.10	0.665	9.43
2.22	78.63	1.44	18.94	0.591	8.40

Las pérdidas por fricción en conexiones de tubería en términos equivalentes en metros de tubería en líneas recta son encontradas en la tabla No. 5

Conexiones	31.750 m.m.	38.100 m.m.
1 codo de 90°	1.06 mts.	1.24 mts.
2 tees (pado recto)	1.08 mts.	1.34 mts.
1 válvula de globo	11.76 mts.	13.77 mts.
Tubería	<u>10.00 mts.</u>	<u>10.00 mts.</u>
Total	23.90 mts.	26.35 mts.

Tanteo No.- 1 Tubería de 31.750 m.m. (1 1/4") de diámetro
La caída de presión en kg/cm² correspondientes a 23.90 metros de tubería.

$$30.00 \text{ mts. de tubería} - 1.44 \text{ kg/cm}^2$$

$$23.90 \text{ " " " } - X$$

$$X = \frac{23.90 \times 1.44}{30.00} = 1.062 \text{ kg/cm}^2 \quad (15.10 \text{ Lbs/pulg}^2)$$

La presión de utilización en la llenadora (punto 5) es igual a la presión en el punto 3 menos la caída de presión en la tubería (P₃):

$$X = 8.87 \approx 0.86 = 0.255 \text{ Kg/cm}^2 \quad (3.60 \text{ Lbs/pulg}^2)$$

$$P_g = P_s - P_f = 5.605 - 0.255 = 5.35 \text{ Kg/cm}^2 \quad (76.52 \text{ Lbs/pulg}^2)$$

Conclusión:

Debido a que este equipo requiere de una presión mínima de operación de 2.81 Kg/cm^2 (40 Lbs/pulg^2) para operar eficientemente la tubería - recomendable es de 9.525 m.m. ($3/8''$) de diámetro con la cual se obtiene -- una presión de utilización de 4.93 Kg/cm^2 (70 Lbs/pulg^2) la tubería de -- 12.700 m.m. ($1/2''$) de diámetro es descartada por resultar antieconómica su instalación.

Isométrico Sección F).- Dipacadora

Material y Conexiones

Tubería 9.00 metros

1 Tee (paso recto)

1 válvula de globo

Gasto (flujo) de aire = $0.527 \text{ mts}^3/\text{min}$ ($18.63 \text{ pies}^3/\text{min}$)

Para un gasto de $0.527 \text{ mts}^3/\text{min}$ ($18.63 \text{ pies}^3/\text{min}$) la caída de -- presión en Lbs/pulg^2 por cada 30.00 metros (6 100 pies) de tubería es obtenida consultando la tabla no. 4, e interpolando entre los siguientes valores:

Gasto		Caída de presión en tubería de:			
		19.050 m.m. ($3/4''$)	25.400 m.m. ($1''$)		
mts^3/min	pies^3/min	Kg/cm^2	Lbs/pulg^2	Kg/cm^2	Lbs/pulg^2
0.453	16.02	0.84	11.90	0.239	3.39
0.543	19.22	1.20	17.00	0.343	4.87
0.527	18.63	1.13	16.06	0.323	4.59

Las pérdidas por fricción en conexiones de tubería en términos -- equivalentes en metros de tubería en línea recta son encontrados en la tabla No. 5.

Como la presión requerida para la operación de la empujadora es de 4.22 kg/cm^2 (60 lbs/pulg^2), el diámetro de la tubería recomendable es de 19.050 m.m. ($3/4''$), con la cual se obtendrá una presión de utilización en la empujadora de 6.050 kg/cm^2 (86.46 lbs/pulg^2).

Isométrico Sección G). Equipo Proporcionalador

Material y Conexiones:

Tubería 7.00 metros

1 Tee (paso recto)

2 Codos de 90°

1 Válvula de globo.

Gasto (flujo) de aire = $0.0668 \text{ mts}^3/\text{min}$ ($2.35 \text{ pies}^3/\text{min}$).

Para un gasto de $0.0668 \text{ mts}^3/\text{min}$ ($2.35 \text{ pies}^3/\text{min}$) la caída de presión en lbs/pulg^2 por cada 30.00 mts. (6 100 pies) de tubería es obtenida consultando la tabla No. 4.

Gasto		Caída de presión en tuberías de :			
Mts^3/min	pies^3/min	kg/cm^2	Lbs/pulg^2	kg/cm^2	Lbs/pulg^2
0.0725	2,56	1.60	22.00	0.335	4.76

Las pérdidas por fricción en conexiones de tubería en terminos equivalentes en metros de tubería en línea recta son encontrados en la tabla No. 5

Conexiones	6.350 m.m.	9.525 m.m.
1 Tee (paso recto)	0.15 Mts.	0.15 mts.
2 Codos de 90°	0.42 "	0.42 "
1 Válvula de globo	4.26 "	4.26 "
Tubería	<u>7.00 "</u>	<u>7.00 "</u>
	11.83 Mts.	11.83 Mts.

Tanteo No. 1. - Tubería de 6.350 m.m. (1/4") de diámetro
 Carga de presión en Kg/cm² correspondientes a 11.83 mts.
 de tubería :

$$30.00 \text{ mts. de tubería} - 1.60 \text{ Kg/cm}^2$$

$$11.83 \text{ " " " " } - X$$

$$X = \frac{11.83 \times 1.60}{30} = 0.632 \text{ Kg/cm}^2 \quad (9.00 \text{ Lbs/pulg}^2)$$

La presión de utilización en el equipo proporcionador, punto
 4 menos la carga de presión en la tubería (P_f)

$$P_B = P_4 - P_f = 6.481 - 0.632 = 5.85 \text{ Kg/cm}^2 \quad (83.56 \text{ Lbs/pulg}^2)$$

Tanteo No. 2 - Tubería de 9.525 m.m. (3/8") de diámetro.
 Carga de presión en Kg/cm² correspondientes a 11.83 mts. de
 tubería.

$$30.00 \text{ mts. de tubería} - 0.335 \text{ Kg/cm}^2$$

$$11.83 \text{ Mts. de tubería} - X$$

$$X = \frac{11.83 \times 0.335}{30} = 0.134 \text{ Kg/cm}^2 \quad (1.89 \text{ Lbs/pulg}^2)$$

$$P_B = P_4 - P_f = 6.481 - 0.134 = 6.347 \text{ Kg/cm}^2 \quad (90.67 \text{ Lbs/pulg}^2)$$

Conclusión :

Por economía es recomendable la tubería de 6.350. m.m. (1/4")
 de diámetro, con la cual se obtiene en el equipo proporcionador una --
 presión de utilización de 5.85 Kg/cm² (83.56 Lb/pulg²).

Isometrico Sección H) Lavadora

Material y Conexiones

Tubería 10.00 metros

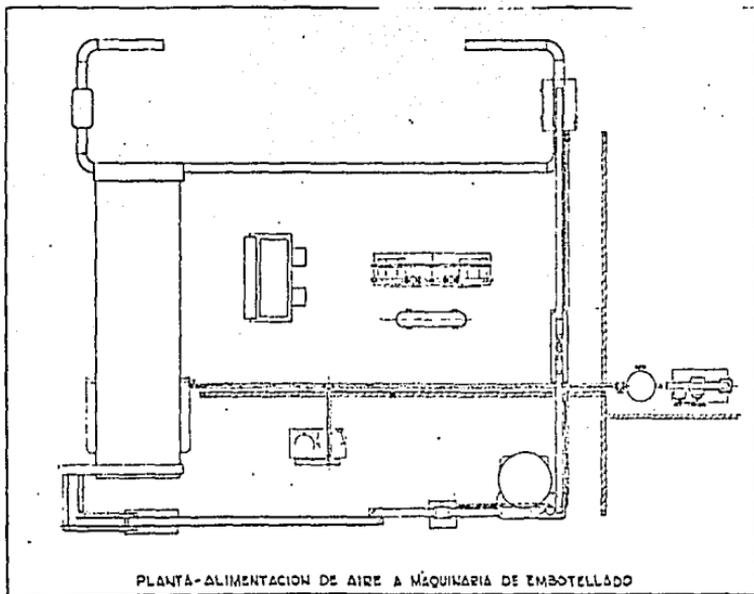
1 Tee (paso recto)

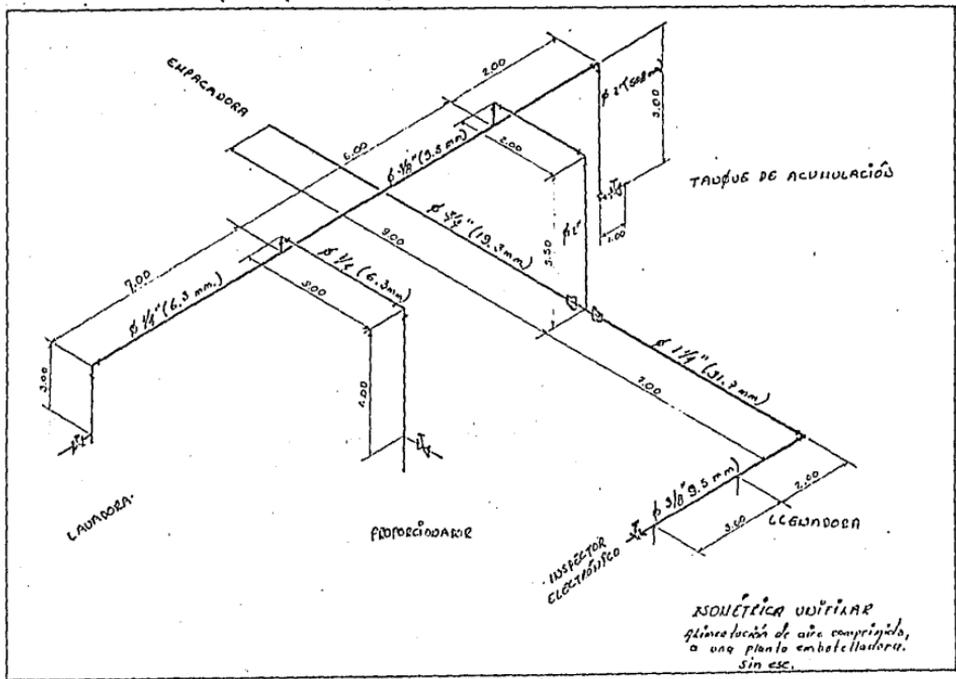
1 Codo de 90°

1 válvula de globo

Gasto (flujo) de aire = $0.0755 \text{ mts}^3/\text{min}$ ($2.66 \text{ pies}^3/\text{min}$).

Los tanteos efectuados para la selección de la tubería de la unidad proporcionadora, son válidos para la lavadora, puesto que los gastos demandados por ambos equipos son casi los mismos. De lo anterior se saca como conclusión que la tubería recomendada para la lavadora es de 6.350 m.m. (1/4") de diámetro.





PERDIDA POR FRICCIÓN EN CONEXIÓN DE TUBERÍA

En términos equivalentes de metros
de tubería en línea recta.

	0.350	0.525	12.700	19.050	25.400	31.750	38.100	50.000
	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.
Válvula de compuerta (abierta totalmente).....	0.09	0.09	0.10	0.13	0.17	0.22	0.26	0.33
Tee (paso recto)	0.15	0.15	0.21	0.33	0.45	0.54	0.67	0.91
Tee (Paso por un lado	0.76	0.76	1.00	1.28	1.61	2.13	2.46	3.16
ElL de 90°	0.42	0.42	0.52	0.64	0.79	1.06	1.24	1.58
Válvula angular (abierta totalmente).....	2.43	2.43	2.83	3.50	4.48	5.88	6.88	8.83
Válvula de globo (abierta totalmente)....	4.26	4.26	5.66	7.04	8.96	11.76	13.77	17.67

TABLA No. 5

3.3.- Tanque acumulador y accesorios de la instalación.

Como ya se había mencionado anteriormente, del acondicionamiento adecuado de la instalación depende el que se obtenga un incremento en la producción, a costo reducidos.

La función que tiene cada uno de los accesorios es la siguiente :

Tanque acumulador (receptor de aire). El receptor de aire es parte esencial en la instalación de un equipo neumático.

En él se absorben las pulsaciones en la línea de descarga desde el compresor, suavizando el flujo de aire a la línea de servicio. Sirve como un receptor para el almacenamiento de aire comprimido y cubrir cualquier demanda repentina superior a la capacidad del compresor. Otra de sus funciones es que se utiliza para precipitar la humedad la cual puestar presente en el aire que succiona el compresor, o que puede ser conducida a través de los intercambiadores de calor.

Forma parte del receptor de aire, la válvula de seguridad las cuales nunca deben ser calibradas a la misma presión de operación, y tampoco a la presión del diseño del receptor. Para su calibración deberá de seguirse el principio que indica, que siempre la presión de operación de un sistema deberá ser por lo menos un 5% menor que la presión de diseño del receptor, de acuerdo con el código de la ASME el cual fué adaptado por el Instituto de Aire y Gases Comprimidos. Indicadores de presión (manómetros) de los cuales el más utilizado es el de Bourdon, y el cual tiene como finalidad principal indicar la presión existente en el interior del receptor. El manhole o entrada hombre utilizada para efectuar inspecciones periódicas.

Filtros de aire. El aire seco comprimido es en elemento altamente eficiente y flexible que provee un medio de energía para todos los requerimientos de la Industria en general. Para utilizar esta energía al máximo deben tomarse algunas precauciones básicas.

La selección adecuada y el uso del filtro mas. apropiado para un trabajo determinado lo defenderá contra las condiciones más co munes a las líneas de aire comprimidas.

Escamas de oxidación, partículas de sellador, lubricantes de compresor condensado y deteriorado están presentes inherentemente en to do el sistema de aire comprimido. Estos contaminantes deben ser removidos de las líneas de aire comprimido, antes de que se les permita entrar a herramientas neumáticas (equipos accionados por aire).

El aire succionado por un compresor frecuentemente contie ne sólidos que pueden o no ser efectivamente removidos a la entrada del -- compresor. La humedad siempre presente en un sistema de aire comprimido -- accelera la corrosión de las tuberías transportadoras, y resultan acumulaciones de escamas y oxidaciones. Cuando estos productos de la corrosión se desprenden de la tubería, son arrastrados por el aire a todo el equipo co nectado al sistema de aire comprimido. Las escamas que consisten en óxido de hierro son extremadamente abrasivas y rayarán severamente las paredes - del cilindro; donde todas las superficies con las cuales tengan contactos Así es por lo que resulta indispensable remover todo material ólido del - aire comprimido.

La cantidad de condensado existente en cualquier sistema de aire depende de la humedad relativa del aire que entra y de la cantidad de aire comprimido que se esté usando. El agua que se permita entrar o acumular dentro del equipo que se actúa por el aire , accelera la corrosión de las partes vitales de trabajo; acortando así el costo de mantenimiento y acortando la vida del equipo. Frecuentemente, el lubricante del compresor es introducido en el sistema de tuberías. Este lubricante deteriorado se deposita en la mayoría de las superficies que hacen necesario el filtrado eficiente del aire comprimido. De lo anterior se deduce que la filtración del --- aire comprimido se obtiene un mayor rendimiento del equipo movido por aire, se controla al mínimo los gastos de mantenimiento y se prolonga la vida del equipo conectando al sistema de aire.

Reguladoras de presión. Los equipos movidos por aire, tal como herramientas, cilindros, etc. trabajan más eficientemente a la presión de operación especificada por los fabricantes. Trabajar a mayor presión de aire que la recomendada, aumenta el desgaste y reduce la vida del equipo, el aumento en potencialización de trabajo del equipo no es proporcional al aumento en consumo de aire cuando se usa a mayor presión que la recomendada.

Un regulador de presión se requiere para reducir una entrega de fluido a alta presión (de aire, agua, vapor, etc.) a una presión utilizable de trabajo y para mantener una presión satisfactoria regulada - para condiciones de operación requeridas. Al operar un equipo movido por aire arriba de la presión normal, se obtiene como resultado un desgaste excesivo y desperdicio de aire.

Funcionamiento de los reguladores de presión. Un regulador de presión se valoriza por dos características de funcionamiento o relaciones conocidas como la "característica de flujo" y la "característica de regulación". La característica de flujo establece la relación entre la presión regulada y la velocidad de flujo a través del regulador. La característica de regulación establece la relación entre la presión regulada y la presión primaria o de línea. Con el empleo del regulador de presión, se obtiene el control adecuado de la presión de operación, reduce los gastos de mantenimiento, prolonga la vida del equipo movido por aire y conserva - el aire comprimido.

Lubricadores por atomización de aceite. La importancia de la lubricación adecuada nunca puede dejar de ser bien enfatizada. Para lubricar herramientas y equipos movidos por aire, uno de los métodos más eficientes y más económicos, es inyectar el lubricante al aire comprimido que da energía al equipo.

La adecuada lubricación de las herramientas y equipos movidos por aire impide el deterioro ocasionado por la fricción y la corrosión aumentando así considerablemente su duración la lubricación disminuye el tiempo de reparación y también los gastos de mantenimiento y de refacciones.

Filtros de drenaje, automático y manual. Estos filtros de drenaje (Trampas) son para usarse donde la más eficiente remoción tanto de líquidos como de sólidos se requiera, así como mantenimiento y atención mínimos.

Un filtro de aire pierde la mayor parte de su eficiencia si se permite acumular un exceso de líquido en el vaso. El filtro de drenaje automático, descarga automáticamente los líquidos acumulados antes de que su nivel llegue al punto que perjudique la filtración eficiente.

La característica del filtro de drenaje automático son de valor especial cuando el filtro está de modo que el acceso se dificulte o que la necesidad de drenar pase inadvertido. El filtro de drenaje manual debe donde sea fácil observarlo y accesible para drenarlo.

CALCULO Y SELECCION DEL COMPRESOR

4-1.- Tipo de compresor.

Los tipos de compresores empleados para producir aire pueden clasificarse como siguen;

No) 1)- De desplazamiento positivo.

Estos a su vez se subdividen en:

a).- Compresores de émbolo o reciprocantes.

b).- Ventiladores compresores.

Los compresores de émbolo o reciprocantes, son máquinas en las cuales el elemento de compresión es un pistón siguiendo un movimiento recíprocante en un cilindro.

Pueden ser de simple acción, de doble acción, de una, dos o mas etapas, de tipo vertical, de tipo horizontal, enfriados por agua, enfriados por aire, etc.

Los compresores de simple acción. Son máquinas en las cuales la compresión es efectuada en un extremo del cilindro. Los compresores de doble acción, son máquinas en las cuales la compresión es efectuada en ambos extremos del cilindro. Los compresores de dos o más etapas, son máquinas en las cuales el aire es comprimido desde la presión inicial a una presión intermedia en un cilindro, y después a una presión de descarga final en otro cilindro. Pueden emplearse tres o más etapas en cuyo caso la máquina es definida como un compresor de múltiples etapas. Los compresores de tipo vertical, son máquinas que tienen el elemento de compresión en posición vertical. Los compresores de tipo horizontal son máquinas que tienen el elemento de compresión en posición horizontal.

Compresores enfriados por aire. Estas máquinas son enfriadas - por aire atmosférico el cual circula alrededor de los cilindros. Los compresores enfriados por agua son máquinas enfriadas por agua, la cual circula a través de las camisas (chaquetas) localizadas alrededor del cilindro.

El campo de aplicación de este tipo de compresor es muy extenso debido a la gran variedad de tipos, y modelos que existen en la industria, - cada uno de los cuales se adapta a las necesidades propias de operación para cada caso en particular.

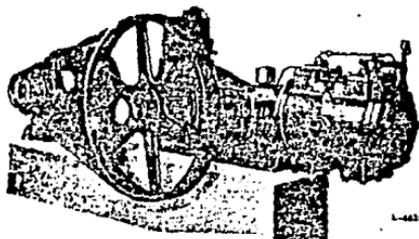
La elección de un compresor depende de la variación de muchos - factores; por ejemplo, el tamaño de los cilindros, la velocidad de la unidad, la relación de compresión, temperatura de descarga, costo de fuerza (energía), método de enfriamiento etc.

Los principales tipos de fuerza usados para transmitir movimiento a los compresores son:

- 1.- Vapor.
- 2.- Electricidad.
- 3.- Combustible o gas.

El vapor es utilizado en máquinas de alta velocidad. La electricidad es el tipo de fuerza más comúnmente utilizada para este tipo de compresores. El combustible o gas es frecuentemente utilizado en motores de combustión interna, en lugares donde el costo de este tipo de combustible es favorable, o donde las otras formas de fuerza no son aprovechables.

Son recomendables para presiones menores de 60 libras compresores de una etapa, para presiones superiores a las 100 libras, compresores de dos etapas, para presiones comprendidas entre 60 y 100 libras compresores de una etapa para capacidades inferiores de 300 pies cúbicos por minuto (P.C.M.)



COMPRESOR RECIPROCANTE DE DOBLE EFECTO

Ventiladores - Compresores. Son máquinas en las cuales la compresión es efectuada por la acción positiva de elementos de rotación. Son muy empleados para el barrido de los motores de combustión interna.



Ventilador rotativo Roots-Cummins, etc.

No. 2)- De desplazamiento no positivo, o dinámicos.

Estos se subdividen a su vez en:

a).- *Compresores Centrifugos.*

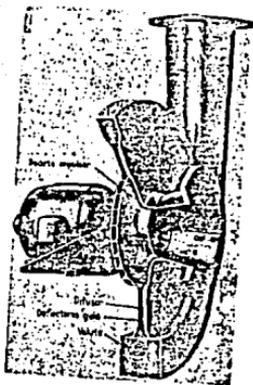
b).- *Compresores de flujo axial.*

Los compresores y ventiladores tipo dinámico incluyen máquinas en las cuales el aire es comprimido por la acción dinámica de impulsores rotatorios impartiendo velocidad y presión al fluido, en una máquina axial como el nombre lo indica el aire fluye en una dirección axial. En una máquina centrífuga el aire fluye fundamentalmente en dirección radial.

Por muchos años el término ventilador fue aplicado a todas aquellas máquinas en las cuales el aire era comprimido a una presión final de cerca de 2.81 Kg/cm^2 (40 lbs/pulg^2).

El término compresor fue aplicado a aquellas máquinas en las cuales el aire o gas era comprimido a presiones superiores de las 40 libras.

Campo de aplicación. Los compresores centrifugos y axiales son máquinas de alta velocidad en los cuales sus ventajas aparecen para requerimiento relativos de alta capacidad. Compresores centrifugos de una sola etapa para manejar aire atmosférico son encontrados en capacidades desde 142 a 2,839 $\text{mte}^3/\text{min.}$ o más, con rangos de presiones desde 0.0703 Kg/cm^2 para pequeñas capacidades, 0.493 Kg/cm^2 o más para grandes capacidades.



Los compresores axiales de una sola etapa son encontrados - en capacidades desde 14.2 hasta 2830 mts³/men, o más con rangos de presiones desde 0.0703 Kg/cm² hasta un máximo de 0.212 Kg/cm².

Debido a que estos compresores son máquinas de elevada velocidad (3,000 a 40,000 r.p.m.) son frecuentemente accionados por turbinas de vapor, motores eléctricos directamente conectados etc., todos ellos de características de velocidad similares.



Detalle de un compresor axial fabricado por una turbina de gas de General Electric.

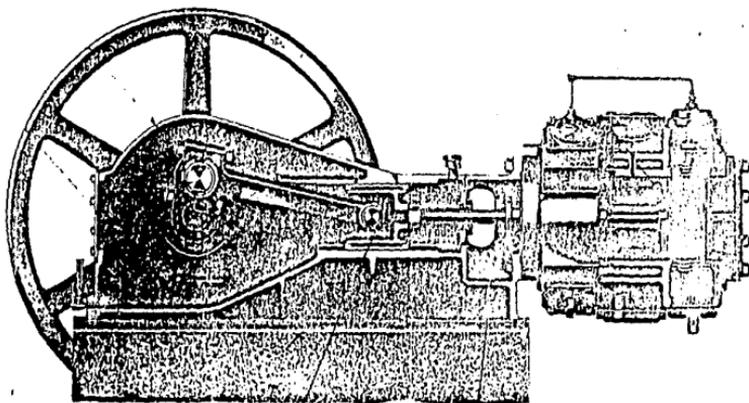
4.2.- Sistema de lubricación.

Este es uno de los factores más importantes que afectan la operación de un compresor de aire. Un sistema de lubricación conveniente es considerado como parte de un compresor, y para la obtención de buenos resultados es necesario utilizar lubricantes que tengan las cualidades requeridas para el servicio destinado. Los fabricantes de compresores especifican ciertas características fundamentales del lubricante para cada clase de servicio.

Un compresor de hecho requiere varios tipos de aceites para su funcionamiento, uno puede ser para la lubricación del cilindro del compresor, y otro para el carter y cojinetes.

Hay dos métodos para administrar y distribuir el lubricante a las transmisiones; el de lubricación por salpicadura o proyección, y el de presión.

El sistema de lubricación por salpicadura se basa en la acción de los contrapesos (salpicadores de aceite) al pasar por el tanque de lubricante. Para evitar un excesivo batido y la formación de espuma en el aceite, el contrapeso debe unirse solo a una pequeña profundidad dentro del tanque. La profundidad exacta depende de la velocidad del contrapeso y del tipo de lubricante. Debe haber una buena cantidad de lubricante en el tanque, por lo cual éste debe ser grande y de sección casi rectangular, sin ningún punto cercano al contrapeso en movimiento. Cuando el aceite que proyecta el contrapeso ha da lubricar los cojinetes, el lubricante proyectado contra la tapa y paredes interior del carter, es recogido en pequeñas cubetas fundidas que forman unidad con el mismo depósito, desde las cuales, por pequeños canales o tuberías, fluyen hacia los cojinetes. El retorno al depósito se logra por medio de canales de derrame.

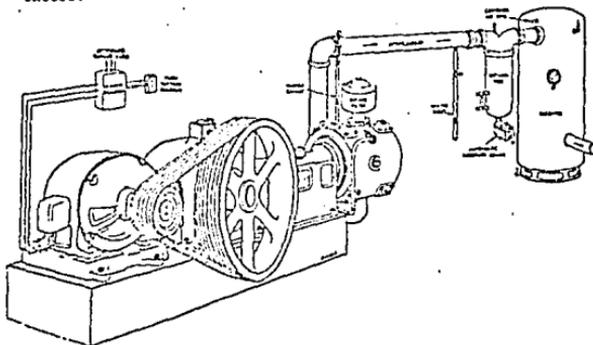


SISTEMA DE LUBRICACION POR GATIFICADURA EN UN COMPRESOR RECIPROCANTE

Lubricación por el sistema de presión. El sistema positivo de circulación o de presión conduce en lubricante por la presión de una bomba, a través de tubos de alimentación, directamente a los puntos que requieren lubricación, e individualmente a cada cojinete. Este sistema se emplea cuando las velocidades de los cojinetes son tan elevadas, que el lubricante se bate y calienta excesivamente por la acción del contrapeso ni se utiliza el método anterior. Además a velocidades muy elevadas, los lubricantes pueden ser expulsados por la fuerza centrífuga fuera de contrapeso (o salpicado res de aceite) por lo cual es necesario aplicarlo directamente a los puntos de contacto o rozamiento mediante toberas o boquillas pulverizadoras especialmente dispuestas. Corrientemente se requiere el empleo de una bomba accionada de un modo directo por la unidad misma que se engrasa.

Se acostumbra como método de seguridad, incluir indicadores o relevadores en la instalación eléctrica, que avisen o detengan el movimiento si la presión del lubricante disminuye con exceso.

exceso.



INSTALACION CORRECTA DE UN EQUIPO NEUMATICO Y DE SUS ACCESORIOS CORRESPONDIENTES

INSTALACION CORRECTA DE UN EQUIPO NEUMATICO Y DE SUS ACCESORIOS CORRESPONDIENTES

4.5- La capacidad requerida en C.V. (caballo de vapor) y en hp (Caballos de fuerza), para comprimir 102.27 P.C.M. o sean 2.93 Mts.³/minuto es obtenida partiendo de las siguientes bases:

1o. La presión atmosférica a la altura de 1,589 mts. sobre el nivel del mar es igual a 12.14 lbs./plg² que equivalen a 0.854 Kgs/cm².

2o. La temperatura inicial del aire se considera igual a 60°F (grados Fahrenheit) o sean 15.6°C (grados centígrados).

3o. La presión de descarga en el tanque acumulador es igual a 100 - - lbs./plg² o sean 7.00 Kg./cm².

4o. Capacidad de aire comprimido requerido para el correcto funcionamiento de los equipos neumáticos 102.27 P.C.M. o sean 2.93 mts³/minuto.

La ecuación del trabajo efectuado durante la compresión es la siguiente:

$$W = \frac{K}{1-K} \quad P1V1 \left[\frac{P2}{P1} \right]^{\frac{K-1}{K}} - 1 \quad \text{kgmts.}$$

en la que:

P₁ = presión inicial absoluta en kgm/cm².

P₂ = la presión absoluta después de la compresión en kgs/cm².

K = exponente de la curva de compresión igual a 1.41 para la compresión adiabática.

V_1 = Volumen inicial, en mts.³

La fórmula anterior es la expresión del trabajo total necesario para comprimir y expulsar el aire, comprimido adiabáticamente.

Las fórmulas para calcular la potencia en C.V. (Caballos de vapor) y Hp (caballos de fuerza) necesarios para comprimir adiabáticamente un determinado volumen de aire libre son respectivamente:

$$C.V. = \frac{W}{60 \times 75} = \frac{W}{4,500}$$

$$Hp. = \frac{W}{60 \times 76} = \frac{W}{4,560}$$

La fórmula para calcular la potencia en caballos necesaria para comprimir adiabáticamente en compresores de dos o más etapas, un determinado volumen de aire libre a una presión dada es:

$$C.V. = \frac{N P_1 V_1 n}{4,500 (n-1)} \left[\frac{P_2}{P_1} \frac{n-1}{nN} - 1 \right]$$

en que al:

N = Número de etapas en que se verifica la compresión total.

P_1 = Presión atmosférica en Kgs/cm²

P_2 = Presión absoluta final, en Kgs/cm²

V_1 = Volumen de aire, en mts.³ comprimidos por minuto a la presión atmosférica.

$K = n$ = exponente de la curva de la compresión = a 1.41 para la compresión adiabática.

Sustituyendo valores en la expresión del trabajo, tenemos que

el trabajo efectuado durante la compresión en un compresor de una etapa es igual a:

$$W = \frac{1.41 \cdot X \cdot 0.854}{1-1.41} \times 10,000 \times 2.93 \quad \boxed{\frac{7.00}{0.854}} \quad \boxed{\frac{1.41-1}{1.41 - 1}}$$

$$W = - 3.44 \times 25,022 \quad \boxed{8.19} \quad \boxed{0.29 - 1}$$

$$W = 86,075 (1.84 - 1)$$

$$W = 86,075 \cdot (0.84) = 72,303 \text{ Kgmts/mín.}$$

La potencia necesaria para comprimir adiabáticamente 2.93 mts.- cúbicos por minuto es igual a:

$$C.V. = \frac{W}{4,500} = \frac{72,303}{4,500} = 16.06$$

$$C.V. \text{ (caballos de vapor)} = 16.06$$

$$HP = \frac{W}{4,500} = \frac{72,303}{4,500} = 15.85$$

$$HP \text{ (caballos de fuerza)} = 15.85$$

Las tablas siguientes indican la potencia en caballos de vapor (CV) para comprimir un metro cúbico de aire libre por minuto (isotérmica y adiabáticamente) de la presión atmosférica a varias atmósferas, para compresión de una, dos, y tres etapas.

Se hace la aclaración de que la compresión isotérmica es conveniente porque disminuye el trabajo que es preciso realizar. Esta compresión puede conseguirse con compresores de baja velocidad, que tengan camisas de agua sin incrustaciones, y haciendo circular por dichas camisas grandes cantidades de agua fría, como la compresión suele ser demasiado rápida para permitir que se transmita una gran cantidad de calor, en los compresores de gran velocidad, la compresión es prácticamente adiabática.

COMPRESION DEL AIRE

POTENCIA EN C.V. PARA COMPRIMIR
EL AIRE

Caballos necesarios para comprimir 1 m³ de aire fresco por minuto (isotérmico y adiabáticamente) de la presión atmosférica a varias atmósferas. Compresión simple.

(Temperatura inicial del aire, 15° C. No. se tiene en cuenta el enfriado del cilindro).

Presión absoluta, en atmósferas	Compresión isotérmica. C.V.	Compresión adiabética	
		C.V. teórico	C.V. más el 15% por rozamiento.
1.34	0.648	0.685	0.792
1.68	1.188	1.206	1.476
2.02	1.728	1.800	2.052
2.36	1.980	2.195	2.556
2.70	2.300	2.664	3.060
3.04	2.560	3.024	3.420
3.38	2.808	3.384	3.888
3.72	3.025	3.708	4.230
4.06	3.240	3.996	4.572
4.40	3.420	4.284	4.896
4.74	3.600	4.526	5.200
5.08	3.750	4.800	5.508
5.42	3.890	5.040	5.760
5.76	4.032	5.280	6.030
6.10	4.176	5.500	6.300
6.44	4.320	5.624	6.552
6.78	4.428	5.900	6.750
7.12	4.536	6.100	7.020
7.46	4.650	6.300	7.200
7.80	4.750	6.480	7.452
8.14	4.832	6.840	7.830
8.48	5.172	7.164	8.217
8.82	5.300	7.488	8.640
9.16	5.436	7.776	8.874
9.50	5.580	8.064	9.270
9.84	5.698	8.424	9.684
10.18	5.832	8.712	9.900
10.52	5.976	8.964	10.296
10.86	6.100	9.200	10.584
11.20	6.200	9.468	10.908

COMPRESION DEL AIRE

EFICIENCIA EN C. V. PARA COMPRIMIR EL AIRE

Caballos necesarios para comprimir 1 m³ de aire fresco por minuto (isotérmica y adiabáticamente) de la presión atmosférica a varias atmósferas. Compresión en dos etapas.

(Temperatura inicial 15° C. No. se tiene en cuenta el enfriado del cilindro)

Presión absoluta, en atmósferas.	Compresión isotérmica. C. V.	Compresión adiabática		Tanto por ciento de ahorro sobre la compresión simple
		C. V. teóricos	C. V. más el 15% por rozamiento	
4.40	3.420	3.816	4.428	10.9
5.08	3.744	5.248	4.896	11.3
5.76	4.032	4.608	5.292	12.3
6.44	4.320	4.032	5.088	13.8
7.12	4.536	5.220	6.120	14.2
7.80	4.762	5.508	6.336	15.0
8.48	4.932	5.796	6.660	15.2
9.16	5.112	6.048	6.948	15.6
9.84	5.300	6.264	7.200	16.3
10.52	5.420	6.480	7.452	16.7
11.20	5.580	6.696	7.604	16.9
11.88	5.670	6.876	7.884	18.4
12.56	5.820	7.056	8.000	19.0
13.24	5.940	7.236	8.316	19.3
13.92	6.080	7.416	8.496	19.5
14.60	6.192	7.560	8.676	20.1
15.28	6.264	7.776	8.892	....
15.96	6.478	7.920	9.072	....
16.64	6.480	8.064	9.252	....
17.32	6.588	8.208	9.432	....
18.00	6.696	8.280	9.504	....
18.68	6.768	8.460	9.720	....
19.36	6.840	8.568	9.864	....
20.04	6.920	8.712	10.008	....
20.72	6.980	8.856	10.052	....
21.40	7.100	8.892	10.188	....
24.80	7.40	9.432	10.836	....
28.20	7.720	9.936	11.412	....
31.60	8.000	10.332	11.844	....
35.01	8.250	10.728	12.312	....

COMPRESION DE AIRE

POTENCIA EN C.V. PARA COMPRIMIR AIRE

Caballos necesarios para comprimir 1 m³ de aire fresco por minuto (isotérmica y adiabática) de la presión atmosférica a varias atmósferas. Compresión en tres etapas.
(Temperatura inicial, 15° C. No. se tiene en cuenta el enfriado de los cilindros).

Presión absoluta, en atmósferas.	Compresión isotérmica C.V.	Compresión adiabática		Tanto por ciento de ahorro sobre la compresión doble
		C.V. teóricos	C.V. más el 15% por roceamiento.	
7.8	4.753.	5.220	6.012	5.23
11.2	5.580	6.300	7.272	5.92
14.6	6.193	7.056	8.136	6.67
18.0	6.692	7.704	8.856	6.96
21.4	7.092	8.244	9.504	7.28
24.8	7.416	8.712	9.972	7.64
28.2	7.704	9.108	10.512	8.33
31.6	8.028	9.468	10.872	8.36
35.0	8.244	9.828	11.304	8.38
38.4	8.424	10.188	11.736	8.80
41.8	8.604	10.476	12.024	8.86
45.2	8.784	10.656	12.240	9.02
48.6	8.964	10.908	12.528	9.18
52.0	9.108	11.124	12.780	....
55.4	9.252	11.340	13.032	....
58.8	9.432	11.556	13.284	....
62.2	9.540	11.736	13.500	....
65.6	9.684	11.916	13.716	....
69.0	9.792	12.096	13.788	....
72.4	9.900	12.240	14.076	....
75.8	10.008	12.384	14.256	....
79.2	10.116	12.564	14.436	....
82.6	10.188	12.708	14.580	....
86.0	10.296	12.752	14.796	....
89.4	10.404	13.042	14.976	....
92.8	10.476	13.176	15.156	....
96.2	10.512	13.248	15.228	....
99.6	10.620	13.356	15.336	....
103.0	10.728	13.464	15.480	....
106.4	10.800	13.608	15.624	....
109.8	10.937	13.752	15.768	....

SELECCION DEL MOTOR
ARRANCADOR Y PROTECCION

Anteriormente se hizo mención de que los principales tipos de fuerza usados para transmitir movimiento a los compresores son: vapor, combustible o gas y electricidad. El combustible o gas es frecuentemente utilizado en motores de combustión interna, en lugares donde el costo de este tipo de combustible es favorable, o donde las otras formas de fuerza no son aprovechables. Como la industria embotelladora a que se hace mención se encuentra en un lugar donde la electricidad es aprovechable, en una forma breve se efectúa la selección del motor eléctrico y del tipo de arrancador apropiado.

Los tipos de motores eléctricos comúnmente utilizados para transmitir movimiento a los compresores son los siguientes:

a).- Motor jaula de ardilla para compresores de 5 a 100 HP
Características: par elevado, baja corriente de arranque, -
200 a 250% par de arranque, 175 a 225% par máximo.

b).- Motor Rotor devanado, anillos rosantes, para compresores de medio a 300 HP.
Características: 200 a 250% par de arranque, 200 a 250% -
par máximo.

c).- Motor de devanado bipartido.
Características: 50 a 75% par de arranque, 175 a 200% par-
máximo.

Los motores de inducción jaula de ardilla, los más comúnmente usados en la industria, requieren una gran potencia durante el arranque y producen un alto par de arranque. Para un motor con diseño Norma "b" la corriente de arranque sería aproximadamente de 600% de la corriente de plena carga y el par es aproximadamente de 175% de la plena -

carga. Estos valores frecuentemente causan problemas en el sistema eléctrico y en la máquina impulsada.

De acuerdo al reglamento de obras e instalaciones eléctricas - en su artículo 28 Fracción 38 concerniente a arrancadores, especifica lo siguiente:

En general todo motor de mas de 10 caballos de potencia deberá estar provisto de un arrancador que reduzca la corriente de arranque, tal como un arrancador a voltaje reducido, o un controlador conectado al secundario del motor cuando éste sea del tipo de motor devanado.

Un arrancador a tensión reducida es un dispositivo eléctrico, - el cual reduce la corriente de arranque del motor y simultaneamente reduce el par de arranque. La reducción de corriente par es usualmente obtenida por -- cualquiera de los siguientes métodos.

1.- Aplicando tensión reducida a las terminales del motor. Esta puede ser obtenida por un autotransformador o por resistencias en serie.

2.- Conectando a la línea solamente parte de los devanados del motor, o cambiando las conexiones de los devanados del motor.

Estos arrancadores se usan donde el voltaje de línea en el arranque es objetable. La necesidad del arranque a tensión reducida puede ser dada por la compañía suministradora de energía, o por los problemas ocasionados al alumbrado por la alta corriente de arranque.

El arrancador tipo autotransformador transición cerrada, utiliza un autotransformador para proporcionar un voltaje reducido a las terminales del motor durante el arranque. Después de un tiempo definido se desconecta

ta el autotransformador del circuito y se conecta el motor directamente a la línea. La transición cerrada evita que el par durante el cambio no perjudique a la máquina y asegure una carga sucesiva.

Los motores con rotor devanado arrancan normalmente con una resistencia en el secundario relativamente elevada, esta resistencia se pone en corto circuito en uno o más escalones, a medida que el motor aumenta de velocidad. Este procedimiento permite al motor desarrollar pares de arranque relativamente pequeños de la línea. Además la mayor parte de las pérdidas secundarias que tienen lugar durante la aceleración, se disipan en la resistencia exterior en lugar de disiparse en el mismo motor. Así pues, el motor con rotor devanado es muy apropiado para aquellos casos que precisan de arranques o aceleraciones intensas.

Los arrancadores para motores de devanado bipartido de corriente alterna consisten de un arrancador magnético para cada devanado y un renovador de tiempo. Un motor de devanado bipartido está formado de dos devanados paralelos separados eléctricamente y tienen las terminales en la caja y conexiones preparadas para este fin. Para arrancar el motor, primero se conecta a la línea un devanado solamente, con lo cual se obtiene el 50% del par de arranque y 50% de la corriente, después de un intervalo de tiempo definido, automáticamente se conecta también el segundo devanado a la línea, obteniéndose así la potencia completa del motor y una operación continua.

Una vez conocidos los tipos de motores y de arrancadores que pueden ser utilizados para transmitir movimiento a este tipo de compresor, la selección del arrancador y motor eléctrico se realiza por medio de un análisis económico para lo cual se toma como base las características del motor, y que son las siguientes:

Motor trifásico
Capacidad 20 HP
Voltaje 220 Volts.

Corriente a plena carga 49 amperes.

Frecuencia 60 c.p.s. .

Velocidad 1,800 R.P.M.

Análisis económico:

<u>Tipo del Motor</u>	<u>Costo</u>	<u>Tipo del arrancador</u>	<u>Costo</u>	<u>Total</u>
Jaula de ardilla	\$ 507,000.00	Autotransformador	\$ 108,000.00	\$ 615,000.00
Motor devanado	\$ 540,000.00	Compensador de arranque.	\$ 120,000.00	\$ 660,000.00
Devanado bipartido	\$ 510,000.00	Para motor de devanado bipartido	\$ 60,000.00	\$ 570,000.00

Del análisis anterior se deduce que económicamente al conjunto motor-arrancador recomendable es del tipo de devanado bipartido.

5.4 Protecciones y funcionamiento.

El reglamento de obras e instalaciones eléctricas en el capítulo 28 - correspondiente a Protecciones Contra sobre Corriente de Motores indica las disposiciones de sobre corriente destinados a proteger motores, aparatos de control de motores y conductores de circuitos derivados que los abastezcan, contra el calentamiento excesivo debido a sobrecargas de los motores.

Para motores de mas de un caballo de potencia, la protección contra sobrecarga mencionada deberá asegurarse haciendo uso de los medios siguientes:

1.- Un dispositivo de sobrecorriente separado, que actúe por efecto de la corriente del motor. La capacidad o el ajuste de este dispositivo no deberá ser mayor de 140 % de la corriente nominal a carga plena.

II.- Un dispositivo protector incluido en el motor, que actúe por efecto de la corriente o de la corriente y la temperatura.

Protección contra cortos circuitos. Si el dispositivo que se usa para proteger el motor contra sobrecargas, tal como un interruptor por elevador térmico, no está construido para interrumpir un corto circuito deberá protegerse instalando, además, fusibles o un interruptor automático -- con capacidad o ajuste de no más de 4 veces la corriente nominal a plena carga del motor, a menos que el dispositivo de que se trate esté construido y aprobado para proteger por fusibles o interruptor automático de mayor capacidad.

Los puntos descritos por el reglamento de obras e instalaciones eléctricas anteriormente enunciados exigen que todo motor eléctrico conectado deberá estar protegido contra sobrecargas del propio motor. Esta protección es suministrada por medio de la selección de elementos térmicos -- de aleación fusible elegidos para una corriente a plena carga del motor de 49 amperes (a la cual corresponde el tipo D D 50 recomendable por fabricantes de equipo eléctrico).

La protección contra cortos circuitos es efectuada comúnmente haciendo uso de interruptores termomagnéticos o de cuchillas fusibles de -- los cuales el más recomendable por "seguridad personal" y por tener una mayor capacidad interrumpida, es interruptor termomagnético de 100 amperes.

Funcionamiento. Los tipos de operación de un equipo neumático pueden ser los siguientes:

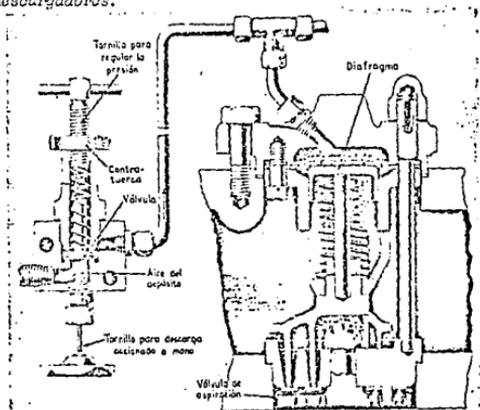
Operación Continua: Este tipo de operación es recomendado -- donde las demandas de aire son estables y exceder de 50% de la capacidad del compresor.

Operación intermitente (Arranque y paro). Este tipo de operación debe usarse cuando la demanda de aire es variada y poco frecuente, y cuando ésta no excede de 50% de la capacidad del compresor.

Regulación de capacidad de compresores guiados por motores eléctricos:

Regulador de velocidad constante. Este tipo de control es recomendado donde las demandas de aire son tales que la unidad requiera más de 10 arranques por hora.

El control de este regulador es automático y consiste en lograr que la máquina deje de comprimir aire cuando su presión en el tanque de almacenamiento alcanza el límite máximo prefijado, y que vuelva a comprimirlo en cuanto esta presión baje al límite mínimo también fijado previamente, y todo esto, sin que haya que parar el compresor ni disminuir su velocidad, es decir mientras la máquina trabaja a velocidad constante. Este regulador por derivación, llamado "B y Pass" obtiene el control de la siguiente manera: el aire en el tanque acumulador (o receptor), a presión excesiva, acciona un interruptor electromagnético que abre o cierra el paso del mismo aire a los descargadores.



Dispositivo de descarga en la válvula de aspiración, Chicago Pneumatic.

Estos son cilindros, cuyos especiales pistones, cuando la presión del aire llega al límite máximo, actúan sobre las laminillas de las válvulas de succión y las dejan en posición de abiertas, hasta que, al bajar la presión en el tanque acumulador al valor mínimo fijado, se cierra en paso del aire a los descargadores y las válvulas de succión -- vuelven a trabajar normalmente. Claro es que mientras que las válvulas de succión quedan "abiertas", el aire entra y sale libremente y no es -- comprimido, aunque el compresor siga moviéndose a su velocidad normal.

El accionamiento de los descargadores puede obtenerse también manualmente, lo cual es muy útil para que el compresor trabaje en vacío en el arranque.

Para condiciones de trabajo, no muy frecuentes, en las -- cuales el consumo de aire se interrumpe algunas veces durante períodos -- cortos y otras veces durante períodos largos, es utilizado el sistema de doble control (control dual) el que con solo conmutar el interruptor cambia la regulación, pasando de la descrita anteriormente por "By Pass" a la de "Parada y arranque", que consiste como su nombre lo indica, en que el compresor se para automáticamente cuando la demanda es baja y la presión en el tanque se eleva, y que automáticamente se vuelve a poner en -- marcha cuando la demanda aumenta y la presión en el tanque acumulador baja.

De los tipos de control enunciados, el de velocidad constante, es el que más apropiadamente satisface los requisitos propuestos -- por el tipo de operación continua. Que es el tipo de operación más apropiado en una industria embotelladora debido a que las demandas de el -- aire comprimido son constantes y continuas y exceden del 50% de la capacidad del compresor.

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

6.1.- Válvulas de seguridad. Es absolutamente necesario dotar el tanque al acumulador (receptor de aire) de un dispositivo de protección - que prevenga el aumento de presión más allá de la presión de diseño. Entre los dispositivos propios queda comprendida la válvula de seguridad. -- Las válvulas de seguridad se emplean para impedir que en los tanques de acumulación se desarrollen presiones de aire excesivas. La válvula se dispara automáticamente cuando la presión alcanza un punto predeterminado, -- quedando completamente abierto y permaneciendo así hasta que baja nuevamente la presión. Estos tipos de dispositivos requieren, una inspección periódica y retenida ya que tienen que estar en buenas condiciones de servicio, no debe haber acumulaciones de óxido, incrustaciones u otras materias extrañas dentro del cuerpo de la válvula, que puedan dificultar su libre funcionamiento, ya que constituyen el dispositivo de seguridad más importante del tanque de acumulación.

6.2.- Interruptor de presión. Un interruptor de presión tiene como función indicar o señalar, cuando la presión del fluido en la línea en la cual está instalada sube o desciende a cierto valor ajustable o fijo.

Este interruptor puede tomarse como una protección más, su función principal será tener protegido al compresor contra presiones anormales de operación, o sea que por medio de él tendremos el compresor trabajando dentro de rangos de presión favorables para una buena eficiencia en el sistema.

Este interruptor tiene además una función doble; funcionando como un control de alta y otra de baja presión, pero también se puede usar separadamente como protección de alta presión o protección de baja presión.

6.3.- Protección para alta temperatura. Este tipo de dispositivo de seguridad no es muy comunmente utilizado en un sistema de aire comprimido.

Por seguridad su instalación puede efectuarse haciendo uso de una válvula termostática e instalarla en la tubería de agua a la salida de las camisas de enfriamiento. Su función sería la de evitar calentamientos excesivos que pudieran dañar las camisas o chaquetas del compresor las cuales se calientan debido a la compresión, de tal manera que cualquier variación de temperatura fuera de lo normal en el agua de enfriamiento para la unidad, y pueda corregirse la falla a tiempo.

6.4.- Protección para baja presión de aceite. El control de presión de aceite es considerado como un control de seguridad en todos los sistemas de compresión de aire o gases, que esten funcionando con compresor, el cual para su funcionamiento requiere una lubricación correcta.

El citado control es usado como un control de seguridad en el sistema de lubricación del compresor. Como se mencionó anteriormente en el punto correspondiente a sistemas de lubricación existe la lubricación por salpicadura o proyección y la lubricación a presión. El sistema de lubricación por salpicadura es utilizado en compresores de baja velocidad, por lo tanto el control es la lubricación no es muy necesario. La lubricación a presión es generalmente utilizada en compresores que trabajan a altas velocidades, las cuales son muy sensibles a cualquier falla en el funcionamiento del sistema de lubricación, por lo cual, todos los compresores de estas características están provistos de este tipo de control, el cual los protege cuando hay fallas de lubricación en las partes que deben ser lubricadas, o cuando la presión del aceite falla por algún desperfecto en el sistema de lubricación. Una de las causas más comunes de las fallas en el funcionamiento de los compresores es la de dejar que se agote el lubricante.

Estos interruptores de seguridad, tipo diferencial (Pcm) - pueden ser instalados en las máquinas de baja velocidad, que tienen lubricación a presión.

MANTENIMIENTO.

El mantenimiento tal como se aplica a la maquinaria de producción, es aquel que se programa cuidadosamente con anticipación, junto con la inspección, con el propósito de prevenir averías y paros de emergencia que necesiten reparaciones. Como función principal, el mantenimiento se ocupa de la conservación de las máquinas, para evitar que sean sacadas de la producción por la necesidad de darles servicio o repararlas. El objetivo principal del mantenimiento es, por supuesto, aumentar la productividad mediante el aumento de la eficiencia y la reducción de los costos de operación.

7.1.- Mantenimiento de la Unidad.

Con la finalidad de lograr un eficiente funcionamiento de un compresor de aire se requiere de la programación de un mantenimiento periódico. El programa de este tipo de mantenimiento, está comprendido por inspecciones periódicas diarias, semanales, mensuales y anuales.

Inspección periódica diaria:

- a).- Drenar los condensados de todas las líneas de aire (rod general y derivaciones).
- b).- Revisar que el nivel del aceite en el carter del compresor sea el correcto.
- c).- Inspeccionar las condiciones del filtro de succión.
- d).- Revisar el mecanismo descargador para que el compresor trabaje apropiadamente.

Inspección y mantenimiento semanal:

a).- *Limpiere el filtro de aire con aire comprimido, o utilizando algún solvente no explosivo. Séquese perfectamente antes de instalarlo de nuevo en el compresor.*

b).- *Haga girar a mano el compresor para cerciorarse de que opera libremente, que las poleas estén apretadas y que el cigüeñal no tiene juego excesivo en el extremo.*

c).- *Revisar el alineamiento de las bandas, con el fin de evitar los desgastes excesivos, así como una operación ruidosa, y la oscilación del rotor del motor.*

Revisar la tensión de las bandas. Las bandas tensas causan sobrecalentamientos y excesivos desgastes en los cojinetes, y sobrecargan el motor.

Inspección y mantenimiento mensual:

a).- *Cambie el aceite del carter mensualmente a cada 300 horas de trabajo.*

b).- *Revisar el sistema en busca de fugas de aire.*

c).- *Si la lubricación es a presión, limpien el colador de la bomba de aceite, mensualmente o cada 300 horas de trabajo.*

d).- *Haga operar con el compresor las válvulas de seguridad asegurándose que se encuentran en buenas condiciones de servicio.*

Anualmente deben inspeccionarse todos los cojinetes y las válvulas de succión y descarga del compresor.

7.2.- Mantenimiento de las tuberías.

Aparentemente el mantenimiento requerido por las tuberías de una instalación de aire comprimido, no tiene importancia, y en ocasiones se considera como una cosa secundaria, sin embargo estas instalaciones requieren de un mantenimiento periódico que deba efectuarse como máximo cada 3 meses, el cual consista en un chequeo general de conexiones y válvulas - tratando de localizar y eliminar en caso que existan fugas de aire.

La existencia de fugas de aire, en conexiones, válvulas o -- accesorios de la instalación representan para cualquier industria que requiera de este fluido, la obtención de producciones de baja calidad y a -- costos muy elevados, así como la operación deficiente del equipo neumático.

Los indicadores de presión (manómetros) deberán ser recalibrados cada 3 meses con la finalidad de verificar que las presiones de operación utilizadas, son las recomendables por los fabricantes del equipo.

Deberá efectuarse una inspección periódica que consista en verificar la operación correcta de todos los filtros de drenaje automático, así como drenar los condensados acumulados en los filtros de drenaje manual.

La periodicidad de esta inspección depende de el contenido de humedad del aire comprimido saturado, y del volumen de aire comprimido manejado.

Por la conservación de la estética de la instalación también es requerido que se efectúe una inspección anual al estado en que se encuentran todos los soportes y tirantes de la tubería, así como el aspecto exterior de ésta.

7.3. - Mantenimiento eléctrico.

Cada mes revisar el estado de los platinos de los arrancadores magnéticos, los cuales adquieren en operación normal, polvo, magre, óxidos y en general materiales que obstruyen su operación, o que reducen su eficiencia.

Evitar conexiones flojas, chequear el amperaje del motor operando a plena carga.

Anualmente, desarmar el motor, revisar el estado de sus daleros, el estado de su devanado y darle limpieza con algún solvente y eléctrico.

CONCLUSIONES.

En este capítulo se efectúa en una forma breve un resumen de las conclusiones a que se llegó en los capítulos anteriores. Conclusiones que determinan el tipo de equipo neumático que más apropiadamente satisface las necesidades de esta Industria Embotelladora.

En los primeros capítulos, únicamente se hace mención de los datos y características de operación considerados al determinar el tamaño o capacidad del equipo neumático. Así como la selección de los diámetros de las tuberías que deberán ser instaladas.

En el capítulo No. 4 con mencionados los tipos de compresores empleados para producir aire comprimido y algunas de sus características particulares.

La posibilidad de seleccionar un compresor de desplazamiento positivo, o dinámico es descartada, debido a que estos tipos de compresores, son máquinas de alta velocidad y para requerimientos de alta capacidad, comparada con la capacidad demandada por esta Industria.

El compresor de émbolo o reciproscante de doble acción, tipo horizontal, de una sola etapa, perteneciente al tipo de compresores de desplazamiento positivo es el que más apropiadamente satisface las necesidades requeridas debido a que posee ventajas que reducen los costos de operación de dicha máquina. Su operación a bajas velocidades, reduce sus costos de mantenimiento por sufrir menos desgastes sus piezas expuestas a la fricción, su método de enfriamiento a base de agua tiende a disminuir el trabajo que es preciso realizar, requiere de menos área para su servicio de mantenimiento, etc. Estas son algunas de las ventajas de este tipo de compresor.

Por tratarse de una máquina que opera a baja velocidad es recomendable el sistema de lubricación por salpicadura o proyección, que posea las características mencionadas en el capítulo No. 4

Por requerirlo el diseño de la máquina y por ser más efectivo se emplea el sistema de enfriamiento a base de agua.

En conclusión las características del compresor seleccionado -- son las siguientes:

Un compresor de aire modelo 7 X 7, apropiado para servicio extrapesado, tipo horizontal, enfriado por agua, de un cilindro, un paso, doble acción, con chaqueta de agua en la cámara de compresión, con efectiva lubricación por salpicadura o proyección de todas las partes en movimiento.

Presión de descarga	7 Kg/cm ² (100 libras por plg. ²)
Entrada de aire	188 Hts. ³ / hora (111 pies ³ /min.)
Desplazamiento	235 Hts. ³ /hora (139 pies ³ /min.)
Velocidad	440 R.P.M.
Potencia requerida	20 HP.

En el capítulo No. 5 ha sido determinado por medio de un análisis económico el tipo del motor y arrancador más recomendable para traenirle movimiento al compresor de aire, siendo las características las siguientes:

Motor trifásico de devanado bipartido

50 a 75% par de arranque, 175 a 200 par máximo.

Capacidad 20 HP.

Voltaje 220 volts.

Corriente a plena carga 49 Amperes.

..
..

Frecuencia 60 c.p.s.

Velocidad 1800 R.P.M.

Arrancador para motor de devanado bipartido compuesto de arrancador magnético para cada devanado y un relevador de tiempo.

En los capítulos restantes se hace únicamente mención de los -- dispositivos de seguridad que deberá poseer el equipo neumático, así como del -- mantenimiento en general a que deberá ser sometido, con la finalidad de lograr -- un eficiente funcionamiento y alargar la vida del equipo.

ANALISIS DE COSTOS DE OPERACION

La operación del equipo neumático durante el año de 1984 es -
analizada a continuación:

<i>Costo de adquisición y montaje del compresor</i>	
<i>capacidad del compresor 2.93 mt³/min (102.27 P.C.M.)</i>	
<i>Consumo de energía 10 H.P.</i>	
<i>Consumo de agua de enfriamiento</i>	5,250 L.P.H.
<i>Superficie total que ocupa</i>	5.50 mts ²
<i>Valor estimado de adquisición</i>	\$ 5'589,000.00
<i>Lote de válvulas y conexiones</i>	\$ 864,000.00
<i>Base especial de concreto</i>	\$ 100,000.00
<i>Gastos de fletes maniobras e instalaciones</i>	\$ 65,000.00
	<hr/>
T o t a l :	\$ 6'618,000.00

Estimación del costo de materiales y refacciones.

*Refacciones.- Dadas las estadísticas efectuadas en varias plan-
tas embotelladoras en los últimos 10 años, los materiales y refacciones
empleadas anualmente tienen un costo promedio del 60 % del valor del --
equipo.*

Valor estimado de adquisición \$ 5'589,000.00
Costo promedio de materiales y refacciones
\$ 5,589,000 X 0.60 = \$ 3,353,400

Lubricantes.- Estimando cinco cambios de aceite de 10 litros -
cada uno a razón \$ 185.00 por litro tenemos:

$$\$ 185 \times 10 \times 5 = \$ 9\,250.00$$

$$\text{Total } \$ 3,353,400 + 9250 = 3'362,650.00$$

Costo de hora trabajada tomando como base 16 horas diarias du--
rante 305 días

$$305 \times 16 = 4\,880 \text{ Hrs.}$$

$$\frac{3'362,650}{4880} = 689.06$$

Estimación anual, mano de obra mantenimiento

Cálculo de mano de obra y mantenimiento.

Tiempos empleados en revisión y mantenimiento de: cambios de -
aceites y filtros, cambios filtros de aire, revisión sistema eléctrico, --
revisión sistema de enfriamiento, revisión sistema neumático

Revisión sistema neumático, sistema de transmisión, revisión --
del sistema de lubricación.- Total 100 hrs.

Costo mano de obra

El sueldo por hora de una persona de este departamento incluyen
do vacaciones, prestaciones, reparto de utilidades y otros incentivos es
de \$ 813.

$$\text{Costo mano de obra } 100 \times 813 = \$ 81,300$$

Estimación del costo de metros cúbicos de agua consumida

Para obtener el costo de 1 m³ de agua se toma en consideración el costo de adquisición y depreciación del equipo de bombeo la renta de la superficie ocupada por dicho equipo, el costo del montaje, el costo de materiales, refacciones y mantenimiento, y el costo en -- KW (kilowatt hora) consumidos lo cual da un valor de \$ 29.90 por m³.

el consumo de m³ de agua por año es

$$5.250 \text{ L.P.H.} = 5.25 \text{ mts}^3/\text{hora}$$

$$5.25 \times 4,800 = 25,620 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$$\text{Costo anual por agua bombeada} = 25,620 \times \$39.90 = \$ 1'022,238$$

Estimación del costo anual del consumo de energía eléctrica.

La obtención del costo de un KWH se efectúa siguiendo el mismo procedimiento que se emplea tanto para encontrar el costo m³ de aire como el costo de m³ de agua.

$$\text{Costo de un KWH} = \$10.06$$

Consumo de KWH anuales

$$\text{Un Hp} = 746 \text{ watts}$$

$$20 \text{ Hp} = 20 \times 746 \text{ watt} = 14,920 \text{ watts} = 14.92 \text{ KWH}$$

$$14.92 \times 4,680 = 72,809 \text{ KWH.}$$

El consumo de metros cúbicos de aire por año es el siguiente:

2.93 mt3/min X 60 X 4,880 = 857,904 mt3/año

<u>AÑO</u>	<u>DEPRECIACION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>MANO DE OBRA</u>	<u>\$M3/AGUA</u>	<u>KWH</u>	<u>TOTAL</u>	<u>M3 DE AIRE</u>
1984	\$ 55,890	<u>REF.</u> \$ 3,353,400	<u>MAYO</u> \$ 81,300	1'022,238	\$732,458.5	5'245,286.50	857,904 mt3/año

Costo por m3 de aire

$$\frac{5'245,286.50}{857,904} = 6.11 \text{ por m}^3$$