

TRABAJO ESPECIAL

**INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA
DE VULCANIZADO DE CALZADO.**

PROFESOR TUTOR:
BERRIOS RODOLFO.

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
POR EL BACHILLER:
DOMINGUEZ M. JOSE A.
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO MECANICO.

CARACAS, 2000

DEDICATORIA :

A mi madre

A mi esposa

A mis hijos.

José A. Domínguez M.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer la valiosa colaboración prestada por todas aquellas personas que hicieron posible la realización del presente Trabajo Especial de Grado, a:

Los profesores: Rodolfo Berrios, profesor tutor de este Trabajo Especial, así como a los profesores Rafael D'Andrea y José Luis Perera cuyos conocimientos y experiencia fueron un invaluable aporte para el desarrollo del mismo.

Y un reconocimiento muy especial al Técnico profesor José A. Troconis, por su ayuda permanente y motivación desde el inicio del trabajo.

Los Ingenieros Raúl Delgado y Luigi Cabos ya que sin su ayuda no hubiera sido posible la ejecución del presente trabajo.

RESUMEN

Domínguez M. José Antonio.

INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA DE VULCANIZADO DE CALZADOS.

Tutor Académico: Prof. Ing. Rodolfo Berrios. Tesis. Caracas. U.C.V.

Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2000. 87 Pag.

El objetivo del presente trabajo fue realizar, la reconstrucción de una planta de vulcanizado, retirada de uso y abandonada desde el año 1987, para su instalación y puesta en funcionamiento en una fabrica de calzados ubicada en la zona industrial de La Yaguara Caracas, que la adquirió de sus antiguos dueños para recuperarla e incorporarla a su línea de producción.

El trabajo para el cuál se diseñó dicho equipo es la vulcanización por autoclave de calzados de goma (caucho), conocido también como vulcanización abierta ya que el producto (calzado con su suela), no está confinado en un molde cerrado sino que se aplica la suela en frío y se introduce en el autoclave a manera de horno donde alcanza una temperatura de 135°C y $4,1 \text{ Kg/cm}^2$ de presión, condiciones estas necesarias para el vulcanizado de la goma, que se define como un proceso irreversible de transformación molecular en el cual la goma cruda de naturaleza blanda y pegajosa adquiere las propiedades de dureza y/o flexibilidad para un fin determinado.

El resultado es un calzado con una suela con propiedades de adheribilidad muy superiores a las logradas con pegamentos en frío del tipo poliuretano ó policloroprenos utilizados en la zapatería convencional.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1	Pagina
1.1. Introducción.....	9
1.2. Reseña Histórica.....	14
CAPITULO 2	
2. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRABAJO.....	17
2.1. Planificación de la instalación	17
2.1.1. Lista de actividades	18
2.2. Distribución de los Equipos.....	22
2.3. Diseño de Tuberías.....	25
2.3.1. Tubería de Vapor.....	25
2.3.1.1. Calculo de las dimensiones de la tubería de vapor.....	25
2.3.1.2. Espesor de la tubería de vapor.....	27
2.3.1.3. Máxima presión admisible.....	27
2.3.1.4. Expansión térmica de la tubería	28
2.3.1.5. Esfuerzo máximo permisible en la tubería.....	28
CAPITULO 3	
3. DESCRIPCION Y ANALISIS DE LOS EQUIPOS. EVALUACION Y RESOLUCION DE AVERIAS.....	32
3.1. Compresor de aire.....	33
3.1.1. Características.....	35
3.1.2. Análisis de averías.....	37
3.1.3. Lista de verificación.....	39
3.2. Secador de aire.....	40
3.2.1. Características.....	41
3.2.2. Análisis de averías.....	43
3.2.3. Lista de verificación.....	44
3.3. Generador de vapor.....	45
3.3.1. Características.....	45
3.3.2. Análisis de averías.....	47
3.3.3. Lista de verificación.....	54
3.3.4. Tratamiento de agua de la caldera.....	55
3.4. Autoclave.....	56
3.4.1. Características.....	56
3.4.2. Análisis de averías.....	69
3.4.3. Lista de verificación.....	74

CAPITULO 4.

4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	78
4.1. Generador de vapor.....	78
4.2. Secador de aire.....	79
4.3. Compresor de aire.....	80
4.4. Autoclave.....	81

CAPITULO 5.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
--	----

CAPITULO 6.

6.1. Bibliografía.....	87.
------------------------	-----

CAPITULO 1

1.1. INTRODUCCION.

No es poco ajeno a la realidad del país (tanto en empresas públicas como privadas), las consecuencias originadas por los cambios de administración o por la variación de los objetivos de producción de las empresas, donde se dejan de lado los equipos y/o maquinarias en condiciones inadecuadas de almacenamiento , los cuales, por falta de uso, condiciones climáticas y corrosión , se deterioran siendo abandonadas y consideradas erróneamente como chatarra.

Es por esto , que la motivación que nos ocupa es dar una respuesta sistemática en la evaluación y recuperación de dichos equipos; específicamente, en este caso, la instalación y puesta en marcha de una planta de vulcanización de calzado, por autoclave.

El proceso particular que se lleva a cabo en el autoclave de este estudio , y para lo cuál fue específicamente diseñada , es la vulcanización de calzados deportivos de lona y goma.

Este proceso se realiza trabajando la goma de caucho crudo, en frío sobre el calzado para luego llevarlo a un autoclave donde se alcanzaran las condiciones de presión y temperatura ($4,1 \text{ Kg/cm}^2$ y 135°C) para el vulcanizado de la goma cruda, que tiene la propiedad de realizar un proceso irreversible de transformación molecular , adquiriendo propiedades de dureza (ó elasticidad) que se requieren para un fin determinado. La goma cruda se vulcaniza por la aplicación simultánea de presión y temperatura, factores estos que están relacionados en proporción inversa es decir, a mayor temperatura aplicada menor tiempo de vulcanizado y a menor temperatura mayor tiempo de vulcanizado, el fabricante de la goma sugiere partir de una temperatura fija de 130°C , y variar el tiempo de aplicación de la misma hasta lograr la dureza ó elasticidad de la goma, a mayor tiempo se consigue

mayor dureza, pero tiene un límite en el cual la goma se endurece tanto que se hace frágil ante golpes y deformaciones y pierde propiedades (empieza a carbonizarse); por otra parte un tiempo menor al requerido produce una goma en exceso flexible y pegajosa, que resultaría en un desgaste prematuro del calzado.

La planta de vulcanizado, funcionó en Guatire Edo. Miranda durante dos años, hasta el año de 1987 antes de ser desincorporada (por desintegración de la empresa a causa del fallecimiento de uno de los socios) , consta de tres sub-sistemas principales:

- Equipos de suministro de aire a presión (compresor y secador).
- Equipo de suministro de vapor (generador de vapor).
- Recipiente a presión o autoclave.

Los cuáles deben ser transportados a Caracas (Zona industrial de La Yaguara) , evaluados, reconstruidos y ubicados en la planta de trabajo, diseñando todas las tuberías de enlace entre ellos, así como la redacción de un instructivo básico de operación y mantenimiento, tomando en cuenta el contexto general de la fábrica, en la cuál va a ser instalada, como complemento a una línea de producción de calzado convencional que funciona actualmente en el mismo local.

De forma resumida, el proceso de vulcanizado del calzado de goma, es el siguiente: una vez que el corte (parte superior del calzado), montado en una horma que provee la forma definitiva a toda su geometría , se reviste con su suela (Fig.1.1), se procede al pegado lateral de una cinta extruida de goma cruda, mediante la aplicación de una solución pegante vulcanizable (Fig. 1.2). Esta cinta provee un enlace de refuerzo que vincula a la suela y el corte que es característico en todo calzado de goma.



Fig. 1.1. Zapato montado en su horma con pegamento



Fig. 1.2. Zapato montado aplicándose la cinta de goma cruda

Hecho esto se introduce en el autoclave (Fig. 1.3), que es alimentada directamente con aire comprimido seco para alcanzar la "presión de vulcanizado", para lograr la "temperatura de vulcanizado" se utiliza un generador de vapor que inyecta el vapor a un intercambiador de calor vapor-aire, situado en el interior del autoclave, en un ciclo que dura alrededor de 45 minutos, una vez estabilizados los parámetros de presión y temperatura.

De esta manera, el calzado queda listo para su envasado y posterior comercialización, lo que representa una de las grandes ventajas de este sistema, por lo abreviado del proceso.



Fig. 1.3. Autoclave

1.2. RESEÑA HISTORICA.

El caucho fue conocido por los Mayas y los Aztecas en la América precolombina; lo obtenían calentando el látex (una resina blanca y lechosa que fluía de la corteza del árbol de caucho *Hevea Brasilensis*) hasta coagularlo. Con él fabricaron pelotas de juego. Los españoles emplearon caucho para impermeabilizar las capas de los soldados .

Pero fue un francés, Charles de la Condamine (1701-1774) quien lo llevó por primera vez a Europa.

Mas allá de la novedad , el caucho crudo tenía relativamente poca utilidad . Recibió el nombre de “Goma” cuando el químico Joseph Priestley (conocido sobre todo como descubridor del oxígeno) observó, en 1770, lo útil que era para borrar marcas de lápiz . En 1823, el químico escocés Charles Macintosh (1766-1843) inmortalizó su apellido al inventar el “Mackintosh” , una gabardina impermeable hecha con un tejido conseguido al colocar laminas de goma entre dos trozos de tela .

Un comerciante de ferretería de Filadelfia , Charles Goodyear (1800-1860) , transformó el futuro del caucho. Buscando una manera de evitar que se pusiera pegajoso cuando estaba caliente y rígido, cuando estaba frío, lo mezcló con azufre y lo calentó. El resultado fue un producto mucho más estable y útil, más resistente y más consistente en sus propiedades, que conserva toda la elasticidad de la goma no tratada. Este proceso recibió el nombre de Vulcanización.

El caucho vulcanizado podía emplearse en toda una nueva gama de aplicaciones: cintas transportadoras, mangueras, válvulas, aislamiento de cables eléctricos y, en el

futuro, en la más importante de todas, las cubiertas neumáticas para vehículos de transporte terrestre. A fines del siglo XIX , Michelin en Francia, Dunlop en Inglaterra, y Goodrich en Estados Unidos fabricaron las primeras ruedas para automóviles.

Aunque a veces se han utilizado otras variedades (como la Ficus Elastica), la mayor parte del caucho mundial tiene su origen en plantaciones cultivadas del árbol Hevea Brasiliensis, un árbol originario del Brasil, cuyas semillas fueron llevadas a Inglaterra en 1876 . Exportadas a otros lugares del Imperio Británico de clima tropical y húmedo, actualmente se producen más de 4.000.000 de toneladas de caucho al año que proceden, en un 90% del sudeste asiático, sobre todo de Malasia.

CAPITULO 2

2. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRABAJO.

La instalación de una planta de proceso, que involucra diversos equipos, nos obliga a realizar un plan de acción , que nos permita visualizar las distintas opciones que tenemos, de manera de hacer un aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles y al menor costo posible; este plan de acción debe incluir la organización para la elaboración del proyecto y su ejecución. En el caso que nos ocupa disponemos de un espacio determinado (aproximadamente 160 m²) figura 2.1, dentro de una fábrica de calzado en funcionamiento, con la ventaja de que este espacio se encuentra lo suficientemente aislado del resto de la instalación ,en el ultimo piso de la edificación (de tres niveles con un área total de 2000 metros cuadrados), lo que nos permite realizar la introducción de los equipos a través del techo del edificio , que es de estructura liviana, con el auxilio de una grúa de pluma. El edificio en cuestión, se encuentra ubicado en la zona industrial de La Yaguara - Caracas y fue diseñado con la suficiente flexibilidad desde el punto de vista estructural y de servicios para albergar empresas industriales de mediana y alta capacidad, esta dotado con todos los servicios necesarios incluyendo servicio de gas natural a través de una sub-estación de Corpoven situada en la planta baja de la edificación.

2.1. Planificación de la instalación.

La realización de los trabajos necesarios para la instalación de la vulcanizadora, requiere de una planificación cuidadosa paso por paso de las labores a realizar, las cuales ilustramos en el esquema de la figura 2.2, y que enumeramos a continuación:

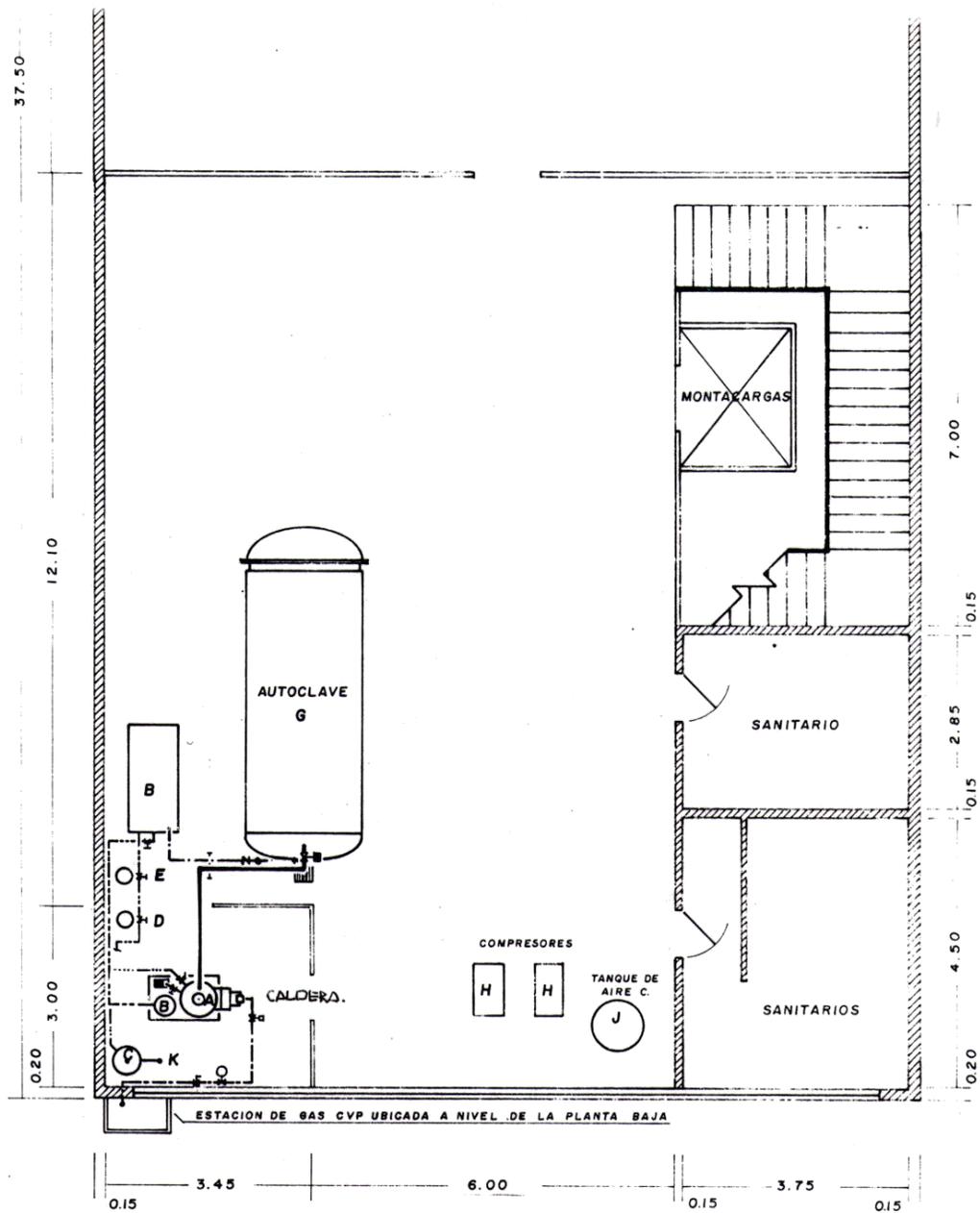
- a) Contratación de la grúa para el traslado de los equipos al piso 2.
- b) Desmantelamiento del techo del piso 2 (área adyacente a la fachada.
- c) Transporte de los equipos al piso 2.

- d) Colocación de cada maquina en su lugar definitivo de trabajo (ver apartado 2.2 "Distribución de los equipos").
- e) Compra de materiales y equipos para la realización de la instalación.
- f) Limpieza, revisión y reconstrucción de los equipos.
- g) Instalación de los servicios requeridos por cada maquina: agua, gas, electricidad.
- h) Interconexión de los equipos: desde el compresor al autoclave, la tubería de suministro de aire, desde la caldera hasta el autoclave, la tubería de suministro de vapor.

Esta secuencia se describe esquematicamente en el flujograma de proceso de la fig.2.2. Cada una de estas actividades, esta siendo descrita como actividades de primer orden, es decir cada una de ellas debe ser desglosada en sub-actividades menores pero mas descriptivas del detalle del proceso. A fin de realizar un análisis mas profundo de este proceso se realizará una lista de actividades y un diagrama de flechas como los utilizados en programación PERT - CPM con un fin unicamente ilustrativo, fig.2.3.

2.1.1. Lista de actividades a realizar.

- 2.1.1.1. Solicitar aprobación de la gerencia para la iniciación de los trabajos.
- 2.1.1.2. Contratación de la grúa de pluma de 10 Ton de capacidad nominal.
- 2.1.1.3. Desarme del techo del piso 2 de la fabrica.
- 2.1.1.4. Transporte del autoclave al piso 2.
- 2.1.1.5. Transporte del compresor de aire al piso 2.
- 2.1.1.6. Transporte de la caldera ó generador de vapor al piso 2.
- 2.1.1.9. Ubicación del autoclave en su lugar definitivo.
- 2.1.1.10. Ubicación del compresor- secador .
- 2.1.1.11. Ubicación de al caldera.



PLANTA (piso dos) ESCALA 1:75

Fig. 2.1.

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE INSTALACION



Fig. 2.2. Esquema de trabajos.

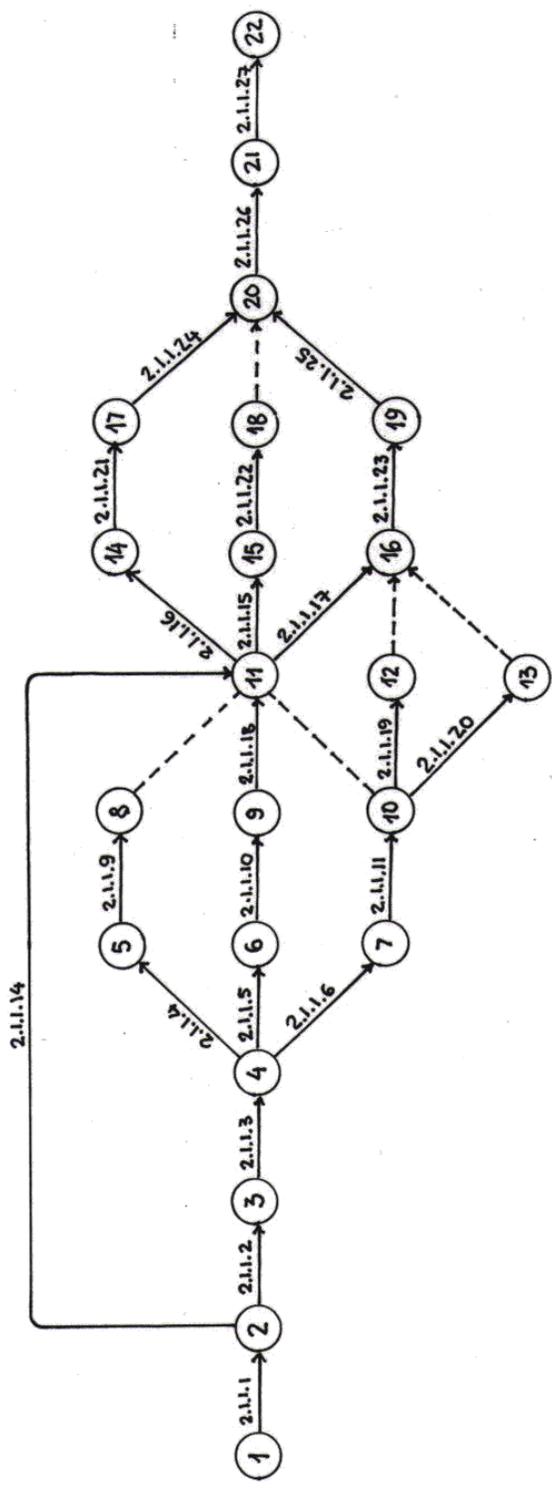


Fig.2.3 Plan de Ejecución de la Instalación.

- 2.1.1.14. Compra de materiales.
- 2.1.1.15. Limpieza, revisión y reconstrucción del autoclave.
- 2.1.1.16. Limpieza, revisión y reconstrucción del compresor- secador.
- 2.1.1.17. Limpieza, revisión y reconstrucción de la caldera.
- 2.1.1.18. Reinstalación del techo del local.
- 2.1.1.19. Instalación de gas a la caldera.
- 2.1.1.20. Instalación de agua a la caldera.
- 2.1.1.21. Instalación eléctrica del compresor.
- 2.1.1.22. Instalación eléctrica del autoclave.
- 2.1.1.23. Instalación eléctrica de la caldera.
- 2.1.1.24. Conexión tubería de aire compresor- autoclave.
- 2.1.1.25. Conexión tubería de vapor caldera - autoclave.
- 2.1.1.26. Inspección general.
- 2.1.1.27. Pruebas.

Todo esto supone la existencia de un proyecto de instalaciones que se desarrollará en el apartado siguiente.

2.2. Distribución de los equipos.

La distribución en planta se refiere a la ubicación de maquinarias, materia prima, personal y servicios, en las instalaciones industriales de una empresa.

El objetivo principal es optimizar el proceso a realizar, en el espacio disponible para ello, tomando en cuenta los siguientes factores:

- a) Seguridad: reducción de los peligros que afectan a los trabajadores y equipos.
- b) Operatividad: minimizar la interferencia entre máquinas en funcionamiento, y evitar operaciones incómodas ó ineficientes.
- c) Flujo de materiales: en línea recta y con el mínimo de vías de retroceso y cruces.
- d) Mantenimiento: prever la accesibilidad y el espacio para el mantenimiento y reparaciones.
- e) Disponibilidad de servicios: aquí se debe considerar los servicios ya existentes, cuyo costo de movilización pueda ser elevado, como por ejemplo, tableros eléctricos, acometidas de gas, etc.

Para planear la distribución de las máquinas, utilizamos plantillas a escala de los equipos, sobre un plano de planta del local (Fig. 2.1), en el piso 2 de la fábrica, que fue seleccionado, porque es donde hay mayor disponibilidad de espacio e independencia del resto de la planta, el menor número de personal, para un área potencialmente peligrosa y además, se satisfacen las condiciones de seguridad especificadas en la Norma Covenin #2217-84, en lo que se refiere al techo del local para calderas, que debe ser de estructura liviana, para en caso de explosión, la onda expansiva, transite fuera del local, a través de este. El techo en el piso 2 es de lamina liviana tipo Acerolit.

"Las plantillas son representaciones bidimensionales de la maquinaria y el equipo, que pueden ser movidas sobre un plano del local y cambiadas fácilmente a todas las posiciones posibles. Los modelos a escala se utilizan para mejor visualización de la distribución y proporcionan la visión final de las instalaciones y con frecuencia impiden graves errores de

planeación y colocación de las maquinas y de otros medios de trabajo".(1) Baumister, Theodore "Marks, Manual del Ingeniero Mecanico". Mexico, Ed. Mc Graw Hill, 1987.

De los equipos a ubicar, el más crítico es la caldera, por el hecho de operar con un combustible potencialmente explosivo. Es de hacer notar que la acometida de gas para la caldera, sube desde una sub-estación de Corpoven situada en la planta baja del edificio, por la esquina Nor- Oeste del local, ver figura 2.1, es esta esquina la elegida para la ubicación de la caldera, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Está a pocos metros del tablero eléctrico existente, que cubre la alimentación de dicha área.
- b) Hay disponibilidad de agua y facilidad de construir el drenaje de la caldera hasta la planta baja.
- c) Minimiza el paso de tubería de gas , en el interior del local.
- d) Esta en la línea donde el techo tiene la menor altura, lo que implica una chimenea de menor recorrido.

La toma de la decisión, del sitio de colocación de la caldera, arrastra tras de sí, la ubicación del resto de los equipos, dada la interrelación funcional que existe entre los mismos. La entrada de vapor del autoclave por ejemplo, se encuentra en el extremo opuesto a la compuerta de entrada de la misma, por lo cual la parte trasera del autoclave debe estar, lo más cerca posible a la caldera, para así acortar la longitud de la tubería de vapor y minimizar las perdidas de calor.

Con la utilización de la plantilla a escala del autoclave, se ve fácilmente , que la posición idónea, (que maximiza el área libre de trabajo), para la ubicación del autoclave,

Nota : La velocidad obtenida V2 es inferior a la velocidad asumida V1.

2.3.1.2. Espesor mínimo de la tubería de vapor entre la caldera y el autoclave.

Formula : (según A.S.M.E. 1968).

$$t_m = [P \times D / (2 S \times E + 2 Y \times P)] + C$$

Donde :

t_m = espesor mínimo de la tubería de vapor	?	mm.
P = presión máxima de trabajo	5.68	Kg / cm ²
D = diámetro externo del tubo a utilizar	42.16	mm.
S = esfuerzo máximo permisible a temperatura de operación	844	Kg / cm ²
E = eficiencia de la junta	0.9	
Y = coeficiente de temperatura	0.4	
C = tolerancia mínima para roscado y estabilidad estructural	1.65	mm.

Nota: Material seleccionado Acero SA 53 Gr. A

Tenemos sustituyendo :

$$t_m = [(5.68 \times 42.16) / ((2 \times 844 \times 0.9) + (2 \times 0.4 \times 5.68))] + 1.65$$

$$t_m = 1.81 \text{ mm.}$$

t = espesor del tubo seleccionado = 3.37 mm.

Entonces se cumple que: $t > t_m$.

2.3.1.3. Máxima presión admisible en el tubo de vapor seleccionado.

Formula: (según A.S.M.E. 1968)

$$P = 2SE (t - C) / D - 2Y (t - C)$$

Sustituyendo:

$$P = 2 \times 844 \times 0.9 \times (3.37 - 1.65) / 42.16 - 2 \times 0.4 (3.37 - 1.65) =$$

$$P = 64.07 \text{ Kg / cm}^2.$$

Entonces se cumple que:

$$P \text{ trabajo} < P \text{ admisible.}$$

2.3.1.4 Expansión térmica de la tubería.

Tubería entre la caldera y el autoclave.

Formula:

$$e = L_0 a (T_2 - T_1)$$

En donde:

e = expansión térmica de la tubería	?	mm
L ₀ = longitud del tramo entre anclajes	2.98	m
T ₁ = temperatura ambiental	21.00	°C
T ₂ = temperatura máxima del vapor a utilizar	161.20	°C
a = coeficiente de expansión lineal del acero	0.0126	mm/m/°C.

Sustituyendo tenemos:

$$e = 2.98 \times 0.0126 \times (161.2 - 21) = \mathbf{5.26mm}$$

2.3.1.5 Esfuerzo máximo admisible en la tubería.

Formula : (Código ANSI B 31.1.0)

$$S_a = F (1.25 S_c + 0.25 S_h)$$

Donde :

Sa = esfuerzo admisible del material del tubo	? Kg/cm ²
Sc = esfuerzo del material a la temperatura ambiente	3375,00 Kg/cm ²
Sh = esfuerzo del material a la temperatura de operación	844,00 Kg/cm ²
F = factor de reducción de esfuerzos para condiciones cíclicas	1 (para 7000 ciclos)

Sustituyendo :

$$Sa = 1 (1.25 \times 3375 + 0.25 \times 844) = \mathbf{4429.75 \text{ Kg / cm}^2}$$

Según lo prescrito en el " Code for pressure piping " B.1- 1955, se debe cumplir con la

ecuación: $D \times Y / (L - U)^2 < 2.1$

Donde:

D = diámetro nominal de la tubería	31.75 mm
Y = resultante de los movimientos que absorberá la tubería	5.26 mm
L = longitud total de la tubería extendida	589 mm
U = distancia directa entre anclajes	298 mm

Sustituyendo :

$$31.75 \times 5.26 / (589 - 298)^2 = \mathbf{0.00197217}$$

Se cumple con : $\mathbf{0.00197217 < 2.1}$

Comprobación del esfuerzo:

Formula : (ANSI B 31.1.0)

$$Se = [D Y / 2.1 (L - U)^2] \times Sa$$

Sustituyendo :

$$Se = [(31.75 \times 5.26) / 2.1 (589 - 298)^2] \times 4429.75 =$$

$$Se = 4.16 \text{ Kg / cm}^2$$

Entonces se cumple que : $\mathbf{Se < Sa}$

Es decir el esfuerzo de la tubería (S_e) es menor que el esfuerzo máximo admisible (S_a).

Toda la tubería de vapor a sido recubierta con pintura anticorrosiva y aislada con fibra de vidrio de 1" de espesor, para minimizar las perdidas de calor y como protección de seguridad al contacto de los operarios.

CAPITULO 3

3. DESCRIPCION Y ANALISIS DE LOS EQUIPOS. EVALUACION Y RESOLUCION DE AVERIAS.

En este capitulo se hará la descripción de los equipos por separado, el diagnostico preliminar del estado en que se encuentran, un inventario y resolución de todas las averías que puedan ser observables y/ó medíbles en este proceso.

. "El mantenimiento preventivo por inspección se desarrolla de acuerdo a cuatro áreas básicas:

- Limpieza.
- Revisión.
- Lubricación .
- Ajuste.

La limpieza, realizada por el personal de mantenimiento o por el operador de la máquina cuando sea el caso, representa el pilar fundamental en la prevención de fallas.

Aunque una tarea simple a primera vista, la limpieza de máquinas, pisos , techos y paredes requiere, en muchos casos, de mano de obra y técnicas especializadas, y en los casos más sencillos de mano de obra entrenada en métodos y procedimientos.

La revisión, ocular o por medio de instrumentos tales como voltímetros, amperímetros, manómetros, termómetros, medidores de vibración, etc, detectará cualquier falla próxima a ocurrir a través de la identificación de condiciones y variables que han salido fuera de límites preestablecidos.

La lubricación , como elemento indispensable en el buen funcionamiento de toda máquina, está representada por el engrase y lubricación directa de todo mecanismo, cojinete, etc, y por la inspección de los niveles y condiciones del aceite y de las lecturas de presión y temperatura en los sistemas de lubricación forzada.

El ajuste es una operación que se origina de la revisión. El ajuste incluye, entre otras cosas, el reemplazo de piezas y elementos que la revisión registra como defectuosas o desgastadas y que pueden ser cambiadas en el mismo acto del mantenimiento preventivo."(2) SALAZAR, Victor." Tecnicas del mantenimiento organizado". 1989.

Este mismo enfoque se dará al resto de los equipos y a la planta en general.

3.1. COMPRESOR DE AIRE.

Esta unidad es un compresor de aire estacionario Atlas Copco, Modelo: GA 118, (Fig.3.1),consistente en una unidad compresora de tornillos helicoidales lubricados, de una etapa y acoplada a un motor eléctrico mediante poleas y correas. Todo convenientemente dispuesto sobre una base de acero antivibratoria y protegido con una cubierta metálica insonorizada.

Dicho conjunto es fácilmente transportable y no necesita fundaciones especiales ni fijación alguna. Solo un piso firme y nivelado, no obstante a sido anclado a la placa con tornillos de 3/8” y ramplugs metálicos, para evitar cualquier movimiento por vibración que pueda, someter a esfuerzos a las tuberías a el conectadas . La transmisión se efectúa por medio de una correa dentada. La refrigeración por aire ha sido diseñada para mantener un

COMPRESOR DE AIRE GA-118

Separador de aceite/depósito de aire y aceite

La mayor parte del aceite de la mezcla de aceite y aire es mecánicamente separado en el depósito de aceite. La separación final del aceite tiene lugar cuando el aire pasa a través del filtro.

El tornillo compresor

Dos rotores asimétricos del tipo tornillo, montados sobre rodamientos de bolas y de rodillos, comprimen el aire libre de pulsaciones. No existen partes en rozamiento o deslizantes en el proceso de compresión. El aceite es continuamente inyectado para la refrigeración, lubricación y sellado entre la carcasa y los tornillos.

Válvula de entrada del aire/mecanismo de descarga

Este sistema automático regula la capacidad del compresor dentro de un rango de presiones ajustables. Para economizar energía posee el sistema de todo/nada. El compresor se para y arranca automáticamente de acuerdo a las necesidades. La descarga se lleva a cabo cerrando la válvula de entrada.

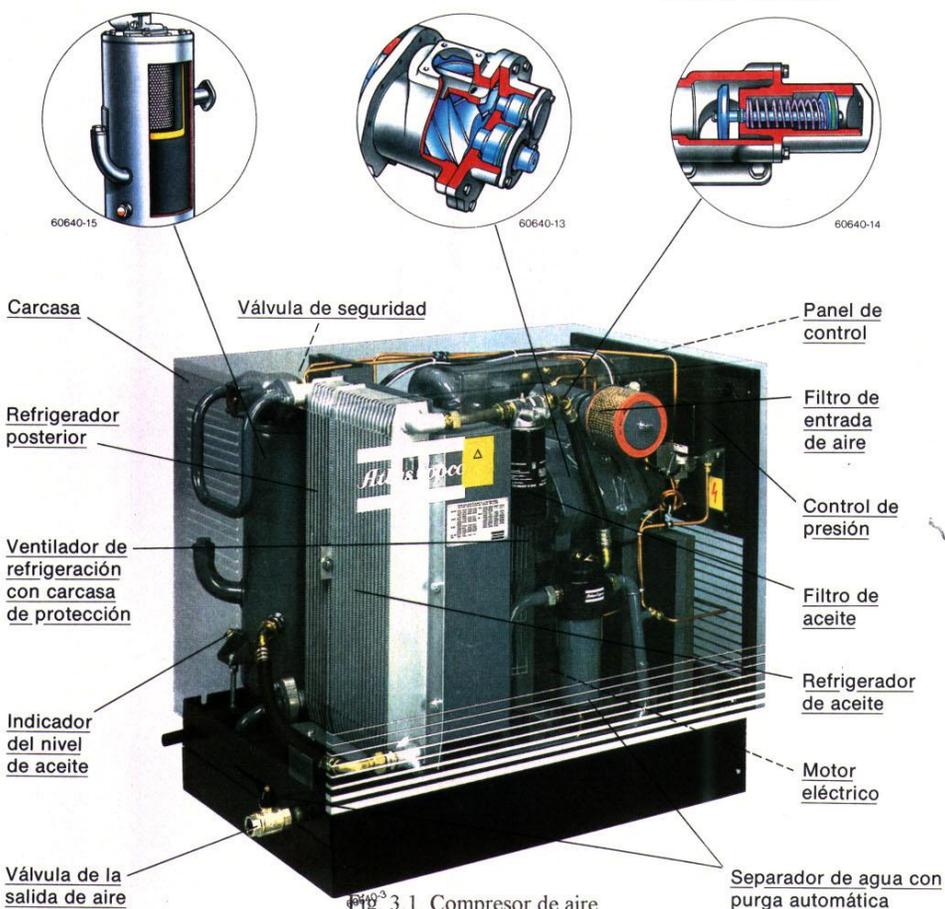


Fig. 3.1. Compresor de aire.

balance ideal de temperaturas. Tanto la temperatura del aire de entrada , como la del motor se mantienen bajas para un mayor rendimiento y prolongar la vida del motor. Un refrigerador posterior, purifica el aire comprimido, eliminando gran parte de la humedad en el separador.

3.1.1 Características:

Presiones de operación, regulables a valores intermedios

Máxima / Media / Mínima 8.8 / 7.0 /4.0 Bar.

- Caudal de aire libre

a 8.8 / 7.0 / 4.0 Bar 43.9 / 45.7 / 48.7 Lt/seg.

- Peso aproximado: 435 Kg.

- Motor Eléctrico: 22 Kw. 220-440 V./3 F/60Hz.

- Temperatura del aire

en la descarga 34 °C

-Dimensiones

(Largo / Ancho / Alto) 1118 / 792 / 970 mm.

-Nivel de ruido medido

de acuerdo a prueba

GAGI-PNEUROP con una

tolerancia de +/- 3 dB (A)

a 1 mt. de distancia : 74 dB (A)

Equipo de norma:

-Filtro de aspiración del aire tipo cartucho y con indicador del estado de obstrucción del mismo.

-Dispositivo de descarga, con válvula estranguladora del aire de entrada.

-Elemento compresor tipo tornillos helicoidales, con inyección de aceite.

-Válvula de no retorno del aire comprimido.

-Depósito separador del aceite con indicador de nivel, válvulas de seguridad y purga y elemento separador intercambiable tipo cartucho.

-Post-enfriador de aire y aceite tipo radiador, enfriado por aire ambiente con ventilador y filtro de aceite tipo cartucho.

-Separador de condensado con drenaje automático y manual .

-Paradas automáticas por alta temperatura del aire comprimido a la salida del elemento compresor y sobrecarga del motor.

-Control automático de presión y caudal combinado, tipo "carga vacío" y "arranque-parada".

-Presostato para regulación de presión máxima y mínima del aire comprimido a la salida del compresor.

-Tablero de control:

-Pulsador de arranque del motor con luz indicadora.

- Pulsador de parada.
- Horómetro.
- Selector para funcionamiento con o sin carga.
- Lámpara indicadora de voltaje conectado.
- Lámpara indicadora de operación automática.
- Lámpara indicadora de sobrecarga del motor eléctrico.
- Lámpara indicadora de alta temperatura a la salida del elemento compresor.
- Pulsador para prueba de lámparas.
- Termostato con lectura y aguja para ajustar la temperatura máxima del aire a la salida del elemento compresor.
- Manómetro indicador de : presión de trabajo ó presión del aire antes del elemento separador de aceite al presionar el pulsador indicado en el panel de control.
- Arrancador estrella-triángulo.

3.1.2 Análisis de averías en el compresor de aire :

En una revisión preliminar del compresor se pudo constatar que:

- a) El horómetro registra un total de 1024 horas de funcionamiento (previas a la paralización del equipo).
- b) No existen evidencias observables de: fugas de aceite, rotura ó ausencia de alguno de los elementos debido al transporte, ni corrosión ó abolladuras.

Motivado al tiempo de parada del equipo, se procedió a la realización de un mantenimiento preventivo por inspección , antes de intentar el arranque del mismo, como segundo paso hacía la evaluación del funcionamiento en general

Ajustando esto al área que nos ocupa, luego de realizar una limpieza y revisión exhaustiva, se procedió al cambio del aceite del compresor el cual es Hidralub 68, para cubrir lo referente al área de lubricación.

En el área de ajuste , aunque el aceite drenado estaba limpio, sin partículas ni sedimentos, se realizó la sustitución del filtro de aceite, así mismo de la inspección del filtro de aire , se observó que el indicador de obstrucción por vacío, indicaba menos del 25% de uso del total de la vida útil del mismo, sin embargo, fue sustituido por uno nuevo.

Antes del encendido se procedió a girar manualmente la polea del compresor para descartar cualquier posible agarrotamiento u obstrucción del libre movimiento del eje , que comprometiera la integridad del motor o de la transmisión.

Para el arranque se siguieron las "Instrucciones de funcionamiento", inscritas en el panel frontal de control del compresor, las cuales por su importancia transcribimos en el Capitulo# 4, titulado " Operación y mantenimiento de los equipos" donde se trata sobre este asunto de la planta como un todo.

Una vez puesto en funcionamiento el compresor, se utilizó la lista de verificación de parámetros de funcionamiento, del Departamento técnico de Atlas Copco de Venezuela, la cuál incluye las siguientes lecturas:

3.1.3. Lista de verificación del compresor:

Temperatura ambiente	34° C
Temperatura del aire a la salida del compresor	65° C
Amperaje en cada fase del motor eléctrico	72 amp
Presión entrando en carga	7 bar
Presión entrando en descarga	8 bar
Ruidos en los rodamientos	No
Fugas de aire	No
Fugas de aceite	No
Indicador de obstrucción del filtro de aire	Ok
Nivel de aceite en la mirilla del separador	Ok
Caída de presión en separador	1.0 bar

De esta prueba de funcionamiento, se desprende que funciona en condiciones normales, según las prescripciones del fabricante, a excepción del filtro separador de aceite, el cuál registra una caída de presión de 1.0 bar, aguas abajo del mismo, lo que evidencia una obstrucción parcial en el flujo (la máxima caída permisible según el fabricante es de 0.7 bar). Razón por la cual tuvo que ser sustituido. Una vez hecho esto, el compresor fue puesto a trabajar por un lapso de tiempo de 4 horas continuas, verificando la normalidad de todos los parámetros y las paradas de forma automática, quedando listo para entrar en servicio.

3.2. SECADOR DE AIRE.

Para muchos productos y procesos, el aire seco es imprescindible. En la industria química, los procesos de elaboración requieren grandes cantidades de aire seco y exento de aceite. Las fabricas de papel y celulosa tienen las mismas exigencias para el aire de sus procesos y su instrumentación. Y la industria alimenticia es particularmente exigente con el aire exento de aceite y seco para transporte neumático y sistemas de envasado, donde las cantidades de aceite o humedad afectarían la calidad y el sabor de los alimentos.

En el caso de la vulcanización por autoclave, cuando el aire comprimido ingresa a esta con humedad o restos de aceite, estos atacan a la goma aún cruda y blanda, produciéndole cráteres por el choque del agua con la goma y otras irregularidades en su superficie, las partículas de herrumbre que salen de la tubería son otro riesgo, ya que quedarían incrustadas en la goma o producirían atascamiento de los elementos neumáticos de control en el autoclave.

Mientras el aire comprimido permanece caliente, el agua causa muy pocos problemas, porque está en estado gaseoso. El refrigerador posterior del compresor, Fig.3.1, reduce la temperatura del aire y cambia su estado de gaseoso a líquido. Un separador de humedad instalado después del refrigerador posterior elimina la mayor parte del agua líquida. Después de refrigerarse el aire se distribuye por la red, cambiando de estado gaseoso a líquido. Esta agua es la que puede causar problemas, por lo que se utiliza un elemento auxiliar aguas abajo del compresor denominado secador frigorífico, ya que el principio físico que utiliza es el enfriamiento del aire para condensar la humedad y facilitar su extracción.

Este secador, Fig.3.2., reduce la temperatura del aire comprimido a 2°C, la mayor parte del agua gaseosa es condensada y evacuada, después recalentando el aire, antes de salir del secador, se consigue evitar condensaciones en la parte exterior de la red de aire.

3.2.1. Características:

Secador Frigorífico de Aire Comprimido.

Marca: Atlas Copco.

Modelo: FD-118.

Descripción: Consiste en una unidad frigorífica compacta, con cubierta metálica protectora y con dos intercambiadores de calor, uno aire-aire y otro aire-refrigerante, ambos del tipo tubo dentro de tubo. Su funcionamiento es completamente automático diseñado para operación continua en interiores y el enfriamiento es por aire ambiental.

Parámetros de operación :

-Caudal del aire libre a temperatura ambiente de 38°C :	51 l/s.
-Refrigerante utilizado:	R 22 .
-Consumo total de potencia:	1.14 Kw.
-Voltaje:	220V/60Hz/1 fase.
-Dimensiones:	1165/478/859 mm.
-Peso aprox.:	125 Kg.
- Diametro de entrada y salida:	1 1/4" NPT.
-Presión máxima de trabajo:	10 bar.
-Máxima temperatura del aire del aire comprimido:	60°C.

SECADOR DE AIRE FD-118



FIG. 3.2

-Temperatura ambiente máxima de trabajo: 45°C.

Equipo de norma:

-Separador de condensado tipo ciclónico , con drenaje automático y manual.

-Compresor de refrigeración hermético.

-Unidad condensadora de refrigerante, enfriada por ventilación forzada y con protección contra sobre presión.

-Cicuito de refrigeración, con deposito y válvula de expansión.

-Tablero de instrumentación, con interruptor, lampara de voltaje conectado, y termometro indicador del punto de rocío.

3.2.2. Análisis de averías en el secador de aire:

Previa limpieza y revisión externa, se pudo constatar el buen estado externo de este equipo, en el cual la cubierta insonorizadora, actúa como protección, además para el almacenamiento se tuvo la previsión de sellar tanto la entrada como la salida de aire, el compresor de refrigeración es de tipo hermético de circuito cerrado, por lo que se conserva en muy buena forma, no se observaron señales de fugas de aceite del refrigerante, corrosión, golpes o abolladuras debido al transporte , ni ausencia de partes. Para la prueba

de este secador, fue necesaria su instalación al compresor, una vez realizadas sus conexiones eléctricas y mecánicas se inicio la entrega de aire desde el compresor , seguidamente se procedió a la verificación de los siguientes puntos.

3.2.3. Lista de verificación del secador de aire:

Fugas en el circuito de refrigeración	No
Fugas de aire	No
Flujo de refrigerante en el visor (°)	Ok
Presencia de burbujas en el visor (°°)	No
Color del indicador de agua sobre el visor (°°°)	Ok
Temperatura del punto de rocío.	2°C
Amperaje de consumo en el motor-compresor	11amp

(°) El flujo debe ser transparente en condiciones nominales.

(°°) Un flujo constante de burbujas indica escasez de refrigerante ó restricciones.

(°°°) Si el disco verde en el visor se pone amarillo, se ha de cambiar el filtro secador de refrigerante.

Del análisis de la tabla anterior y de la observación del equipo en marcha concluimos que opera de forma correcta y silenciosa ya que:

- a) El indicador de punto de rocío en el panel de control indica su temperatura nominal que es de 2°C.

- b) Funciona correctamente el colector de condensado, es decir descarga condensado continuamente.
- c) Al hacer incidir un chorro de aire, proveniente de la válvula inferior de drenaje del tanque de almacenamiento de aire, sobre una hoja de papel secante no se percibió ningún indicio de humedad acumulada.

3.3. GENERADOR DE VAPOR.

Este generador, mostrado en la figura 3.3., debe suplir el vapor necesario, para lograr en el interior del autoclave, a través del intercambiador de calor, la temperatura de vulcanización.

3.3.1. Características:

Marca:	Magnabosco (Italia).
Capacidad:	423,40 Kg / Hr.
Tipo:	pirotubular.
Modelo:	V1 (vertical).
Serial :	5825-84.
Presión:	5.5 atm. (5.68 Kg / Cm ²)
Combustible:	Gas natural.

Accesorios:

- Dos tanques de alimentación : Cap. (1591) (224) Lts.
- Tanquilla de purga: Cap. 88 Lts.

Características del vapor:

-Calidad: Saturado humedo.

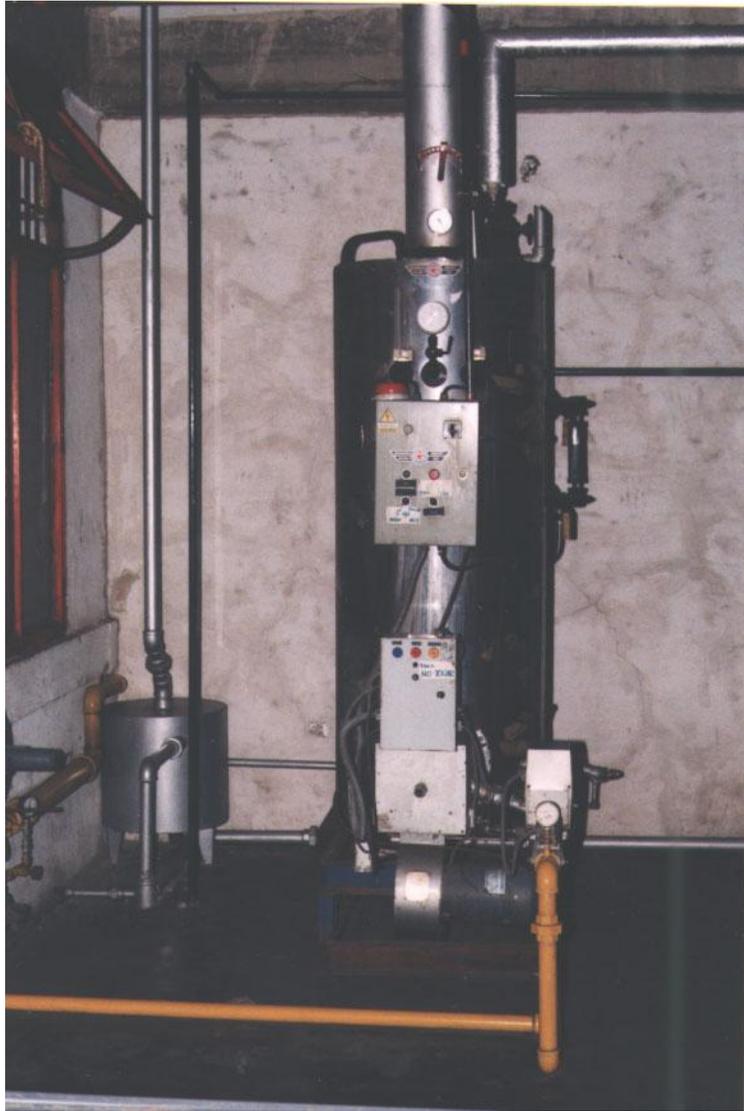


Fig. 3.3. Generador de vapor.

-Cantidad de vapor producida (max.): 423.40 Kg / Hr.

-Presión : 5.68 Kg / Cm² .

-Temperatura: 161.2 °C.

-Volumen específico: 0.290 m³ / Kg.

Controles:

- a) Dispositivo electrónico con doble sistema de seguridad para la regulación del nivel de agua, a través de cuatro sensores de acero inoxidable. El nivel interior de agua es completamente visible a través de una mirilla reflectiva vertical .
- b) Dos presostatos, uno de regulación y el segundo de seguridad para prevenir cualquier posible sobrepresión en la caldera.
- c) Un dispositivo de seguridad con alarma sonora y bloqueo automático del quemador, se dispara cuando el nivel de agua esta por debajo del nivel mínimo ó por falla en la corriente eléctrica de la caldera.
- d) Panel eléctrico centralizado con dispositivo para trabajo en automático.
- e) Interruptor de bomba de alimentación con opción de trabajo en automático o manual para realización de pruebas.

3.3.2. Análisis de averías en el generador de vapor.

Dada la complejidad del equipo, las presiones de trabajo y el uso de un combustible potencialmente explosivo, a este generador aparte de someterlo al esquema de mantenimiento preventivo usado en los dos equipos anteriores debe ser sometido a una prueba hidrostática (Norma Covenin # 2217-84), para detectar si hay señales de fatiga ó

fugas en la envoltura, placas etc. " En la sección VII de Boiler and Pressure Vessel Code de ASME, se describen los cuidados a que deben someterse las calderas. Las principales consideraciones comprenden lo siguiente: la preparación inicial del equipo para su puesta en servicio ; las condiciones normales de operación con sus rutinas para arrancar y parar el equipo; operaciones de emergencia; inspección mantenimiento y almacenamiento. En todas estas fases es responsabilidad del operador el manejo del equipo y para cumplir con ello debe comprender y seguir fielmente todas las recomendaciones e instrucciones dadas por el fabricante.

El equipo usado después de grandes reparaciones o cambios y las unidades nuevas requieren, antes de su puesta en marcha , algunos preparativos, que comprenden los siguientes aspectos: remoción del material sobrante o ajeno a las obras de cimentación; remoción de los materiales que puedan encontrarse en el interior de las partes sujetas a presión; prueba hidrostática e inspección de fugas, remoción de grasa y otros depósitos en las partes sujetas a presión dentro del generador de vapor". "La inspección y mantenimiento deben llevarse a cabo cuando la unidad se encuentra fuera de servicio. Todos los puntos anotados durante la inspección deben agregarse a la lista de detalles por corregir, elaborada por el operario durante el trabajo normal.

En lo que respecta a la limpieza tanto externa como interna , debe hacerse una lista mas detallada . Es frecuente que la limpieza externa se efectúe con agua o con chorros de aire. Las superficies interiores de las calderas pequeñas se conservan limpias por medios mecánicos, pero las unidades de mayor capacidad, en general, se mantienen por medios químicos. La limpieza con productos químicos puede utilizarse en calderas de todas las

dimensiones , pero se requiere una supervisión profesional, que puede obtenerse de empresas de conocida capacidad en este campo" (1).

Para la realización de la prueba hidrostática usaremos el "Instructivo de indicaciones generales" de la División Técnico Mecánica. Departamento de Calderas del Ministerio del Trabajo. El cuál transcribimos a continuación:

- a) Retirar el quemador.
- b) Mientras la caldera tiene presión de vapor, se puede purgar a intervalos para así evacuar la mayor cantidad de depósitos de lodo.
- c) Abrir la puerta del hogar, así como el registro de tiro (si la caldera esta equipado con uno), a fin de que se enfríe lentamente hasta la temperatura ambiente. Nunca se debe inyectar agua fría para acelerar el proceso.
- d) Descargar el agua de la caldera por la línea de purga.
- e) Si la caldera es del tipo vertical , se abrirá la caja de humos para descubrir la placa superior.
- f) Se procederá a limpiar el interior de los tubos, usando cepillos de acero de forma espiral, para desprender el hollín, también se debe cepillar cuidadosamente las placas tubulares.
- g) Se abrirán los accesos a la parte interior de la caldera, o sea a la cámara de agua y la cámara de vapor. Estos accesos incluyen, la tapa de registro de hombre y todas las tapas de los registros de mano.
- h) Limpiar cuidadosamente el interior de la caldera , usando un chorro de agua por medio de una manguera para lavar hacia fuera por la línea de purga, los depósitos de lodo y acumulaciones de incrustaciones sueltas.

- i) Proceder a quitar la válvula de seguridad , cerrando el orificio en la caldera con un tapón o una brida ciega. No hay necesidad de quitar la válvula de seguridad si se puede utilizar una mordaza para evitar que la válvula se abra durante la prueba hidrostática. Nunca se debe utilizar el tornillo de ajuste de la válvula de seguridad como mordaza.
- j) Se preparará una conexión cerca del manómetro de la caldera, donde puede ser colocado el manómetro de prueba (Manómetro de precisión para chequear la exactitud del manómetro de la caldera).
- k) Se deben preparar conexiones para poder colocar la bomba de prueba. La manguera de aspiración puede ser conectada a una toma de agua cerca de la caldera, o una conexión en la línea de agua que supe el tanque de almacenamiento de la caldera . La manguera de descarga puede ser conectada a cualquier conexión donde el agua pueda ser inyectada libremente al interior de la caldera.
- l) Una vez hecho el reconocimiento interno, se procederá a preparar la caldera para la prueba hidrostática, colocando las tapas de los registros, e instalando los tapones fusibles nuevos.
- m) Durante la prueba hidrostática se mantendrá la presión (presión máxima de trabajo multiplicada por 1.5) , durante 30 minutos como mínimo y 60 minutos como máximo. En este lapso de tiempo se descargará la presión a cero y se volverá a aplicar la presión máxima de prueba para observar si hay señales de fugas, fatiga en la envoltura, placas etc. También se aplicará la prueba de martillo, mientras la caldera está sometida a presión.
- n) Terminada a satisfacción la prueba, se procederá a preparar la caldera para funcionar a presión de vapor, quitando bridas ciegas, tapones, mordazas, etc., y colocando tapas

delanteras y traseras, válvula de seguridad , quemador ,etc., la válvula de seguridad será probada para presión de apertura y cierre, y para su capacidad a la prueba acumulativa.

Una vez realizada la prueba y vista la hermeticidad de su estructura, se procede a la conexión a la tubería de entrega de vapor al autoclave con el fin de realizar una prueba de funcionamiento y verificar el funcionamiento de la instrumentación y los sistemas de seguridad, para lo cuál hay que seleccionar el regulador del gas natural que se utiliza como combustible, así como el diseño del tanque de purga para realizar su construcción.

Una vez hecha la conexión de gas, Fig. 3.5, y del tanque de purga, Fig.3.6., se procedió a la prueba de la válvula de seguridad "S", en la parte superior de la caldera, Fig.3.3., donde se procedió de la siguiente manera:

- a) Se instaló un manómetro en la brida de montaje de la válvula para registrar la presión de descarga.
- b) Se llevó el interruptor de mando de la bomba de alimentación a su posición de operación manual y se acciona elevando la presión interna hasta que se produce la descarga.

Se intentó la operación manual de la bomba de alimentación, para el llenado de la caldera, pero esta no arrancó. Luego de verificar que le llegaba el voltaje correcto a cada una de sus fases (220V) y la continuidad eléctrica de los campos en el bobinado del motor, se decidió desmontarla para desarmar la parte mecánica de la misma, donde se pudo observar el agarrotamiento del eje por corrosión por agua acumulada, no drenada correctamente cuando se procedió a su desincorporación y posterior



Fig. 3.5. Instalación de gas.

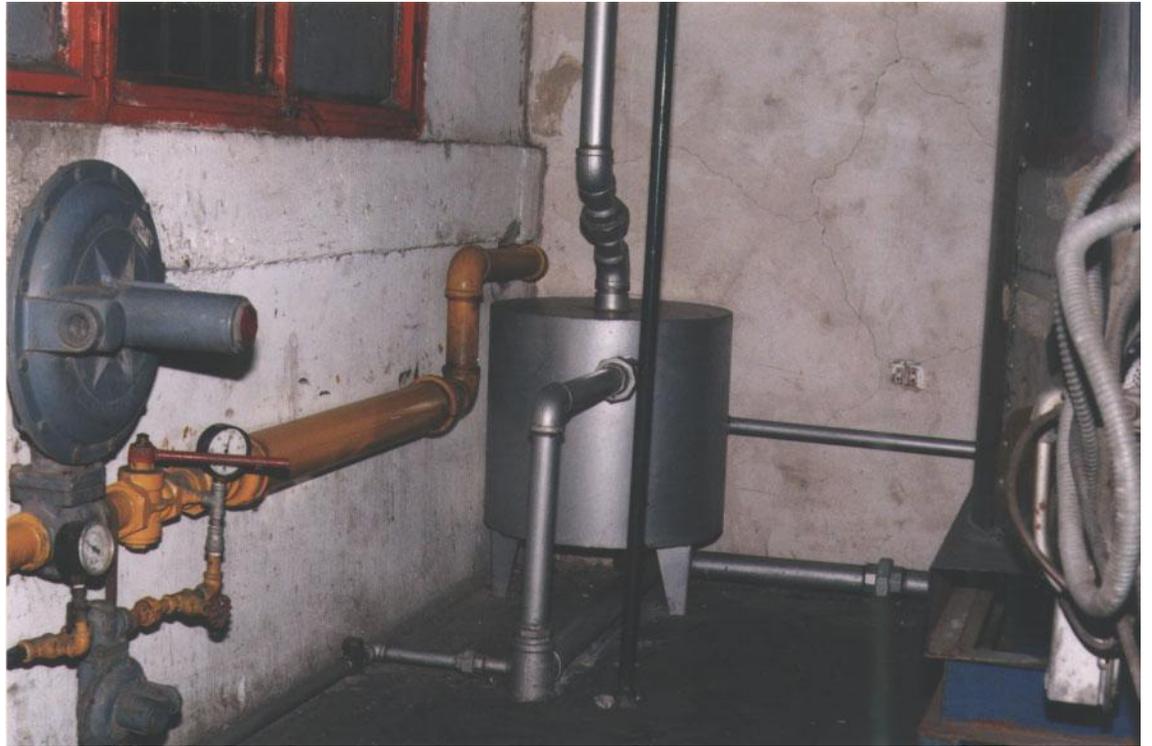


Fig. 3.6. Tanque de purga de la caldera.

almacenamiento, pero fue suficiente la limpieza con cepillo de alambre para remover el óxido, lubricación y cambio de sellos para lograr que funcionara nuevamente.

La descarga de la válvula de seguridad se produjo, a una presión aproximada de 10 Kg / cm² (1.76 veces la presión nominal de trabajo), lo que ofrece un buen margen de confianza.

"Según datos estadísticos , el 80% de las explosiones ocurren en el arranque o en la parada por lo que debe tenerse especial cuidado" (1).

3.3.3. Lista de verificación y pruebas del generador de vapor.

Antes de arrancar:

Nivel de agua en:	
Tanque de alimentación	Ok.
Interior de la caldera (observable en el visor)	Ok.
Bomba de alimentación (verificación manual):	Ok.
Combustible:	Ok.
Presión de gas:	10"H2O
Fugas de gas:	No

En funcionamiento:

Controles:	
Opera el presostato al llegar a presión de trabajo (°)	Si

Opera el dispositivo de bloqueo del quemador (°°)	Si
Arranca de forma automática la bomba de alimentación	Si
Fugas de vapor	No
Temperatura de salida gases de combustión	180°C

(°) Trabaja por aproximadamente 20 minutos continuos, hasta alcanzar su presión (Bar) y temperatura de trabajo y apaga automáticamente por acción del presostato.

(°°) Simulando mediante purga, una baja de nivel de agua en la caldera, el dispositivo de seguridad, bloquea el quemador y emite una señal sonora de alarma, igual cuando se simula una falla de la corriente eléctrica, apagando el interruptor de protección en el tablero eléctrico.

3.3.4. Tratamiento del agua de la caldera.

Para cubrir lo relacionado con el tratamiento del agua de la caldera, se contactó a la compañía especialista National Chemsearch, los cuales previos análisis del agua de purga, recomendaron el uso de dos productos para control de Ph e incrustaciones y lodos los cuales forman en el interior de la caldera, una capa de residuos que a la larga actúa como aislante para la transmisión de calor y obstruye las tuberías de paso del agua.

Estos productos son por su nombre comercial: Chem Aqua 100 y Boil Tane, el primero formulado a base de hidróxido de sodio , previene la corrosión y la formación de incrustaciones, controlando la alcalinidad del agua, hace que los precipitados se aglomeren para fácil limpieza; el Boil Tane suspende lodos, residuos y suciedad en las entradas de

agua de la caldera, estas impurezas son expulsadas por medio de la purga normal de la caldera. La dosificación fue fijada en 1 litro de Chem Aqua y 1/4 de litro de Boil Tane para cada tanque de 1000 litros de agua , a utilizar en el proceso.

Se le administró una dosis de ataque inicial, a manera de limpieza, de tres veces la concentración señalada anteriormente, quedando de esta manera en condiciones de prestar servicio de manera optima.

3.4. AUTOCLAVE.

Es en el autoclave, donde se confina el producto a ser vulcanizado, figura 3.7.,se denomina autoclave al sistema de cierre de algunos recipientes, que trabajan a una presión interna superior a la atmosférica . La propia presión asegura su estanqueidad a través de un sello circular, alrededor de todo el anillo de cierre, figura 3.8., igualmente se llama así a los aparatos dotados con este sistema. Se utiliza en procesos industriales o para la esterilización de aquellos productos que deben someterse a temperaturas superiores a los 120°C, pero sin llegar a la ebullición, ya que perderían sus cualidades; esto requiere trabajar a presiones de 3 atmósferas como mínimo.

3.4.1.Características :

Marca:	Magnabosco.
Capacidad:	12.3 m ³ .
Peso total:	4.400 Kg.
Consumo de vapor (máximo):	73000 Kcal / Hr.

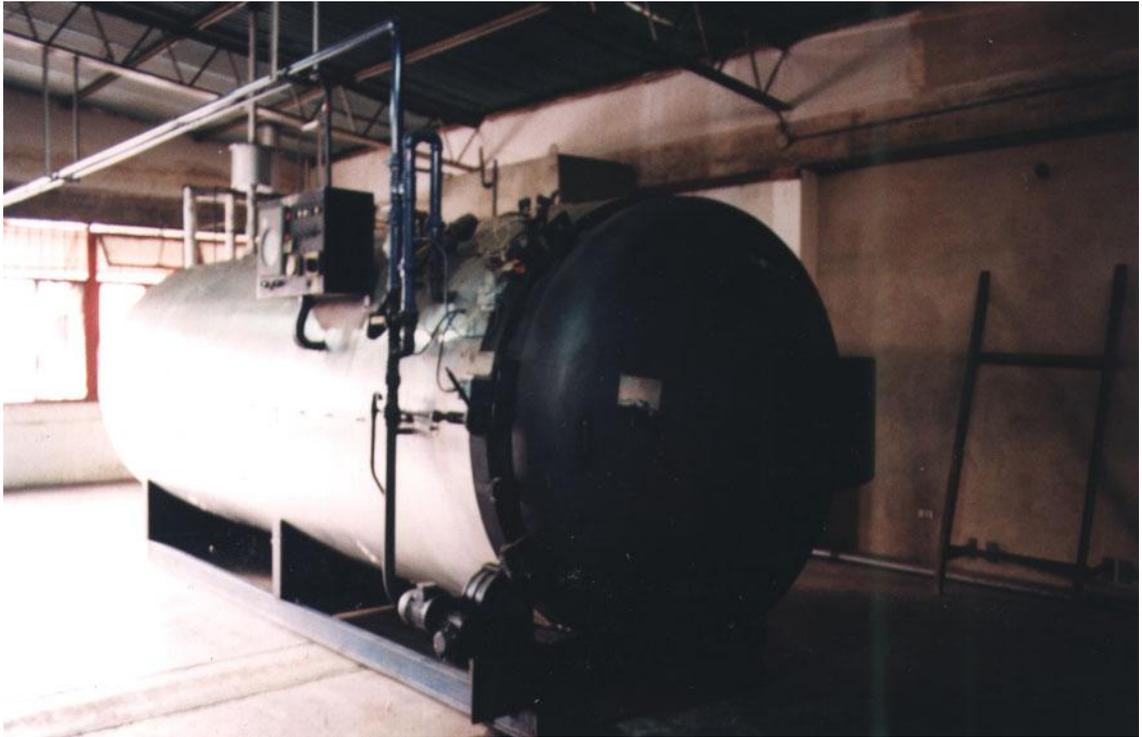


Fig. 3.7. Autoclave vista general.



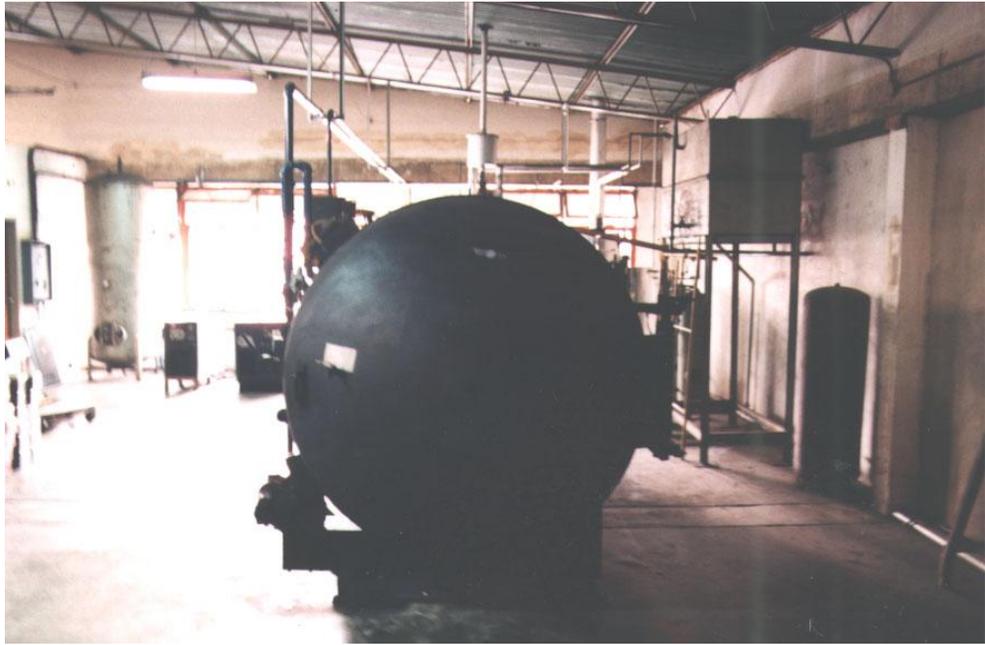
Fig. 3.8. Anillo de Cierre.

Carga eléctrica total:	85 Kw.
Voltaje:	220V.60Hz.
Presión máxima de vapor en el intercambiador de calor:	12 atm.
Presión máxima en la cámara de presurización:	8 atm.
Temperatura máxima :	150°C.

Para la descripción de los componentes del autoclave nos referiremos a la figura 3.9.

El autoclave está constituido por:

- (1) Cuerpo principal o cámara de presurización (autoclave), es un volumen cilíndrico de 5800 mm de largo y 1820 mm de diámetro con un espesor de pared entre 6 y 9 mm en acero de especificación UNI-586, cubierto externamente con 75 mm de aislamiento de fibra de vidrio, protegido con laminas de acero inoxidable remachadas de 1 mm.
- (2) Puerta giratoria con cremallera, para cierre tipo bayoneta, figura 3.10. y sello de elastómero.
- (3) Ventilador interior, realiza una recirculación forzada del aire interno, a través del intercambiador de calor, para promover la transferencia de calor y la uniformidad de la temperatura en todo el interior.
- (4) Motor del ventilador, es el encargado de transmitir la potencia necesaria para accionar el ventilador, su eje penetra el autoclave desde el exterior por medio de un sello mecánico refrigerado por agua, figura 3.11.
- (5) Intercambiador de calor, su función es elevar la temperatura interna a través de la transferencia de calor entre el vapor y el aire en el autoclave.



Autoclave vista frontal cerrada.

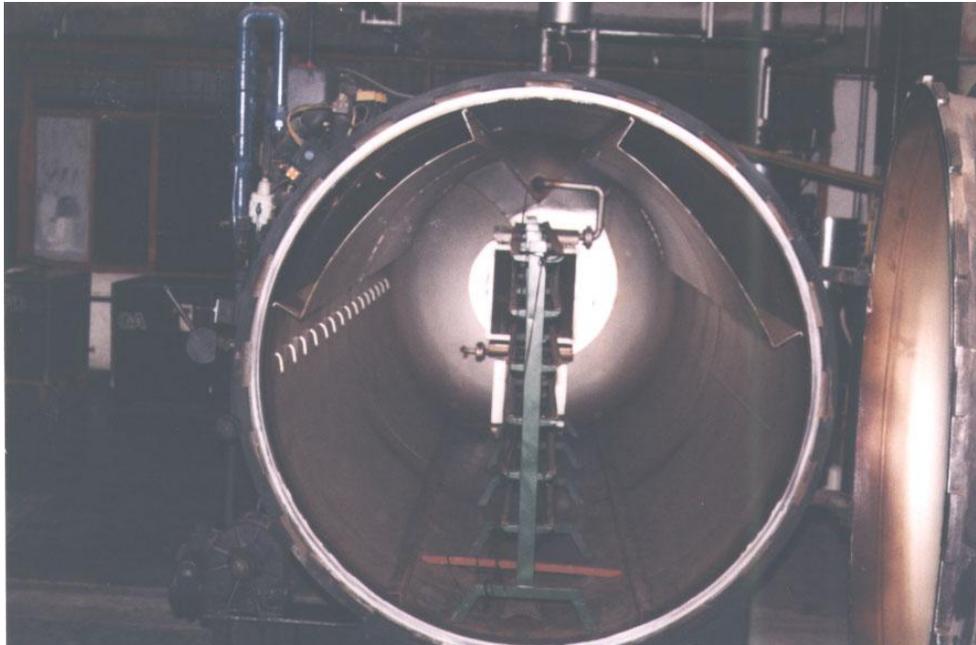
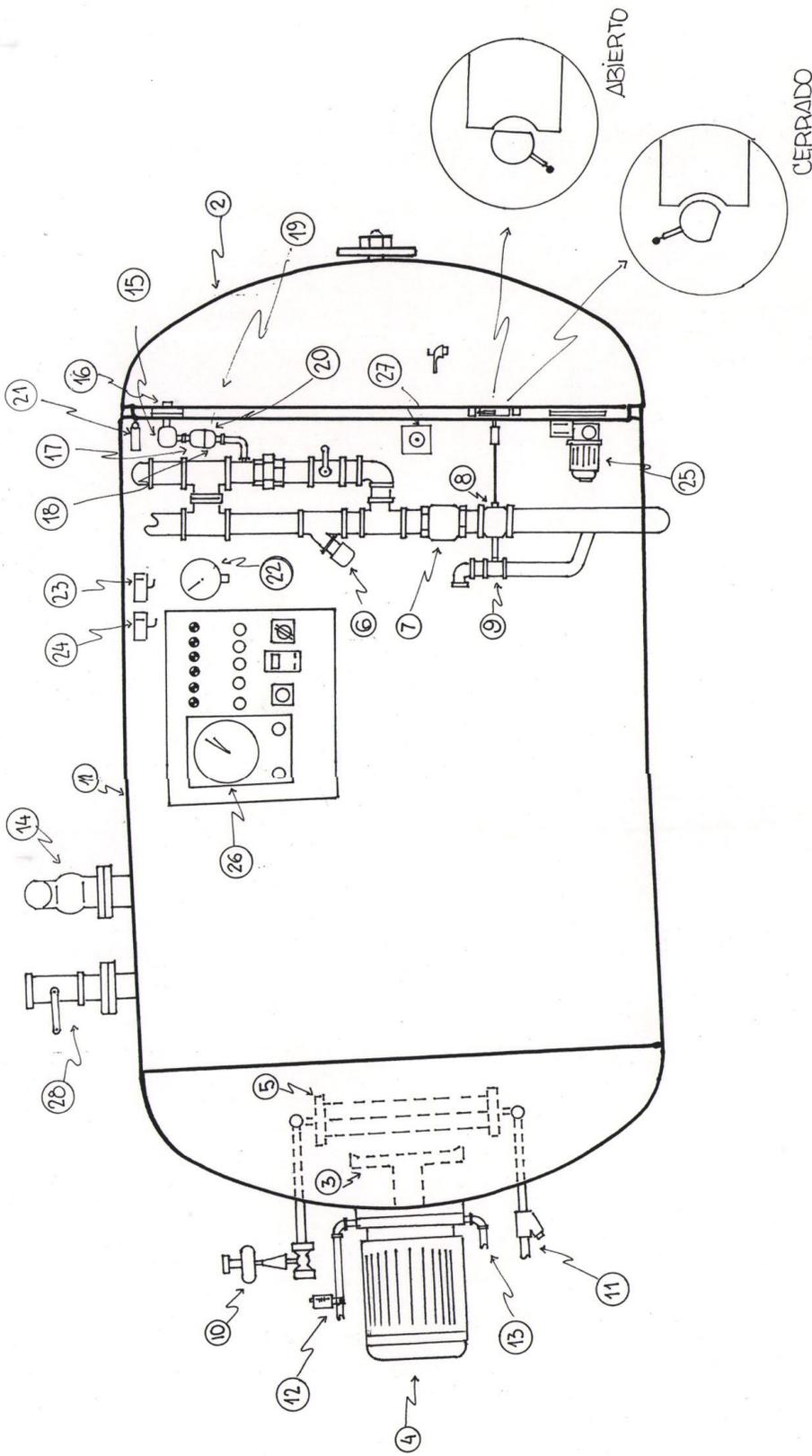


Fig. 3.10. Compuerta del autoclave vista frontal abierta.



Fig. 3.11. Sello mecánico del eje del ventilador del autoclave.



AUOCLAVE

fig.3.9

FIG.3.9

-Línea de aire de presurización:

- (6) Electroválvula de entrada de aire de 1 1/2" de diámetro.
- (7) Válvula de no retorno de aire de 1 1/2" de diámetro.
- (8) Válvula esférica de intersección, comandada por la leva de seguridad (ver detalle I de la figura 3.9).
- (9) Válvula de intersección de seguridad, expulsa el aire remanente al accionar la leva de seguridad para la apertura.

-Línea de vapor:

- (10) Válvula electroneumática DN 32 de entrada de vapor.
- (11) Drenaje de condensado, proveniente del intercambiador de calor de 1/2" de diámetro.

-Dispositivo de seguridad:

- (12) Presostato de control, de flujo de agua de refrigeración del sello mecánico.
- (13) Salida de agua de refrigeración del sello.
- (14) Válvula de seguridad para sobrepresión.
- (15) Pistón de doble efecto, de bloqueo de seguridad de la compuerta.
- (16) Pasador de bloqueo.
- (17) Pestaña de encuentro del pasador (16).
- (18) Presostato de comando del pistón de seguridad.
- (19) Filtro reductor de presión, de aire comprimido.
- (20) Electroválvula de dos posiciones, para el manejo del pistón de bloqueo.
- (21) Micro interruptor limitador de recorrido de la compuerta.
- (22) Manómetro.
- (23) Presostato de servicio.

(24) Presostato de seguridad por sobre presión.

(25) Motorreductor con cremallera, para apertura y cierre de la compuerta.

(26) Registrador de presión y temperatura del proceso.

(27) Leva de comando del motorreductor, para cierre y apertura de la compuerta.

- **Panel de instrumentación y control** . (figura 3.12):

(a) Interruptor maestro : controla el encendido de todos los circuitos, al encenderlo se ilumina el testigo (j).

(b) Termorregulador: controla el paso de vapor, a través de la válvula (10), figura 3.9., hasta alcanzar la temperatura en el programada y muestra digitalmente la temperatura en todo momento del ciclo.

(c) Reloj de tiempo de ciclo (timer): es el dispositivo que regula la duración del ciclo. Temporizador TH, en el diagrama eléctrico de la figura 3.13.

(d) Registrador de presión y temperatura: dibuja un registro gráfico circular, con dos plumas, una dibuja la evolución de la temperatura y la otra de la presión. Posee una escala de 0-200°C y 0-10bar, trabaja a una velocidad de 1 giro cada 24 horas . El registrador se usa, cuando son de interés las tendencias a largo plazo y las variaciones detalladas con el tiempo, o bien cuando la respuesta o indicación es demasiado rápida para que la pueda seguir el ojo humano.

(e) Botón de bloqueo de seguridad: activa el pistón del cierre de seguridad de la compuerta, por medio del relé R2 que comanda la electroválvula E2, figura 3.13.

(f) Botón de desbloqueo de seguridad: libera el pistón del cierre de seguridad.

- (g) Interruptor de ciclo automático: da inicio al proceso, activa la entrada de aire al autoclave, y de vapor al intercambiador, con lo que se iluminan las lamparas testigo de presurización (l) y de calefacción (m).
- (h) Interruptor del ventilador: controla el encendido manual del motor del ventilador (interruptor S2 en el diagrama eléctrico de la figura 3.13.).
- (i) Interruptor de fin de ciclo: una vez finalizado el ciclo, el panel de control posee una sirena que emite una señal sonora, que se silencia por medio de este interruptor y se desactivan todos los circuitos.
- (j) Lampara testigo de encendido: se ilumina al enérgizar el panel de control, por medio del interruptor principal (master switch).
- (k) Testigo de apertura (L1): conectado en paralelo con el circuito ramal del presostato P1, figura 3.13., mediante el relé R12 (normalmente abierto), se ilumina cuando la presión que detecta el presostato P1 es cero, indicando consentimiento a la apertura de la compuerta del autoclave.
- (l) Testigo de presurización (L4): se ilumina durante el proceso de carga de aire en el autoclave, está conectado en paralelo con la electroválvula de presurizacion E5, figura 3.13.
- (m) Testigo de calefacción: se ilumina al abrir la válvula de entrada de vapor al intercambiador de calor.
- (n) Testigo de presión de agua en el sello: El eje del ventilador posee un sello mecánico refrigerado por agua (Fig.3.11), cuya presión se encuentra supervisada por el presostato (12) de la figura 3.9.,el cual al detectar una caída de presión aguas abajo del sello, desconecta la alimentación eléctrica del ventilador (para evitar daños en el sello por

recalentamiento), al tiempo que enciende el testigo L5 (Fig.3.13), en señal de alarma para el operario; es decir en funcionamiento normal debe permanecer apagado dicho testigo.

- (o) Testigo de inicio del ciclo: enciende una vez que se a alcanzado, la temperatura seleccionada de vulcanización, programada en el termorregulador antes del inicio del ciclo.

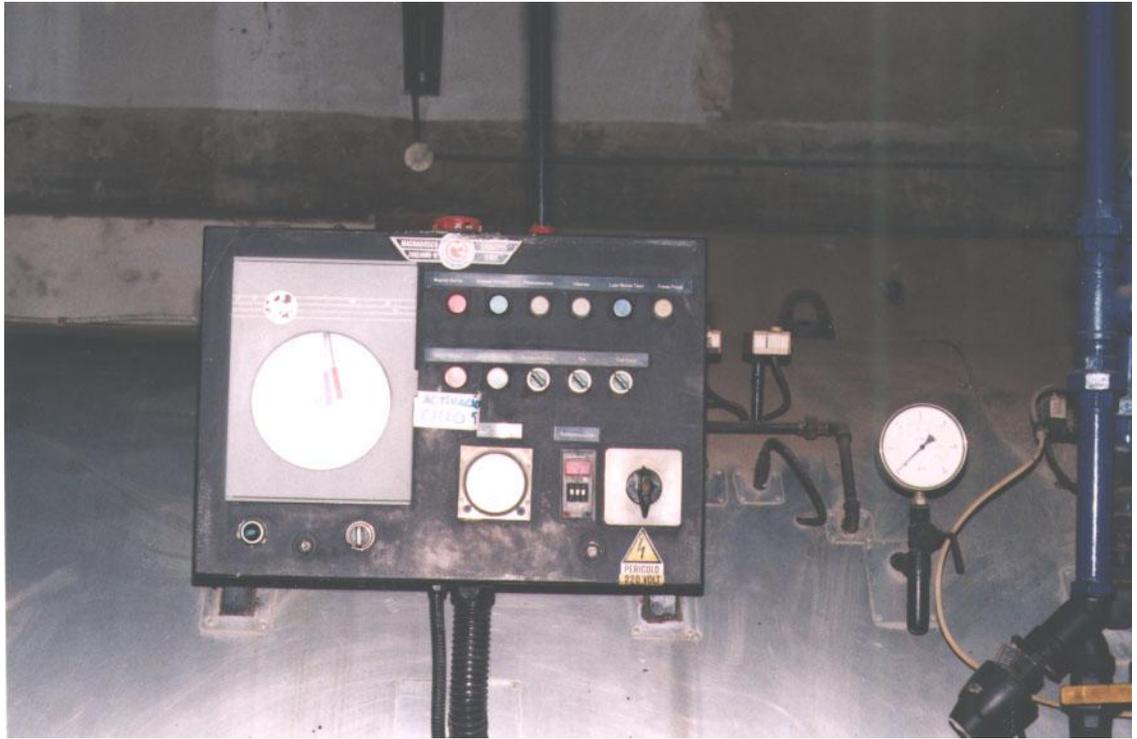


Fig. 3.12. Panel de control del autoclave.

3.4.3. Análisis de averías en el autoclave:

El autoclave, mostrado en la figura 3.7., a pesar de ser el equipo más importante, en tamaño y complejidad, fue el que presentó mayor deterioro, ya que por su gran volumen tuvo que ser almacenado a la intemperie, sin tomar las suficientes previsiones, motivo por el cual presentó, problemas en algunos de sus elementos.

Siguiendo las pautas del modelo de mantenimiento preventivo, se le realizó en primer lugar, una limpieza profunda con un producto desengrasante (SS-25 de National Chemsearch), a base de solventes suaves no oxidantes, con lo cual se pudo observar después de una revisión al detalle, los siguientes puntos:

- a) Presencia de corrosión en las bisagras de la compuerta, eje del pistón de bloqueo de seguridad, y en la tubería de entrada de aire.
- b) Todos los relés térmicos del cuadro de control fueron sustraídos.
- c) Atascamiento de la válvula superior de descarga.
- d) Señales aparentes de fuga de agua de refrigeración, del sello mecánico, por la junta del motor eléctrico, (Fig.3.15), que deben observarse en funcionamiento.
- e) Rotura de la manguera de accionamiento neumático de la válvula de vapor (10) de la figura 3.9.
- f) Fuga de aceite en el motorreductor, motivado a una grieta en la carcasa.

En el abordaje de la solución de los problemas anteriores, se procedió a sustituir: los relés térmicos, la válvula superior de drenaje (que no se pudo recuperar), y la manguera de la válvula de vapor. Para los elementos corroídos, se les prestó mantenimiento de limpieza con cepillo de alambre, y aplicación de lubricante; al eje del pistón de bloqueo hubo que sustituirle el sello, porque presentó fugas de aire. La grieta en la carcasa del motorreductor

fue cubierta con soldadura de arco eléctrico. El motor del ventilador fue girado a mano previamente para descartar oxidación del eje o de sus rolineras.

Al subsanarse estos problemas, y realizadas todas las instalaciones eléctricas y mecánicas, se efectuó un primer intento de puesta en marcha, donde se observó lo siguiente :

- a) Presentó fuga de aire, a lo largo del sello de la compuerta, lo cual no permitía la elevación de la presión. Esto se debió al endurecimiento de la goma del sello, lo cual le produjo pequeñas deformaciones, que le impedían un total asentamiento en el anillo de cierre. El problema fue subsanado, aplicándole grasa a base de silicona de alta temperatura, lo que la ablando y permitió un sellado perfecto sin ninguna fuga de aire.
- b) Al abrir la compuerta del autoclave, se observó la presencia de agua en su interior, por rotura en la tubería de vapor, que alimenta al intercambiador de calor, se corrigió con la aplicación de soldadura de arco eléctrico, previa preparación de la superficie, esmerilando el cordón de soldadura original.
- c) Como se había previsto en la revisión preliminar, el sello mecánico presentó fugas de agua hacia el exterior, por la junta del motor eléctrico. Para su sustitución se tuvo que desmontar: la tubería de vapor, de alimentación del intercambiador de calor, el intercambiador mismo y el ventilador, para poder llegar hasta la tapa del sello (Fig.3.14).

Hecho todo esto, se realizó la puesta en marcha del autoclave, funcionando todos los controles de manera correcta y alcanzando los parámetros de presión y temperatura en el programados, de esta manera se pueden comenzar los ensayos con la goma cruda, para así determinar la combinación mas idónea de temperatura y tiempo de vulcanizado, con lo

cual llegamos al punto, donde podemos redactar el listado de verificación de averías y puntos críticos a controlar en el autoclave, durante su funcionamiento rutinario.

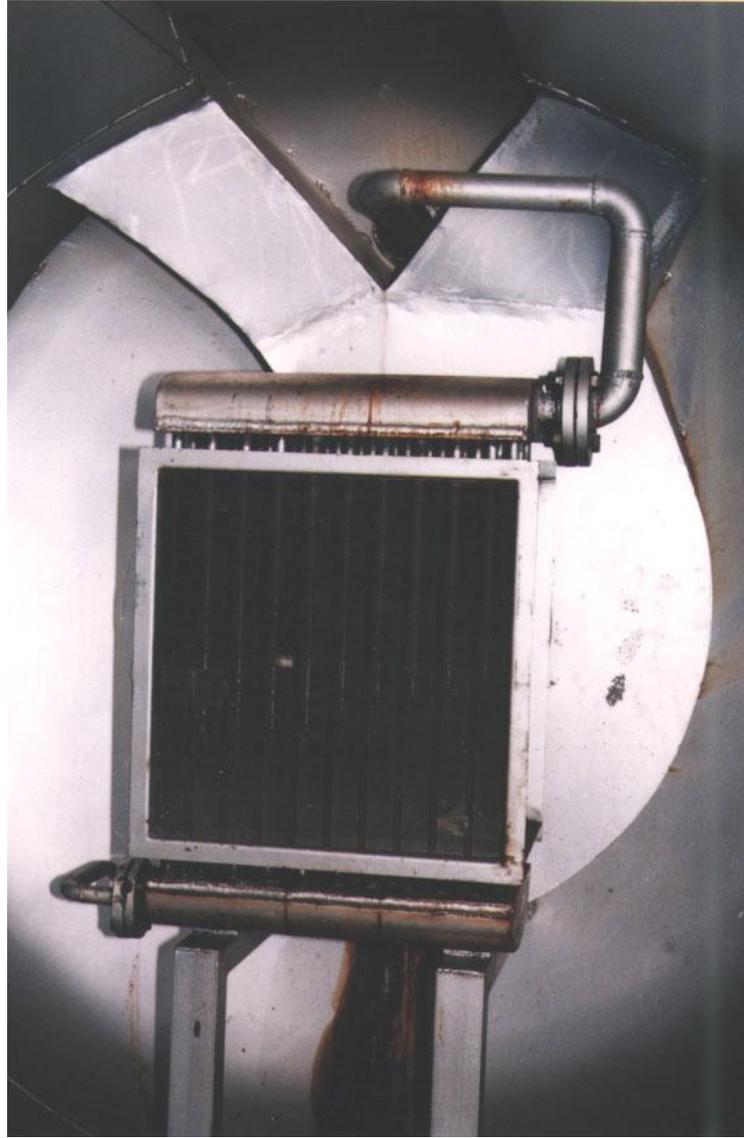


Fig. 3.14. Intercambiador de calor vapor-aire.

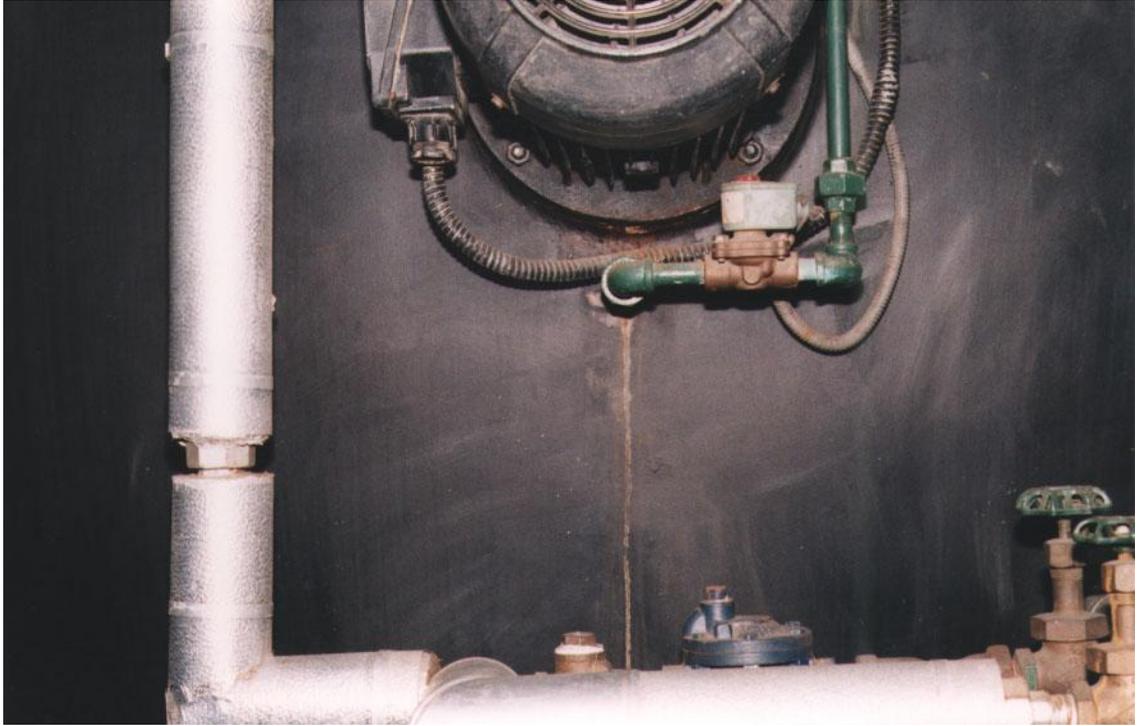


Fig. 3.15. Fuga del sello mecánico del eje del ventilador del autoclave.

3.4.4. Lista de verificación para el autoclave:

Antes de arrancar:

Presión de agua en el sello mecánico	15 psi
Arranca el ventilador del intercambiador de calor	Si
Presión de vapor	
Trabaja el motorreductor de cierre de la compuerta	Si
Obstrucciones en el sello de la compuerta	No
Opera el pistón de bloqueo de seguridad	Si

En funcionamiento:

Fugas de aire a través del sello de la compuerta, válvulas etc.	No
Fugas de agua de refrigeración del sello mecánico	No
Funciona el registro circular	Si
Funciona el termómetro del termorregulador	Si
Funciona el manómetro de control	Si

Aparte de la verificación de los puntos anteriores, se puede observar, durante el funcionamiento, por medio de el registro de gráfica circular, la evolución del ciclo en cuanto a la velocidad de elevación de temperatura y presión, comparando la pendiente de la curva dibujada, con la del ciclo anterior, para así poder detectar (de forma visual y aproximada) cualquier anomalía en el mismo, siempre y cuando se utilicen, los mismos parámetros de presión, tiempo y temperatura que en el ciclo anterior; en este caso en el ciclo anterior no hubo elevación de temperatura ni presión notables debido a las fugas en la compuerta principal pero estas ya fueron corregidas.

De esta manera todos los equipos han quedado instalados, presentando una marcha silenciosa y uniforme; con lo que fue posible el comienzo de las pruebas de vulcanizado definitivas, luego de cinco rondas de pruebas y tomando el ensamble de estos primeros zapatos como aprendizaje para la cadena de producción, se pudo establecer como tiempo optimo de curado de la goma (vulcanizado) 45 minutos a una temperatura de 130 °C; parámetros estos que proporcionan un acabado aceptable en un tiempo que nos daría , un

potencial de producción de 5 cargas diarias del autoclave, tomando un tiempo de 15 minutos para carga y descarga del calzado en su interior, con al menos 30 minutos de precalentamiento al inicio de la jornada de trabajo.

CAPITULO 4

4.OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

En este capítulo nos centraremos en la operación y mantenimiento de la planta como un todo, es decir en la secuencia de encendido y sus procedimientos.

Previo a la carga del autoclave, tomando en cuenta el tiempo que tardan los equipos en llegar a sus parámetros estables de funcionamiento, el orden de encendido debe ser el siguiente:

- a) Generador de vapor
- b) Secador de aire
- c) Compresor
- d) Autoclave.

Para entrar en el detalle de cada uno de los equipos, es de hacer notar que esta secuencia de encendido puede ser realizada por un solo operario y cuyas instrucciones hemos colocado visiblemente, en cada equipo a ser manipulado.

4.1.Generador de vapor:

Para poner en marcha la producción de vapor debemos verificar los siguientes elementos, ya antes descritos en el ítem 3.3.3 Lista de verificación y pruebas del generador de vapor., los cuales incluyen lo siguiente, antes de arrancar: nivel de agua en el tanque de alimentación, en el interior de la caldera (observable a través del visor), la bomba de alimentación (verificación manual) y la presencia de presión de gas (10" de agua) en el manómetro de la entrada del mismo y proceder de la siguiente manera:

4.1.1. Girar a la posición "1" el interruptor principal en el panel de control de la caldera.

4.1.2. Pasar a "ON" el interruptor de los elementos de seguridad en el panel inferior(Fig. 3.3).

- 4.1.3. Colocar el interruptor de la bomba de alimentación en la posición "Automático".
- 4.1.4. Girar en el sentido de las agujas del reloj, el interruptor del quemador.
- 4.1.5. Observar en el visor y en la lampara testigo del panel la presencia de llama en el interior del hogar de la caldera.
- 4.1.6. A intervalos regulares observar los puntos indicados en 3.3.3 " En funcionamiento".
- 4.1.7. Realizar purgas por cada 30 minutos de funcionamiento, para expulsar las incrustaciones (IMPORTANTE: solo con el generador encendido).

En aproximadamente 20 minutos esta lista para la entrega de vapor al autoclave.

- 4.1.8. Mantenimiento: Por cada tanque de 1000 litros se debe agregar al tanque de alimentación 1 litro del producto Chem Aqua y 1/4 de litro de Boil Tane, desincrustante y suavizador respectivamente (ver 3.3.4. Tratamiento del agua de la caldera).

4.2.Secador de aire.

Antes de arrancar:

- 4.2.1. Compruebe que está cerrada la válvula manual de drenaje del condensado (Fig.3.2).
- 4.2.2. Compruebe que está cerrado el interruptor separador, es decir encendida la lampara de voltaje conectado, en caso contrario cierre el interruptor.

Arranque:

- 4.2.3. Gire el selector S1 a marcha.
- 4.2.4. Después de unos 5 minutos cargue la unidad, es decir ponga en marcha la entrega de aire.
- 4.2.5. Deje pasar unos 10 minutos para que el sistema se estabilice, luego observe el punto de rocío, que debe ser de 2°C.

Durante el funcionamiento: (compruebe a intervalos regulares)

4.2.6. El indicador de punto de rocío que con carga debe indicar 2°C.

4.2.7. Que funciona bien el colector de condensado , es decir que descarga condensado.

4.2.8. Mantenimiento:

4.2.8.1. Una vez al día: Abra la válvula del colector de condensado.

4.2.8.2. Una vez al día: Compruebe el flujo de refrigerante en la mirilla. El flujo debe ser transparente en condiciones nominales. Un flujo constante de burbujas indica escasez de refrigerante ó restricciones en el filtro.

4.2.8.3. Compruebe el color del indicador de agua incorporado en la mirilla. Si el disco verde se pone amarillo, se ha de cambiar el secador de refrigerante.

4.3.Compresor de aire:

Antes de arrancar:

4.3.1. Compruebe el nivel del aceite. La mirilla debe hallarse llena de aceite (Ver fig.3.1).

Si es necesario, añada aceite.

4.3.2. Compruebe el indicador de vacío de aspiración del aire. Si se muestra en la ventanilla la parte roja, preste servicio al elemento filtrante ó cámbielo.

4.3.3. Cierre la válvula de drenaje debajo del colector de agua y en el tubo de aire aguas arriba de la corriente del mismo.

4.3.4. Compruebe que el interruptor de volquete S3, se encuentra en descarga.

Arranque:

4.3.5. Conecte la corriente y compruebe que se enciende la lampara H2 de voltaje conectado. Empuje el botón S4. Se deben encender las lamparas testigo H1b, H3, H4. (prueba de lamparas).

4.3.6. Empuje el pulsador S1 de arranque. Después de arrancar compruebe que están encendidas las lamparas H1b de operación automática y H1a.

4.3.7. Abra la válvula de salida de aire.

4.3.8. Mueva el interruptor de volquete S3 de carga-descarga a carga.

Durante el funcionamiento: (compruebe a intervalos regulares)

4.3.9. El nivel de aceite con la unidad parada. La mirilla debe hallarse llena de aceite.

4.3.10. El indicador de vacío. Si está completamente extraída la parte roja detenga la unidad. Si se queda en esta posición preste servicio al elemento filtrante ó cámbielo.

4.3.11. La temperatura de salida del aire del elemento compresor (Gt).

4.3.12. Que se descarga del colector de agua el condensado durante la carga.

4.3.13. Las presiones de descarga y carga (Gp).

4.3.14. El funcionamiento del cuenta-horas.

4.4. Autoclave:

Antes de arrancar:

4.4.1. Cargue la unidad con los elementos a vulcanizar.

4.4.2. En el panel de control (Fig. 3.12), gire el interruptor principal a la posición "1".

4.4.3. Cierre la compuerta principal con la válvula de descarga abierta, luego ciérrela

4.4.4. Accione la perilla de control del motorreductor de cierre, hasta la posición cerrado indicada en la carcasa.

4.4.5. Encienda el interruptor de la válvula de agua de refrigeración del sello de agua.

4.4.6. Pulse el interruptor del ventilador.

4.4.7. Seleccione el tiempo deseado en el reloj (timer).

4.4.8. Seleccione la temperatura para el ciclo en el termorregulador.

4.4.9. Verifique que se encuentran cerradas las 3 válvulas de drenaje .

4.4.10. Baje la leva del dispositivo de bloqueo de seguridad de la compuerta.

4.4.11. Pulse el botón del pistón de bloqueo de la compuerta en el panel (safety block) , de esta manera se activa el ciclo.

4.4.12. Compruebe a intervalos regulares:

4.4.12.1. La presión del agua de refrigeración del sello mecánico del ventilador.

4.4.12.2. Los items señalados en el apartado 3.4.4 Lista de verificación del autoclave.

Una vez finalizado el ciclo , el autoclave emite por medio de la sirena una señal audible, momento en el que se pulsa el botón de apertura " Opening consent", y cesa la señal y la entrada de vapor y aire al interior del autoclave, se desbloquea el pistón de seguridad de la compuerta y se procede entonces a desactivar la caldera y el compresor y descarga la presión del autoclave a través de la válvula superior de drenaje, Fig.3.9.

Una vez hecho esto se sube la perilla de la leva de bloqueo manual de seguridad y se acciona el motorreductor de apertura de la compuerta solo si la presión interna es cero, es decir esta iluminada la lampara de consentimiento para la apertura " Opening consent".

Es recomendable esperar al menos unos 10 minutos antes de la apertura debido al calor remanente en el interior del autoclave.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

La realización del proyecto de " Instalación y puesta en marcha de una planta de vulcanizado ", nos ha permitido ver como se conjugan la realización de un proyecto (teoría) con su ejecución practica, ya que no se pueden revelar a priori todos los detalles y problemas de la instalación de unos equipos, recibidos con escasez de especificaciones técnicas en cuanto a su montaje y operación, los cuales tuvimos la necesidad de investigar y deducir a lo largo del proceso. Ya una vez culminado el trabajo, mediante la experiencia adquirida, cualquier equipo de trabajo se puede capacitar para la ejecución de un proyecto similar donde la ingeniería de detalle, conlleva a una mayor precisión en un menor tiempo; ya que antes de esto no encontramos en todo el país, ningún ejemplo de instalaciones de este tipo, lo cual nos lleva a pensar que actualmente es la única en su tipo.

La instrumentación original de los equipos permite la evaluación de los parámetros más críticos en cuanto a seguridad y funcionamiento, adicionalmente consideramos conveniente hacer algunas mejoras instalando manómetros para: presión de gas a la entrada de la caldera, presión de agua de refrigeración del sello mecánico del ventilador del autoclave y presión de agua a la entrada del tanque de alimentación de la caldera.

En la planificación de la colocación de los equipos uno de los factores de mayor peso en consideración fueron la facilidad de mantenimiento y lectura de los parámetros de funcionamiento durante la operación de la planta, lo que permite ser operada en su totalidad por una sola persona sin arriesgar la seguridad.

En cuanto a las pruebas hechas con la goma cruda, suministrada por la empresa Suelatex c.a., no tuvimos ningún problema para determinar el tiempo y la temperatura optima que facilite el trabajo de producción en serie, ya que el autoclave es completamente

programable en cuanto a tiempo y temperatura del ciclo de trabajo. La adquisición de experiencia a largo plazo, en el resultado de la utilización del producto, permitirá hacer nuevos ajustes. Es de hacer notar la importancia de exigir al suplidor de la goma, la mayor uniformidad en la formulación de la misma, ya que algún cambio haría variar los parámetros de temperatura y tiempo de curado de la goma establecidos como óptimos.

Como se señaló al comienzo del presente trabajo, la experiencia más importante que podemos derivar del mismo, es el establecimiento de un procedimiento, que de alguna manera pueda orientar a cualquiera que se dedique a reconstruir o restaurar equipos electromecánicos, de una manera sistemática que permita:

- a) Visualizar la viabilidad del proyecto: esto es reconocer de una manera real, la recuperabilidad del equipo tomando en cuenta los daños ocultos que pueda tener ó la obsolescencia del mismo.
- b) Obtener información técnica : esto es crucial para saber los usos del equipo , principios de funcionamiento, especificaciones de mantenimiento , normas de seguridad relacionadas y operación de los mismos.
- c) Analizar la factibilidad de obtener repuestos, poder reconstruir los mismos ó reproducirlos con las mismas especificaciones originales.

A manera de recomendación podemos mencionar que , debido a la vulnerabilidad del producto, una vez que se le realiza el montaje de la cinta cruda al zapato, es deseable hacer dicho trabajo en la misma área de vulcanizado (piso 2), para así minimizar las deformaciones de la cinta por efecto de la manipulación en su transporte.

CAPITULO 6

6.1.BIBLIOGRAFIA.

- (1) BAUMISTER, Theodore. "Marks, Manual del Ingeniero Mecánico". Mexico, Ed. Mc Graw Hill, 1987.
- (2) SALAZAR, Victor. "Técnicas del mantenimiento organizado". Caracas, 1989.
- (3) VAN NOSTRAND. "The Chemistry and Technology of Rubber Latex". Mc Graw Hill, 1973.
- (4) SHIGLEY, Joseph. "El Proyecto en Ingeniería Mecánica". Mexico, Ed. Mc Graw Hill, 1963.
- (5) BALESTRINI, Miriam. "Como se elabora el proyecto de investigación". Caracas, BL Consultores Asociados, Servicio Editorial. 1998.
- (6) VALLADARES, Ligia. "Tesis de Grado. Bases Teóricas y Apoyos Metodológicos". Caracas, Fundación Editorial Universitaria de Venezuela.1993.
- (7) KUME, Hitoshi. "Herramientas Estadísticas Básicas para el mejoramiento de la Calidad". Bogota, Grupo editorial Norma.1992.
- (8) RODRIGUEZ, Melchor. "Métodos Modernos de Planeación, Programación y Control". Mexico, Ed. Limusa. 1969.

