

ÍNDICE.

1.- INSTALACIÓN DE VAPOR.....	2
1.1.- Objeto del anexo.....	2
1.2.- Reglamentos de aplicación.....	2
1.3.- Descripción general de la instalación.....	3
1.4.- Elementos generales de la instalación.....	6
1.5.- Cálculo de la demanda.....	8
1.5.1.- Elección de la caldera.....	8
1.5.2.- Accesorios y aberturas.....	13
1.5.3.- Sala de caldera.....	15
1.6.- Tratamiento del agua de la alimentación de la caldera.....	21
1.6.1.- Descalcificador.....	25
1.6.2.- Desgasificadores.....	28
1.6.3.- Tanque de alimentación o condensados.....	29
1.6.4.- Tanque de purgas.....	31
1.6.5.- Módulo economizador eco-sa.....	33
1.6.6.- Red de distribución de vapor.....	34
1.7.- Cálculo de la red de vapor.....	38
1.7.1.- Aislamiento de tuberías.....	39
1.7.2.- Dilatación de las tuberías.....	42
1.8.- Cálculo de la red de condensado.....	45
1.8.1.- Aprovechamiento del revaporizado.....	46
1.8.2.- Red de condensado.....	48

1.- INSTALACIÓN DE VAPOR.

1.1.- Objeto del anexo.

Este Anexo tiene como objetivo, definir, diseñar y justificar las instalaciones de vapor necesarias para la producción de vapor de la Lavandería Industrial, situada en el polígono industrial de Arinaga, en el Término Municipal de Agüime, en la isla de Gran Canaria. El documento servirá además de base para garantizar el cumplimiento de cuantas leyes, normas y reglamentos vigentes sean de aplicación a la Industria de referencia en cuanto a la presente instalación se refiere.

1.2.- Reglamentos de aplicación.

Para el diseño y cálculo de la presente instalación de vapor, se ha tenido específicamente en cuenta, la normativa de obligado cumplimiento que a continuación se detalla y que principalmente afecta a esta instalación:

- Real Decreto 1244/1979 de 4 de Abril por el que se aprobó el Reglamento de aparatos a presión.
- Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión. (BOE nº129 de 31/5/99).
- La Norma Tecnológica de la edificación para instalaciones de Gas (NTE-IGA).
- La Norma Tecnológica de la edificación para instalaciones de calefacción-calderas (NTE-ICC).

1.3.- Descripción general de la instalación.

La instalación consta, como elemento principal la sala de calderas, situada en el interior del edificio, con los demás equipos necesarios, una red de distribución de vapor y una red de retorno de condensados, dichas tuberías serán vistas y accesibles en todos los puntos de su recorrido. Estarán convenientemente aisladas. Estas saldrán de la sala de calderas, y se distribuyen por las zonas donde la maquinaria necesite el vapor.

La caldera de vapor es un elemento indispensable. Esto es por las innegables ventajas técnicas y económicas que ofrece el vapor de agua como agente de calefacción: desde la facilidad de obtención y manejo de la materia prima de partida, el agua (es inocua e incombustible), hasta las óptimas propiedades físico-químicas del vapor de agua (el calor latente de condensación del vapor de agua es el mayor que se conoce).

El vapor de agua de salida de la caldera es vapor saturado, es decir, en equilibrio con el agua líquida a la presión de trabajo. El vapor saturado es idóneo para calefacción, ya que está listo para ceder el calor latente de condensación, licuándose en un serpentín o camisa exterior de calefacción de una determinada unidad de proceso.

Para el proceso a realizar las calderas deberán suministrar la suficiente cantidad de vapor a los siguientes aparatos: el túnel de lavado, secadoras secuenciales, secadoras rotativas, calandras y lavadora en seco.

La alimentación del agua a la caldera, se hará desde el tanque de alimentación, que tendrá conectado un sistema de bombas para suministrar el agua a la caldera a la presión necesaria. Dicho tanque dispondrá de un desgasificador, para eliminar el aire y gases disueltos en el agua, que se encuentren en el interior del tanque. A este desgasificador vendrá a conectarse, la red de condensados, la tubería de alimentación procedente del descalcificador y la tubería del tanque de revaporizado de la purga de lodos de la caldera.

En el tanque de alimentación se alcanzará la temperatura aproximada de 105°C, que será la temperatura del agua de alimentación a la caldera, con esto se consigue un ahorro energético.

Previamente, antes de llegar el agua al tanque de alimentación, el agua será tratada mediante un descalcificador, ya que con este tratamiento se consigue una mayor vida de la instalación y una mayor pureza del agua, eliminando las posibles sales, que pueden producir incrustaciones.

El vapor producido es conducido a un colector de alta presión, desde donde se distribuye mediante tubos de alta presión (SCH 40) fabricados con acero al carbono de calidad estructural, a los distintos aparatos consumidores.

El vapor saturado, al avanzar por las tuberías hasta el punto de utilización, sufre pérdidas de calor al ambiente que se traducen en una condensación parcial en forma de microscópicas gotas de agua que acompañan al vapor, formando una neblina.

El resultado es el denominado vapor húmedo. En realidad, se puede considerar que todo vapor saturado que abandona la caldera empieza, en mayor o menor grado, a ser vapor húmedo. La entalpía específica del vapor húmedo (y por tanto su capacidad calefactora), disminuyen con el aumento de la fracción condensada.

Las tuberías se dispondrán sobre unos soportes que garanticen tanto la sustentación de dichas tuberías, como los esfuerzos que pudiesen producirse debido a las dilataciones, contracciones y posibles golpes de ariete.

Para evitar que los esfuerzos de las dilataciones graviten sobre aparatos como la caldera, bombas o aparatos consumidores, se preverán puntos fijos en las tuberías con el fin de descargar totalmente de solicitaciones a aquellos. El resto de los

soportes serán de carácter deslizante para que el trabajo de dilatación sea absorbido por los dilatadores.

Con el fin de reducir la condensación del vapor durante su transporte se aislarán las tuberías, aunque la condensación nunca se puede evitar completamente.

Y para obtener una buena circulación de los condensados, las tuberías se deberán instalar con una ligera pendiente hacia los puntos donde se han eliminar los condensados.

La red de condensados dispondrá de purgadores y se deberá llevar un control de los mismos, ya que estos son una pieza importante dentro de la instalación.

Los purgadores evacuan el condensado a un colector de purga que llevará los condensados, bien directamente al desgasificador, o bien a un tanque de revaporizado donde se produce la expansión, pasando parte del líquido a vapor. El revaporizado formado se aprovecha para los siguientes aparatos donde la presión es menor.

Con una buena red de condensados evitamos que la planta de tratamiento de agua trabaje menos, ya que dicho condensado calentará el agua de alimentación, con lo que se consigue un ahorro energético y un mayor rendimiento energético de la instalación, de ahí la importancia de tener una buena red de recogida de condensados.

Las calderas se dotarán de un sistema automático de purga de sales, las cuales antes de ser vertidas al desagüe, son sometidas a un proceso de expansión en un tanque de revaporizado, para aprovechar el calor de expansión, el revaporizado formado será enviado al tanque de alimentación, permitiendo de esta forma el precalentamiento del agua de alimentación.

Las purgas de lodos de las calderas serán igualmente enfriadas antes de proceder a su vertido evitando así descargas peligrosas para los operarios.

Las máquinas receptoras son alimentadas desde la red de distribución de vapor que discurre por los pasillos de la misma, a una altura de 4,00 m sobre el suelo de la sala.

También la red de condensados se situará a la misma altura que la red de distribución de vapor.

1.4.- Elementos generales de la instalación.

Distribuidor.

Comprende la canalización entre el generador de vapor y el arranque de las derivaciones hasta los puntos de consumo. Cuando existan varias canalizaciones próximas que alimenten a equipos que trabajen a la misma presión, el arranque de aquellas se efectuará en un colector común alimentado por el distribuidor.

Derivaciones y ramales.

Las derivaciones son las conducciones que parten del distribuidor o de un colector y alimentan a los aparatos de consumo directamente a través de ramales finales.

Purgadores.

Se trata de dispositivos para la evacuación de condensados en canalizaciones, estaciones reductoras de presión, estaciones reguladoras de temperatura y aparatos utilizadores.

Los instalados en los aparatos utilizadores se colocarán delante de los mismos cuando éstos se utilicen directamente y detrás cuando la utilización sea indirecta.

Para la evacuación de condensados en las canalizaciones, se intercalará entre la canalización de vapor y la tubería de evacuación, un drenaje, fijada a la generatriz inferior de aquélla.

Estaciones reductoras de presión.

Se dispondrán en tramos horizontales las canalizaciones que alimenten aquellos equipos de vapor cuya presión sea inferior a la del generador. Para equipos de consumo próximo entre sí y alimentado desde un mismo colector, cuyas presiones de utilización coincidan, se utilizará una sola estación reductora colocada delante del colector.

Red de retorno de condensados.

Se denomina así al conjunto de canalizaciones de evacuación de condensados desde los puntos de purga hasta el depósito de recogida de condensados. En esta canalización se evitará, siempre que sea posible, los tramos verticales ascendentes.

Válvulas de seguridad.

Se instalarán para evitar sobrepresiones accidentales que puedan deteriorar la instalación. La tubería de descarga podrá verter directamente a la atmósfera cuando no exista la posibilidad de que la descarga de vapor, en caso de entrada en funcionamiento de la válvula, pueda producir daños a personas, en caso contrario, el escape se conducirá, mediante una canalización adecuada, a la red de saneamiento.

1.5.- Cálculo de la demanda.

1.5.1.- Elección de la caldera.

El consumo de vapor de la maquinaria que se utiliza en el proceso, ha sido facilitado por los fabricantes, tanto su flujo másico, presiones de trabajo y demás características propias de cada equipo.

Las necesidades a satisfacer, para nuestra producción de vapor, son de 5.011 kg/h de vapor, como se puede observar en la tabla adjunta:

<i>Maquinaria</i>	<i>Caudal vapor (kg/h).</i>	<i>Presión Vapor (bar)</i>	<i>Nº Aparatos</i>	
Calandra	840	12	2	1680
Túnel de Lavado	1.000	2-6	1	1.000
Secadoras Secuenciales	500	10	4	2000
Secadoras Rotativas				
STI-22	64,26	8,6	2	128,52
STI-45	202,2	8,6	1	202,2
Producción Total de Vapor:				5.010,72 kg/h

Para cubrir la demanda de vapor, por una posible ampliación de la producción, se ha considerado un coeficiente de mayoración del 25% sobre la demanda inicialmente prevista.

Así mismo, y con objeto de tener en cuenta posibles fugas eventuales, se ha aplicado un coeficiente de mayoración estimado en el 15% del vapor generado.

La cantidad de vapor que se debe producir es:

$$5.000 \text{ kg/h} * 1,25 * 1,15 = \mathbf{7.187,5 \text{ kg/h.}}$$

Para ello se ha dispuesto de una caldera que será capaz de suministrar aproximadamente unos 8.000 kg/h, y una potencia térmica útil de 5.240 kW.

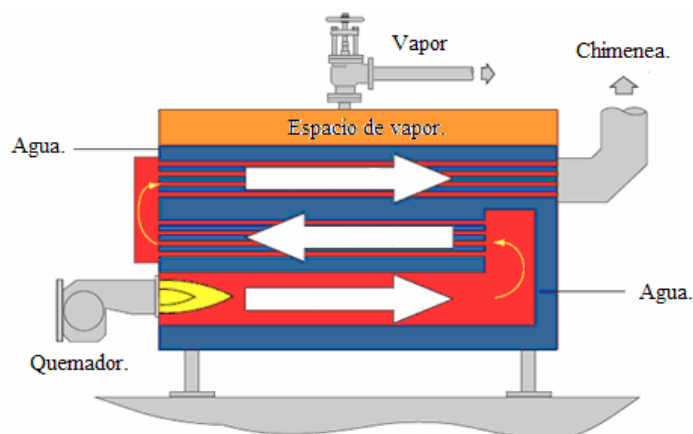
La caldera elegida es de la marca VIESSMAN-Vitomax 200 HS (M235), con sus respectivos quemadores. Estos están diseñados para la atomización a presión del combustible, y con controles modular, con funcionamiento automático, capaz de quemar desde fuel-oil, a gasóleo, gas, etc, con encendido por chispa directa.



Los quemadores serán elegidos en el apartado del anexo de instalación de combustibles.

La caldera a utilizar es del tipo acuotubulares, de cámara de horizontal, y de tres pasos de humo, donde existen dos serpentines concéntricos. Los gases de escape, los calientan durante tres recorridos en distinto sentido, antes de salir a la chimenea, según tipología similar a la figura adjunta. Los gases de combustión pasan por fuera de los tubos de la caldera y el agua por el interior de ellos.

Representación de una sección de la caldera.



La caldera dispone de:

- Una bomba de combustible rotativa y accionada por engranajes.
- Ventilador de tiro forzado.
- Motor acoplado directo por medio de bridas.

La clasificación de la caldera a los efectos del Reglamento de Aparatos a Presión e ITC, en el Art 7º del citado Reglamento indica; son de categoría "B" aquellas calderas en que el producto de la Presión por Volumen están dentro de este rango.

Donde:

V: es el volumen en m^3 de agua a nivel medio.

P: es la presión efectiva máxima de servicio en la instalación, en kg/cm^2

	Volumen (m^3)	Presión. (kg/cm^2)	VxP	Categoría.
Caldera	16,1	13	209,3	B

Toda caldera de tipo de instalación interior, perteneciente a la categoría B de esta instrucción, dispondrá de una sala propia en donde sólo podrán instalarse las máquinas y aparatos correspondientes a sus servicios, así como los elementos productores o impulsores de los fluidos necesarios para el funcionamiento de la industria, y siempre que no supongan un aumento del riesgo y sean manejados por el mismo personal encargado de la caldera.

Toda la instalación así como los equipos cumplirán con las prescripciones establecidas en el Reglamento de Aparatos a Presión e ITC que les afecten.

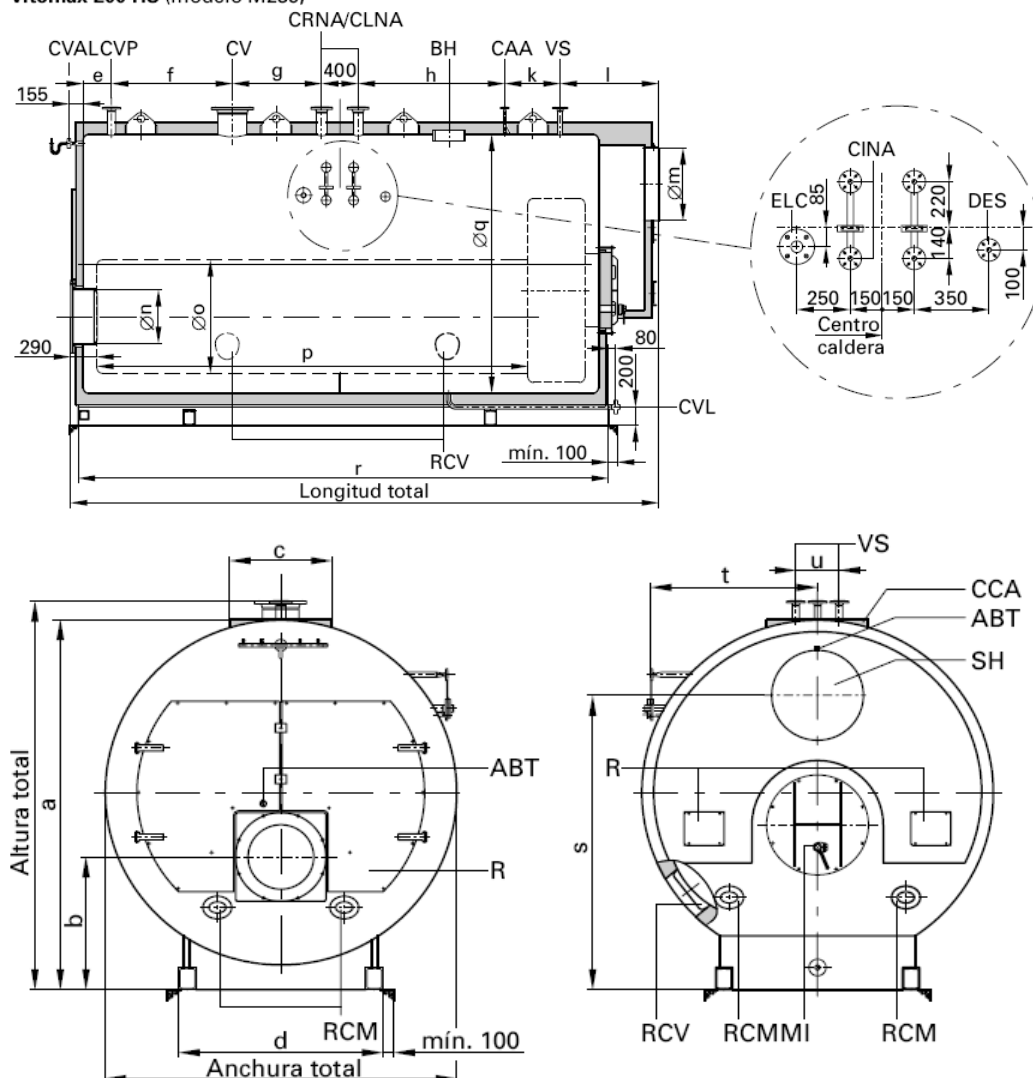
Las calderas poseen un dispositivo de paro automático para el caso de que falle el abasto de agua o de combustible, por lo que no se correrá peligro en el caso de que se atasque el flotador del tanque nodriza, o no se arranque la bomba de combustible.

Los equipos que se instalen dispondrán de registros tipos y la ejecución de las instalaciones se realizará por instaladores debidamente autorizados.

La instalación y aparatos serán sometidos a las inspecciones y pruebas establecidas en el Art. 14º (MIE-AP1), antes de su puesta en servicio, extendiéndose los correspondientes certificados con el resultado de las mismas.

Ficha técnica de la caldera

Vitomax 200 HS (modelo M235)



A Punto medio de la caldera

CH Conexión de humos

CVAL Conexión DN 20 PN 40 regulador de presión, presostato y manómetro

CVL Conexión DN 40 PN 40 para válvula de purga de lodos

CV Conexión para el vapor

CVP Conexión DN 15 PN 40 para la válvula de purga de aire

DES Conexión DN 20 PN 40 para válvula de purga de sales

RCM Registro de control manual

CCA Cubierta de la caldera

RCV Registro de control visual

PCA Puerta de la caldera

ELC Conexión DN 50 PN 40 del electrodo de conductividad

ABT Abertura de toma para indicador de temperatura de humos

BH Boca de hombre

NMA Nivel mínimo de agua

R Registro de limpieza

MI Mirilla de inspección

CVS Conexión para válvula de seguridad

CAA Conexión del agua de alimentación

LNA Conexión DN 100 PN 40 para el limitador del nivel de agua

RNA Conexión DN 100 PN 40 para el regulador del nivel de agua

INA Conexión DN 20 PN 40 para el indicador óptico del nivel de agua

Indicación

En la figura se reproduce la versión estándar. Si se desea, se puede montar la caldera de forma simétrica al otro lado del eje Z-Z.

1.5.2.- Accesorios y aberturas.

Válvulas.

Deberán llevar troqueladas la presión nominal para la que haya sido construida.

Manómetros y termómetros.

Los manómetros estarán montados sobre un grifo de tres direcciones con una placa brida de 40 mm de diámetro para sujetar en ella el manómetro patrón con el que deben realizar las pruebas. Los manómetros instalados serán de la clase 0,5.

Dispositivos de drenaje, purgas a presión y aireación.

Las calderas dispondrán además de los correspondientes dispositivos de drenaje y de aireación, purgadores de presión. En las tuberías de drenaje se colocará una válvula de cierre. En cada tubería de purga o de extracción de lodo se

instalará una válvula de interrupción, colocándose a continuación una válvula de apertura rápida por palanca. El sistema de aireación bastará con colocar una válvula de cierre.

Abertura.

Las calderas contarán con las aberturas necesarias para proceder a su limpieza, mantenimiento e inspecciones pertinentes.

Prescripciones de seguridad para calderas de vapor saturado según el Art. 15 (MIE-AP1).

Válvulas de seguridad.

Todas las válvulas de seguridad instaladas serán de resorte y estarán provistas de mecanismo de apertura manual y regulación precintable, debiéndose cumplir la condición de que la elevación de la válvula deberá ser ayudada por la presión del vapor evacuado.

Dichas válvulas son las encargadas de dar salida a todo el vapor producido en régimen máximo, sin que el aumento de presión en el interior de la caldera exceda del 10% de la presión del recinto.

Las válvulas de seguridad cumplirán las disposiciones constructivas y de calidad recogidas en la norma UNE 9-100.

Válvula del circuito de alimentación.

La tubería de alimentación de agua desde la bomba dispondrá de dos válvulas de retención, una de estas se situará muy cerca de la caldera y la otra se colocará a la salida de la bomba. La válvula de retención situada junto a la caldera llevará, entre esta y dicha válvula, una válvula de interrupción que pueda aislar la caldera de la tubería de alimentación.

Válvulas del circuito de vapor.

Se dispondrá además de la pertinente válvula de interrupción, una válvula de retención. La válvula de interrupción será de cierre lento, fácil de maniobrar y de husillo exterior. La velocidad de salida del vapor a través de ella será como máximo de 40 m/s, para el vapor saturado.

1.5.3.- Sala de caldera.

La sala de calderas tiene dimensiones suficientes para que todas las operaciones de mantenimiento, inspección y conservación se efectúen en condiciones de seguridad. La superficie será de 107,4 m².

En la sala no se permitirá el almacenamiento de productos combustibles, con la excepción del depósito nodriza de combustibles para las calderas, ni la ubicación de cualquier otro producto o aparato cuya reglamentación específica así lo prohíba.

Puesto que dicha sala dispone de una caldera de categoría B, bastará con una única salida para la evacuación de la misma, ya que esta caldera estará ubicada en una sala independiente. La salida será de fácil acceso.

Las puertas serán metálicas y macizas, con unas dimensiones máximas de 1,20m de ancho por 2,10m de alto. La apertura de las mismas se realizará hacia el exterior de la sala. Según el Art.9º. (MIE-AP1) de la instrucción referida, sobre Seguridad de las salas de calderas, y concretamente en salas de calderas de categoría B, se dispondrá de puertas accesibles únicamente a personal autorizado.

En la entrada principal a dicha sala habrá un cartel, que sea visible y que pondrá "Sala de maquinas". Y otro cartel con "Prohibido la entrada a toda persona ajena al servicio".

La sala dispondrá de una puerta de paneles, cuya medida son 7,5 m x 3,0 m para el mantenimiento de las calderas, ya que se necesita una zona libre delante de la caldera, para poder sacar la cámara de la caldera.

Uno de los paneles dispondrá de una puerta de fácil acceso, ya antes descrita.

En lugar fácilmente visible de la sala o recinto de calderas se colocará un cuadro con las instrucciones para casos de emergencia, así como un manual de funcionamiento de las calderas allí instaladas.

Recomendaciones del fabricante para la disposición de la caldera:

La dimensión “a” dependerá de la producción de vapor de cada caldera, siendo de 2.910 mm para nuestra caldera.

La separación tomada, es aquella más restrictiva entre la normativa aplicada y la que recomienda el fabricante.

Ventilación.

La ventilación de la sala de calderas se realiza a través de aberturas permanentes ampliamente dimensionadas ubicadas en la parte inferior y superior de la fachada de acceso.

La sala de calderas deberá disponer en su parte inferior unas aberturas, cuya sección total vendrá dada por la expresión:

$$S_1=Q/500 \text{ (en cm}^2\text{)}$$

Siendo Q: la potencia calorífica total instalada en los equipos de combustión en kcal/h.

En la parte superior de la pared que da al exterior, se colocará una abertura para la salida de aire, cuya sección total vendrá dada por la expresión:

$$S_2=S_1/2 \text{ (en cm}^2\text{)}$$

Se obtiene una sección de:

$$S_1=4,067.788/500= 8135,576 \text{ cm}^2= 0,8136\text{m}^2$$

La salida de aire de la sala de calderas se realiza mediante amplias aberturas que totalizan 2,2 m².

Se dispondrán rejillas:

En la parte inferior: 2 de 1m x 0,8m

En la parte superior: 2 de 0,75m x 0,5m

Las secciones obtenidas hacen referencia exclusivamente al área libre de la rejilla cualquiera que sea la forma o material de la misma o protección situada sobre la abertura de acceso libre.

Iluminación.

Se dispondrá de la suficiente iluminación, para las labores de mantenimiento, inspección y conservación de la maquinaria y accesorios. Siendo 300 luxes lo mínimo, y con iluminación estanca.

Instalación eléctrica.

Junto a la puerta de entrada y de una manera totalmente accesible se ha dispuesto la instalación del cuadro general, en el que se diferenciará el interruptor general de la instalación del interruptor de alumbrado.

De acuerdo con la MI-BT.027, punto 5, “Instalaciones en Locales a Temperatura Elevada”, se dispondrá conductores aislados con materias elásticas o elastómeros, empleándose conductores 1 KV.

La intensidad máxima a considerar en estos conductores viene limitada por la temperatura ambiente. Suponiendo una temperatura máxima en la sala de calderas de 45°C.

-93% de la intensidad máxima admisible en condiciones normales (MI-BT.017), si el conductor está instalado con PVC.

-95% de la intensidad máxima en condiciones normales si el conductor está aislado con goma butílica o polietileno.

Según el Art. 21º. MIE-AP1, con el fin de evitar tensiones eléctricas parásitas, trastornos por retornos eléctricos, electricidad estática y otros fenómenos análogos, tanto la caldera como su equipo de combustión y el cuadro de maniobra deberá disponer de conexiones a masa para reducir su potencial a cero.

Fuera de la sala de calderas, en un lugar de fácil acceso y sin peligro, se ha previsto la instalación de un interruptor mediante el cual puede desconectarse toda la instalación eléctrica de la sala de calderas en caso de fuego o de cualquier perturbación que pueda ser peligrosa. (MI-BT.026). La iluminación de emergencia no será desconectada por el interruptor anterior.

Justificación del cumplimiento de la ITC-MIE AP2 de tuberías para fluidos relativos a calderas:

El diseño y la instalación de las tuberías de esta instalación se realizarán conforme a lo prescrito en la MIE-AP2 y especialmente a lo indicado en los Art. 4º y 5º.

Se utilizarán tubos de alta presión (SCH 40) fabricados con acero al carbono, según normas ASTM, UNE u otra norma internacionalmente reconocida y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño. Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como temperatura de diseño la máxima del fluido a transportar y como presión la máxima total en la instalación, que será igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad instaladas en la caldera y en el equipo reductor de presión.

En nuestro caso las tuberías son de acero y las presiones y temperaturas de salida de vapor son respectivamente 13 bar y 190°C, perfectamente soportables por los tubos, juntas y accesorios, características garantizadas por el fabricante o proveedor

Las tuberías han sido calculadas de forma que los diámetros dan lugar a unas velocidades de circulación inferiores a los indicados en el punto 2 del Art. 5º. (MIE-AP2) de la norma. Las velocidades máximas de circulación para el vapor saturado es de 50 m/s

Las uniones son embridadas, con bridas conforme a las norma UNE.

Las tuberías discurrirán en ejecución aérea y fácilmente accesibles. Con el fin de eliminar al mínimo las pérdidas caloríficas, todas las tuberías están convenientemente aisladas con lana de vidrio y con forro de aluminio. Dispondrán de dilatadores adecuados, calculados según la norma UNE 100156 y se evitarán la transmisión de esfuerzos sobre los aparatos.

La instalación reductora de presión en el circuito de vapor dispondrá de los siguientes elementos:

- Manómetro con tubo sifón y grifo de tres direcciones según Art.11º (MIE-AP1), situadas antes y después de la válvula reductora.

- Válvula de seguridad se situará después de la válvula reductora, capaz de evacuar el caudal máximo de vapor que permite la conducción sobre la que se encuentra y tarado a la presión reducida máxima de servicio más un 10 por 100 como máximo.

La caldera estará conectada a un colector por lo que dicho colector dispone de sistema de purga de condensados y una válvula de retención que impiden el paso del vapor. El diámetro del colector vendrá dado por la suma de los diámetros de los ramales que van a estos dos aparatos, y multiplicando dicha suma por 1,5.

$$D_{\text{Colector}} = 1,5 \times S_{\text{di}}$$

Las tuberías que van de la caldera al colector, dispondrán sobre esta tubería, una válvula de interrupción y una de retención capaces de interrumpir la salida del vapor hacia el colector.

La válvula de interrupción será de cierre lento, fácilmente maniobrable y de husillo exterior, no sobrepasando la velocidad de 40 m/s por tratarse de vapor saturado.

Para su identificación según el Art. 9º. (MIE-AP2.), las canalizaciones de la red de distribución se pintarán en rojo, las de la red de retorno de condensados de color verde con banda amarilla y las de descarga de las válvulas de seguridad de color rojo con banda verde.

En cuanto a la eliminación de gases de combustión, se han dispuesto de las convenientes chimeneas, de cuyo dimensionamiento se estará a lo indicado por el fabricante de las calderas, dado que dependen de las características de salida de gases de dichos aparatos, y de las condiciones de temperaturas consideradas.

1.6.- Tratamiento del agua de la alimentación de la caldera.

El contenido de sustancias corrosivas, en el agua de alimentación antes de su entrada en la caldera debe ser lo más bajo que sea posible.

El objetivo del acondicionamiento del agua.

Los fines principales perseguidos con el tratamiento del agua de alimentación son los siguientes:

1. Impedir la formación de incrustaciones en los circuitos de alimentación y de las calderas.
2. Controlar la formación de fango (lodos) y el total de cuerpos sólidos disueltos en la caldera.
3. Impedir la corrosión de los circuitos de alimentación y de las calderas.
4. Evitar los arrastres en el vapor de las calderas.
5. Neutralizar los gases que pudieran quedar en el agua de alimentación.

Todo esto es necesario, entre otras cosas para:

1. Evitar la formación de incrustaciones sobre las superficies de calentamiento del agua.
2. Proteger contra la corrosión los metales de las calderas, recuperadores y tuberías.

Los descalcificadores de agua, son muy recomendados para aquellos lugares es donde la dureza de agua, contiene muchas sales y minerales, lo que implica muchas desventajas en los servicios de lavandería, ya que requiere el uso de jabón en exceso, obligando a gastar dos o tres veces más en jabones, detergentes y químicos de limpieza.

Las tuberías continuamente se saturan muy rápido y ocasiona que los calentadores de agua, las lavadoras y demás equipos de la lavandería se dañen rápido o su vida sea muy corta.

Para evaluar las características del agua de calderas, es decir, los parámetros que se deben determinar en cada uno de los análisis efectuados, se toma como referencia la norma UNE-9075-85.

Esta norma tiene por objeto indicar los límites recomendables en las características del agua de alimentación y del agua del interior de las calderas acuotubulares y pirotubulares, para evitar la corrosión, la fragilidad cáustica, los depósitos de incrustaciones sobre las superficies metálicas, y los arrastres en el vapor.

Principales impurezas del agua y sus efectos según la norma UNE-9075-85

<i>Impureza</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Forma</i>	<i>Efectos</i>
Dióxido de carbono	CO ₂	Gas	Corrosión
Oxígeno	O ₂	Gas	Corrosión
Materias en suspensión		Sólidos no disueltos (Turbiedad)	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Materia orgánica		Sólidos disueltos y no disueltos.	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Aceite		Coloidal	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Acidez	H ⁺		Corrosión
Dureza	Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺	Sales disueltas	Incrustaciones
Alcalinidad	CO ₃ , OH ⁻	Sales disueltas	Espumas, arrastres en el vapor, desprendimiento de CO ₂ , fragilidad cáustica.
Salinidad		Sales disueltas	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Sulfatos	SO ₄ ⁻	Sales disueltas	Aumento salinidad, con Ca ⁺⁺ forma incrustaciones muy duras
Cloruros	Cl ⁻	Sales disueltas	Aumento salinidad y corrosividad
Sílice	SiO ₂	Sales disueltas, a veces coloidal.	Incrustaciones y depósitos sobre turbinas u otros aparatos utilizadores
Hierro Manganeso	Fe, Mn	Sales disueltas o insolubles	Depósitos
Cobre	Cu	Sales disueltas o insolubles	Depósitos y corrosión.

Se ha utilizado para la obtención de vapor calderas acuotubulares, como se ha descrito con anterioridad.

En la siguiente tabla se dan los límites para el agua de alimentación para las calderas acuotubulares.

Presión		Salinidad	Alcalinidad	Sólidos en	pH	Fosfatos	Sílice ₃
Mpa	bar	en caldera ₁	total ₂	suspensión		mg/l de P ₂ O ₅ ³	mg/l de SiO ₂
		mg/l (max.)	mg/l (max.)	mg/l (max.)	a 20°C	(max.)	(max.)
Calderas de circulación natural y asistida							
< 1,96	< 20	3500	700	150	9,5 a 11	25	140
2,06 a 3,14	21 a 32	3000	600	100		25	50
3,24 a 3,92	33 a 40	2500	500	80		10	50
4,02 a 5,20	41 a 53	2000	400	60		10	50
5,29 a 6,28	54 a 64	1500	300	40		10	10
6,37 a 6,86	65 a 70	1250	250	20		3	10
6,96 a 12,35	71 a 126	100	100	10	9,5 a 10,5	3	4
12,45 a 16,18	127 a 165	50	40	ausencia			
16,27 a 17,65	166 a 180	25	10	ausencia			
17,74 a 19,90	181 a 203	15	2	ausencia			
Calderas de circulación forzada							
> 9,60	> 98	0,05	ausencia	ausencia	9,5 a 10,5	3	4
Calderas de vaporización instantánea de circulación forzada							
< 1,96	< 20	2000	400	100	-	-	140
1,96 a 3,92	20 a 40	1000	200	50	-	-	50

1) Los valores reales hasta este límite dependerán de la salinidad del agua de alimentación y de la calidad del vapor deseado.

2) Los valores reales serán directamente proporcionales a los valores de salinidad del agua dentro de la caldera.

3) Estos valores se ajustarán en función de la calidad del vapor requerido.

El análisis de esta agua ha sido facilitado por la empresa de suministro de agua "ELMASA".

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Conductividad eléctrica a 25°C	µS/cm	2,67
pH	Unidades de pH	8,25
Amonio	mg/l NH ₄	0
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0
Cloro libre	mg/l Cl ₂	0,55
Temperatura	°C	18,6
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0
Turbidez	N.T.U.	< 0,5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	4,5
Color	mg/l Pt/Co	< 5
Cadmio	µg/l Cd	0
Mercurio	µg/l Hg	0
Níquel	µg/l Ni	200
Plomo	µg/l Pb	50
Zinc	µg/l	24
Hierro	mg/l Fe	0,03
Olor	índice de dilución	0
Manganeso	µg/l	10
Anhidrido carbónico total	mg/l CO ₂	173,15
Cromo	µg/l Cr	33
SAR		9,4
Anhidrido carbónico libre	mg/l CO ₂	2,2
pH equilibrio	Unidades de pH	7,57
Silice	mg/l SiO ₂	57,6
TA	°F	0
Magnesio	mg/l Mg	54,5
Sodio	mg/l Na	412
Potasio	mg/l K	22,64
Sulfatos	mg/l SO ₄	189,16
Fluor	mg/l F	0,84
Nitritos	mg/l NO ₂	0
Nitratos	mg/l NO ₃	10,86
Fosfatos	mg/l PO ₄	0,02
Dureza	mg/l Ca	146,53
Dureza	°F	36,56
Calcio	mg/l Ca	56,66
Índice de saturación		0,68
TAC	°F	19,6

Boro	µg/l B	1093
Cobalto	µg/l Co	7
Cobre	µg/l Cu	19
HD	mg/l	4,6
S.E.C.	mg/l	13,8
Cloruros	mg/l Cl	649,32
Carbonatos	mg/l CO ₃	0
STD estimados	mg/l	1635,18
Factor		0,61
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	239,18
Hidróxilos	mg/l OH	0

De dicha tabla tomaremos aquellos valores que sean necesarios para justificar el tratamiento adecuado para la alimentación de las calderas.

Con el análisis obtenido del agua, no es necesario la implantación de un descalcificador, pero conocida sus ventajas, se ha optado por instalarlo.

1.6.1.- Descalcificador.

Es necesario que el agua que se introduzca en la caldera sea debidamente tratada y acondicionada para que sus características sean concordantes con las indicadas en la norma UNE.

Los descalcificadores son aparatos que permiten sustituir los iones minerales incrustantes por iones solubles en el agua.

Este equipo consta de dos tanques, uno donde se coloca la resina catiónica, y otro donde se deposita la salmuera. Para llevar a cabo dicha transformación se utilizan productos tales como **resinas a base de poliestireno** formadas por pequeñas esferas de 0,3 mm de diámetro que tienen la propiedad de cambiar los iones de calcio y magnesio (cales) por iones de sodio, solubles en agua.

Para regenerar estos aparatos no es necesario sustituir la resina que, prácticamente, tiene una duración indefinida, sino que basta con circular salmuera (cloruro sódico). La regeneración del descalcificador se efectúa de manera completamente automática por el impulso de un temporizador debidamente programado o por el impulso de un aparato volumétrico. Una vez regenerado, el aparato se vuelve a poner en servicio automáticamente y puede volver a dar servicio durante un nuevo ciclo; se entiende por ciclo de un aparato la cantidad de agua que este puede tratar en el intervalo de tiempo comprendido entre dos generaciones, y depende de la cantidad de resina que el aparato contiene y de la dureza del agua a tratar.

Este tipo de tanques también se utilizan para eliminar sustancias dañinas, como pueden ser el arsénico, flúor, hierro, etc. sólo se ha de colocar la resina adecuada.

El equipo se calcula en base al contenido de dureza y el consumo de agua requerido.

Descalcificador.

Marca Comercial: Erie-Aquatecnic.

Modelo: DFM 800 LT DUPLEX 3" o similar.

Serie diafragmas-dúplex (doble columna)

- 2 Tanques fabricados en poliamida (100% reciclable) y línea interior de copolímero (P.E.)
- Resina (Catiónica fuerte) de alto poder de intercambio.
- 2 Baterías de válvulas de diafragma Aquamatic serie K52 (para baterías de 1 ½", 2", 2 ½", y 3") y serie V42 (para baterías de 4")
- Inyector de P.V.C. y válvulas de purga.
- Programador (DSE) ERIE-MILLENIUM con autómata y pantalla informativa (de fácil programación y manejo), y stager de pilotaje.
- 2 Depósitos de polietileno de media densidad (calidad alimentaria), con falso fondo y válvulas de salmuera.
- Contador emisor de impulsos de alta sensibilidad y precisión.
- Posibilidad de pilotaje hidráulico o neumático.
- Presión mín/máx de trabajo: 2-6 bar.
- Temperatura máxima de trabajo: 40°.

Los equipos de descalcificación, deben trabajar con aguas cuyo contenido en ión Na⁺ sea inferior a 500 mg/l. Asimismo la dureza del agua, no debería exceder los 100°Hf.

Resina (capacidad- litros): 450

Poder de intercambio (m³ x°F): 2700

Ciclo en m³ (30° Hf): 90

Ciclo en m³ (35° Hf): 77

Ciclo en m³ (40° Hf): 67

Ciclo en m³ (45° Hf): 60

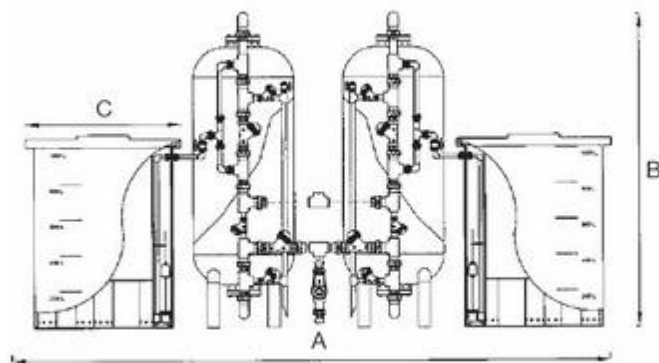
Ciclo en m³ (50° Hf): 54

Batería: 2 1/2"

F: Caudal m³

h : 24

Dimensiones (AxByC) (m): 3,78 x 2,20 x 1,09



1.6.2.- Desgasificadores.

Se conocen como desaireadores (desgasificadores) aquellos dispositivos mecánicos empleados para liberar los gases contenidos en el agua de alimentación (aire, oxígeno, anhídrido carbónico y otros gases) mediante calentamiento por vapor.

De acuerdo con las especificaciones de la Norma UNE-9075-85 relativas al agua de alimentación para las calderas, el contenido de O_2 disuelto en el agua debe ser nulo.

Un desgasificador térmico consiste en una cámara colocada sobre el tanque de alimentación de agua a la caldera, que contiene una serie de bandejas perforadas por las que cae el agua de alimentación introducida por su parte superior y circulada a contracorriente.

Esta lluvia de agua en finas gotas de vapor producido por la caldera o por el revaporizado de los condensados recogidos, logran con ello el calentamiento del agua y como consecuencia la separación del aire disuelto en el agua.

Para asegurar que la eliminación ha sido completa, se eleva la temperatura del agua hasta los 102 -105°C, por posibles restos de aire. El conjunto de desgasificador y depósito de alimentación deben estar cerrados y presurizados.

La salida del aire se realiza por la parte superior del desgasificador mediante una válvula de punzón que comunica con la atmósfera.

La instalación de un sistema de desgasificación térmica del agua de alimentación de una caldera ofrece las siguientes ventajas:

- Alimentación de agua a la caldera a 105°C, reduciendo los inconvenientes de los choques térmicos y las oscilaciones de presión en los casos de alimentación de agua del tipo Todo/Nada.

- Reducción del porcentaje de purgas a realizar en la caldera para mantener el contenido de sales disueltas según se especifica en la norma UNE-9075-85.
- Como consecuencia de lo anterior, reducción en la cantidad combustible consumido.
- Estos ahorros pueden alcanzar un valor a considerar y son función en cada caso de las condiciones particulares de cada instalación.

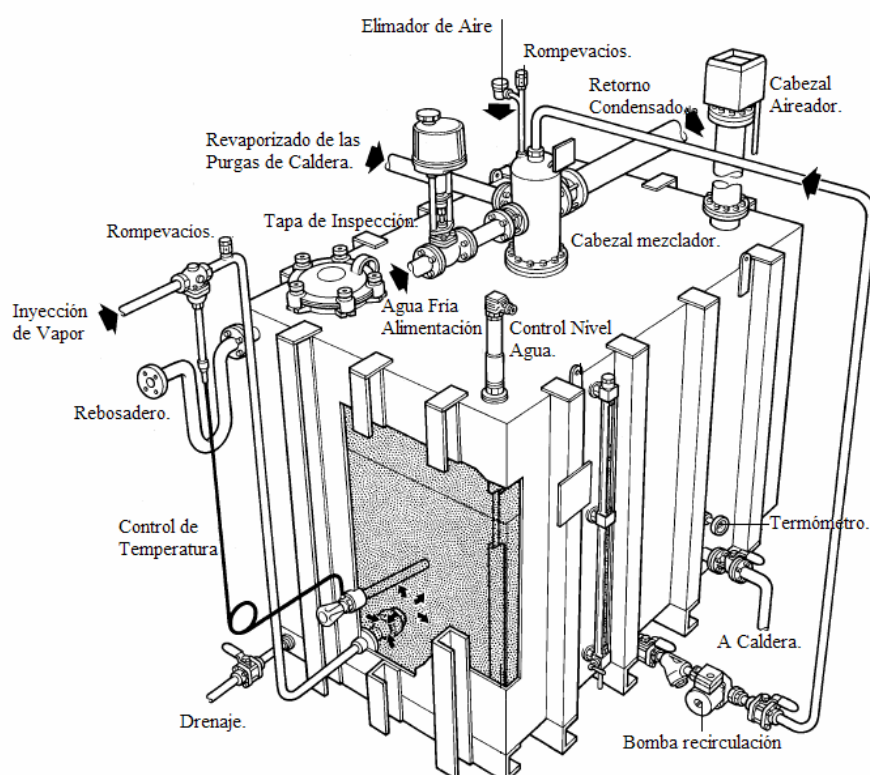
1.6.3.- Tanque de alimentación o condensados.

La temperatura de entrada del condensado al depósito se ha tomado la de saturación a 6 bar, $T_{sat} = 158^{\circ}\text{C}$.

Como el vapor va a estar en continuo movimiento, será suficiente colocar un depósito de $9\text{m}^3/\text{h}$, estos m^3 de agua a la hora, permitirán con su vertido en el depósito de agua tratada, aligerar el funcionamiento del descalcificador. El depósito tiene forma rectangular y tendrá unas dimensiones de 1,5 m de largo, 3 de ancho y 2 de alto.

Se ha dispuesto de un tanque de alimentación de la casa comercial Spirax Sarco.

Modelo: AI-P401-18 o similar.



Material.

El tanque está construido en acero inoxidable austenítico

Calorifugado.

Todo el tanque, incluyendo soportes externos y la abertura de inspección, deberán calorifugarse para conservar el calor (con la posible excepción de la cara inferior). La abertura de inspección debería ser calorifugada con tapa extraíble. Al seleccionar el aislamiento se tendrá en cuenta que tenga un bajo contenido en cloruros o sin cloruros. Esto es debido a que las fugas de cloruros del aislamiento en contacto con el acero inoxidable austenítico húmedo/mojado produce corrosiones.

Venteo.

Normalmente la tubería de aireación debe ser vertical hacia arriba y no deberá juntarse con otras líneas de aireación. Bajo ningún concepto se instalará una válvula de retención o de interrupción en la línea de aireación.

Rebosadero.

Deberá drenar siempre a un nivel inferior que el del tanque. No se montará nunca una válvula de retención o interrupción. Se colocará un sifón 'U' de 500mm de altura para evitar descargas de vapor al desagüe.

Drenaje.

Se montará con válvula de esfera o de globo.

Sistema de recirculación de agua.

Se instalará una primera válvula de interrupción del sistema entre el tanque y la bomba y tan cerca como sea posible del tanque.

Termómetro de esfera.

Se dispondrá de un termómetro de esfera para tener indicación visual de la temperatura y comprobar que el control de inyección funciona dentro de los límites de su calibración original.

1.6.4.- Tanque de purgas.

El tanque de purgas, es un recipiente a presión de alto riesgo, necesario en la operación de calderas de vapor. Un tanque que requiere de estricto apego a normas de fabricación por código.

En la caldera, el agua que queda en su interior va aumentando su salinidad, formando lodos que se depositan en sus partes bajas y espumas que se mantienen en la superficie de evaporación. Ambas consecuencias son perjudiciales a la caldera porque los lodos aumentan la suciedad interior de la caldera, dificultando la transmisión de calor y consiguiente pérdida del rendimiento y las espumas favorecen los arrastres de agua a la red de vapor.

Para la eliminación de lodos, las calderas disponen de válvulas de drenaje situadas en su parte inferior y para la eliminación de espumas, de válvulas de purga situadas unos 50mm por debajo del plano medio.

Como es lógico, a mayor cantidad de agua purgada menor posibilidad de lodos y espuma en la caldera, pero teniendo en cuenta que el agua que se purga se calienta a la temperatura correspondiente a la presión de servicio y calentar esta agua ha costado un dinero invertido en combustible, es necesario limitar las purgas al mínimo requerido.

La purga de lodos se ha de realizar por medio de las válvulas de drenaje en un periodo corto de tiempo.

Estas purgas de la caldera, van dirigidas a un tanque de revaporizado, donde se produce una expansión de la presión de alta a la presión de baja.

Dichos lodos se enfrían y pueden ser expulsados a la red de saneamiento.

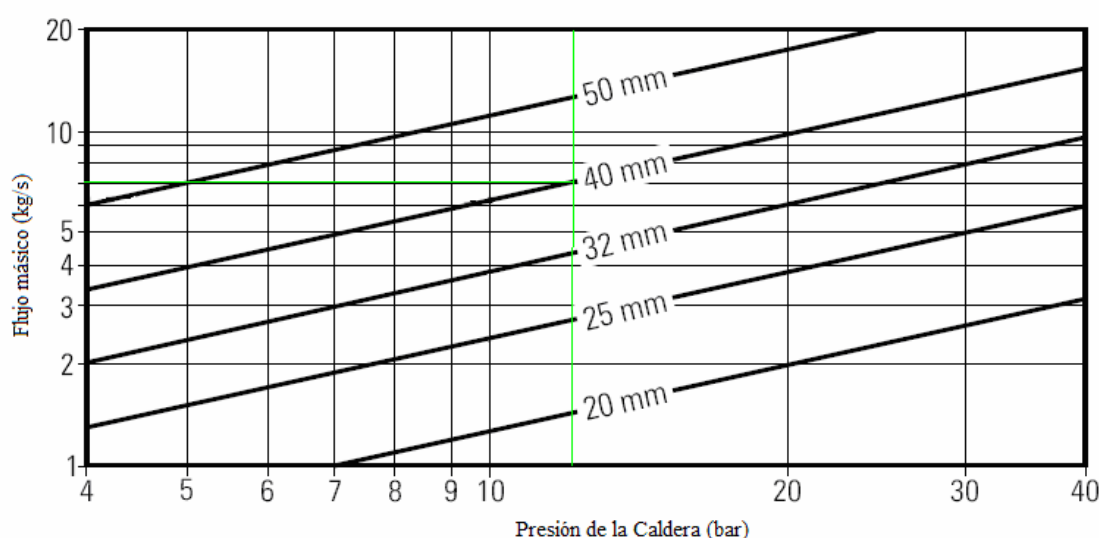
Por su salida superior, se expande el vapor caliente, el cual debe ser guiado al tanque de alimentación, para aprovecharlos.

Para el cálculo del diámetro de la tubería de purga del fondo de la caldera, se ha tenido en cuenta el método de la casa comercial Spirax Sarco.

El diámetro ha de ser lo suficientemente grande para que deje pasar los posibles lodos que se formen.

Una vez elegida el diámetro se obtiene el flujo másico. Estas purgas se hacen muy rápido y para que no se produzca excesivas pérdidas de calor.

Esta cantidad de vapor será llevado a un tanque de revaporización donde por medio de una expansión se produce revaporizado. Se forma un 21,5%, que será enviado al tanque de alimentación, donde este revaporizado calentará el agua. El condensado que se forma será evacuado a la red de saneamiento.



De la gráfica se obtiene que para una presión en la caldera de 13 bar, y un diámetro de 40mm, el flujo másico de vapor de purga es de 7 kg/s. Como la duración de estas purgas son de un tiempo corto, alrededor de 3 a 5 segundos, podemos decir que 21kg de agua salen de la caldera.

1.6.5.- Módulo economizador eco-sa.

Los circuitos de gases de combustión contienen un elevado nivel térmico con un alto potencial calorífico. El módulo economizador Stand Alone (ECO-SA) con una superficie de calefacción acoplada muy eficiente y de estructura compacta utiliza este potencial calorífico, ya que los gases salen a una temperatura aproximada de 260°C aproximadamente, para el precalentamiento del agua de alimentación, lo que aumenta la eficacia de las plantas con calderas.

Al mismo tiempo se reducen considerablemente los gases de escape, lo que minimiza el impacto medioambiental. Este módulo facilita sobremanera su montaje posterior en plantas ya existentes de calderas de vapor.

El economizador estará colocado en la sala de máquinas, por motivos de espacio, donde se le conectará la tubería de alimentación, para proceder al calentamiento de la misma, por medio de los gases de escape. Una vez que ha pasado por el economizador va directamente al tanque de alimentación, para su posterior paso a la caldera.

1.6.6.- Red de distribución de vapor.

La red de distribución de vapor es el conjunto de elementos que unen el generador de vapor y los equipos de consumo, y consta de los siguientes elementos:

- Red de tuberías principales y secundarias.
- Distribución general, soportes, anclajes, abrazaderas, juntas.
- Aislamientos térmicos.
- Válvulas reductoras de presión.
- Válvulas de Seguridad.
- Separadores de gotas.
- Purgadores.
- Red de retorno de condensados.

Purgadores.

La colocación de purgadores en los puntos de drenaje servirá para la evacuación del condensado, que debe hacerse sin pérdida de vapor.

Los puntos de instalación de estos purgadores serán en las zonas más bajas, que es donde el condensado tiene tendencia a acumularse.

Después de cada máquina se colocará un purgador de elevación, ya que la red de condensado está a altura.

Como la tubería de retorno del condensado está a presión superior a la atmosférica, se instalará una válvula de retención después del purgador.

Antes de cada purgador se colocará un filtro, para recoger todas las impurezas que lleva consigo el vapor, y así no obturar el purgador. Se tendrá periódicamente un control de los purgadores.

La conexión de la tubería de las máquinas a la red de condensados se hará por la parte superior, al igual que con la red de vapor.

Separadores de gotas.

El vapor arrastrará pequeñas gotas de agua, por lo que se instalarán separadores de gotas, que actúan al mismo tiempo, de colectores de condensado, obteniéndose un punto de drenaje.

Se colocará separadores de gotas cada cierto intervalo y en la entrada de cada equipo, para que el vapor sea lo más seco posible.

Las trampas deben ser instaladas lo más cerca posible de la unidad (de 1 a 1,5 metros para las termostáticas y termodinámicas y lo más cerca posible para las mecánicas)

Eliminador termostático o válvula de desaireación.

Para conseguir una buena separación del condensado, se deberá eliminar en la medida de lo posible el aire que hay en el interior de las tuberías.

Ya que este aire puede provocar:

- a. Descenso de temperatura del vapor.
- b. Peor transmisión de calor.
- c. Corrosión en los circuitos de condensado.

d. Bloqueo de purgadores.

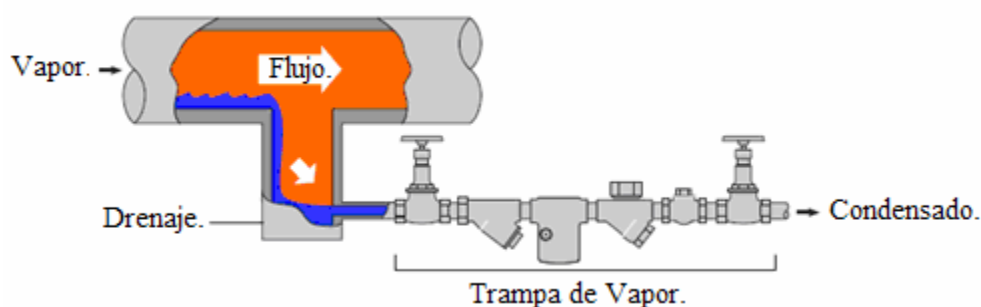
Este eliminador se abre para dejar salir el aire y se cierra cuando llega el vapor.

Cuando la instalación está fría, el eliminador permanece completamente abierto. Esto permite la salida a todo el aire, cuando se da vapor a la instalación. Tan pronto como llega el vapor, se dilata el elemento termostático del eliminador y la válvula se cierra automáticamente.

Intermitentemente, cuando el aire se ha separado del vapor por condensación de éste, enfría el elemento termostático, que se contrae y abre la válvula hasta que el vapor lo calienta de nuevo.

Puntos de drenaje.

Para que en los tramos largos la evacuación de los condensados se realice de forma rápida y segura, se dispondrá de la siguiente solución.

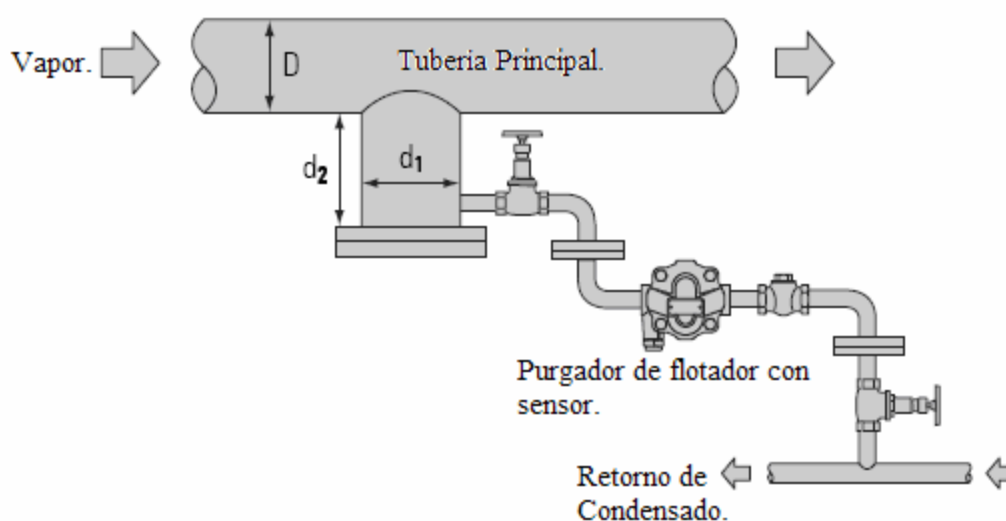


La parte inferior del drenaje puede ser abierto para su limpieza.

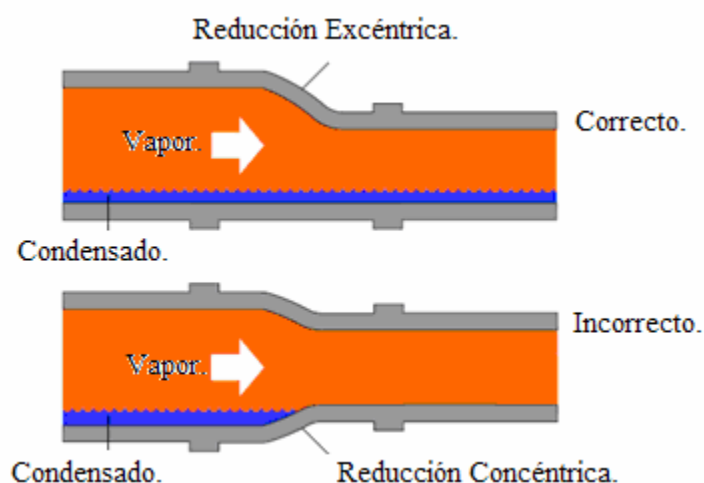
Dimensiones recomendadas para colocación de los drenajes.

<i>Diámetro Principal. -D</i>	<i>Diámetro Drenaje d1</i>	<i>Altura Drenaje d2</i>
< 100	$d1=D$	$d2=100$
125-200	$d1=100\text{mm}$	$d2=150$
>250	$d1>D/2$	$d2=D$

Valores de los diámetros



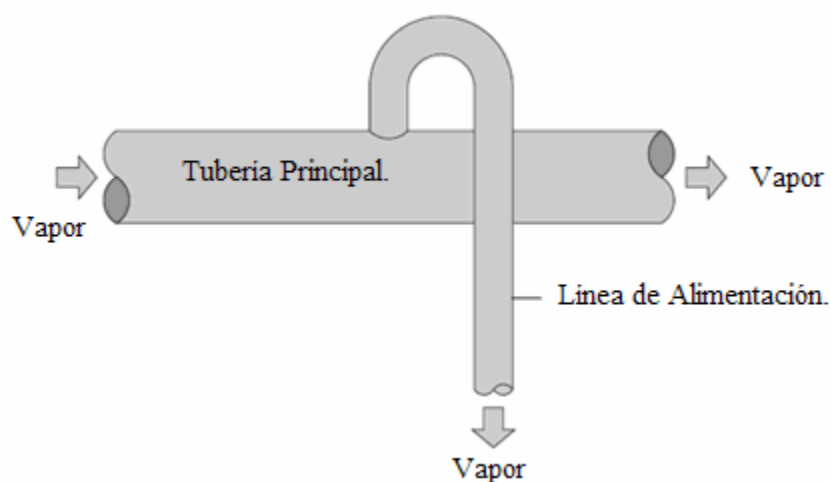
Las uniones de tuberías de distinto diámetro se harán excéntricas, así podrá circular mejor el condensado.



Reducciones.

Las tuberías de vapor, tendrán una pendiente en dirección del flujo.

La toma de las tuberías de alimentación de vapor que van a los equipos se harán de la siguiente manera, para que, en la medida de lo posible impedir que los condensados puedan dañar el equipo.



Conexión a la Tubería Principal

1.7.- Cálculo de la red de vapor.

El vapor es un fluido que circula a grandes velocidades, en comparación con otros fluidos líquidos, pero se estima que han de oscilar entre 20 y 50 m/seg. Para dichos cálculos se ha tomado la velocidad de 30 m/s.

Cuadro de Maquinaria con sus respectivos consumos y presiones.

Maquinaria	Caudal vapor (kg/h).	Presión Vapor (bar)	Nº Aparatos	
Calandra	840	12	2	1680
Túnel de Lavado	7.1.000		2-6	1 1000
Secadoras Secuenciales	500	10	4	2000
Secadoras Rotativas				

STI-22	64,26	8,6	2	128,52
STI-45	202,2	8,6	1	202,2

Producción Total de Vapor: 5.010,72 kg/h

Usando la fórmula:

$$V \text{ (m}^3/\text{s)} = m \text{ (kg/s)} \times v \text{ (m}^3/\text{kg)}$$

V=flujo volumétrico

m=caudal másico

v=volumen específico

$$\text{Velocidad vapor (m/s)} = v = \frac{\text{Flujo _ volumetrico}}{\text{Seccion - tubería}}$$

$$\text{Sección tubería} = \pi D^2/4 = V/v$$

De aquí se obtiene el diámetro para transportar la cantidad de vapor necesaria.

Para el cálculo de las pérdidas de presión se utilizará la siguiente fórmula, dada por la casa comercial Spirax Sarco.

Donde:

L: Longitud de la tubería. (m)

v: Volumen específico de vapor. (m³/kg)

m_v: Flujo másico. (kg/s)

D: Diámetro de la tubería. (mm)

1.7.1.- Aislamiento de tuberías.

La red de distribución de vapor es el conjunto de elementos que unen el generador de vapor y los equipos de consumo

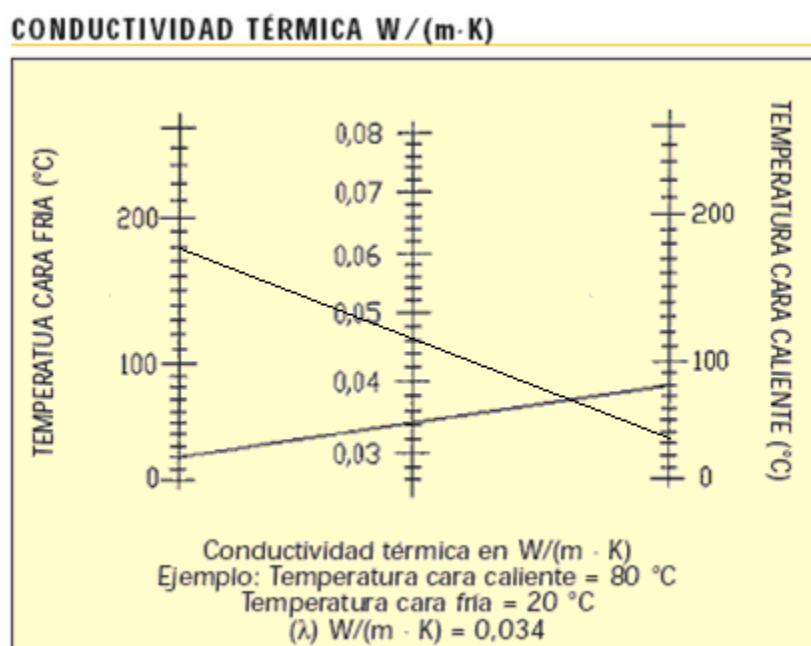
Los sistemas de vapor tienen pérdidas de energía que representa una ineficiencia, por lo que las tuberías deben ser aisladas para limitar dichas pérdidas. Independiente de la calidad o espesor del aislamiento, siempre habrá un nivel de pérdida de calor, y esto hará que el vapor se condense a lo largo del sistema principal.

El espesor del aislamiento en estas tuberías, será el máximo que garantice para las condiciones de uso de las tuberías más extremadas, que un operario al tocarlas, no se produzca daños por quemaduras, estimándose esta temperatura en 35°C como máximo, y además, que la pérdida de temperatura por enfriamiento, no haga condensar al vapor en el interior de la tubería por la que circula, para ello el aislamiento deberá estar pegado a la tubería.

El material del aislante será de lana de vidrio con forma cilíndrica y estructura concéntrica. Llevan practicada un corte en su generatriz para permitir su apertura y de esta forma su colocación sobre la tubería, irán provistas de un recubrimiento de aluminio reforzado con una lengüeta autoadhesiva que permite el fácil cierre.

El material es de la casa ISOBER denominado coquilla, con las siguientes características.

1. Reacción al fuego: Clasificado M0. (no combustible.)
2. Temperatura límite de empleo: Desde -30 °C hasta 250 °C en régimen continuo.
3. Comportamiento al agua: No hidrófilo.
4. Dilatación y contracción: Material totalmente estable.
5. Corrosión: No corrosivo. Según ASTM C-795 y C-877.1.



Aplicaremos la teoría de la transmisión del calor por convección, mediante la expresión:

Tubería sin aislamiento.

$$q/l = \frac{2 \cdot \pi \cdot (T_1 - T_3)}{\frac{1}{r_1 \cdot h_{\text{int.}}} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_{\text{acero.}}} + \frac{1}{r_2 \cdot h_{\text{ext.}}}}$$

Tubería con aislamiento.

$$q/l = \frac{2 \cdot \pi \cdot (T_1 - T_3)}{\frac{1}{r_1 \cdot h_{\text{int.}}} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_{\text{acero.}}} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_{\text{aislante.}}}}$$

Donde:

q/l = Calor transmitido por metro lineal (W/h.m)

T_1 = temperatura del vapor (°C)

T_3 = temperatura exterior del aislante

T_4 = temperatura ambiente.

r_1 = radio interno de la tubería (m)

r_2 = radio externo de la tubería (m)

r_3 = radio externo del aislamiento

h_{int} = coef. película vapor-acero (W/m^2K)

h_{ext} = coef. película tubería-aire

k_{acero} = conductividad del acero será; 58 $W/m.K$

$k_{aislante}$ = conductividad del aislante, que para lana de vidrio a utilizar, será de 0'046 $W/m.K$

Hallando h_{int} mediante:

$$H_i = N_u \cdot k / D$$

- N_u , número de Nusselt
- k ; conductividad del fluido interior o exterior, dependiendo del caso.
- D ; diámetro de la tubería.

1.7.2.- Dilatación de las tuberías.

Todos los tubos serán instalados a temperatura ambiente, pero estos tubos llevarán fluidos calientes como el agua o el vapor, que funcionan a temperaturas más altas.

Con este aumento de temperatura se consigue un incremento de la longitud. Esto creará tensiones sobre ciertas áreas dentro del sistema de distribución, como uniones de tubo, que en el extremo, podría fracturarse.

$$\Delta L = L \times \Delta T \times \alpha$$

Donde:

ΔL : Expansión (mm)

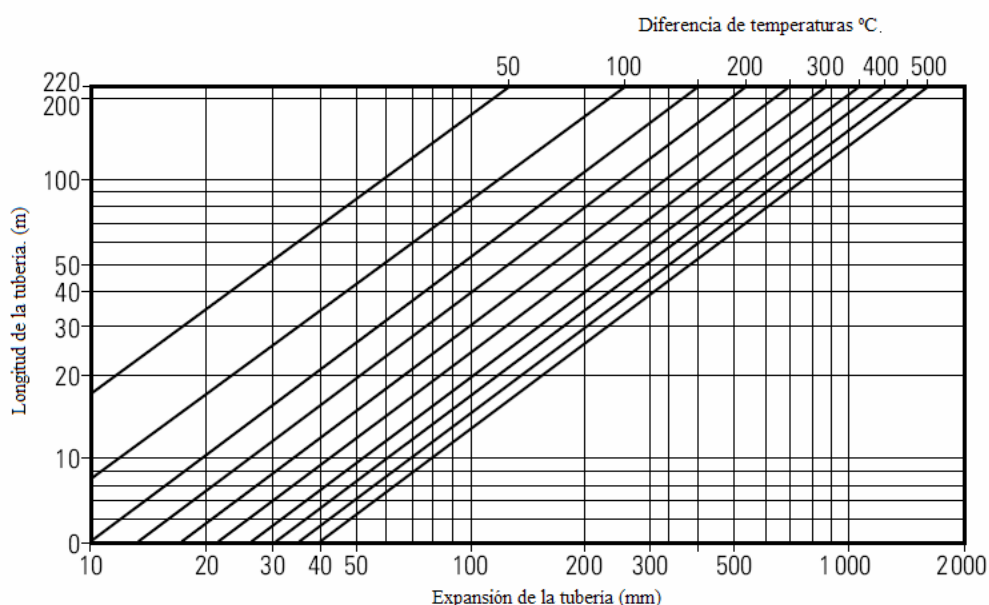
L : Longitud entre anclajes (m)

ΔT : Diferencia de temperaturas entre temperatura ambiental y temperatura de funcionamiento ($^{\circ}C$)

α : Coeficiente de expansión ($^{\circ} mm/m ^{\circ}C$)= $14,9 \cdot 10^{-3}$

Y de una forma más rápida se puede usar la gráfica que se adjunta.

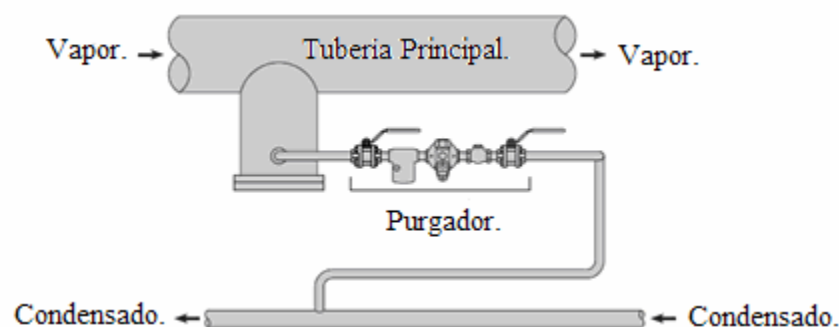
Gráfica con varias longitudes de tubo de acero en varias diferencias de temperaturas.



Las dilataciones referentes a nuestro proceso como máximo serán entre 2 y 4 centímetros, como término general.

El sistema debe ser suficientemente flexible para acomodar los movimientos de los componentes cuando ellos se dilatan. En muchos casos la flexibilidad del sistema, debido a la longitud del tubo y el número de curvas y apoyos, son impuestos, por lo que será necesario incorporar algún medio de alcanzar esta flexibilidad requerida.

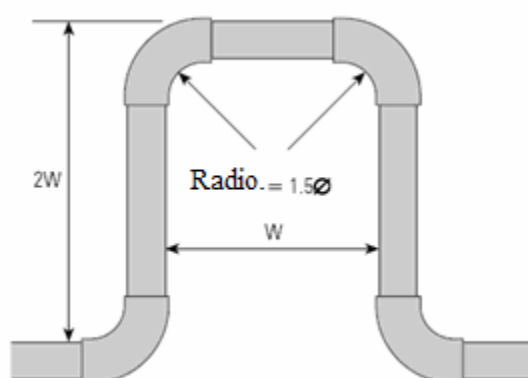
Vemos esto, cuando el condensado de una trampa se descarga a la red de condensados. Aquí, la diferencia entre las extensiones de los dos sistemas, el de vapor y el de condensado, debe ser tomada en cuenta.



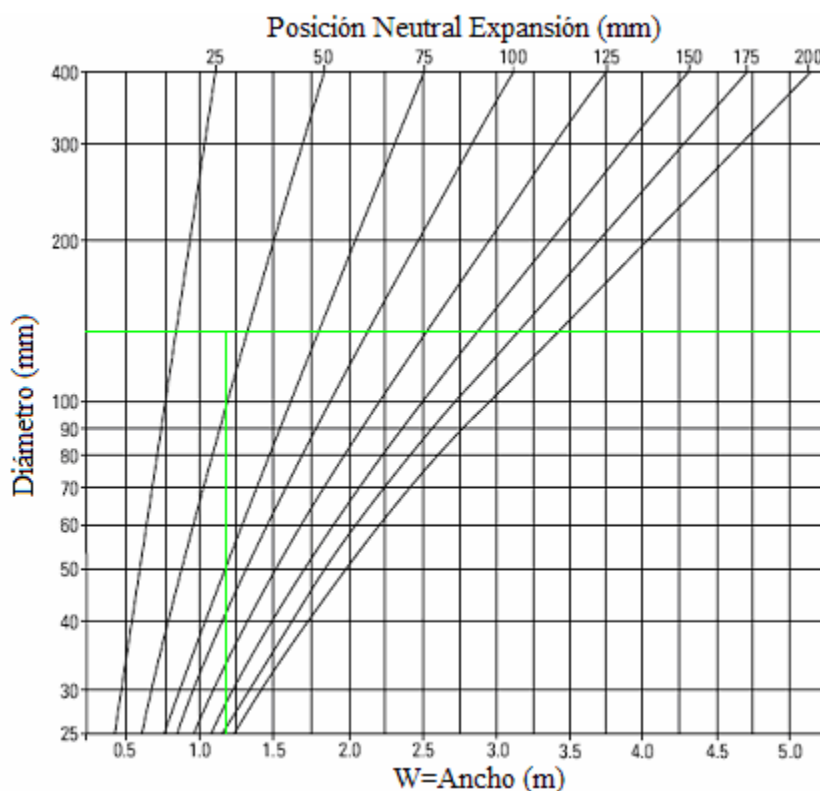
El sistema de vapor funcionará a una temperatura más alta que el sistema del condensado principal, y los dos puntos de conexión moverán el uno en relación con el otro durante el calentamiento de sistema.

Dilatadores.

Para el inconveniente mencionado anteriormente se ha dispuesto de dilatadores, para absorber las posibles dilataciones producidas. Se calculará en función de la profundidad del lazo que deberá ser dos veces la anchura, y la anchura será determinada por la gráfica adjunta, previo cálculo de la expansión, con la fórmula antes mencionada.



En el caso más desfavorable que nos podemos encontrar es que se tenga una dilatación de 40mm, y un diámetro de 150mm, por lo que entrando en la gráfica, el ancho que se deberá colocar será de 1,15 m y de alto 2,3m.



Valores de w para los dilatadores.

1.8.- Cálculo de la red de condensado.

Una línea de condensados es fundamental en una instalación de vapor. La presencia de condensados en el circuito de vapor puede dar bajo rendimiento térmico de la instalación. El vapor recogerá gotitas de agua, que estas reducirán el calor de transferencia, por lo que reducirá el área total eficaz de la tubería, y la velocidad de vapor puede aumentar por encima de los límites recomendados, siendo por ello necesario evacuarlos.

El condensado recuperado vuelve a la caldera como agua de alimentación, pero a temperatura muy superior a la del agua fría que tendríamos que utilizar en el caso de no aprovecharlos.

Las ventajas que se obtienen con dicha recuperación son:

- a. Aprovechamiento del calor de los condensados.

- b. Reducción de pérdidas en las purgas de calderas, debido a la mejor calidad del agua de alimentación.
- c. Disminución del consumo de agua tratada.
- d. Como resultado de todo ello, un menor costo de la tonelada de vapor.

1.8.1.- Aprovechamiento del revaporizado.

El revaporizado se forma cuando el condensado pasa de una presión o otra inferior.

Parte de este condensado se convertirá en vapor a la misma temperatura que corresponda a la presión inferior.

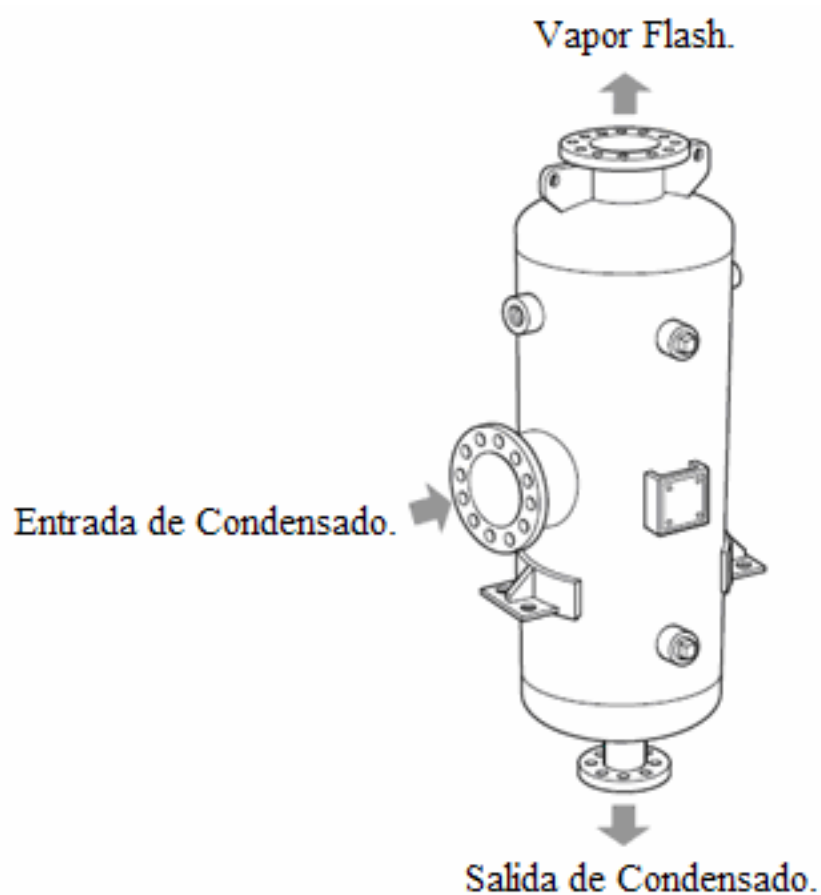
La cantidad de revaporizado obtenida será igual al exceso de calor dividido por el calor latente del vapor a la presión inferior. El exceso de calor será la diferencia entre el calor sensible condensado a la presión superior y el calor sensible a la inferior.

Para obtener el porcentaje de Flash respecto al condensado presente, para una presión o temperatura dada del sistema saturado, ocupa la siguiente relación:

$$\%vaporFlash = \frac{(h_{f \text{ alta presión}} - h_{f \text{ baja presión}})}{h_{f \text{ baja presión}}} \cdot 100\%$$

Dicho expansión se realiza en un depósito vertical, donde se produce una disminución de velocidad del flujo de vapor y condensado que permite caer a éste al fondo, de donde es evacuado por un purgador, mientras el revaporizado que se forma sale por la parte superior del tanque.

El diámetro ha de ser tal que la velocidad del vapor no sea superior a 3 m/s, para favorecer la separación del revaporizado.



Se ha dispuesto de 3 tanques de revaporizado, como se puede observar en el plano de Instalación de Vapor.

<i>Presión.</i> <i>bar.</i>	<i>Entalpía Liq.</i> <i>kJ/kg</i>	<i>Entalpía Vaporización</i> <i>kJ/kg</i>	<i>Entalpía Vap.</i> <i>kJ/kg</i>
12	798,01	1983,39	2781,4
10	762,25	2012,65	2774,9
8,6	733,88	2035,22	2769,1
6	670,19	2084,11	2754,3

	% de Revaporizado.
Tanque 1	4,69
Tanque 2	13,74
Tanque 3	3,87

1.8.2.- Red de condensado.

El cálculo de pérdidas de calor en una tubería puede ser muy complejo y llevar mucho tiempo, ya que se deben considerar todas las formas de transferencia y sus respectivas ecuaciones (conducción, convección y radiación).

Una manera rápida de solucionar es tendiendo en consideración ciertos puntos.

A la salida de cada maquinaria se produce un descenso de temperatura de aproximadamente 30°C con respecto a la temperatura de entrada. Con ello se podrá determinar el volumen específico a la salida de cada una de las máquinas.

Como el flujo másico y la presión permanecen constantes a lo largo de la máquina, se producirá un intercambio de calor con el ambiente y la ropa a tratar, y un cambio de estado, de vapor saturado a líquido sub-enfriado.

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías se hará exactamente igual, exceptuando que la velocidad del líquido en este caso es de 1,5m/s.

$$V(m^3/s) = m (kg/s) \times v(m^3/kg)$$

$$D = \sqrt{\frac{4V}{v\pi}}$$

Se ha tenido en cuenta, añadiendo un 10% más del flujo volumétrico, ya que la mayor producción de condensado se produce cuando se inicia el calentamiento de la caldera.

Se aislará también la red de condensados para que no ceda calor al ambiente, por lo que si no se hiciese sería un derroche de energía. Tomaremos como espesor para el condensado, el 50% del aislamiento calculado en la red de distribución de vapor.

Fdo:

José Bailón Peidró
E.S.I.
Sevilla, Octubre de 2010