

121
Res.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**DISEÑO DE UN DESAERADOR TERMICO
DE 3 ETAPAS PARA AGUA DE
ALIMENTACION A CALDERAS**

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a

PEDRO REYNA FRAGOSO



México, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

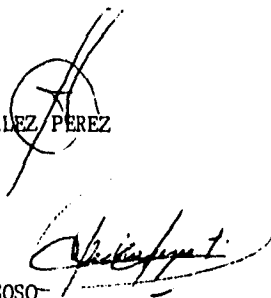
JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: PROF. MARIO GUEVARA VERA
VOCAL: PROF. JOSE ANTONIO ORTIZ RAMIREZ
SECRETARIO: PROF. JESUS GONZALEZ PEREZ
1er. SUPLENTE PROF. HECTOR GERARDO MENDEZ FREGOSO
2do. SUPLENTE PROF. LUIS ANGEL LOPEZ LATORRE

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:
PELLETIER, S.A. SAN LUIS POTOSI N° 195 COL. ROMA MEXICO, D.F.

ASESOR DEL TEMA:
I.Q. JESUS GONZALEZ PEREZ

SUSTENTANTE:
PEDRO REYNA FRAGOSO



I N D I C E

TEMA	T I T U L O	PAGINA
I	GENERALIDADES	1
II	OBJETIVOS	2
III	CONCEPTOS TEORICOS	
III.1	Teoría de la corrosión	3
IV	TEORIA DE LA DESAEREACION TERMICA	
IV.1	Ley de Henry	7
IV.2	Factores que favorecen la desaereación	9
IV.3	Oxígeno y bióxido de carbono residual	12
V	DIFERENTES METODOS DE ELIMINACION DE OXIGENO	
V.1	Desgasificación térmica del agua	13
V.2	Desgasificación a vacío	14
V.3	Desgasificación química	15
VI	METODOLOGIA DE CALCULO PARA EL DISEÑO DE UN DESAERADOR TERMICO DE TRES ETAPAS	
VI.1	Balance de materia y energía	20
VI.2	Diseño mecánico	21
VI.3	Cálculo de espesores de placa	29
VI.4	Diámetro de tuberías y válvulas de control	32
VII	APLICACION DE LA METODOLOGIA DE CALCULO	
VII.1	Balance de materia y energía	34
VII.2	Diseño mecánico	34
VII.3	Cálculo de espesores de placa	36
VII.4	Diámetro de tuberías y válvulas de control	36
VIII	C O S T O S	39
IX	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
X	BIBLIOGRAFIA	47
	A P E N D I C E	

I.- GENERALIDADES

El desaerador térmico es un equipo para tratamiento de agua de alimentación a calderas, su función principal es la eliminación de los gases disueltos que ocasionan problemas de corrosión en las partes metálicas del generador de vapor.

Este es un equipo de proceso construido en placa de acero negro que consta de un domo vertical y un tanque horizontal para el almacenamiento de agua. Su diseño corresponde a un recipiente sujeto a presión interna; cuenta con sus boquillas para entrada y salida de agua, entrada de vapor y boquilla de venteo de gases.

El proceso de desaereación es la eliminación del oxígeno y del bióxido de carbono disueltos en el agua, mediante un calentamiento súbito del agua. Esto se logra al ponerla en contacto con vapor saturado, con lo cuál los gases son extraídos y como son más ligeros que el vapor ascienden a la parte superior del equipo donde son purgados al exterior mediante una válvula.

La eliminación de estos gases se lleva a efecto por el aumento de temperatura del agua, hasta llevarla a su punto de saturación. Como medio de calentamiento se utiliza vapor saturado, las presiones de operación de estos equipos son del orden de 1 Kg/cm². A la salida del desaerador se tiene el agua libre de gases disueltos y con temperatura, alimentándose a la caldera con bombas de alta presión.

El agua que se alimenta al desaerador previamente ha sido tratada en un sistema desmineralizador para eliminar las sales disueltas incluyendo la sílice que causa incrustaciones en el interior de la caldera. Para asegurar el buen funcionamiento de estos equipos se implementan con una serie de controles como son válvulas automáticas para agua y vapor, control de nivel e indicadores de temperatura y presión en el domo y en el tanque almacen.

II.- O B J E T I V O S

Establecer una metodología de cálculo para el diseño mecánico de un equipo de tratamiento de agua para caldera denominado DESAERADOR TERMICO.

Utilizar este trabajo como manual de consulta para resolver problemas de -- operación tales como vibraciones excesivas, salida de agua por la válvula de -- eliminación de gases y baja eficiencia en la remoción de oxígeno y bióxido de -- carbono.

II.1 Limitaciones.

Cabe señalar que los lineamientos aquí señalados aplican a equipos hasta una capacidad de 454 Ton./Hr. (1'000,000 Lb/Hr.)

En la industria existen diferentes tipos de desaeradores, para este caso el trabajo desarrollado corresponde al ROCIADOR TIPO 3 ETAPAS en el cuál se tiene experiencia práctica en diseño y operación.

La metodología de cálculo indicada en este trabajo es el resultado del análisis a diversos problemas de operación que se encontraron en el funcionamiento -- de estos equipos.

III.- CONCEPTOS TEORICOS

III.1 Teoría de la corrosión.

El problema de la corrosión es una situación natural y se debe a que el hierro en la naturaleza existe en forma de óxidos (FeO , Fe_2O_3) y al ser procesado pierde oxígeno quedando como hierro natural Fe^0 .

Por lo tanto, cuando el acero se pone en contacto con agua aereada hay una tendencia natural a formar compuestos oxidados que pasan a la solución acuosa como óxido de hierro (II) y posteriormente pasa a óxido de hierro (III) que se adhiere a la superficie ocasionando perforaciones a la pared metálica. En una placa de acero la corrosión se inicia en las zonas donde hay concentraciones de esfuerzos debido al doblado, soldadura etc. localizándose regiones anódicas y catódicas que son la condición para el inicio de la corrosión.

El estudio de la corrosión considera las reacciones entre un metal y su medio que lo rodea, también incluye la forma de evitarla conociendo las causas que lo originan.

Ante todo debe establecerse la definición del término "OXIDACION" y de su contraparte que es la "REDUCCION". Aunque la palabra oxidación implica una reacción química de una sustancia con el oxígeno, esto es sólo una aplicación muy especial del término; en realidad tiene un alcance y un significado mucho más importante. Lo mismo sucede con el concepto reducción que se considera como una reacción donde hay eliminación de oxígeno.

En una forma simple la oxidación significa pérdida de electrones por una sustancia. Como se vé en ésta definición el oxígeno no es involucrado en la reacción de oxido-reducción; la relación de ambos términos es clara, ya que si una sustancia pierde electrones la otra sustancia los gana.

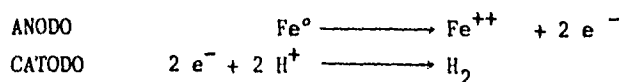
La naturaleza básica de la corrosión siempre es la misma, un flujo de -- electrones ocurre entre ciertas áreas de la superficie de un metal a través -- de una solución capaz de conducir la corriente eléctrica. Este proceso elec-- troquímico causa que los átomos metálicos pasen a la solución en forma de -- iones causando el desgaste del metal.

De lo anterior se concluye que la presencia de un electrolito es uno de -- los primeros requerimientos para la corrosión. Las soluciones de sales, ácidos y álcalis son buenos electrolitos ya que tienen iones cargados positiva y -- negativamente en equilibrio.

Además del electrolito se requiere 2 electrodos un ánodo y un cátodo para la corrosión, estos pueden ser 2 tipos diferentes de metal o diferentes áreas de la misma pieza de metal. En ambos casos debe haber una diferencia de po-- tencial entre los 2 electrodos, tal que se establece un flujo de electricidad entre ellos, teniendo en cuenta que debe haber una unión metálica; es decir, deben estar conectados de alguna manera.

Si una pieza de metal tiene localizado su ánodo y su cátodo, los átomos -- que salen del área anódica llevan una o más cargas positivas dejando en el -- metal las correspondientes cargas negativas que viajan a través del metal ha-- cia el área del cátodo donde neutraliza algunos iones hidrógeno cargados posi-- tivamente presentes en el electrolito, de tal forma que los neutraliza, es -- decir los reduce formando hidrógeno gas, se disminuyen los iones hidrógeno en el electrolito y se incrementa la alcalinidad.

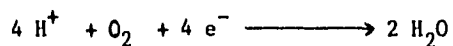
Reacciones:



En una pieza de metal la ubicación del ánodo y cátodo puede resultar de -- las condiciones de la superficie, incluyendo impurezas del metal, orientación de los granos, localización de esfuerzos y el medio ambiente a que se expone.

La velocidad de corrosión se aumenta con soluciones de ácido donde hay una gran cantidad de iones hidrógeno disponibles para aceptar los electrones en la zona del cátodo. En soluciones alcalinas o neutras los iones hidrógeno son muy reducidos, es posible formar una película de gas hidrógeno que recubre el área catódica como aislante para que los iones hidrógeno no lleguen a la superficie para aceptar electrones. Este fenómeno se llama polarización catódica.

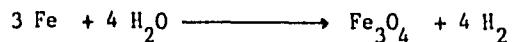
Cuando hay presente oxígeno en la solución puede reaccionar con el hidrógeno en el cátodo:



Si esto ocurre la corrosión se acelera, ya que el cátodo no puede ser polarizado y la velocidad de corrosión aumenta.

Respecto al ánodo también se da el caso de polarización anódica por la -- formación de un producto de corrosión que sirve como aislante previniendo posteriores reacciones, inhibiendo la corrosión.

Una de las películas protectoras que es más deseable que se formen es la magnetita (Fe_3O_4) que se convierte por una serie de reacciones complejas en el acero sin que haya oxígeno presente, los iones de hierro (II) producidos en el ánodo reaccionan con los iones hidroxilo del agua formando hidróxido -- ferroso que es el primer paso en la formación de la magnetita cuya reacción final es:



En presencia de oxígeno, el hidróxido de hierro (II) no puede ser convertido a magnetita formándose en su lugar el hidróxido de hierro (III) que es la forma típica del herrumbre u óxido, que no tiene cualidades protectoras debido a su consistencia porosa; por tanto la corrosión puede progresar a través de la superficie del hidróxido de hierro (III).

Otro producto que también es frecuentemente formado por la corrosión en presencia de oxígeno es el óxido de hierro (III) Fe_2O_3 que tampoco tiene cualidades protectoras.

De lo anterior se puede concluir que una de las mejores formas de proteger las superficies de acero es por medio de una pasivación o polarización anódica ya que de por sí los metales son muy reactivos con el agua.

Una de las formas de lograr lo anterior es procurar tener bajas concentraciones de iones hidrógeno, ya que éstos favorecen la corrosión al acelerar la reacción catódica. De tal forma que si se procura tener altas concentraciones de iones hidróxido en solución en sistemas donde intervenga el acero, se favorece la polarización anódica por la formación de un producto de corrosión que proteja la superficie por medio de una película.

La existencia de:

- * Bajos pH permiten la formación de productos de corrosión solubles.
- * Altos pH permiten la formación de productos de corrosión insolubles.

Es importante indicar que el oxígeno debe ser eliminado de estos sistemas ya que tiende a despolarizar las áreas catódicas al reaccionar con la película de hidrógeno, de esta forma se impide la polarización anódica y se favorece la formación de un producto de corrosión que no tiene cualidades protectoras. (Ref. 9)

IV.- TEORIA DE LA DESAEREACION TERMICA

IV.1 Ley de Henry.

El establecer un estado de equilibrio entre el gas disuelto en el agua y la atmósfera que lo rodea es la condición a cumplir para la eliminación de un gas en el proceso de desaereación. Este equilibrio esta basado en la ley de Henry.

Matemáticamente la ley de Henry se expresa: $C = \frac{1}{H} P$

C: Concentración del gas en el líquido

P: Presión parcial del gas sobre el líquido.

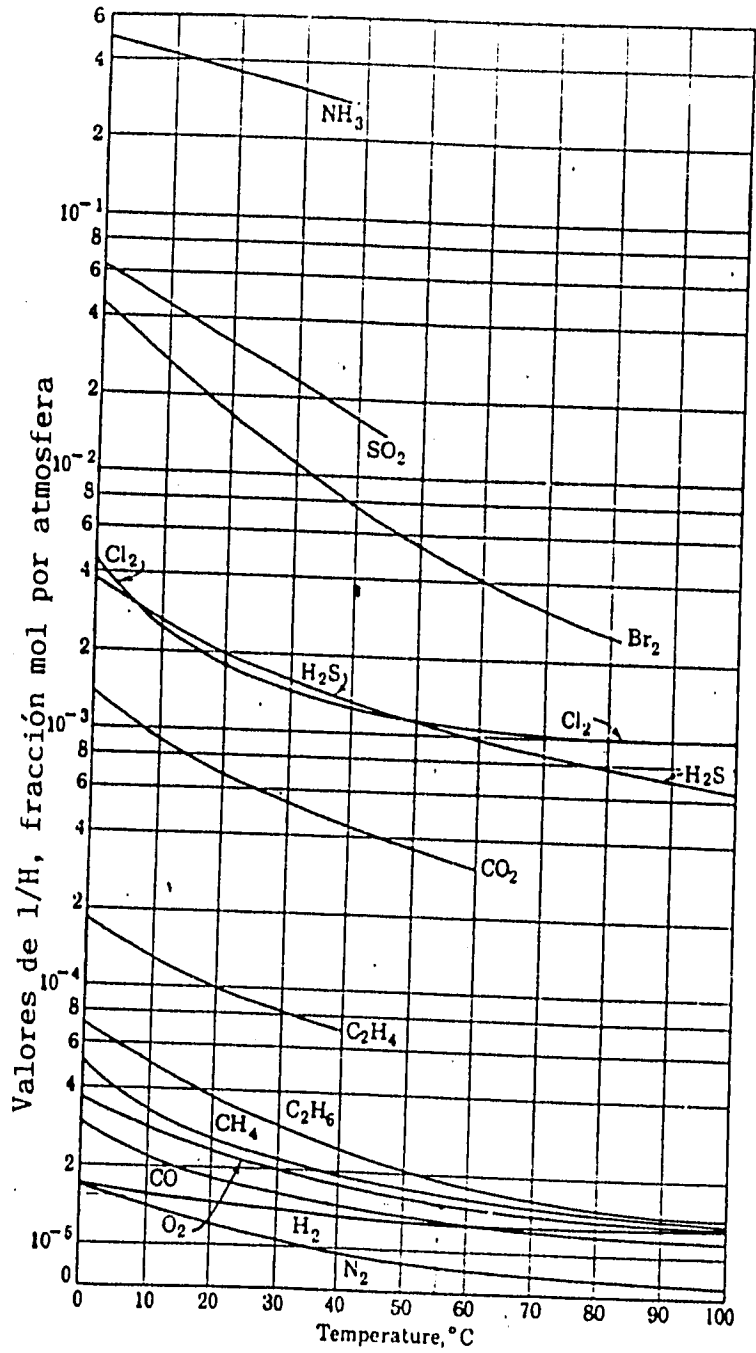
H: Constante de la ley de Henry.

En la Fig. 1 se aprecia la constante de la ésta ley para diferentes sustancias en función de la temperatura.

La influencia de la presión parcial en la solubilidad de los gases establecida por la ley de Henry, es una consecuencia de la teoría cinética al aumentar la presión parcial del gas más moleculas chocarán contra el líquido y una mayor cantidad de gas podrá disolverse. (Ref.8)

De acuerdo a esta ley, en el proceso de desaereación se llega al equilibrio simplemente al llevar el agua a su temperatura de saturación. teóricamente la solubilidad del oxígeno, bióxido de carbono y nitrógeno es cero en éstas condiciones.

La presión parcial del gas se abate cuando se tiene el desfoge del mismo a través del venteo del equipo y también por la gran cantidad de vapor alimentado.



(Fig. 1)
Solubilidad de gases en agua

IV.2 Factores que favorecen la desaereación.

Los factores más importantes que favorecen la desaereación térmica son:

- * Temperatura elevada.
- * Tiempo de contacto entre el agua y vapor.
- * Vapor alimentado.
- * Superficie de contacto entre agua y vapor.
- * Purga o venteo.

TEMPERATURA ELEVADA

La temperatura elevada favorece la desaereación ya que la solubilidad de un gas varía inversamente a la temperatura; entre más cerca este el agua de alimentación a su temperatura de saturación la desgasificación se efectúa más rápidamente y se consume menor cantidad de vapor. (Ref.3)

TIEMPO DE CONTACTO ENTRE AGUA Y VAPOR

Cuanto mayor sea este tiempo se asegura que la solubilidad del gas tienda a cero. Económicamente no es conveniente llegar al valor cero ya que se consume una mayor cantidad de vapor.

VAPOR ALIMENTADO

El vapor saturado es el más adecuado para efectuar la desaereación; debido a que normalmente el vapor disponible se encuentra a presiones superiores a la presión de operación del equipo, se hace necesario una válvula reductora de presión, debido a esto ocurre un proceso isoentalpico de tal forma que en un diagrama de Molliere esta representado por una línea horizontal.

SUPERFICIE DE CONTACTO AGUA VAPOR

Al considerar una mayor área de contacto entre el agua y vapor se efectúa una mejor transmisión de calor y por consecuencia una mejor desaereación. Es importante seleccionar un número adecuado de espreas de atomización de agua y una distribución adecuada.

VENTEO DE GASES

Es fundamental en el proceso de desaereación una adecuada purga de gases a la atmósfera, en los desaereadores térmicos esta purga normalmente se encuentra en el condensador con el fin de ahorrar la mayor parte del calor usado para el calentamiento del agua y eliminar los gases con un gasto de vapor comparativamente menor. Estos gases son más ligeros que el vapor.

Al purgar los gases a la atmósfera se pierde algo de vapor, cuando se tiene una purga adecuada la pérdida es pequeña. La purga se calibra en función del oxígeno residual disuelto que se determina en el agua desgasificada.

Importancia del desaereador de agua en la industria.

Su importancia se comprende por la gran inversión que significa la compra de un generador de vapor, por tanto, el mantenimiento de este equipo básicamente se centra en la atención al equipo de tratamiento de agua para evitar incrustaciones y/o corrosión.

El desaereador además de eliminar los gases disueltos, tiene también la finalidad de precalentar el agua de alimentación a la caldera. En ocasiones se llega a utilizar como punto de aplicación de reactivos químicos como la hidrazina o sulfito de sodio que tienen el propósito de eliminar las últimas trazas de estos gases.

El desaereador térmico se prefiere al desaereador a vacío por la facilidad de obtener una alta temperatura en el agua de alimentación a la caldera; asimismo, debido a que operan a presión interna ayudan a satisfacer la carga neta positiva (NPSH) de las bombas de alimentación.

La puesta en servicio y la operación de estos equipos es sencilla, se requiere previamente la calibración de la válvula de admisión de agua y la regulación de la válvula reductora de presión de vapor. Este diseño de equipo tiene un mínimo de partes móviles.

Costos de operación.

En estos equipos desaeradores calentadores de agua el principal costo de operación corresponde al suministro de vapor; sin embargo dado que el rango de operación es del orden de 1 Kg/cm² se puede utilizar vapor de baja presión que se obtiene de las descargas de las turbinas que suelen utilizarse como elemento motriz en bombas. Dependiendo del tamaño del equipo se llega a utilizar la purga continua de la caldera, en cuyo caso no se requiere válvula reductora de presión y en cambio se utiliza un vapor que normalmente se tira a la atmósfera.

En el común de los casos los desaeradores se fabrican en placa de acero negro y no se requiere ningún recubrimiento interior. La instalación usualmente es a la intemperie y a cierta altura, lo que obliga a usar una protección térmica con un aislante para evitar las pérdidas de calor por medio de una convección forzada.

Durante el montaje y previo a la puesta en servicio se requiere checar los siguientes puntos:

- * Los electroniveles en el tanque almacen, se recomienda instalar una alarma visible y audible por bajo nivel para prevenir que no trabajen en vacío las bombas de alta presión que alimentan de agua la caldera.
- * La calibración del piloto de la válvula reguladora de admisión de agua al desaerador en combinación con el control de nivel instalado en el tanque almacen.
- * La calibración del piloto de la válvula reductora de presión de vapor.
- * La calibración de la válvula de seguridad.
- * Instalar manómetros y termómetros tanto en el domo como en el tanque almacen

Durante la operación normal del equipo solo requiere checar presiones y temperaturas en domo y tanque almacen; así como eventualmente determinar el oxígeno residual en el agua desaerada con el fin de fijar la purga de gases.

IV.3 Oxígeno y bióxido de carbono residual en el agua desaerada.

El valor del oxígeno residual disuelto en el agua desaerada que se obtiene en este desaerador térmico de tres etapas es 0.007 c.c./l. (0.1 ppm) en el -- caso del bióxido de carbono el valor es cero.

Este nivel tan bajo se obtiene en este diseño debido a que el agua tiene contacto directo con el vapor en las tres etapas, según lo siguiente:

* En la primera etapa el agua se esprea a través de la cámara de atomizado, en este momento el agua expone su mayor área en una atmósfera de vapor y por tanto hay un aumento súbito de su temperatura.

* En la segunda etapa hay un contacto directo entre el vapor de entrada y el -- agua que caé hacia el tanque almacen.

* La tercera etapa se refiere a un barboteo de vapor en la parte baja del tanque almacen, lo que asegura además una temperatura uniforme en la masa de agua.

Para eliminar el residual de oxígeno en el agua de salida del desaerador se dosifican reactivos como la hidrazina y el sulfito de sodio. La cantidad y el - tipo de reactivo depende basicamente de la presión de operación de la caldera.

V.- DIFERENTES METODOS DE ELIMINACION DE OXIGENO

En forma general se puede considerar que hay 3 métodos de desgasificación del agua; es decir, de eliminación de oxígeno y dióxido de carbono disueltos en el agua.

V.1 DESGASIFICACION TERMICA

V.2 DESGASIFICACION A VACIO

V.3 DESGASIFICACION QUIMICA

V.1 DESGASIFICACION TERMICA DEL AGUA

ya se ha hecho incapie en la necesidad de eliminar los gases disueltos - en el agua de alimentación a calderas para evitar la corrosión en partes metálicas, ésta corrosión se ve favorecida por la elevación de temperatura. -- Uno de los factores que obran en contra, es el hecho de que la solubilidad de los gases disueltos en agua disminuye con el aumento de temperatura. Por - ejemplo, la solubilidad del aire de 60 °C y presión atmosférica es 1/3 de su solubilidad a 0 °C, a 80 °C es únicamente 1/5, mientras que a 100 °C la solubilidad es prácticamente cero.

Esto sugiere que uno de los métodos más comunes para desaerear el agua - es hervirla y dejar escapar los gases disueltos que es el principio del proceso de la desgasificación térmica del agua.

Esta desgasificación térmica es efectuada en un recipiente generalmente a presión donde se introducen simultáneamente el agua a desaerear y el vapor de calentamiento. Los niveles de oxígeno residual en el agua tratada deben - ser los más bajos posibles dependiendo de la eficiencia de operación de los - equipos, un nivel bastante adecuado es .007 cc. de O₂/litro de agua y cero - cc. de CO₂.

La eliminación de gases disueltos en una fase líquida es gobernada por la ley de Henry que establece que la cantidad de gases disueltos en un líquido es proporcional para cada gas a su presión parcial de equilibrio en la atmósfera que se encuentra encima del líquido. En base a esto para lograr una desaereación -- del agua a niveles satisfactorios, se debe además de llevar al agua a su temperatura de saturación, cumplir con las siguientes condiciones:

- A) La temperatura del agua debe elevarse rápidamente al entrar al desaereador.
- B) Se verifique un contacto directo entre el agua y el vapor.
- C) Mantener una temperatura y presión uniformes dentro del equipo.
- D) Eliminación constante hacia el exterior de éstos gases para mantener su presión parcial al mínimo dentro del equipo.

V.2 DESGASIFICACIÓN A VACIO

La desgasificación también puede efectuarse a vacío, sólo que en éste caso - el nivel del oxígeno residual es mayor que en la desgasificación térmica y se - debe al hecho de que la solubilidad de un gas es función decreciente de la temperatura.

Este proceso también es gobernado por la ley de Henry, la desgasificación -- ocurre a una presión de vacío de acuerdo a la temperatura de entrada del agua - tal que ocurra su saturación y por tanto la eliminación de los gases de la fase líquida.

Similar a la desgasificación térmica se requiere mantener la presión parcial de los gases incondensables a un valor mínimo, lo cual se consigue al eliminarlos de la fase vapor al extraerlos por la boquilla donde se crea el vacío. En - general existen 2 formas de lograr el vacío:

- 1) Por medio de un eyector que tiene como fluido motriz vapor, este método está limitado a su disponibilidad.
- 2) A través de bombas de vacío.

En este sentido la elección de un equipo involucra una serie de puntos a ser considerados:

- * El uso que se dé al agua desgasificada.
- * El nivel de oxígeno residual requerido.
- * Temperatura deseada en el agua desgasificada.
- * Presupuesto económico.

V.3 DESCASIFICACION QUIMICA

Consiste en eliminar los efectos corrosivos de los gases disueltos en el agua mediante el empleo de productos químicos. Existen 2 situaciones en que pueden ser utilizados:

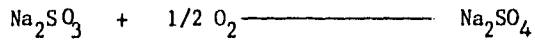
- Cuando no se dispone de un desaereador y la caldera es de baja presión.
- Cuando la caldera es de alta presión y el valor del oxígeno residual requerido es menor del que se obtiene a la salida del desaereador.

Estos reactivos químicos son agentes reductores cuya velocidad de reacción aumenta con la temperatura y el pH, entre éstos se tiene:

- El sulfito de sodio.
- La hidrazina.
- El tanato de sodio.

SULFITO DE SODIO

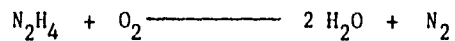
La velocidad de reacción del sulfito se lleva a cabo a una temperatura de -- 80 °C., siendo esto una justificación para utilizar un desaereador térmico en lugar de a vacío. Abajo de ésta temperatura se puede utilizar sulfito catalizado con una sal metálica.



Este reactivo tiene el inconveniente de aumentar la salinidad del agua.

HIDRACINA

Este reactivo no aumenta la salinidad del agua, tanto la hidrazina como los productos de la reacción con el oxígeno son volátiles. La reacción en frío es -- lenta, arriba de 80 °C. aumenta su eficiencia, sin embargo requiere una dosificación superior a la estequiométrica de acuerdo a la reacción:



TANATO DE SODIO

Su uso está limitado para calderas que trabajen a una presión de operación -- mayor de 35 Kg/cm². su velocidad de reacción es análoga a la hidrazina. Este -- reactivo favorece la estabilidad de la suspensión de partículas sólidas y forma además una película protectora sobre la superficie del acero. (Ref.3 pag. 395)

ELIMINACION DEL BIOXIDO DE CARBONO

El gas carbónico dentro de la caldera realmente se manifiesta en la fase va- por y puede provenir aparte del gas disuelto en el agua, por la descomposición del carbonato y bicarbonato de sodio del agua de alimentación.

Este gas no es corrosivo en la fase vapor pero si se produce una condensación el bióxido de carbono se disuelve en el agua condensada adoptando un caracter -- corrosivo.

Por tanto es muy importante proteger las tuberías de retorno de condensado -- de éste tipo de corrosión. Lo anterior se puede lograr utilizando aminas volá-- tiles que se introducen en el agua de alimentación a la caldera y son arrastra-- das por el vapor. Estas pueden ser de 2 tipos:

1) Aminas neutralizantes.

Al condensarse el vapor se combinan con el ácido carbónico disuelto, forman-- do un bicarbonato de amina no corrosivo. Ejemplos de éstas son:

- El amoniaco.
- La ciclohexilamina.
- La etanolamina.
- La morfolina.

2) Aminas que forman una película protectora.

Son aminas grasas de cadena larga, un extremo de la molécula es hidrófilo y el otro hidrófobo. Las moléculas se orientan paralelamente unas a otras y per-- pendicularmente a las paredes metálicas, constituyendo así una película continua e impermeable que elimina el contacto agua-metal y por tanto, la causa de la -- corrosión.

Este reactivo tiene uso limitado ya que cuando en la red de tubería algo -- obstaculiza la formación de una película realmente continua, todas las corrien-- tes de corrosión se concentrarán en la superficie no protegida, produciendo -- perforaciones en la tubería.

VI.- METODOLOGIA DE CALCULO PARA EL DISEÑO DE UN DESAERADOR TERMICO
DE TRES ETAPAS.

VI.1 Requisitos de diseño.

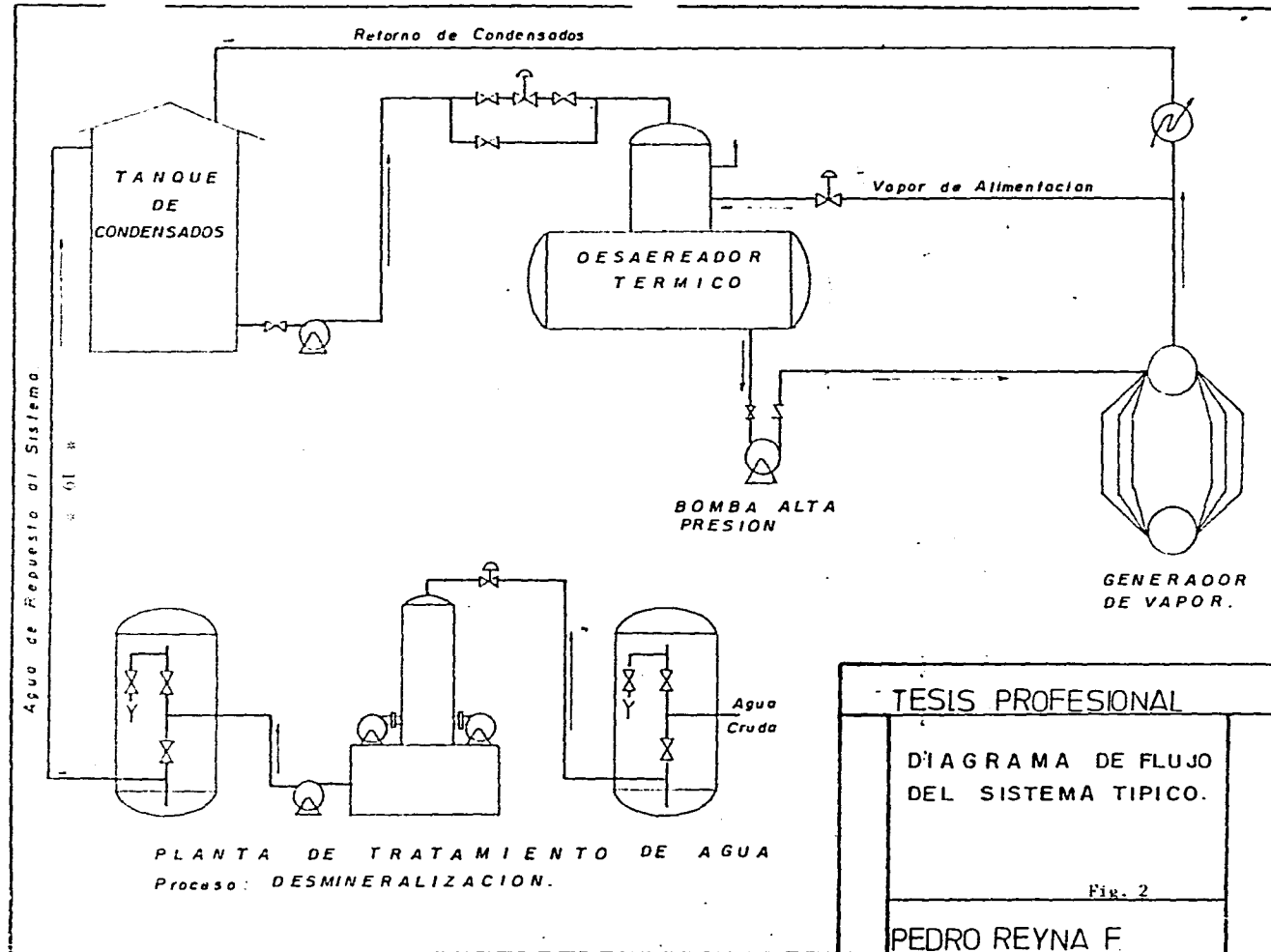
Debido a que el desaereador térmico es un equipo auxiliar en el tratamiento de agua de suministro a calderas, su capacidad está en función del agua requerida por dicha caldera y ésta a su vez en función del vapor requerido en un proceso específico. Se hace necesario un estudio exhaustivo para determinar el vapor utilizado en cada etapa del proceso así como sus condiciones de operación; ya que de este estudio se obtiene por tanto toda la información necesaria para el diseño del desaereador térmico.

En la figura N° 2 se muestra un diagrama de flujo típico de estos sistemas, donde se utiliza el desaereador. La información que se debe disponer al hacer el estudio del sistema es:

- Condiciones climatológicas
 - a) Temperatura promedio anual.
 - b) Temperatura mínima en invierno.
 - c) Temperatura máxima en verano.

- El lugar donde estará localizado y características de la zona, si es propensa a sismos, huracanes etc. para tomar precauciones en su construcción e instalación.

- Datos de diseño
 - a) Capacidad
 - b) Presión de diseño
 - c) Temperatura de diseño
 - d) Oxígeno y dióxido de carbono en el efluente
 - e) Almacenamiento de agua en el tanque almacen
 - f) Presión y tipo de vapor disponible



- Datos de operación
- a) Capacidad de operación
- b) Presión de operación

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

Como en todo proceso continuo que se efectúa sin acumulación de materia, se debe cumplir la ley de la conservación de la materia y energía, es decir, todo lo que entra es igual a lo que sale. En el dibujo N° 1 adjunto se muestran los flujos involucrados, tanto de agua como de vapor y sus propiedades termodinámicas que se utilizan al aplicar los balances de materia y energía.

De acuerdo a la ley de la conservación de la materia, se cumple:

$$q + C = Q \quad - - - (1)$$

También se cumple lo siguiente de acuerdo a la ley de la conservación de la energía:

$$q H_A + C H_V = Q H_D \quad - - - (2)$$

El flujo de vapor requerido para el proceso de desaeración se calcula sustituyendo la ecuación (1) en la (2) :

$$(Q - C) H_A + C H_V = Q H_D \quad - - - (3)$$

Rearreglando la ecuación (3) se obtiene el flujo de vapor C :

$$C = Q \left[\frac{H_D - H_A}{H_V - H_A} \right] \quad - - - (4)$$

Todas las variables de la ec. (4) se conocen, las entalpías se consultan en tablas de vapor; para la entalpía del vapor de calentamiento se toma la presión generalmente se toma vapor saturado pero en algunos casos se suministra vapor - sobrecalentado.

El flujo de agua de alimentación se obtiene aplicando la ecuación (1) al conocer el flujo de vapor C y el flujo de agua desaerada Q.

VI.2 Diseño mecánico.

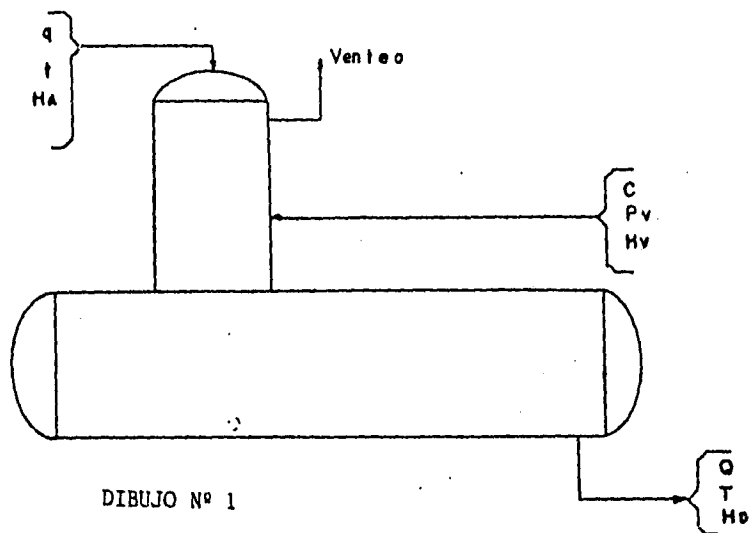
- Cálculo de la cámara de atomizado.- Esta cámara está ubicada en la parte superior del domo, ver PLANO 03 y es la parte del equipo que recibe el agua de entrada la cuál se atomiza por medio de las espreas rociadoras por tanto su diámetro es función del número de éstas.

No hay norma respecto a un tipo específico de esprea, esto se deja al criterio del diseñador y a su experiencia. Se recomienda que el flujo por esprea sea del orden de 114 a 228 lpm. (30 a 60 gpm.) que debe cumplirse en un rango de -- presiones de 2.8 a 4.2 Kg/cm². (40 a 60 psig.).

Existen catálogos de fabricantes donde se dispone de la información técnica para diferentes tipos de espreas, tipo de conexión y material de construcción, se recomienda en acero inoxidable 316.

El número de espreas se determina con la relación:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de espreas} = \frac{\text{Gasto de alimentación}}{\text{Gasto de agua/esprea}} \quad - - - (5)$$



Donde:

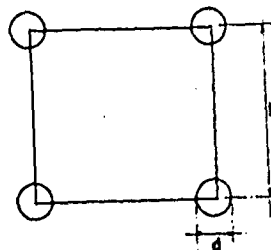
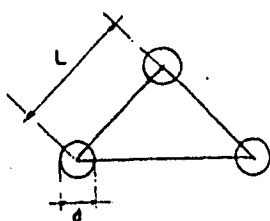
- q = Flujo de agua de alimentación
- C = Flujo de vapor requerido.
- Q = Flujo de agua desaerada
- t = Temperatura de agua de alimentación
- T = Temperatura de agua desaerada
- HA = Entalpía de agua de alimentación
- HV = Entalpía de vapor suministrado
- HD = Entalpía de agua desaerada
- PV = Presión del vapor suministrado

Diámetro de la cámara de atomizado.

Con el número de espreas calculadas con la ecuación (5) se hace una distribución geométrica que puede ser triangular o cuadrada para que el flujo se reparta uniforme en toda el área transversal del domo, dicha distribución debe ser simétrica. Se prefiere aumentar el número de espreas que disminuirlar respecto al número calculado.

La separación entre espreas para cualquier arreglo no debe ser menor de 2 veces el diámetro exterior. Se colocan en coples de acero inoxidable.

No se tiene establecido un método para el cálculo de la altura, pero un estándar aceptable de acuerdo a la práctica en estos equipos es de 500 mm. para todos los casos.



$L =$ distancia entre coples: $2 d$.
 $d =$ diámetro del cople.

Cálculo del condensador de venteo.

La fórmula para el diámetro del condensador, está en función del diámetro de la cámara de atomizado:

$$\phi_e = [\phi_i^2 + 1.56 a \frac{Q}{K}]^{1/2} \quad (6)$$

- ϕ_e = Diámetro exterior del condensador en mm.
 a = Solubilidad del oxígeno a la temperatura del agua cruda a la presión atmosférica en gr. de O_2 /m³de agua.
 K = Contenido de oxígeno en la salida del desaereador en gr. de O_2 /m³de agua.
 Q = Gasto de agua de alimentación en m³/hr.
 ϕ_i = Diámetro de la cámara de atomizado en mm.

La altura del condensador es igual a la altura de la cámara de atomizado es decir, 500 mm.

Cálculo del domo desaereador.

La fórmula para el diámetro del domo es:

$$\phi_d = 22[Q \times T] \quad (7)$$

- ϕ_d = Diámetro del domo en mm.
 Q = Gasto de agua cruda en m³/hr.
 T = Gradiente de temperatura entre la de saturación y la del agua cruda en °C.

La altura del domo es función del tiempo de residencia, se tienen los siguientes límites en función de la capacidad del desaereador:

CAPACIDAD EN m ³ /hr.	T I E M P O D E RESIDENCIA min.
0 - 40	2
50 - 80	2.25
100 - 160	3.00
200 - 454	3.75

El tiempo de residencia esta definido por la formula:

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad (8)$$

θ = Tiempo de residencia en min.

V = Volumen del domo en m³.

Q = Gasto de agua de alimentación en m³/hr.

Despejando el volumen de la ec. (8) :

$$V = \theta Q \quad (9)$$

Para un cilindro el volumen esta defininido por la formula:

$$V = A H \quad (10)$$

V = Volumen del domo en m³. Calculado con ec. 9

A = Area de la sección transversal en m².

H = Altura del domo dasaereador en m.

Despejando de la ec. (10) se tiene la altura del domo

$$H = \frac{V}{A} \quad * \quad 25 \quad *$$

Cálculo del tanque almacen.

El diámetro y la longitud del tanque almacen se calculan por iteración.

El primer intento para el diámetro del tanque almacen está dado por la fórmula:

$$\phi_{ta} = \phi_d + K \quad (12)$$

ϕ_{ta} = Diámetro del tanque almacen en mm.

ϕ_d = Diámetro del domo en mm.

K = Constante con valor mínimo de 500 mm.

Al dimensionar el tanque almacen considerar:

- La estética del equipo.
- Ajustar dimensiones a las placas disponibles en el mercado para minimizar uniones soldadas.
- Facilidad de transporte, los puentes en las carreteras tienen alturas de 4.10 a 4.30 m.
- Espacio disponible para su instalación.

La longitud del tanque almacen está en función del tiempo de residencia del agua:

$$\theta = \frac{V_r}{Q} \quad (13)$$

θ = Tiempo de residencia en hr.

V_r = Volumen requerido en m³.

Q = Gasto de agua desaerada en m³/hr.

Despejando:

$$V_r = \theta Q \quad (14)$$

El volumen total del tanque almacen se define al considerar que el volumen - requerido debe ocupar el 75% del volumen total:

$$V_t = \frac{V}{0.75} \quad (15)$$

V_t = Volumen total del tanque almacen.

La anterior consideración tiene como proposito el que exista un espacio libre entre el nivel de operación del tanque almacen y la parte baja del domo, para - evitar las siguientes situaciones:

- a) Formar un sello hidráulico que impida bajar el agua del domo al tanque.
- b) Se "ahogue" la entrada de vapor de calentamiento en la espreea vapor/agua.
- c) Problemas en la instalación del control de nivel.

El volumen ocupado por la parte recta es la diferencia entre el volumen total y el volumen ocupado por las tapas toriesféricas:

$$V_s = V_t - 2V_h \quad (16)$$

V_s = Volumen ocupado por la parte recta del tanque almacen.

V_h = Volumen tapa toriesférica.

Donde:

$$V_h = 0.582 \phi^3 \quad (17)$$

V_h = Volumen tapa toriesférica en gal.

ϕ = Diámetro de la tapa en pies.

La longitud recta del tanque almacen es:

$$L = \frac{V_s}{A} \quad (18)$$

L = Longitud parte recta tanque almacen en m.

A = Area de la sección transversal en m^2 .

El volumen total del tanque almacen se define al considerar que el volumen -
requerido debe ocupar el 75% del volumen total:

$$V_t = \frac{v}{0.75} \quad (15)$$

V_t = Volumen total del tanque almacen.

La anterior consideración tiene como proposito el que exista un espacio libre
entre el nivel de operación del tanque almacen y la parte baja del domo, para -
evitar las siguientes situaciones:

- a) Formar un sello hidráulico que impida bajar el agua del domo al tanque.
- b) Se "ahogue" la entrada de vapor de calentamiento en la esprea vapor/agua.
- c) Problemas en la instalación del control de nivel.

El volumen ocupado por la parte recta es la diferencia entre el volumen total
y el volumen ocupado por las tapas toriesféricas:

$$V_s = V_t - 2V_h \quad (16)$$

V_s = Volumen ocupado por la parte recta del tanque almacen.

V_h = Volumen tapa toriesférica.

Donde:

$$V_h = 0.582 \phi^3 \quad (17)$$

V_h = Volumen tapa toriesférica en gal.

ϕ = Diámetro de la tapa en pies.

La longitud recta del tanque almacen es:

$$L = \frac{V_s}{A} \quad (18)$$

L = Longitud parte recta tanque almacen en m.

A = Area de la sección transversal en m^2 .

El criterio para comprobar si el diámetro supuesto es el correcto, viene --
dado por la formula:

$$FB = \phi_{ta} - NO - D \quad (19)$$

FB = Espacio libre entre el nivel de operación y el faldon
del domo, cuyo valor deberá ser en el rango de 200 a
300 mm.

NO = Altura del nivel de operación en mm.

D = Profundidad del faldon del domo en mm.

Donde:

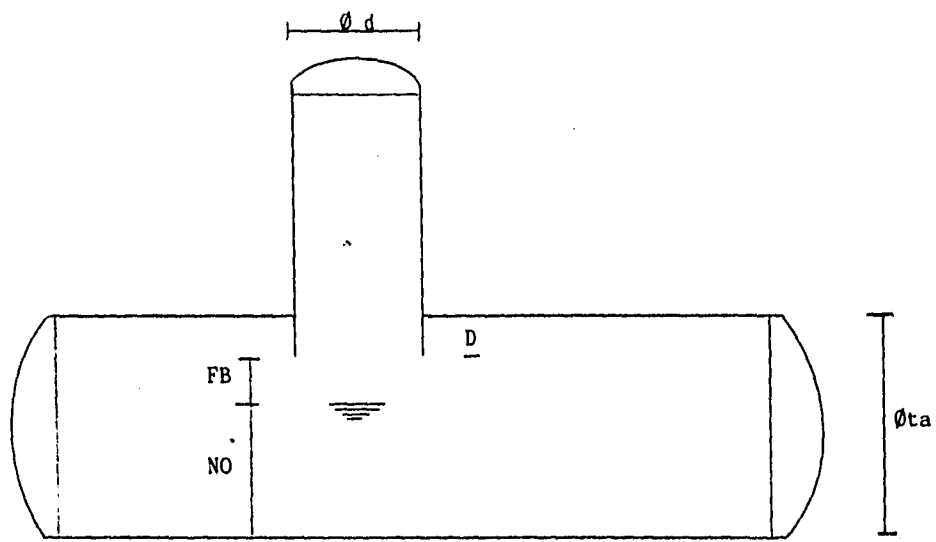
$$D = \frac{\phi_d}{2} \quad \text{Tang.} \left[\frac{\text{Arc. sen.} \phi_d / \phi_{ta}}{2} \right] \quad (20)$$

D = Profundidad del domo en el tanque almacen en mm.

ϕ_d = Diámetro del domo en mm.

ϕ_{ta} = Diámetro del tanque almacen en mm.

En caso de no cuplir con el valor de FB, repetir el procedimiento con los
criterios establecidos.



- $\varnothing d$ = Diámetro del domo desaereador
- D = Profundidad del faldon
- FB = Espacio libre de 200 a 300 mm.
- $\varnothing ta$ = Diámetro del tanque almacén
- NO = Nivel de operación

VI.3 Cálculo de espesores de placa.

El diseño mecánico de los desaereadores térmicos respecto a espesores de placa se rige por el código ASME Sección VIII para recipientes a presión no expuestos a fuego.

El material de construcción es placa de acero al carbón cuya especificación depende de las condiciones de diseño del equipo. La placa que comunmente se utiliza es la especificación ASTM 285 grado C.

El espesor de la placa está en función de la presión de diseño del equipo. Esta variable puede ser determinada por la siguiente regla:

$$P_d = P_o + C$$

P_d = Presión de diseño en Kg/cm^2 .

P_o = Presión de operación de 0.7 Kg/cm^2 .

C = Constante cuyo valor es igual o mayor de 2.1 Kg/cm^2 .

Las tapas para el domo y el tanque almacén son del tipo toriesféricas y son recomendadas por el código ASME Sección VIII parte UG32 E para presiones de diseño menores de 7 Kg/cm^2 .

ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE EN TENSION PARA PLACA DE ACERO AL CARBON
EN KG/CM².

Especificación del material	Esfuerzo máximo	Temperatura del metal en °C.			
		0 a 340	370	400	425
SA-283-A	3,060	728	...	...	...
SA-283-B	3,515	808	...	...	...
SA-283-C	3,870	890	...	...	...
SA-283-D	4,220	890	...	...	...
SA-285-A	3,060	790	773	721	633
SA-285-B	3,515	880	851	784	675
SA-285-C	3,870	967	931	847	717

Fig. 5

ESPESORES

El código ASME Sección VIII (Parte UG-32-E para espesor de tapa, parte UG-27-G para espesor de envolvente) es el que rige el cálculo de espesores de recipientes sujetos a presión interior no expuestos a fuego donde dan las siguientes fórmulas para el cálculo de la envolvente y tapa torisférica.

Envolvente:

$$t = \frac{PD/2}{SE - 0.6P} + C \quad (21)$$

Donde:

- t = Espesor de la envolvente en cm.
- D = Diámetro de la envolvente en cm.
- P = Presión de diseño en Kg/cm²
- S = Esfuerzo permisible del material empleado a la temperatura de diseño en kg/cm²
- E = Factor de eficiencia de soldadura 85% en la envolvente (permitido por código).
- C = Corrosión permitida para el servicio de que a qué esté sujeto el equipo.

Tapas:

$$t = \frac{0.885 PL + C}{SE - 0.1 Pt} \quad (22)$$

Donde:

- t = Espesor de la tapa en cm.
- L = Radio de rodilla = diámetro de la tapa en cm.
- P = Presión de diseño en kg/cm².
- S = Esfuerzo permisible del material empleado a la temperatura de diseño en kg/cm²
- E = Factor de eficiencia de soldadura 100% en tapas (por código)
- C = Factor de corrosión en cm.

VI. 4 Diam. de tubería y valvulas de control.

Las boquillas del equipo tanto para vapor como en el caso de agua, se calculan en función de velocidades recomendadas.

- Para el caso de agua, se recomienda una velocidad bajo del orden de 1 m/seg. tal al aplicar la ecuación de continuidad en flujo de fluidos - es decir:

$$Q = V \times A \quad (23)$$

Donde:

Q = Flujo.

V = Velocidad.

A = Area de la tubería.

Se puede obtener el diámetro correspondiente.

- Para el caso de vapor y para esta aplicación específica de un vapor a - baja presión, después de pasar por la válvula reductora de presión, se - recomienda una velocidad del orden de 6000 pies/minuto, utilizando la -- ecuación siguiente, se puede calcular el diámetro de la tubería:

$$d = \left(\frac{3.06 \ W \ \bar{V}}{V} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

\bar{V} = Volumen específico de vapor.

V = Velocidad en pies/min.

d = Diámetro tubería en pulgadas.

W = Flujo en $\frac{\text{Lb}}{\text{Hora}}$

Esta ecuación está representada gráficamente en el nomograma de la Fig. N° 4.

Para la válvula reguladora de flujo de agua se toma el gasto de diseño, se prefiere utilizar tipo comportamiento lineal con una p = 10 psig. la - selección se hace de acuerdo a lo ofrecido por los proveedores.

Una vez calculado el flujo de vapor se elige la válvula reductora de - presión considerando en el punto de salida 10 psig. que es la operación - del equipo la de entrada es la que dispone el cliente. La selección se ha ce de acuerdo a lo ofrecido por los proveedores.

VII. APLICACION DE LA METODOLOGIA DE CALCULO PARA EL DISEÑO DE UN DESAEREADOR TERMICO DE TRES ETAPAS.

Para ejemplificar la metodología de cálculo, a continuación se detalla el diseño de un equipo desaereador térmico de tres etapas para unas condiciones específicas.

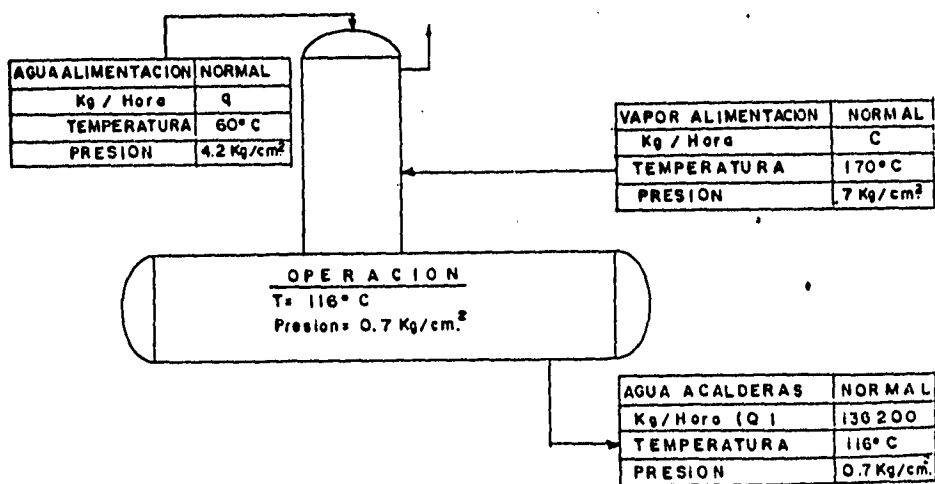
HOJA DE ESPECIFICACIONES

DATOS DE DISEÑO

- Capacidad = 136.2 Ton/Hr
- Presión = 3.51 Kg/cm²
- Temperatura = 148°C
- Corrosión permisible = 0.317 cm.
- Tanque de resistencia
- Tanque Almacén = 10 min.
- Contenido oxígeno en el efluente = 0.00715 ppm
- Contenido Bióxido Carbono en el efluente = Cero

DATOS DE OPERACION

- Capacidad = 136.2 Ton/Hr
- Presión = 0.7 Kg/cm²
- Temperatura = 116°C
- Agua de alimentación al desaereador. = 60°C
- (Mezcla agua de re-
puesto y condensado)
- Vapor disponible:
- a) Presión = 7 Kg/cm²
- b) Tipo = Saturado
- Lugar de ubicación = Nivel del Mar



VII.1 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

Aplicando la ecuación (1), (2) y (3) se obtiene el flujo de vapor definido por la ecuación (4):

$$C = Q \frac{H_o - H_a}{H_u - H_a} = 12,541 \text{ Kg/Hr} = 12,541 \text{ Ton/Hr}$$

Por tanto el flujo agua de alimentación de acuerdo a ecuación (1)

$$q = Q - C = 136.2 - 12,541 = 123.6 \text{ Ton/Hr}$$

VII.2 DISEÑO MECANICO.

CALCULO CAMARA DE ATOMIZADO

Se dispone de una presión de agua aproximada de 2.8 Kg/cm² en la Cámara de Atomizado.

NUMERO DE ESPREAS

Se selecciona una esprea Spraying System Modelo 1 1/2 HD20 ver datos de capacidad en APENDICE

Aplicando ecuación (5)

$$\text{No. de Espreas} = \frac{123.6 \text{ Ton/Hr}}{10 \text{ Ton/Hr}} = \frac{543.8 \text{ GPM}}{44 \text{ GPM}} = 12.3$$

ó sea tomamos 13 espreas.

DIAMETRO CAMARA ATONIZADO

Según se explica en la metodología de cálculo, el arreglo geométrico se indica en la figura N° 3.

- Diámetro = 650 mm.

- Altura = 500 mm.

CALCULO CONDENSADOR DE VENDEO

Aplicando la ecuación (6)

$$\emptyset_e = 700^3 + 1.56 \times 4.27 \times \frac{123.6}{.00715} \frac{(1)}{2} = 733$$

Altura = 500 mm.

CALCULO DIAMETRO Y ALTURA DOMO DESAEREADOR

EL DIAMETRO SE DEFINE DE ACUERDO A LA ECUACION (7)

$$\phi_d = 22 \cdot 123.6 \cdot (116-60) \frac{1}{2} = 1,830 \text{ mm}$$

LA ALTURA SE DEFINE TOMANDO $\theta = 3 \text{ min.}$

por ecuación (8)

$$V = \theta Q = \frac{3 \text{ min}}{60} \times 123.6 \text{ m}^3/\text{Hr} = 6.18 \text{ m}^3$$

aplicando ecuación (11)

$$H = \frac{6.18 \text{ m}^3}{2.628 \text{ m}^2} = 2.35 \text{ m}$$

CALCULO, DIAMETRO Y LONGITUD TANQUE ALMACEN

PARA APLICAR LA ECUACION (12) SE TOMA $K = 700 \text{ mm}$

$$\phi \text{ T.A.} = 1,830 + 700 = 2,530 \text{ mm}$$

EN LA LONGITUD INTERVIENEN EL TIEMPO DE RESISTENCIA ECUACION (13)

$$V_r = \theta Q_d = \frac{10 \text{ min}}{60 \text{ min}} \times 136.2 \frac{\text{m}^3}{\text{Hr}} = 22.7 \text{ m}^3$$

aplicando la ecuación (15)

$$V_{tt} = \frac{V_r}{0.75} = 30.26 \text{ m}^3$$

aplicando ecuación (16) el volumen de las 2 tapas toriesféricas es:

$$V_1 = 2,520 \text{ m}^3$$

aplicando la ecuación (17) para obtener el volumen de la parte recta

$$V_2 = 30.26 - 2.52 = 27.74 \text{ m}^3$$

por la ecuación (18) se tiene una longitud:

$$L = \frac{V_2}{A} = \frac{27.74 \text{ m}^3}{5.02} = 5.52 \text{ m.}$$

PROFUNDIDAD DEL DOMO EN EL TANQUE ALMACEN APLICANDO LA ECUACION (19)

$$b = \frac{1,830}{2} \text{ mm tang. } \frac{\text{Arc. seno } (1.83/2.53)}{2} = 400 \text{ mm}$$

Conclusión: El diámetro propuesto para el Tanque Almacén de 2.530 mm es -
adecuado ya que cumple con el requisito propuesto por la ecuación (20)

$$a = 0 \text{ T.A.} - (N.O. + b)$$

$$a = 2.530 - (2,530 \times 0.75 + 400) = 232 \text{ mm}$$

Está dentro del rango permitido. En caso de que no se cumpla la recomen-
dación de diseño, volver a suponer otro diámetro, repetir el cálculo y a-
nalizar resultados.

VII.3 Cálculo de espesores de placa.

Material para la fabricación del equipo: Placa de acero al carbón, especi-
ficación ASTM-285-grado C que tiene una resistencia a la tensión de --
55000 Lb/pulg.² por recomendación de código de diseño de espesores, solo
se toma el 25% de este valor = 13,750 Lb/pulg.² = 966.9 Kg/cm² para el -
cálculo.

(ver apéndice para datos.)

CALCULO ESPESOR TAPA TORIESFERICA APLICANDO ECUACION (22)

$$\text{- Domo Desaereador} = \frac{0.885 \times 3.51 \times 183}{966.9 \times 1-0.1 \times 3.51} = 0.588 + 0.317 = 0.90 \text{ cm}$$

$$\text{Placa} = 0.95 \text{ cm}$$

$$\text{-- Tanque Almacén} = \frac{0.885 \times 3.51 \times 253}{966.9 \times 1-3.51} = 0.813 + 0.317 = 1.13 \text{ cm}$$

$$\text{Placa } 1/2'' = 1.27 \text{ cm}$$

CALCULO ESPESOR ENVOLVENTE CILINDRICA APLICANDO ECUACION (21)

$$\text{- Domo Desaereador} = \frac{3.51 \times 183 \times 0.5}{966.9 \times 0.85 - 0.6 \times 3.51} = 0.391 + 0.317 = 10.708 \text{ cm}$$

$$\text{Placa } 5/16'' = 0.793 \text{ cm}$$

$$\text{- Tanque Almacén} = \frac{3.519 \times 253 \times 0.5}{966.9 \times 0.85 - 0.6 \times 3.51} = 0.541 + 0.317 = 0.858 \text{ cm}$$

$$\text{Placa } 3/8'' = 0.95 \text{ cm}$$

VII.4 Diám. tubería y válvulas de control.

- Para caso agua líquida $U = \text{Lm/seg.}$, vapor 1,828 m/min. (6,000 pies/min)

Aplicando las ec. 23 y 24

A).- Entrada de agua	10"
B)._ Salida de agua	10"
C)._ Entrada de Vapor	16"
D).- Sobreflujo	10"
E)._ Válvula de seguridad	4"
F)._ Válvula rompevacío	3"

CALCULO DE LA VALVULA REGULADORA DE FLUJO.

Partiendo de:

$$q = 136.2 \frac{\text{Ton}}{\text{Hr}} = 600 \text{ gpm}$$

Si se sabe que el Cu se define como:

$$Cu = \frac{Q}{\frac{AP}{S.g}} = \frac{600 \text{ gpm}}{\frac{10}{1}} = 190$$

De acuerdo a catálogo

Válvula Diseño EQ, compartimiento lineal

FULL SIZE Trim Modelo 657 - ED

Diámetro = 4" Cv = 236

Ver anexo copia de catálogo.

Nota: Actuador 657: Normalmente abierto.

CALCULO DE LA VALVULA REGULADORA DE PRESION .

Partiendo de:

$$C = 12.541 \frac{\text{Ton}}{\text{Hr}} = 27623 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}}$$

$$P_1 = 100$$

$$P_2 = 10 \quad AP = 90 \quad \text{Cs. requerido} = 240$$

De acuerdo a catálogo.

Diseño de la válvula: Igual porcentaje

Diámetro: 4"

Modelo: 667 ED con posicionador

Ver plano 03 en el APENDICE para el dimensionamiento del equipo y localización de boquillas.

Ver plano 01 en el APENDICE para la instrumentación típica que se utiliza en estos equipos.

Ver en APENDICE datos de flujo para la válvula de control para agua y --
para la válvula reductora de presión de vapor.

COSTO

En el desaereador térmico de tres etapas y como en cualquier tipo de equipo de proceso, los costos se estiman en función de:

- 1) .- Costos de inversión
- 2) .- Costos de operación.

CONSTOS DE INVERSION

Debido a que el presente trabajo está enfocado propiamente al diseño del desaereador térmico de tres etapas y no a un análisis económico únicamente se darán los costos de fabricación e instalación reales a una fecha determinada para ejemplificar los conceptos que se deberán considerar, y que puede resumirse en lo siguiente:

COSTOS DE FABRICACION

En estos costos se deberá considerar todo el trabajo de pailería en el cual se incluye:

- a).- Placa de acero al carbón
- b).- Cortado y rolado de placa.
- c).- Ensamblado
- d).- Boquillas.
- e).- Bridas
- f).- Tapas
- g).- Soldadura

COSTOS DE INSTALACION

En estos costos se considera todo el equipo complementario para la operación del desaereador térmico, el equipo que se deberá considerar es el siguiente:

- | | | |
|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|
| a).- Espreas de atomización | d)Lineas de venteo | h) válvula de sobreflujo |
| b).- Válvulas de seguridad | e)Manómetros | i) Control de nivel |
| c).- Válvula rompevacío | f)Termómetros | j) Esprea de vapor/agua |
| | | k) Válvula reguladora de presión |
| | | l) Válvula reguladora de flujo. |
- * 40 *

COSTO

En el desaereador térmico de tres etapas y como en cualquier tipo de equipo de proceso, los costos se estiman en función de:

- 1) .- Costos de inversión
- 2) .- Costos de operación.

CONSTOS DE INVERSION

Debido a que el presente trabajo está enfocado propiamente al diseño del desaereador térmico de tres etapas y no a un análisis económico únicamente se darán los costos de fabricación e instalación reales a una fecha determinada para ejemplificar los conceptos que se deberán considerar, y que puede resumirse en lo siguiente:

COSTOS DE FABRICACION

En estos costos se deberá considerar todo el trabajo de pailería en el cual se incluye:

- a).- Placa de acero al carbón
- b).- Cortado y rolado de placa.
- c).- Ensamblado
- d).- Boquillas.
- e).- Bridas
- f).- Tapas
- g).- Soldadura

COSTOS DE INSTALACION

En estos costos se considera todo el equipo complementario para la operación del desaereador térmico, el equipo que se deberá considerar es el siguiente:

- | | | |
|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|
| a).- Espreas de atomización | d)Lineas de venteo | h) válvula de sobreflujo |
| b).- Válvulas de seguridad | e)Manómetros | i) Control de nivel |
| c).- Válvula rompevacío | f)Termómetros | j) Esprea de vapor/agua |
| | | k) Válvula reguladora de presión |
| | | l) Válvula reguladora de flujo. |

COSTOS DE FABRICACION

Como se dijo anteriormente para considerar estos costos se calculará el costo de paileria, es decir.

a) Peso de Domo Desaerador

a.1) Tapa Toriesférica

$$\emptyset = 1.83 \text{ m} \times 1.06 + .07 = 2 \text{ m.}$$

$$A = 0.785 (2\text{m})^2 = 3.17 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor de } \frac{3''}{8} = 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P. = 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 3.17 \text{ m}^2 = 238 \text{ kgs}$$

a.2) Cilindro de Domo Desaerador

$$A = \emptyset = \pi \times 1.83 \times 2.75 = 15.81 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor } \frac{5''}{16} = 62.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P = 62.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 15.81 \text{ m}^2 = 988 \text{ kgs.}$$

b) Peso Tanque Almacen

b.1) Tapas Toriesféricas

$$\emptyset = 2.53 \times 1.06 + .07 = 2.75 \text{ m}$$

$$A = 0.785 (2.75 \text{ m})^2 = 5.93 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor } \frac{1''}{2} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P. = 100 \text{ kg/m}^2 \times 5.93 \text{ m}^2 = 593 \text{ kg.}$$

Para 2 tapas

$$P_3 = 1,186 \text{ kgs.}$$

b.2) Cilindro Tanque Almacen

$$A = \emptyset L = 2.35 \times 5.52 \text{ m} = 44 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor } 3''/8 = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$P_a = 75 \text{ kg/m}^2 \times 44 \text{ m}^2 = 3,300 \text{ kg.}$$

C) Condensador de venteo y cámara de atomizado

$$P_5 = 200 \text{ kgs.}$$

D) Soportes del tanque tipo silleta

$$P_6 = 600 \text{ kgs.}$$

$$\text{Suma de 1 a 6} = 6,512 \text{ kg.}$$

A esta fecha tiene un costo de N\$ 10.00/kg.

Incluyendo tanto fabricación como boquillas y conexiones

$$C_I = \text{N\$ } 10.00 \times 6,512 \text{ kg.} = \text{N\$ } 65,120.00$$

COSTOS DE INSTALACION

Estos costos se calculan a continuación

NOTA : Los costos de los diferentes conceptos se checkaron directamente de proveedores.

ESPRESAS DE ATOMIZACION DE AGUA

Nº de espresas = 13 pzas.

Costo por esprea = N\$ 25.00

$C_2 = N\$ 25.00 \times 13 = N\$ 325.00$

VALVULA DE SEGURIDAD 1 PIEZA

Marca : Lonergan

Tipo : Angular

$C_3 = N\$ 4,500.00$

VALVULA ROMPEVACIO 1 PIEZA

Marca : Duo-check

Modelo : 12 HMP

Diámetro : 3 "

$C_4 = N\$ 500.00$

VALVULA DE VENTEO 1 LOTE

Diámetro : 1 1/2 " Ø

Válvula tipo globo

Marca : Wolworth

Construcción Acero al carbón 150 #

C₅ = N\$ 200.00

MANOMETROS 3 PZAS.

Marca METRON

Bourdon Bronce con válvula de aislamiento

Escala 0 - 4 kg / cm²

C₆ = N\$ 100.00/Pza. x 3 Pzas. = N\$ 300.00

TERMOMETRO 2 PZAS.

Marca Sycmatic.

Tipo Bimetálico con termopozo en Ac. Inox.

Escala 0 - 200° C

C₇ = N\$ 150.00/Pza x 2 Pzas. = N\$ 300.00

SWITCH ALTO Y BAJO NIVEL

Marca Mc. Donnell

Modelo 69

Para 110 V 60 Hz

C₈ = N\$ 750.00/Pza x 2 Pzas. = N\$ 1,500.00

VALVULA DE SOBREFLUJO

Diámetro 25.4 cm. (10 pulg.)

Mca. Keystone tipo mariposa, equipada con actuador de piston operado con aire.

C₉ = N\$ 8,000.00

CONTROL DE NIVEL

Mca. : Fisher & Governor

Modelo 2500-249 en acero al carbón con interiores de acero inoxidable. Señal de salida 3 a 15 psig.

C₁₀ = N\$ 15,000.00

INDICADOR DE NIVEL

Mca. JERGUSON tipo transparente equipado con valvulas de aislamiento en acero al carbón.

Longitud = 2000 mm.

C₁₁ = N\$ 1,500.00

ESPREA VAPOR Y AGUA

Diámetro 40.64 cm. (16 pulg.)

Construcción : Acero al carbón con flecha de ac. inoxidable incluyendo el plato y resorte inferior.

C₁₂ = N\$ 7,000.00

VALVULA REGULADORA DE FLUJO

Mca. FISHER GOVERNOR modelo 657-ED comportamiento lineal

Diámetro 10.16 cm. (4" Ø)

C₁₃= N\$ 9,000.00

VALVULA REGULADORA DE PRESION

Mca. FISHER GOVERNOR

Modelo 667-ED

Diámetro 10.16 cm. (4" Ø)

C₁₄= N\$ 9,000.00

EL COSTO TOTAL ES LA SUMA DE TODOS LOS CONCEPTOS

DEL 1 AL 14 :

C_T= N\$ 122,245.00

Costos a fecha Mayo 1995.

IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El diseño propuesto ha sido probado en la industria hasta una capacidad de 454 Ton/hr. y aplica para un rango de presiones de operación de 0.35 a 0.7 Kg/cm².
- 2.- Para el cálculo del flujo de vapor se requiere saber las condiciones del vapor disponible (saturado, sobrecalentado) ya que influye en el tipo y libraje de la válvula reguladora de presión.
- 3.- En la línea de agua de alimentación al desaereador se recomienda tener una presión mínima de 1.5 Kg/cm². para asegurar el buen funcionamiento de las espreas de atomización de agua.
- 4.- Utilizar tapas toriesféricas para presiones de diseño hasta de 7 Kg/cm². -- para presiones mayores utilizar semielípticas.
- 5.- Estos equipos se encuentran en operación en:
 - Pemex Minatitlán, Poza Rica y Salina Cruz Oaxaca.
 - Cydsa Monterrey, San Luis Potosí y Guadalajara.
 - Fibras Sintéticas Acoxpa D.F. y Huejotzingo Puebla.
 - Ingenio de Atencingo Puebla y Tala en Jalisco.
- 6.- Las ventajas de éstos equipos en forma comparativa con otros diseños son:
 - Menor costo de fabricación debido a su diseño sencillo y funcional con un mínimo de partes móviles.
 - Ahorro en el consumo de vapor de calentamiento ya que se dispone de un condensador interno en la zona de venteo de gases.
 - Facilidad de acceso a la parte interna del equipo para su mantenimiento e inspección del estado de las paredes metálicas.
 - En su fabricación se utilizan materiales convencionales como placa de acero al carbón, excepto la cámara de atomizado que es de inoxidable. Ambos se consiguen en el país, por tanto no hay necesidad de importación.

X B I B L I O G R A F I A

- 1 .- ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL
CODE SECTION VIII
The American Society of Mechanical Engineers.

- 2 .- FLOW OF FLUIDS
CRANE CO.
1976

- 3 .- WATER TREATMENT HANDBOOK
DEGREMONT
FIFTH EDITION

- 4 .- PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR
DONALD Q. KERN
Compañía Editorial Continental, S.A. México
Primera Edición

- 5 .- TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA INDUSTRIA Y OTROS USOS
ESKEL NORDEL
Cia. Editorial Continental, S.A. México
Segunda Edición

- 6 .- MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO
JOHN H. PERRY
Unión Tipografica Editorial Hispano Americana
Tercera Edición

- 7.- THE ELEMENTS OF PHYSICAL CHEMISTRY
F.W. GODDARD AND E. J. JAMES
Longmans, Green & Co. Ltd.
Cuarta edición, 1967.
- 8.- CHEMICAL PROCESS PRINCIPLES
OLAF A. HOUGEN
Wiley International Edition
Segunda edición, 1966.
- 9.- ACONDICIONAMIENTO DE AGUAS PARA LA INDUSTRIA
SHEPPARD T. POWELL
Editorial Limusa, México.
Cuarta edición, 1981.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

A P E N D I C E

DATOS

DIBUJOS

GRAFICAS

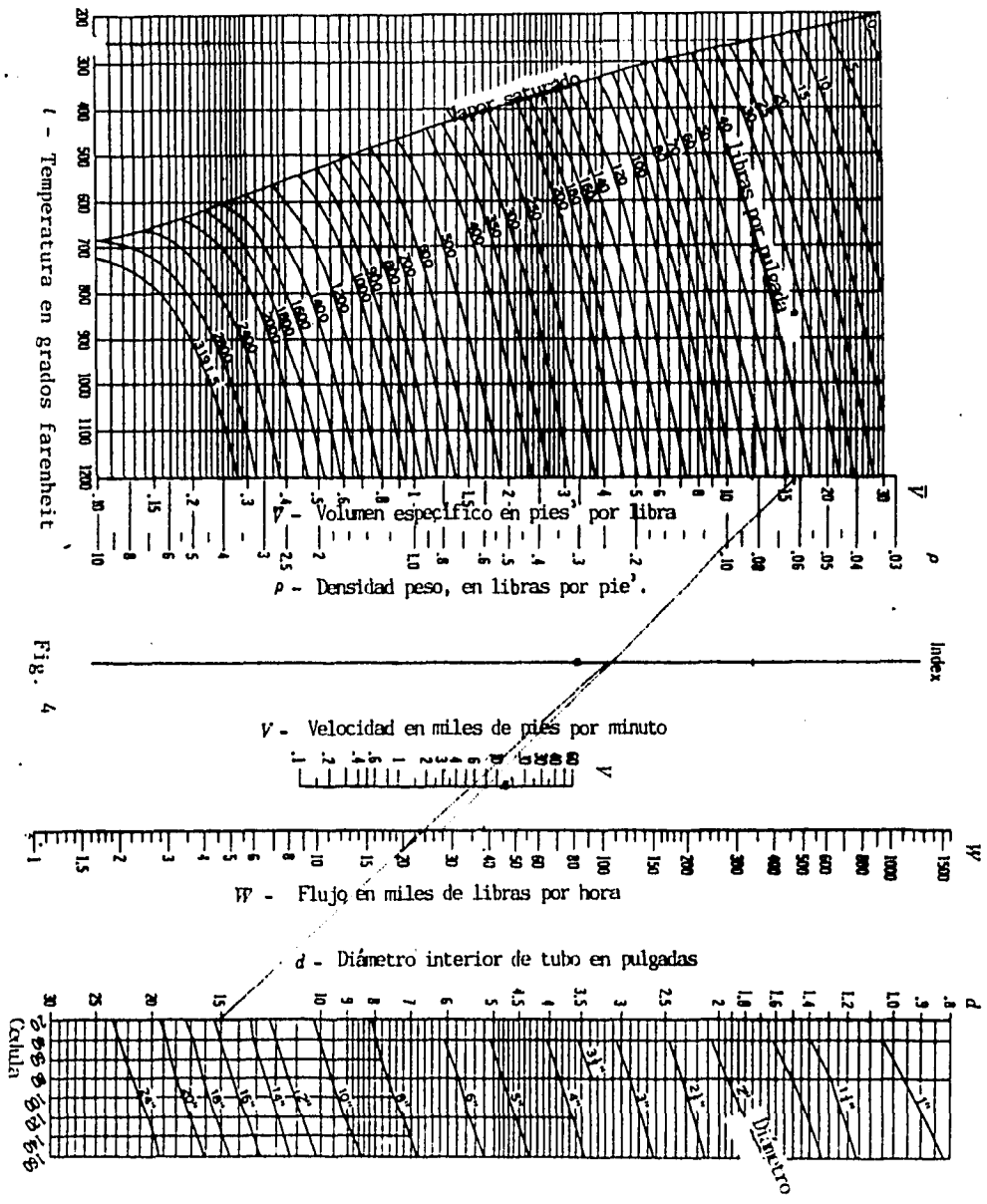
ala desmontable/cuerpo
fundido 1 1/4" - 8" NPT (H)



ESPREA DE ATOMIZACION DE AGUA

DATOS DE CAPACIDAD EN FUNCION DE LA PRESION

Diámetro esprea	C a p a c i d a d (Litros/minuto)		
	1.5 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	3 Kg/cm ²
1 1/4"	128	146	175
1 1/2"	166	220	265
2"	225	255	310



T - Temperatura en grados fahrenheit

Fig. 4

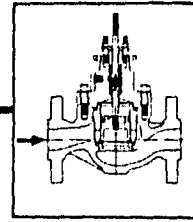
V - Velocidad en miles de pies por minuto

W - Flujo en miles de libras por hora

d - Diámetro interior de tubo en pulgadas

Calula

VALVULA DE CONTROL PARA AGUA
COMPORTAMIENTO: LINEAR



VALORES DE Cv, USO: LIQUIDOS

Body Size, In.	Port Size, In.	Total Travel, In.	Porcentaje de apertura de la valvula										K _m at Max. Travel
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	1-5/16	3/4	3.21	5.50	8.18	10.9	13.2	15.0	16.9	18.6	19.9	20.6	.71
1-1/2	1-7/8	3/4	4.23	7.84	11.8	15.8	20.4	25.3	30.3	34.7	37.2	39.2	.68
2	2-5/16	1-1/8	7.87	16.0	24.9	33.4	42.1	51.8	62.0	68.1	70.6	72.9	.59
2-1/2	2-7/8	1-1/2	9.34	21.6	35.5	49.5	62.7	74.1	83.6	93.5	102	108	.66
3	3-7/16	1-1/2	14.5	32.9	52.1	70.4	88.5	105	118	133	142	148	.68
4	4-3/8	2	23.3	50.3	78.1	105	127	152	181	203	223	236	.67
6	7	2	46.3	107	171	228	279	327	367	402	420	433	.71
8*	8	2	60.2	129	206	285	363	444	526	581	640	688	.76
8	8	3	91.4	207	325	440	550	639	711	760	795	846	.75

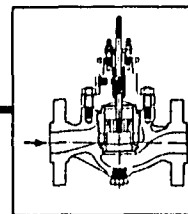
VALORES DE Cg, USO: GAS

Body Size, In.	Port Size, In.	Total Travel, In.	Porcentaje de apertura de la valvula										C ₁ at Max. Travel
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	1-5/16	3/4	74.9	150	230	311	385	457	528	590	631	657	31.9
1-1/2	1-7/8	3/4	137	264	411	565	701	864	1020	1150	1230	1270	32.4
2	2-5/16	1-1/8	292	543	850	1170	1500	1800	2050	2210	2280	2330	32.0
2-1/2	2-7/8	1-1/2	308	702	1140	1620	2060	2490	2830	3100	3310	3460	32.0
3	3-7/16	1-1/2	475	1100	1740	2390	3030	3560	3970	4290	4510	4660	31.5
4	4-3/8	2	775	1700	2650	3590	4440	5290	6260	7090	7630	7830	33.2
6	7	2	1500	3650	5900	8060	10000	11700	13000	14000	14600	14900	34.4
8*	8	2	2020	4380	6680	9200	12000	15000	18100	20800	23200	25200	36.6
8	8	3	2950	6540	10700	15200	19500	22900	25800	27800	29200	30400	35.9

VALORES DE Cs, USO: VAPOR

Body Size, In.	Port Size, In.	Total Travel, In.	Porcentaje de apertura de la valvula										C ₁ at Max. Travel
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	1-5/16	3/4	3.75	7.50	11.5	15.0	19.3	22.9	26.4	29.5	31.6	32.9	31.9
1-1/2	1-7/8	3/4	6.85	13.2	20.6	28.3	35.1	43.2	51.0	57.5	61.5	63.5	32.4
2	2-5/16	1-1/8	12.6	27.2	42.5	58.5	75.0	90.0	103	111	114	117	32.0
2-1/2	2-7/8	1-1/2	15.4	35.1	57.0	81.0	103	125	142	155	166	173	32.0
3	3-7/16	1-1/2	23.8	55.0	87.0	120	152	178	199	215	226	233	31.5
4	4-3/8	2	38.8	85.0	133	180	222	265	313	355	382	392	33.2
6	7	2	75.0	183	295	403	500	585	650	700	730	745	34.4
8*	6	2	101	219	334	460	600	750	905	1040	1160	1260	36.6
8	8	3	148	327	535	760	975	1150	1290	1390	1460	1520	35.9

VALVULA REDUCTORA DE PRESION DE VAPOR
COMPORTAMIENTO: IGUAL PORCENTAJE



VALORES DE Cv, USO: LIQUIDOS

Body Size, In.	Port Size, In.	Total Travel, In.	Porcentaje de apertura de la valvula										K _m at Max. Travel
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	1-5/16	3/4	.783	1.54	2.20	2.89	4.21	5.76	7.83	10.9	14.1	17.2	.77
1-1/2	1-7/8	3/4	1.52	2.63	3.87	5.41	7.45	11.2	17.4	24.5	30.8	35.8	.70
2	2-5/16	1-1/8	1.66	2.93	4.66	6.98	10.8	16.5	25.4	37.3	50.7	59.7	.72
2-1/2	2-7/8	1-1/2	3.43	7.13	10.8	15.1	22.4	33.7	49.2	71.1	89.5	99.4	.71
3	3-7/16	1-1/2	4.32	7.53	10.9	17.1	27.2	43.5	66.0	97.0	120	136	.68
4	4-3/8	2	5.85	11.6	18.3	30.2	49.7	79.7	125	171	205	224	.68
6	7	2	12.9	25.8	43.3	67.4	104	162	239	316	368	394	.73
8	8	2	18.5	38.0	58.4	86.7	130	189	268	371	476	567	.72
8	8	3	27.0	58.1	105	188	307	478	605	695	761	818	.74

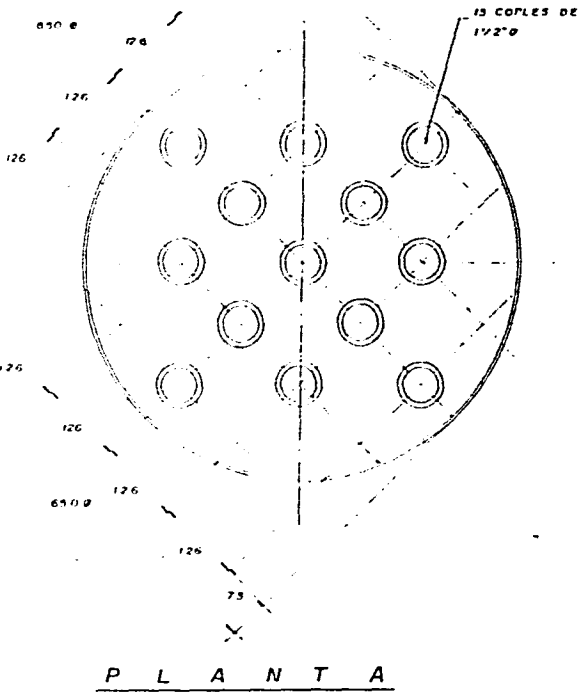
VALORES DE Cg, USO: GAS

Body Size, In.	Port Size, In.	Total Travel, In.	Porcentaje de apertura de la valvula										C ₁ at Max. Travel
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	1-5/16	3/4	31.2	48.3	67.4	94.4	138	191	270	380	483	562	32.7
1-1/2	1-7/8	3/4	53.7	90.2	131	183	256	382	578	811	1020	1180	33.0
2	2-5/16	1-1/8	60.4	107	164	238	358	546	851	1280	1680	1980	33.2
2-1/2	2-7/8	1-1/2	121	239	359	497	727	1090	1600	2320	2910	3230	32.5
3	3-7/16	1-1/2	152	293	360	545	854	1350	2150	3230	3930	4470	32.9
4	4-3/8	2	200	374	587	970	1580	2520	4100	5890	7040	7580	33.8
6	7	2	428	851	1430	2270	3480	5500	8200	10900	13000	13900	35.3
8	8	2	631	1200	1810	2660	3960	5790	8300	11600	15600	19300	34.0
8	8	3	867	1680	3350	5880	9850	15000	20600	25000	27300	29400	35.9

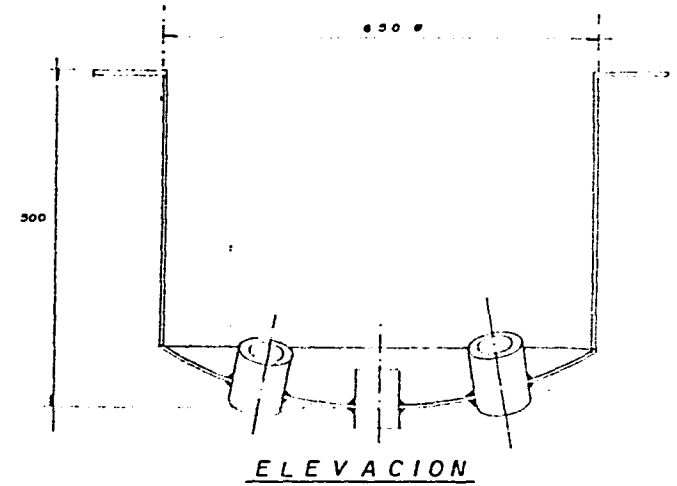
VALORES DE Cs, USO: VAPOR

Body Size, In.	Port Size, In.	Total Travel, In.	Porcentaje de apertura de la valvula										C ₁ at Max. Travel
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	1-5/16	3/4	1.56	2.42	3.37	4.72	6.90	9.55	13.5	19.0	24.2	28.1	32.7
1-1/2	1-7/8	3/4	2.69	4.51	6.55	9.15	12.8	19.1	28.9	40.6	51.0	59.0	33.0
2	2-5/16	1-1/8	3.02	5.35	8.20	11.9	17.9	27.3	42.5	64.0	84.0	99.0	33.2
2-1/2	2-7/8	1-1/2	6.05	12.0	18.0	24.9	36.4	54.5	80.0	116	146	162	32.5
3	3-7/16	1-1/2	7.60	12.7	18.0	27.3	42.7	67.5	108	162	197	224	32.9
4	4-3/8	2	10.0	18.7	29.4	48.5	79.0	126	205	295	352	379	33.8
6	7	2	21.4	42.6	71.5	114	174	275	410	545	650	695	35.3
8	8	2	31.6	60.0	90.6	133	198	290	415	580	780	965	34.0
8	8	3	43.4	94.0	168	294	493	750	1030	1250	1370	1470	35.9

FALLA DE ORIGEN



P L A N T A

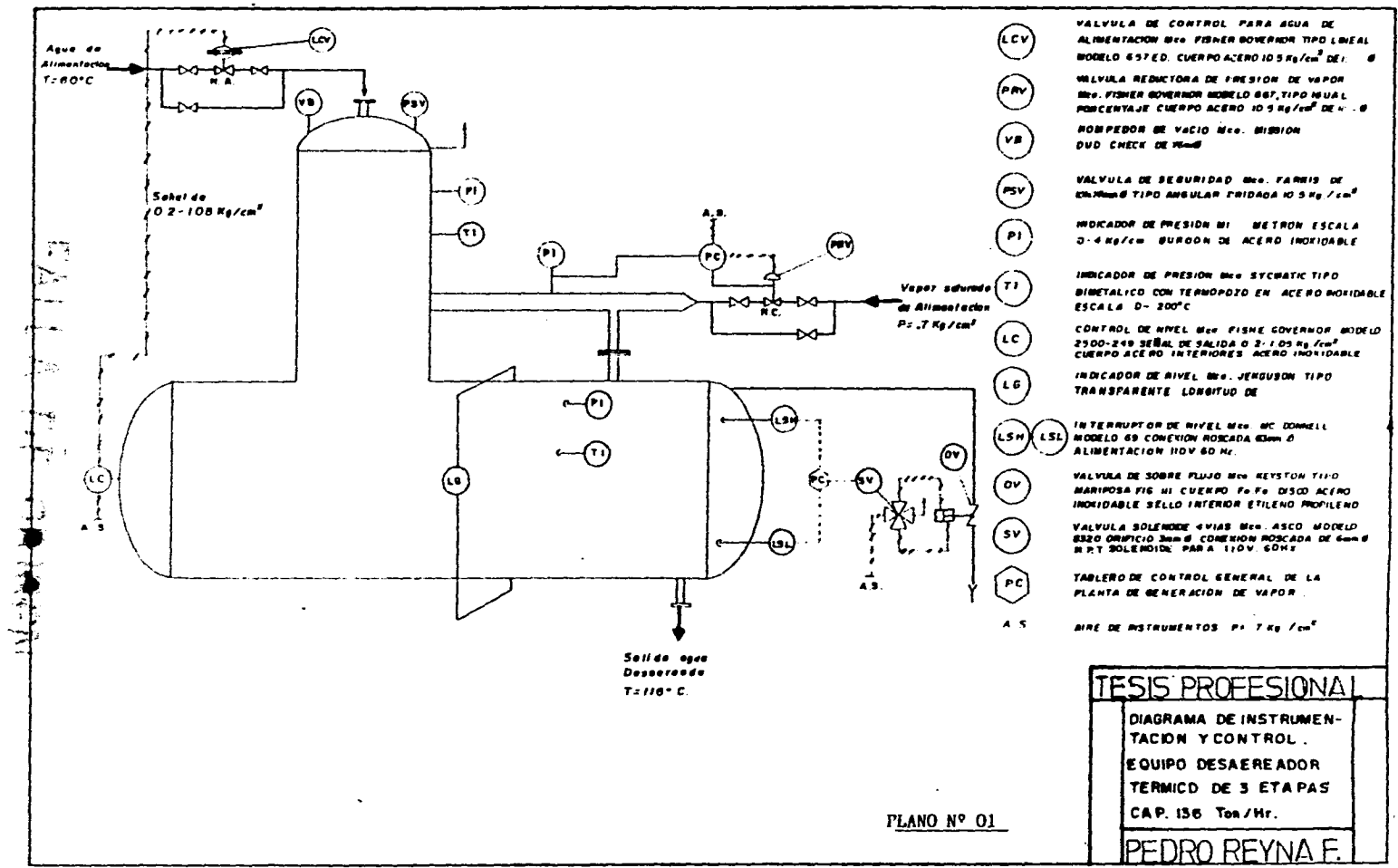


TESIS PROFESIONAL

DISTRIBUCION DE
ESPRESAS EN CAMARA
DE ATOMIZADO

Fig. 3

PEDRO REYNA F.



- (LCV) VALVULA DE CONTROL PARA AGUA DE ALIMENTACION Mco. FISHER GOVERNOR TIPO LINEAL MODELO 657 ED. CUERPO ACERO 10.5 Kg/cm² DE 1" Ø
- (PRV) VALVULA REDUCTORA DE PRESION DE VAPOR Mco. FISHER GOVERNOR MODELO 667, TIPO MUAL PORCENTAJE CUERPO ACERO 10.5 Kg/cm² DE 1" Ø
- (VB) ROMPEDOR DE VACIO Mco. MIBBION DUD CHECK DE 15" Ø
- (PSV) VALVULA DE SEGURIDAD Mco. FARRIS DE 1 1/2" Ø TIPO ANGULAR TRIDAGA 10.5 Kg/cm²
- (PI) INDICADOR DE PRESION Mco. METRON ESCALA 0-4 Kg/cm² BURDON DE ACERO INOXIDABLE
- (TI) INDICADOR DE PRESION Mco. SYMATIC TIPO BIMETALICO CON TERMOPOZO EN ACERO INOXIDABLE ESCALA 0-200°C
- (LC) CONTROL DE NIVEL Mco. FISHER GOVERNOR MODELO 2500-249 SEÑAL DE SALIDA 0-2.105 Kg/cm² CUERPO ACERO INTERIORES ACERO INOXIDABLE
- (LG) INDICADOR DE NIVEL Mco. JERUSALEM TIPO TRANSPARENTE LONGITUD DE
- (LSM) (LSL) INTERRUPTOR DE NIVEL Mco. MC DONNELL MODELO 69 CONECCION ROSCADA 63mm Ø ALIMENTACION 110V 60 Hz.
- (OV) VALVULA DE SOBREPUNTO Mco. KEYSTON TIPO MARIPOSA FIS M CUERPO Fe Fe DISCO ACERO INOXIDABLE SELLO INTERIOR ETILENO PROPILENO
- (SV) VALVULA SOLENODE 4VIAS Mco. ASCO MODELO 823 Ø ORIFICIO 3mm Ø CONECCION ROSCADA DE 6mm Ø N.T. SOLENODE PARA 110V 60Hz
- (PC) TABLERO DE CONTROL GENERAL DE LA PLANTA DE GENERACION DE VAPOR
- A.S. BIRE DE INSTRUMENTOS PI 7 Kg/cm²

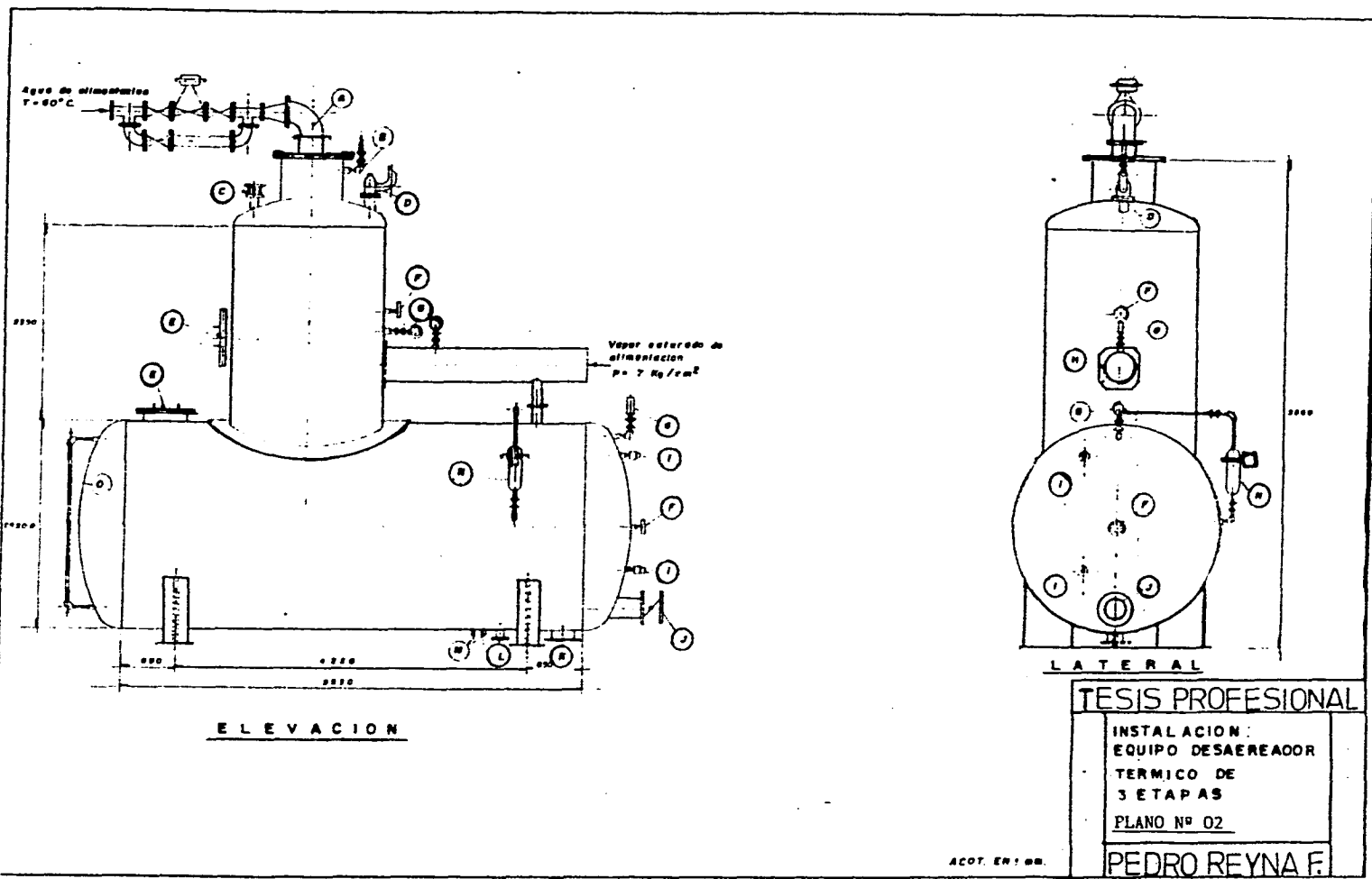
PLANO Nº 01

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y CONTROL.
EQUIPO DESAERADOR TERMICO DE 3 ETAPAS
CAP. 156 Ton/Hr.

PEDRO REYNA F.

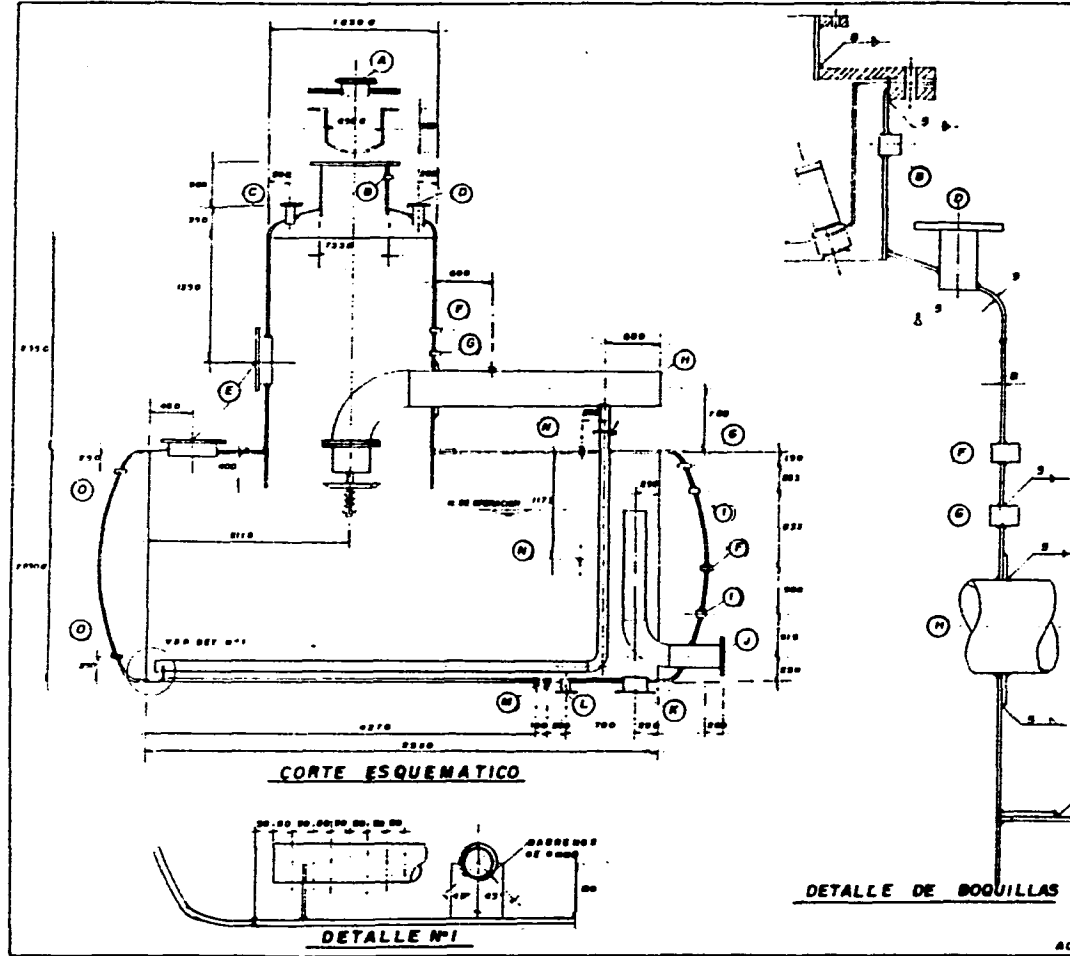
FAJILA DE ORDEN



TESIS PROFESIONAL
INSTALACION
EQUIPO DESAERADOR
TERMICO DE
3 ETAPAS
PLANO Nº 02
PEDRO REYNA F.

ACOT. EN: mm.

FALLA DE QUIMEN



LISTA DE BOQUILLAS				
BOCA	CANT.	TIPO Y RANGO	DESCRIPCION	#
A	1	BRIDADA 1500	ENTRADA DE AGUA	250
B	1	ROSCADA 3000	VENTO	30
C	1	BRIDADA 1500	VALVULA POMPEVACIO	70
D	1	BRIDADA 1500	VALVULA DE SEGURIDAD	101
E	2	BRIDADA	REGISTRO PARA NOMBRE	300
F	2	ROSCADA 3000	TERMOMETRO	10
G	2	ROSCADA 3000	MANOMETRO	10
H	1	TUBERIA AN ASTM-93-B	ENTRADA VAPOR	400
I	2	ROSCADA 3000	SWTICH DE ALTO Y BAJD NIVEL	03
J	1	BRIDADA 1500	SOBRE FLUJO	250
K	1	BRIDADA 1500	SALIDA AGUA DESAERADA	250
L	1	BRIDADA 1500	DREN	70
M	2	ROSCADA 3000	INYECCION DE QUIMICOS	10
N	2	ROSCADA 3000	CONTROL DE NIVEL	30
O	2	ROSCADA 3000	NIVEL USUAL	30

LISTA DE MATERIALES	
PRECALENTADOR	
CUERPO: ASTM-285-A-C-8mm esp	
TAPA TONOSFERICA: ASTM-285-B-C-8mm esp	
TANQUE ALMACEN	
CUERPO: ASTM-285-B-C-8mm esp	
TAPA TONOSFERICA: ASTM-285-B-C-13mm esp	
CAMARA DE ATOMIZADO	
CONSTRUIDO EN PLACA AISI-304-3/16 Esp	

TESIS PROFESIONAL

CONSTRUCCION:
DESAERADOR TERMICO
DE 3 ETAPAS.

PLANO N° 03

PEDRO REYNA F.