



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE INTERCAMBIADORES DE  
CALOR UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICOELECTRICISTA  
PRESENTA

ANDRES CRUZ ANAYA

ASESOR DE TESIS  
M. I. SERGIO MARTIN DURAN GUERRERO.



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
 Jefa del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Procedimiento de Reparación de Intercambiadores de Calor Utilizados en la  
 Industria Petrolera

Que presenta el pasante Andrés Cruz Anaya

Con número de cuenta: 400001274 para obtener el título de:  
 Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
 Cuautitlan Izcalli, Mex. a 25 de Abril de 2011.

PRESIDENTE	<u>M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez</u>	
VOCAL	<u>Ing. Emilio Juárez Martínez</u>	
SECRETARIO	<u>M.I. Sergio Martín Durán Guerrero</u>	
1er SUPLENTE	<u>Ing. Ma. del Pilar Zepeda Moreno</u>	
2º SUPLENTE	<u>Ing. Gabriela López Sánchez</u>	

## **DEDICATORIAS.**

Este trabajo se lo dedico a Dios por permitirme haber logrado esta meta y le doy infinitas gracias por darme tantas bendiciones a lo largo de mi vida.

A mi Padre Andrés Cruz Reyes por haberme dado la vida y darme tu amor a lo largo de mi vida, estoy muy orgulloso de ser tu hijo. Muchas gracias.

A mi Madre Gloria Anaya por haberme dado tu cariño y consejos a lo largo de mi vida, este trabajo es un pequeño agradecimiento para ti, ya que has hecho un gran esfuerzo por que tu familia salga adelante.

A mis hermanas Guadalupe, Angélica, Lucia, Leticia por todo su amor y ayuda, las quiero mucho...

A mis cuñados Jaime y Hugo gracias por su apoyo y consejos,

A mi esposa Sharol por haberme enseñado tantas cosas lindas y darme su amor, te lo dedico a ti hermosa.

Le doy infinitas gracias a la vida por haberme permitido lograr este sueño.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco a la vida el poder haberme permitido poder estudiar en la mejor universidad. En la UNAM la cual me ha dado tanto y de la cual me siento orgulloso de haber podido estudiar en sus aulas y sentir sus valores.

Agradezco infinitamente a todos mis profesores de la facultad el haberme transmitido los conocimientos y valores que me han formado y me han convertido en mejor persona.

Al Maestro Sergio Duran Guerrero por todo el apoyo para la realización de este trabajo y gracias por todos sus consejos. Infinitas gracias.

A mis amigos de la carrera los cuales se han convertido en alguien importante en mi vida. A Alberto Ríos gracias por su amistad y sus consejos, a mi amigo Edgar Almazán, a Yuri Luna gracias por tu amistad, a Saúl, Memo, Zaid, Rene, Leonardo, Orlando Fuentes, Erika, y a muchos mas que probablemente se me estén olvidando.

A mis amigos de toda la vida a mi compadre Vicente López, a mi amiga Anabel Herrera, Leonel.

# INDICE

## CAPITULO 1.

<b>Descripción de un Intercambiador de Calor.</b>	<b>3</b>
1.1 Tipos de Cambiadores de Calor de Acuerdo a su Construcción.	4
1.1.1 Cambiadores de Haz de Tubos Expuestos.	4
1.1.2 Cambiadores de Tubos Concéntricos.	5
1.1.3 Cambiadores Tipo Bayoneta.	6
1.1.4 Cambiadores Enfriados por Aire.	7
1.1.5 Cambiadores de Tubos por Envolverte.	9
1.2 Tipos de Cambiadores de Calor de Acuerdo a su Función	9
1.2.1 Intercambiador de Calor	9
1.2.2 Condensadores.	10
1.2.2.1 Condensadores de Eyector.	11
1.2.3 Enfriadores.	12
1.2.4 Evaporadores (Rehervidores o Recalentadores).	13

## CAPITULO 2.

<b>Tipos de Cambiadores de Haz Envolverte.</b>	<b>16</b>
2.1 Tipos de Cambiadores de Calor.	16
2.2 Componentes de un Cambiador de Calor.	22
2.2.1 Tubos (Fluxes).	22
2.2.2 Espejos.	27
2.2.3 Envolvertes (Cuerpo) Y Boquillas.	29
2.2.4 Cabezales y Boquillas.	31
2.2.5 Mamparas.	37
2.2.6 Tensores.	43

2.2.7 Separadores.	44
--------------------	----

## CAPITULO 3.

### **Procedimiento de Reparación de un Intercambiador de Calor.** 46

3.1 Trabajos Previos y Medidas de Seguridad.	47
--	----

3.1.1 Depresionado, Vaciado y Barrido del Equipo.	47
---	----

3.1.2 Colocación de Juntas ciegas para Aislar el Equipo.	48
--	----

3.2 Trabajos de Desarmado del Intercambiador de Calor.	53
--	----

3.2.1 Desmontaje de Tapas de Cabezales.	53
---	----

3.2.1.1 Prueba de Inundación.	55
-------------------------------	----

3.2.1.2 Desmontar Cabezal Posterior (Concha Fija y Flotante).	56
---	----

3.2.2 Limpieza de Haz de Tubos por Medios Mecánicos e Hidráulicos.	58
--	----

3.2.3 Realización de Pruebas Hidrostáticas Lado Cuerpo.	59
---	----

3.2.3.1 Montaje de Haz de tubos.	59
----------------------------------	----

3.2.3.2 Montaje de Cabezal Frontal.	60
-------------------------------------	----

3.2.3.3 Montaje del Anillo de Pruebas.	61
--	----

3.3 Realización de Prueba Hidrostática Lado Cuerpo.	62
---	----

3.3.1 Desmontaje de Anillo de Pruebas.	65
--	----

3.3.2 Montaje de la Concha Flotante y Cabezal Frontal.	66
--	----

3.4 Prueba Hidrostática Lado Tubos.	67
-------------------------------------	----

3.4.1 Montaje de Concha Fija.	67
-------------------------------	----

3.5 Prueba Final.	68
-------------------	----

3.6 Retiro de Juntas Ciegas.	73
------------------------------	----

3.7 Retirar Andamios y Realizar Limpieza.	74
---	----

## CAPITULO 4

### **Programación de Tiempos para Realizar el Trabajo.** 76

4.1 Actividades a Realizar a cada Departamento.	79
---	----

4.2 Cantidad de Tiempo Empleado por cada Departamento.	80
Conclusiones.	83
Glosario.	86
Apéndice 1.	89
Anexo 1.	94
Bibliografía	96

## INTRODUCCION.

La industria petrolera representa una fuente importante de recursos económicos para el país, ya que aporta recursos para ser utilizados para el desarrollo de México. La industria de la refinación del petróleo es una área dentro de PEMEX a la cual se denomina Pemex- Refinación, siendo esta la responsable de elaborar los productos petrolíferos para obtener fuentes de energía, los cuales son necesarios para impulsar el desarrollo de la economía nacional. Entre los cuales se tienen Pemex Premium UBA, Pemex Magna, Pemex Diesel, Diesel Marino Especial, Diesel Industrial Bajo Azufre, Combustóleo, Gasavión, Turbosina, Parafinas y otros como son coque de petróleo y Lubricantes básicos entre otros más. Para la obtención de todos estos productos se cuenta con procesos en los cuales se logra la transformación del petróleo, como son la Destilación Atmosférica, Destilación al Alto Vacío, Hidrodesulfuración de productos Intermedios, Reformadora de Naftas y el Desintegración catalítica fluida entre los que se destacan por ser más importantes. Las plantas de proceso cuentan con equipo tanto dinámico (bombas, compresores, turbinas etc.) y estático (recipientes, tanques, acumuladores, calentadores a fuego directo e intercambiadores de calor) siendo estos últimos el motivo de estudio en el presente trabajo.

Los intercambiadores de calor son parte importante en la transferencia de calor que se necesita para llevar a cabo los procesos de separación del petróleo. El mantenimiento de estos equipos representa un trabajo que se realiza con cierta frecuencia debido al gran número con que se cuenta. Mantener la confiabilidad es parte importante para llevar a cabo procesos seguros y eficientes.

En este trabajo pretendo ilustrar de forma sencilla todos los pasos que se realizan para mantener los intercambiadores de calor en optimas condiciones; se abarca desde la secuencia del desarmado de sus partes así como la limpieza utilizando diferentes técnicas, y la realización de pruebas hidrostáticas para determinar su confiabilidad. Sin olvidar los aspectos de Seguridad Industrial y cuidado al medioambiente.

# CAPITULO 1

## **CAPITULO 1. DESCRIPCION DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR.**

En los sistemas mecánicos, químicos, nucleares y otros, ocurre que el calor debe ser transferido de un lugar a otro, o bien, de un fluido a otro. Los intercambiadores de calor son los dispositivos que permiten realizar dicha tarea. Un entendimiento básico de los componentes mecánicos de los intercambiadores de calor es necesario para comprender cómo estos funcionan y operan para un adecuado desempeño.

Entre las principales razones por las que se utilizan los intercambiadores de calor se encuentran las siguientes:

- Calentar un fluido frío mediante un fluido con mayor temperatura.
- Reducir la temperatura de un fluido mediante un fluido con menor temperatura.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido mediante un fluido con mayor temperatura.
- Condensar un fluido en estado gaseoso por medio de un fluido frío.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido mientras se condensa un fluido gaseoso con mayor temperatura.

Debe quedar claro que la función de los intercambiadores de calor es la transferencia de calor, donde los fluidos involucrados deben estar a temperaturas diferentes. Se debe tener en mente que el calor sólo se transfiere en una sola dirección, del fluido con mayor temperatura hacia el fluido de menor temperatura. En los intercambiadores de calor los fluidos utilizados no están en contacto entre ellos, el calor es transferido del fluido con mayor temperatura hacia el de menor temperatura al encontrarse ambos fluidos en contacto térmico con las paredes metálicas que los separan.

Así pues, se puede definir como cambiador de calor a un equipo diseñado para que exista intercambio de calor entre dos fluidos, apegándose a la segunda ley de la termodinámica que dice: “Es imposible que el calor pase, por sí solo, desde una región de menor temperatura hasta otra de mayor temperatura” 1.

## **1.1 TIPOS DE CAMBIADORES DE CALOR DE ACUERDO A SU CONSTRUCCION.**

La transferencia de calor, es una operación de vital importancia en la industria de transformación, para conseguir las condiciones requeridas para cada proceso.

Las condiciones de operación, las características de los fluidos que intercambian calor, además de la gran cantidad de equipos requeridos en cada proceso han impulsado al diseño de una gran variedad de cambiadores de calor.

- Cambiadores de Haz de Tubos Expuestos.
- Cambiadores de Tubos Concéntricos.
- Cambiadores Tipo Bayoneta.
- Cambiadores Enfriados por Aire.
- Cambiadores de Tubos y Envolverte.

### **1.1.1 CAMBIADORES DE HAZ DE TUBOS EXPUESTOS.**

Estos equipos pueden estar formados por un solo tubo o por un haz de tubos pero sin cuerpo. El tipo de un solo tubo se utiliza en forma eficiente para calentar o enfriar fluidos, en recipientes de proceso o de almacenamiento. Estos son los más sencillos, tanto por su diseño, como por su construcción, ya que generalmente se fabrican de tubería comercial y pueden armarse en el sitio de uso.

Este tipo se utiliza en forma muy eficiente, principalmente para dar calentamiento a un fluido contenido en un tanque Figura 1 y 2.

[1 **TERMODINAMICA. José A. Manrique. Pagina 88**]

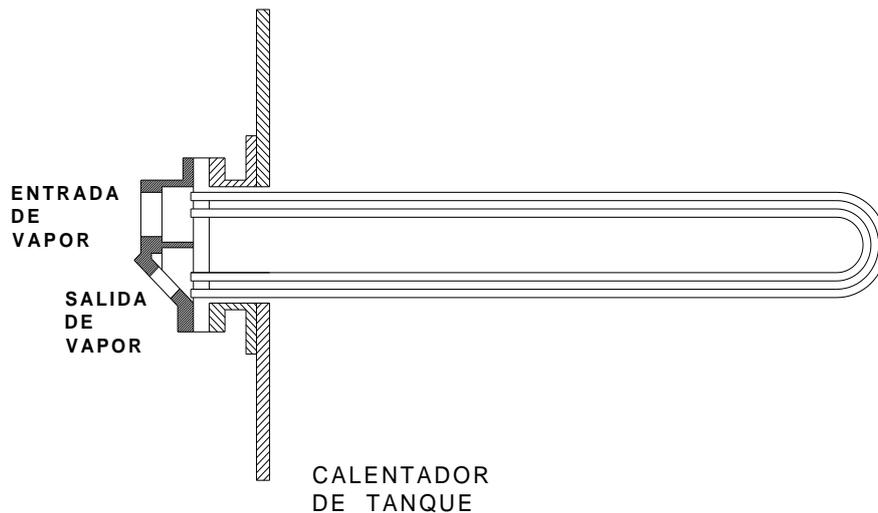


Figura 1. Calentador de succión de tanque.

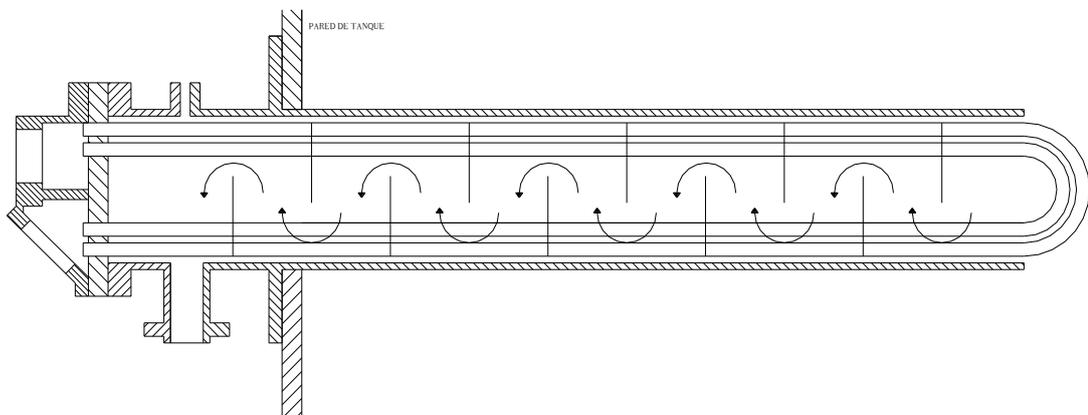


Figura 2. Calentador de Tanque.

### **1.1.2 CAMBIADORES DE TUBOS CONCENTRICOS.**

La construcción sencilla de este cambiador, permite tener área de transferencia de calor a bajo costo. Sus principales componente son un tubo en el interior de otro de mayor diámetro, lo que permite el flujo de una corriente por el tubo interno, y otra por el espacio entre el de menor y mayor diámetro. Tanto la tubería como las conexiones que permiten ensamblar las horquillas o

secciones del cambiador son estándar, por lo que el equipo puede armarse en el lugar de uso. Figura 3.

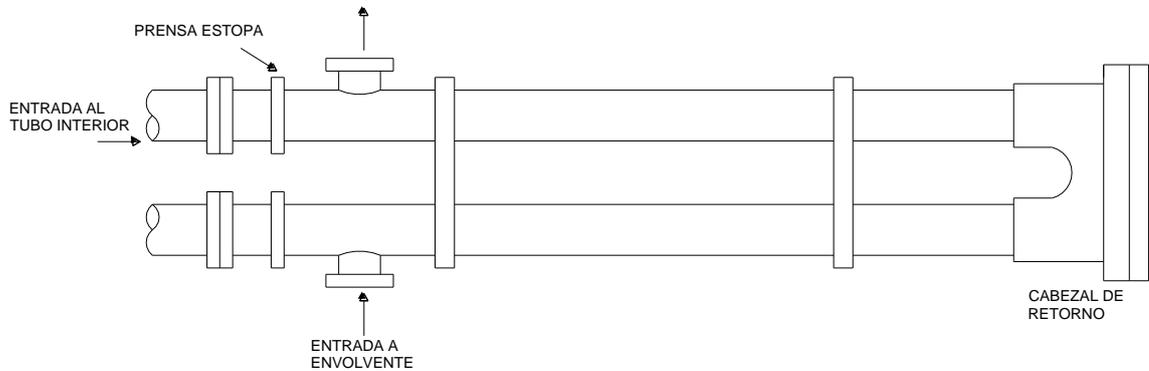


Figura 3. Cambiador de calor del tipo doble tubo.

### **1.1.3 CAMBIADORES TIPO BAYONETA.**

Este cambiador consiste en pares de tubos concéntricos con el tubo exterior sellado en uno de sus extremos. El fluido entra a la unidad por el tubo interno y retorna por el espacio entre el de menor y mayor diámetro, y tanto el tubo exterior como el interior se sujetan a cabezales estacionarios separados y se colocan en tanques o recipientes para efectuar el intercambio de calor, que se lleva a cabo principalmente a través de la superficie del tubo exterior.

Como los tubos pueden moverse libre e independientemente cuando hay expansión térmica, este tipo de equipo puede usarse cuando la diferencia de temperaturas entre los fluidos sea grande. Figura 4.

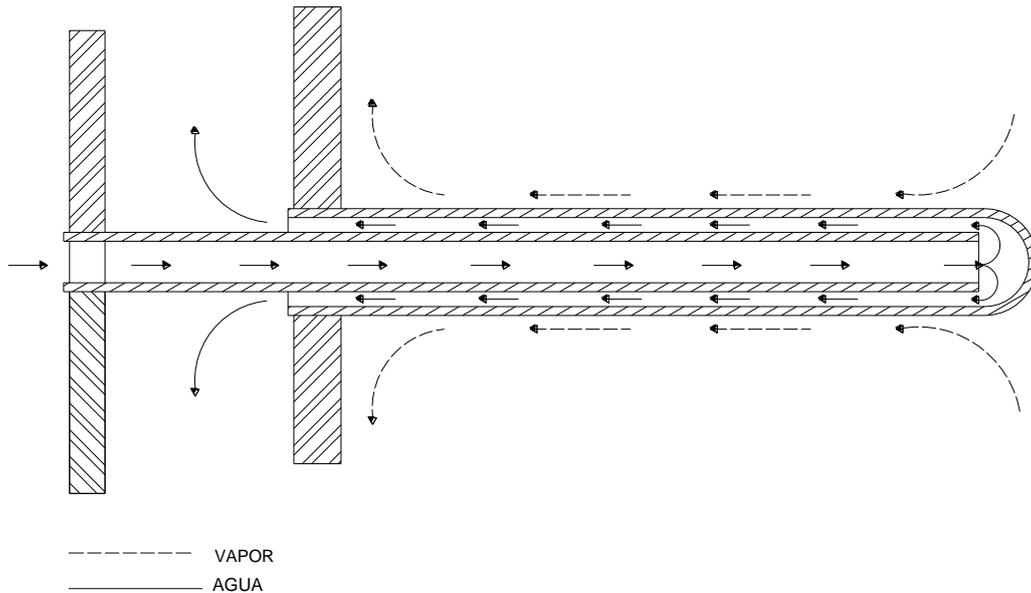


Figura 4. Cambiador de calor del tipo Bayoneta.

#### **1.1.4 CAMBIADORES ENFRIADOS POR AIRE.**

El cambiador de calor enfriado con aire, se hace especialmente atractivo en lugares en donde el agua es escasa o en donde el tratamiento de la misma es muy costoso.

Son enfriadores que consisten principalmente en uno o mas haces de tubos, uno o varios ventiladores para mover el aire, una estructura para sostener las partes componentes y una serie de accesorios que en conjunto forman el equipo.

Los haces son de forma rectangular consisten de dos a diez hileras de tubos aletados en arreglo-triangular; en los extremos de los tubos son rolados o soldados a los espejos de los cabezales. Aunque generalmente la fluxería (tubos) es redonda, en algunas ocasiones se diseña con fluxería elíptica. Las aletas son transversales, sujetas al tubo y construidas generalmente de

aluminio por ser éste un material ligero y además, con buenas características de transferencia de Calor.

Se pueden diseñar unidades de Tiro Inducido y de Tiro Forzado, como se puede observar en las Figuras 5.1. y 5.2.

A este tipo de equipos se le conoce también con el nombre de “Soloaires”.

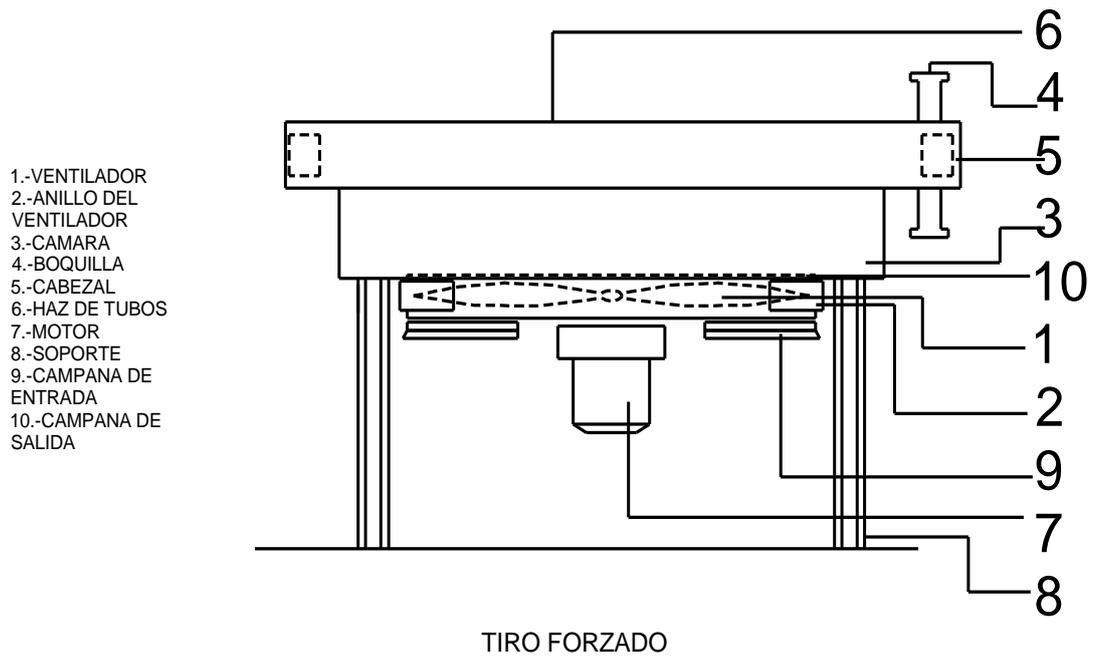


Figura 5.1 Soloaire Tipo Tiro Forzado.

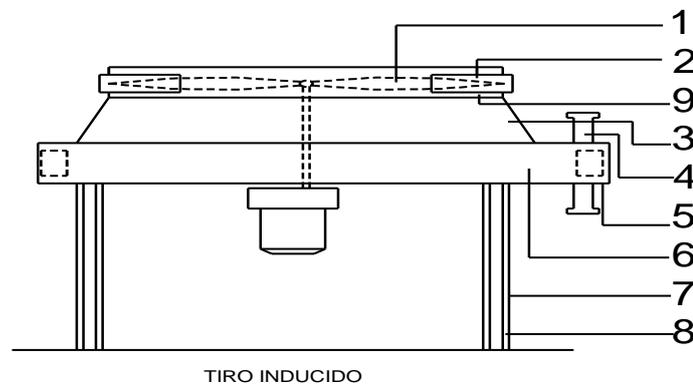


Figura 5.2 Soloaire Tipo Tiro Inducido.

### **1.1.5 CAMBIADORES DE TUBOS Y ENVOLVENTE.**

Este tipo de cambiador de calor esta compuesto por un haz de tubos, el cual va alojado dentro de un cuerpo y el cuenta con cabezales en ambos extremos del equipo para guiar el recorrido de los fluidos dentro del mismo.

Se puede considerar a este equipo, como el cambiador de calor por excelencia, ya que es el más utilizado y frecuentemente se le considera un estándar con el que pueden compararse otros equipos.

Existen tres tipos de construcción en el diseño de este equipo y son:

- 1.- Espejos fijos.
- 2.- Tubos en “U”.
- 3.- Cabezal flotante.

## **1.2 TIPOS DE CAMBIADORES DE CALOR DE ACUERDO A SU FUNCION.**

Los cambiadores de calor del Tipo Haz-Envolvente son el principal prototipo de todos ellos, por lo tanto hablaremos de los diferentes tipos de Cambiadores de Calor de acuerdo a su función, tomando como base este tipo de Equipo.

Dentro de las Industria Petrolera, encontramos de acuerdo a la función que desempeñan los Cambiadores de Calor, la siguiente terminología.

### **1.2.1 INTERCAMBIADORES DE CALOR.**

Se conoce con este nombre a los equipos destinados a recuperar calor de una corriente de proceso y cederla a otra corriente de proceso, sin que existan cambios de fase. Este tipo de Cambiador de Calor puede diseñarse casi para cualquier rango de temperatura.

Un ejemplo de ellos se ilustra en la Figura 6.

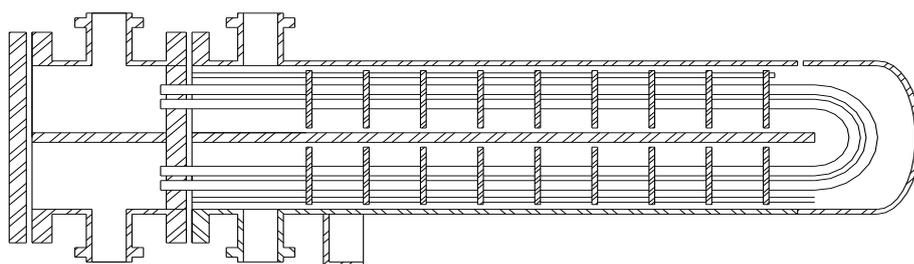


Figura 6. Intercambiador de Calor

### 1.2.2 CONDENSADORES.

El condensador lo que realiza es un cambio de fase de una corriente gaseosa al pasarlo a una corriente en fase líquida utilizando para esto una corriente fría para lograr tal propósito, a su vez la corriente fría sufre un aumento de temperatura, dentro de la industria petrolera la corriente fría es agua de enfriamiento.

Este tipo de equipo, generalmente tiene una forma diferente en la envolvente, ya que llevan en la parte inferior, una campana o recolector. El uso de este equipo es indispensable en las plantas de proceso industrial, por ejemplo, para condensar el vapor procedente de las Turbinas que, además de bajar la presión de salida, se recupera el condensado para utilizarse como agua de alimentación a calderas, obteniendo con ello una gran economía. La Figura 7 nos representa uno de los tipos de condensadores.

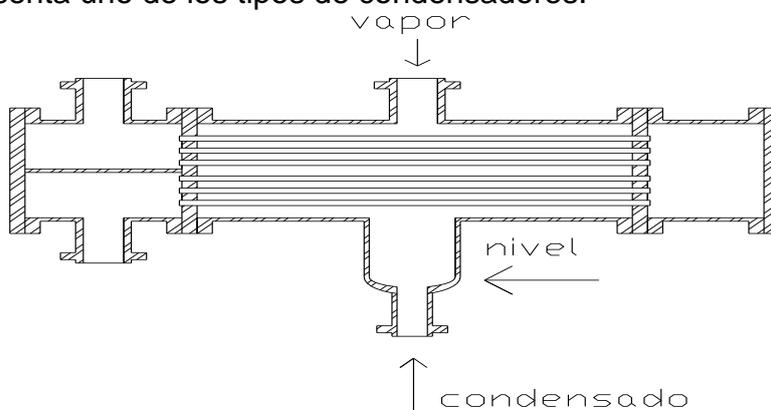


Figura 7. Condensador.

### 1.2.2.1 CONDENSADORES DE EYECTOR:

Son equipos de gran capacidad para recuperar el vapor, condensándolo para aprovecharlo en forma adecuada. Este es el objetivo que se persigue al recurrir al uso de los Eyectores de Vacío, ya que producen una potente succión dentro de la Coraza y alrededor de los tubos, para eliminar los gases incondensables y mantener el vacío creado por la condensación del vapor. Estos eyectores se usan para obtener una presión negativa en las torres de destilación al Alto vacío, y estos condensadores ayudan a condensar el vapor y los gases resultantes de la destilación.

Los eyectores consisten en un Venturi Figura 8. Conectado por un lado a vapor de alta presión, y por otro al interior de la coraza del condensador. Al expansionarse el vapor en el difusor del Venturi, extrae con gran fuerza una parte de los vapores del interior de la coraza.

Los condensadores para gran capacidad, son de varios *pasos*. Al *paso* se le denomina al número de recorridos que realiza el fluido ya sea por el lado de los tubos y también por el lado de la envolvente (cuerpo). Por lo general, en los Turbogeneradores se instalan de dos pasos dobles, o sea teniendo dos entradas del fluido de enfriamiento y de salida. Figura 9.

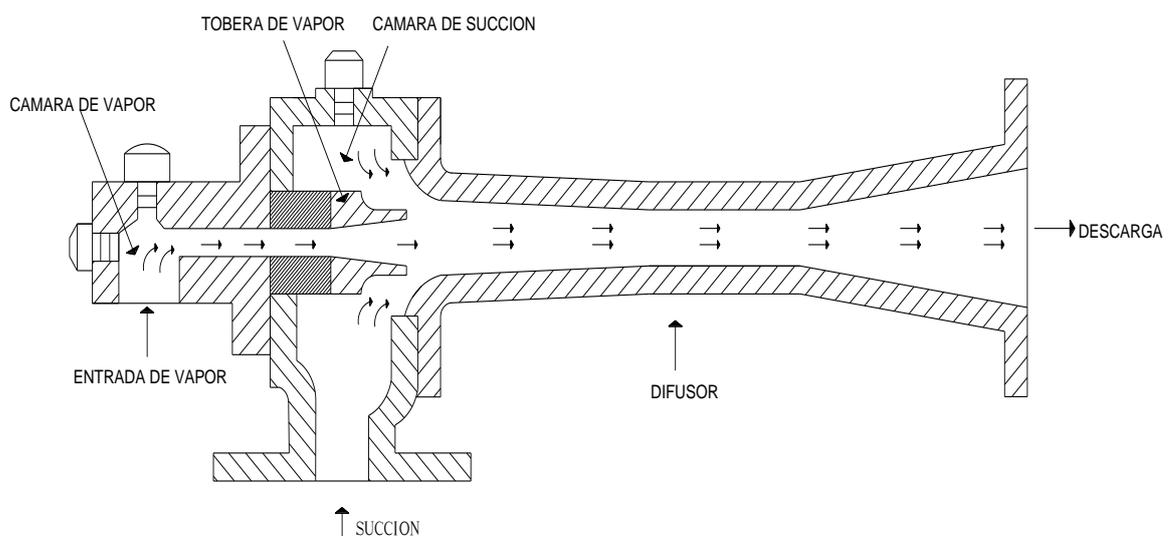
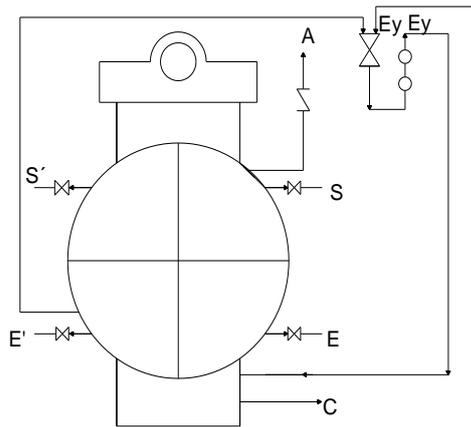


Figura 8. Eyector



E-E' ENTRADAS DEL  
FLUIDO  
REFRIGERANTE  
S-S' SALIDAS DEL  
FLUIDO  
REFRIGERANTE  
C. E CONDENSADOR  
ESTACIONARIOS  
C CONDENSADO  
A A LA ATMOSFERA

Figura 9. Condensadores de gran capacidad.

### 1.2.3 ENFRIADORES.

Comprenden en este tipo de equipos, los que usan un fluido de enfriamiento tal como agua o aire, y los que usan líquidos refrigerantes tales como amoníaco, propano, etc., en cuyo caso se les conoce con el nombre de “Chillers”, en los cuales por dentro de los tubos pasa la corriente que se va a enfriar, y los haces están sumergidos en un líquido refrigerante contenido en el cuerpo del equipo controlándose su nivel y con una cámara de vaporización, por lo que se puede observar en la, que el diámetro del haz de tubos es inferior al diámetro interior de la envolvente y excéntrico. En este tipo de equipos se suprime el cabezal flotante para evitar la ruptura de los tornillos de sujeción de ésta, debido a la contracción que existe, debido a las bajas temperaturas a las cuales trabaja, utilizándose generalmente tubos en “U” o serpentines únicos Figura 10.

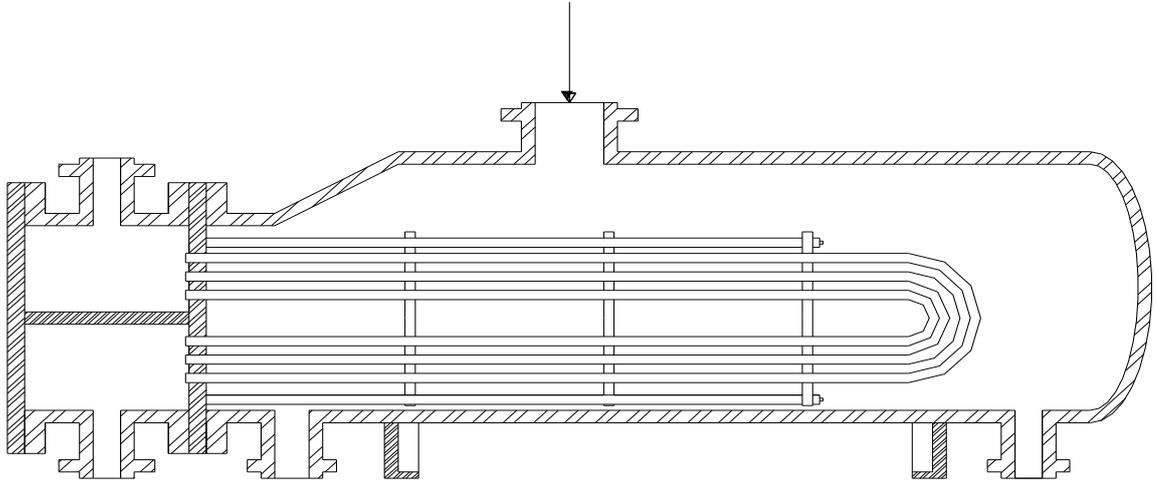


Figura 10. Enfriador.

#### **1.2.4 EVAPORADORES, REHERVIDORES O RECALENTADORES.**

Evaporadores este tipo de equipo se construye en forma vertical y en forma horizontal, con envolventes de diámetro amplio con relación al Haz de Tubos, se usan principalmente para proveer vapores de calentamiento y arrastre en Torres, reactivadores, regeneradores, etc. como corriente de calentamiento se utiliza vapor recalentado o alguna corriente de proceso que pueda ceder el calor necesario para vaporizar el líquido de proceso o para producir vapor, en cuyo caso se conocen como calderas. Un recalentador o evaporador de haz de tubos con cabezal flotante y del tipo horizontal, se muestra en la Figura 11.

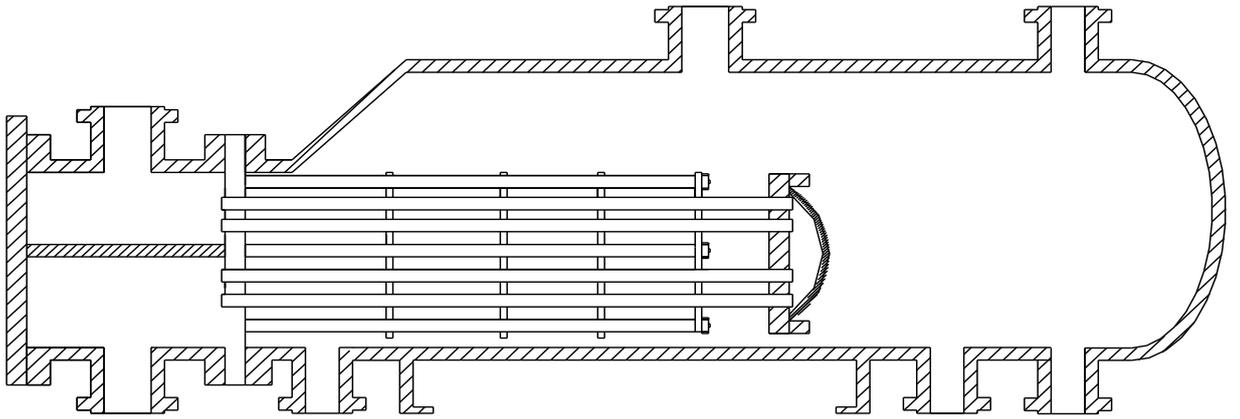


Figura 11. Cambiador de calordel tipo caldereta (AKT).

# CAPITULO 2

## **CAPITULO 2. TIPOS DE CAMBIADORES DE HAZ ENVOLVENTE Y PARTES PRINCIPALES.**

### **2.1 TIPOS DE CAMBIADORES DE CALOR.**

Los cambiadores de calor presentan una amplia diversidad que abarca desde la forma de construcción que tienen así como el tipo de servicio que realiza.

Un cambiador de calor está compuesto de cuatro partes principales: Haz de Tubos o Núcleo, Envolverte, Cabezal de Entrada y Cabezal de Salida o Retorno, según sea el caso.

De acuerdo con los estándares del T.E.M.A. (Tubular Exchanger Manufactures Association), es recomendable que el tamaño y tipo de cambiador de calor, se designe mediante números y letras respectivamente, tal como se indica a continuación.

El tamaño de la unidad se designa por números que indican el diámetro nominal de la unidad, que corresponde al diámetro interno de la envolverte dado en pulgadas, redondeando al entero mas cercano, y ala longitud nominal que para unidades de haz de tubos rectos corresponde a la longitud total real de los tubos y para unidades con haz de tubos en “U”, se toman como base los tubos exteriores del haz, siendo la longitud desde el extremo del tubo, hasta el inicio de la curva que nos forma el retorno “U”.

El tipo de cambiador de calor se designa por letras que describen el cabezal estacionario, la envolverte y el cabezal de retorno o salida, en el orden mencionado.

La Figura 12 muestra la nomenclatura utilizada por el T.E.M.A., para indicar los tipos de cambiadores de calor, y los dibujos ejemplifican las designaciones para una serie de equipos como ejemplos.

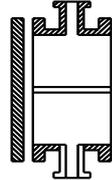
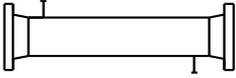
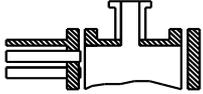
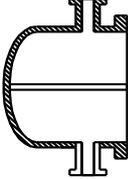
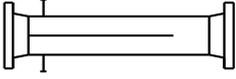
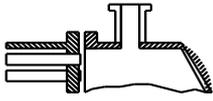
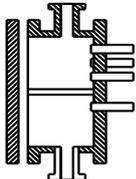
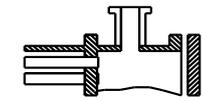
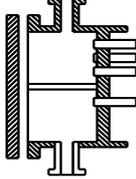
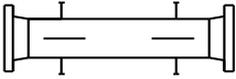
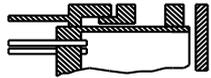
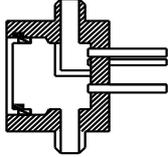
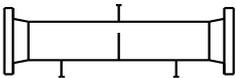
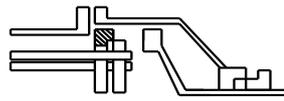
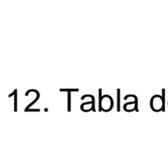
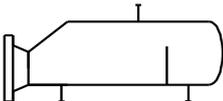
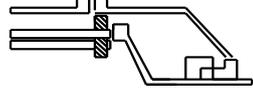
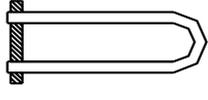
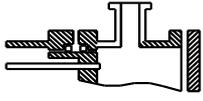
TIPOS DE CABEZALES FRONTALES		TIPOS DE CUERPOS		TIPOS DE CABEZALES POSTERIORES	
A		E		L	
B		F		M	
C		G		N	
		H		P	
D		J		S	
		K		T	
				U	
				W	

Figura 12. Tabla de Nomenclatura de Diferentes Cambiadores de Calor.

En las Figuras. 13, 14, 15, 16, 17 se muestran algunos ejemplos de diferentes tipos de cambiadores de calor junto con sus números de partes.

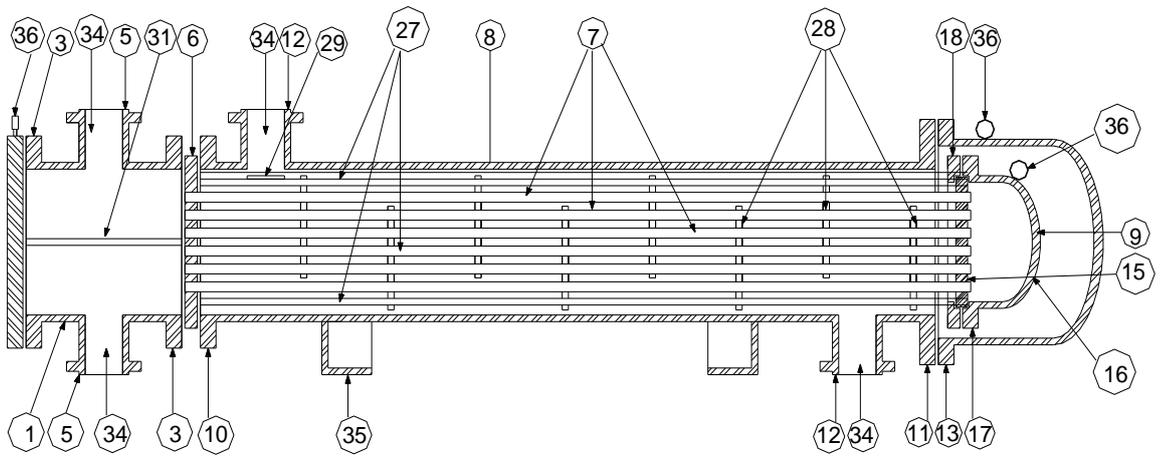


Figura 13. Cambiador del tipo AES.

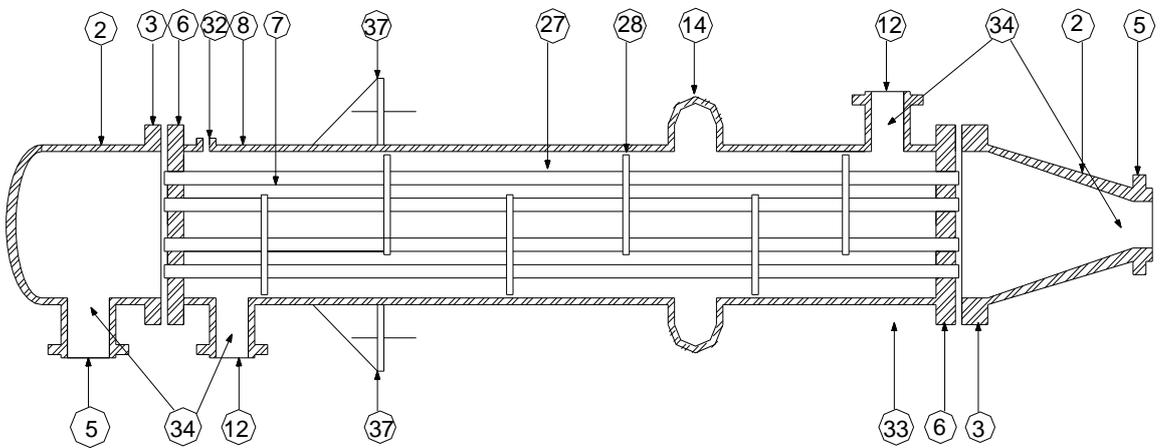


Figura 14. Cambiador del tipo BEM.

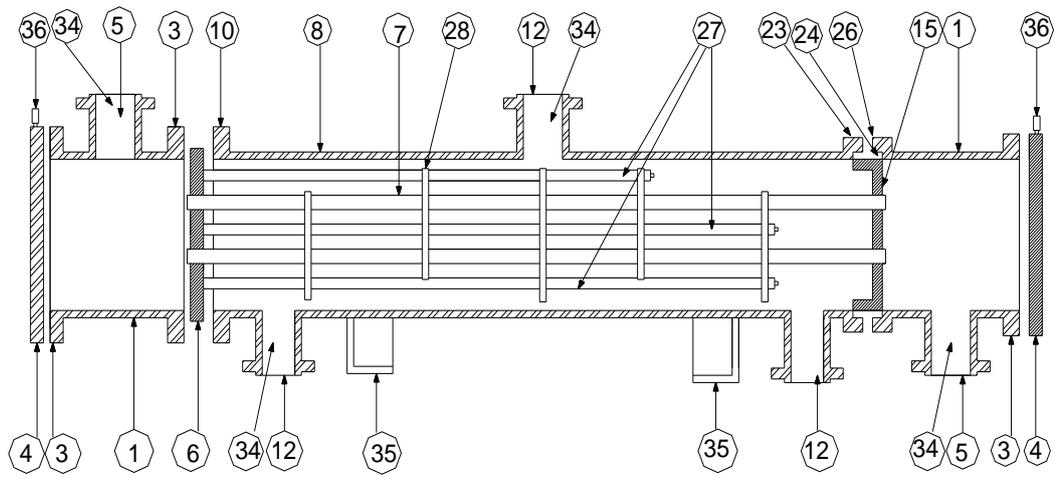


Figura 15. Cambiador del tipo AJW.

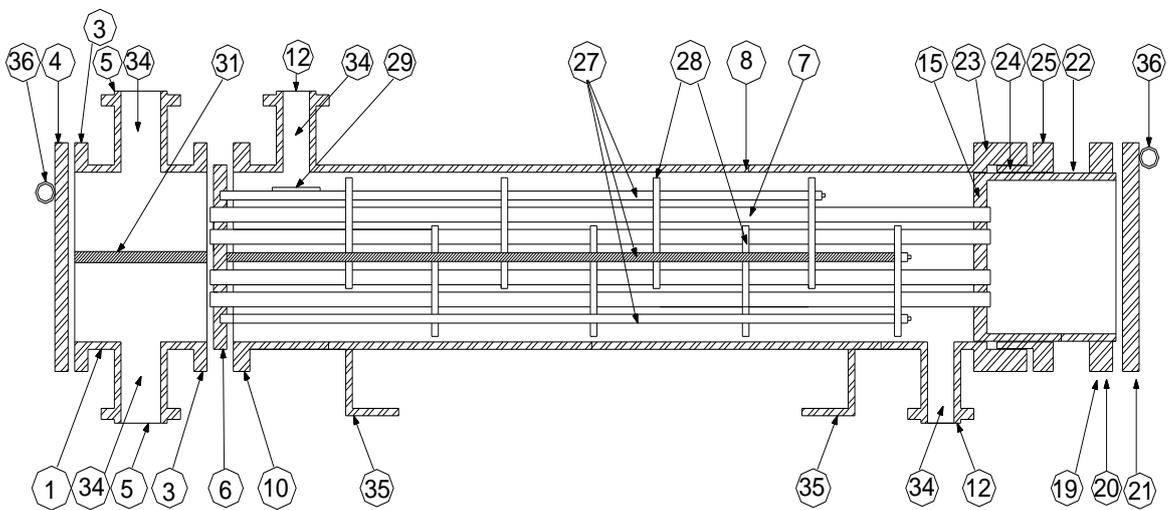


Figura 16. Cambiador del tipo AEP.

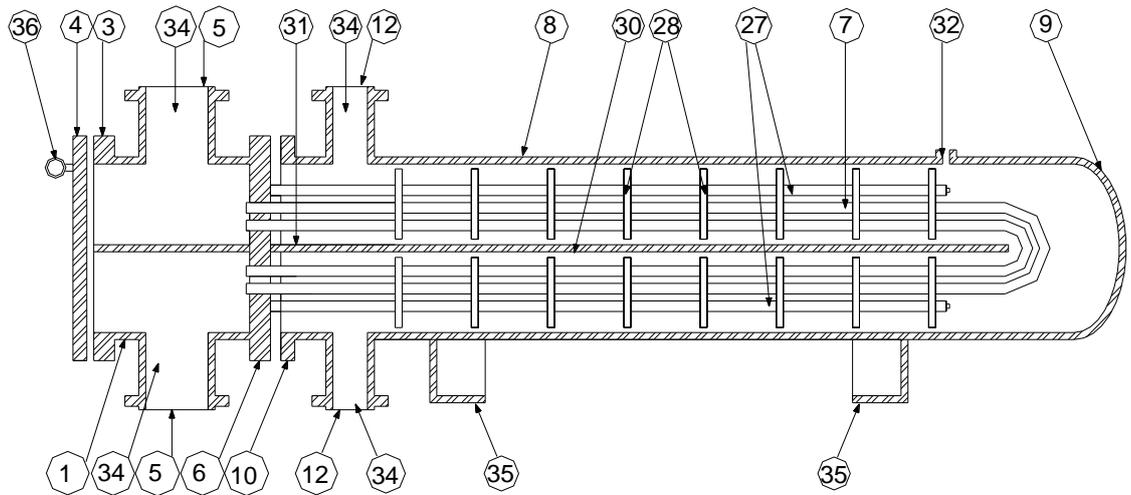


Figura 17. Cambiador del tipo CFU.

A continuación se enumeran los números de parte de los anteriores equipos.

- 1.- Canal de distribución- cabezal estacionario.
- 2.- Canal de distribución-bonete.
- 3.- Brida del cabezal estacionario-canal o bonete.
- 4.- Tapa del cabezal.
- 5.- Boquilla del cabezal estacionario.
- 6.- Espejo estacionario.
- 7.- Tubos de transmisión.
- 8.- Envolverte.
- 9- Tapa de la envolverte (Concha fija).
- 10.- Brida de la envolverte al espejo estacionario.
- 11.- Brida de la envolverte a su tapa.
- 12.- Boquilla de la envolverte.

- 13.- Brida de la tapa de la envolvente.
- 14.- Junta de expansión.
- 15.- Espejo flotante.
- 16.- Tapa del cabezal flotante (Concha flotante).
- 17.- Brida del cabezal flotante.
- 18.- Contra brida dividida del cabezal flotante.
- 19.- Anillo dividido.
- 20.- Brida deslizable de apoyo.
- 21.- Tapa del cabezal flotante externa.
- 22.- Faldón del cabezal flotante.
- 23.- Caja de empaquetadura.
- 24.- Empaque.
- 25.- Contra brida de la caja.
- 26.- anillo opresor.
- 27.- Varillas tensoras y espaciadoras..
- 28.- Deflectores.
- 29.- Placa de choque.
- 30.- Mampara longitudinal.
- 31.- Placa de partición-divisoria.
- 32.- Conexión para ventilación.
- 33.- Conexión para drenaje.
- 34.- Conexión para instrumentos.

- 35.- Soporte.
- 36.- Oreja de levantamiento.
- 37.- Ménsula de soporte.
- 38.- Vertedero.
- 39.- Conexión para control de nivel.

## **2.2 COMPONENTES DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR.**

### **2.2.1. TUBOS (FLUXES).**

Los tubos son los componentes básicos de los cambiadores de calor, ya que son los que proveen la superficie de transferencia de calor entre los fluidos que van dentro y fuera de ellos. Entre los materiales más utilizados para su fabricación, se encuentran el acero al carbono, aceros de baja aleación, acero inoxidable, admiralty, cupro-níquel, el aluminio y el cobre. Los tubos para cambiadores de calor no deberán confundirse con los tubos de acero u otro tipo de tubería comercial obtenida por extrusión a tamaños nominales de tubería de hierro. Esto es, el diámetro exterior de los tubos para cambiadores de calor, pertenece al diámetro nominal que es el diámetro exterior; ahora bien, los diámetros nominales para tubería de cambiadores de calor se pueden obtener con diferentes gruesos de pared definidos por el calibrador Birmingham para alambre, que en la práctica se refiere al calibrador BWG del tubo.

Para tener los datos técnicos de los diferentes tipos observar la Tabla 1.

D.E = Diámetro exterior del tubo. (*pulgadas*)

BWG = Calibre.

ESP = Espesor de pared. (*pulgadas*)

$A_i$  = Area interna (*pulgadas<sup>2</sup>*)

$S_e$  = Superficie externa por pie de longitud (*ft<sup>2</sup>*)

Si = Superficie interna por pie de longitud ( $ft^2$ )

Peso = Peso por pie de longitud (acero al carbono) ( $lb$  )

D.I = Diámetro interior (*pulgadas*)

I = Momento de inercia (*pulgadas<sup>4</sup>*)

M.S = Modulo de sección (*pulgadas*)

R = Radio de giro (*pulgadas*)

D.E / D.I = Relación de diámetros

S tm = Área transversal (*pulgadas<sup>2</sup>*)

Los pesos son basados en acero de bajo carbono con una densidad de 0.2836

$\frac{lb}{plg^3}$  Para otros metales multiplicar por los siguientes factores.

Aluminio	0.35	Aluminio Bronce	1.04
Titanio	0.58	Aluminio Brass	1.06
A.I.S.I. 400 Series S/Steels	0.99	Níquel – Cromo – Acero	1.07
A.I.S.I. 300 Series S/Steels	1.02	Admiralty	1.09
Níquel	1.13		
Níquel Cobre	1.12		
Cobre – Cupro Níquel	1.14		

D.E.	BWG	ESP.	Ai	Se	Si	Peso	D.I	I	M.S	R	DE/DI	S tú
¾	10	0.134	0.183	0.196	0.126	0.88	0.482	0.013	0.03	0.22	1.56	0.26
¾	12	0.109	0.222	0.196	0.139	0.75	0.532	0.012	0.03	0.23	1.41	0.22
¾	14	0.083	0.268	0.196	0.153	0.59	0.584	0.01	0.03	0.24	1.28	0.174
¾	16	0.065	0.302	0.196	0.163	0.48	0.62	0.008	0.02	0.24	1.21	0.14
¾	18	0.049	0.334	0.196	0.171	0.37	0.652	0.007	0.02	0.25	1.15	0.108
7/8	10	0.134	0.289	0.229	0.159	1.06	0.607	0.022	0.05	0.27	1.44	0.312
7/8	12	0.109	0.339	0.229	0.172	0.89	0.657	0.02	0.04	0.27	1.33	0.262
7/8	14	0.083	0.395	0.229	0.186	0.7	0.709	0.016	0.04	0.28	1.23	0.207
7/8	16	0.065	0.436	0.229	0.195	0.56	0.745	0.014	0.03	0.29	1.17	0.155
7/8	18	0.049	0.474	0.229	0.203	0.43	0.777	0.011	0.02	0.29	1.13	0.127
1	8	0.165	0.353	0.262	0.175	1.46	0.67	0.039	0.08	0.3	1.49	0.43
1	10	0.134	0.421	0.262	0.192	1.24	0.732	0.035	0.07	0.31	1.37	0.364
1	12	0.109	0.48	0.262	0.205	1.04	0.782	0.031	0.06	0.32	1.28	0.305
1	14	0.083	0.546	0.262	0.218	0.81	0.834	0.025	0.05	0.33	1.2	0.239
1	16	0.065	0.595	0.262	0.228	0.65	0.87	0.021	0.04	0.33	1.15	0.191
1 ¼	8	0.165	0.665	0.327	0.241	1.92	0.92	0.085	0.14	0.39	1.36	0.565
1 ¼	10	0.134	0.757	0.327	0.257	1.6	0.982	0.074	0.12	0.4	1.27	0.47
1 ¼	12	0.109	0.837	0.327	0.27	1.33	1.032	0.064	0.1	0.41	1.21	0.391
1 ¼	14	0.083	0.923	0.327	0.284	1.03	1.084	0.052	0.08	0.41	1.15	0.304
1 ¼	16	0.065	0.985	0.327	0.293	0.82	1.12	0.043	0.07	0.42	1.12	0.242
1 ½	10	0.134	1.192	0.393	0.323	1.96	1.232	0.135	0.18	0.49	1.22	0.575
1 ½	12	0.109	1.291	0.393	0.336	1.62	1.282	0.116	0.15	0.49	1.17	0.476
1 ½	14	0.083	1.398	0.393	0.349	1.26	1.334	0.093	0.12	0.5	1.12	0.37
1 ½	16	0.065	1.474	0.393	0.359	1	1.37	0.076	0.1	0.51	1.1	0.293
2	11	0.12	2.433	0.524	0.461	2.41	1.76	0.314	0.31	0.67	1.14	0.709
2	13	0.095	2.573	0.524	0.474	1.93	1.81	0.259	0.26	0.67	1.11	0.569

Tabla 1. Tabla de características de tubos.

Los tubos están soportados por un espejo el cual es un elemento del haz de tubos; es una placa la cual esta barrenada y ranurada para colocarlos en la forma deseada.

Los orificios en los espejos no deben taladrarse muy cerca uno de otro, ya que una franja demasiado estrecha de metal entre tubos adyacentes debilitaría estructuralmente el cabezal de tubos o espejos.

A la distancia entre centros de tubería se le conoce con el nombre de "Pitch"; los arreglos que normalmente se utilizan son: el triangular, triangular rotado, cuadrado y el cuadrado rotado.

El arreglo triangular se utiliza generalmente en cambiadores de calor cuyo fluido fuera de los tubos sea limpio, ya que este tipo de arreglo no nos permite la limpieza mecánica; sin embargo, la limpieza se puede realizar mediante el uso de solventes químicos.

El arreglo cuadrado se recomienda cuando el fluido que circulará fuera de los tubos sea sucio o donde la caída de presión por el lado de la carcasa o envolvente está muy limitado, además de que se pueden llevar a cabo limpieza tanto mecánica como química.

Los arreglos triangular, triangular rotado, cuadrado y cuadrado rotado se muestran en la Figura 18.

El tipo de arreglo en la fluxeria y el "Pitch" determina el diámetro de la envolvente, además de influir en éste, el número de *pasos* tanto por tubos como por envolvente.

En general, cuando se diseña la distribución de los tubos en un cambiador, lo que se busca es obtener una mayor área de transferencia con los tubos contenidos en un área seccional dada, pero a su vez permitir la limpieza interior y exterior de los tubos. Cuando se requiere dar limpieza interior a la fluxería los diámetros menores que deben utilizarse son los de  $\frac{3}{4}$  de *pulgada*.

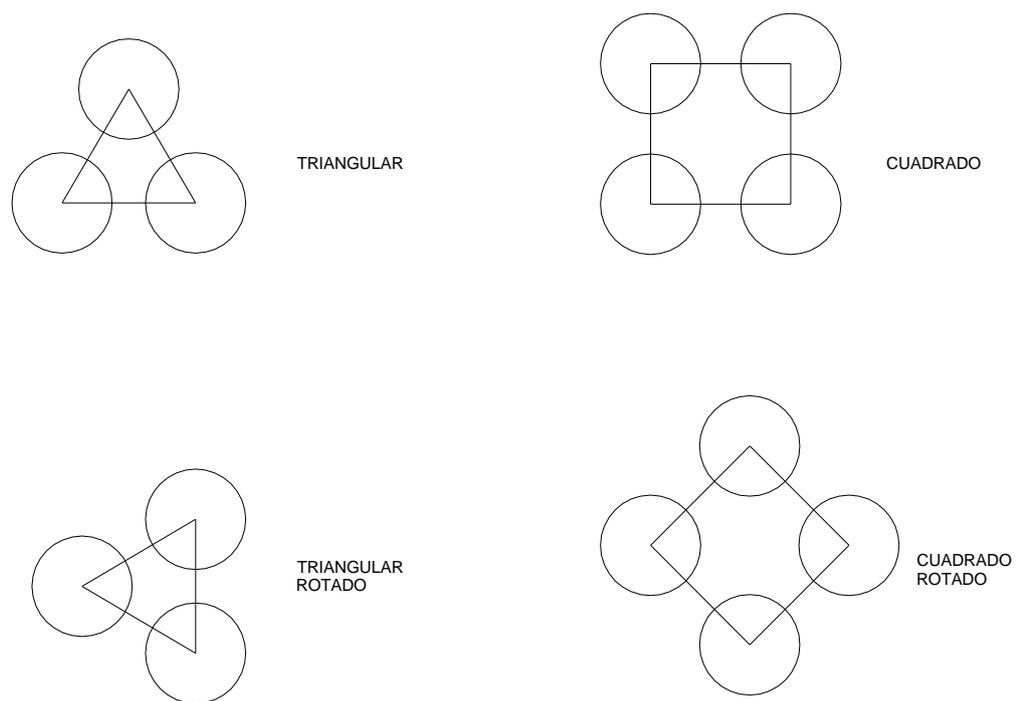


Figura 18. Tipos de Arreglo de tubos.

La longitud de los tubos esta dada por la disponibilidad comercial y va en dimensiones desde 8, 10, 12, 16, 20 y 24 pies (*ft* ) usualmente, aunque se pueden obtener tuberías de una longitud hasta de 48 pies (*ft* ). Otros factores que afectan la longitud de los tubos, son la disponibilidad de espacio en la planta y cuando se tenga restricción en la caída de presión permitida. Usualmente conviene seleccionar tubos largos, ya que el diseño resultante es más económico que uno de tubos cortos con un área equivalente.

Con respecto a los espesores recomendados se anexa la Tabla 2, en donde se vera que además de estar en función del diámetro del tubo, lo es también del material de construcción dichos espesores se dan en pulgadas.

D.E (PLG)	COBRE Y ALEACIONES DE COBRE		ACERO AL CARBONO ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO		OTRAS ALEACIONES	
	B.W.G MINIMO	ESPESOR	B.W.G MINIMO	ESPESOR	B.W.G MINIMO	ESPESOR
3/4	20		16	0.065	18	0.049
	18	0.049	14	0.083	16	0.065
	16	0.065	12	0.109	14	0.083
1	16	0.065	14	0.083	18	0.049
	14	0.083	12	0.109	16	0.065
	12	0.109	10	0.134	14	0.083
					12	0.109
1 1/4	14	0.083	14	0.083	16	0.065
	12	0.109	12	0.109	14	0.083
	10	0.134	10	0.134	12	0.109
					10	0.134
1 1/2	14	0.083	12	0.109	14	0.083
	12	0.109	10	0.134	12	0.109
2	14	0.083	12	0.109	14	0.083
	12	0.109	10	0.134	12	0.109

Tabla 2. Calibre de tubos de diferentes materiales.

### 2.2.2 ESPEJOS.

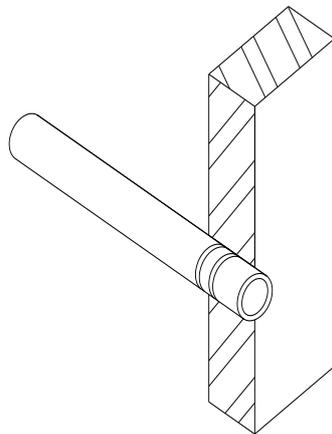
Son placas circulares que son barrenadas y ranuradas para colocación de tubos Figura 20 , los empaques, varillas tensoras y el círculo de tornillos para que embone con la envolvente (cuando se requiera), los tubos son sostenidos en su lugar al ser insertados en los orificios practicados a los espejos y posteriormente son expandidos o soldados a este Figura 21 . Sin embargo, cuando se desea evitar el mezclado entre los fluidos debido a las fugas en los barrenos del espejo, se pueden utilizar espejos dobles (con un considerable aumento del costo), el espacio entre los espejos queda abierto hacia la atmósfera a fin de que la fuga de cualquiera de los fluidos pueda ser rápidamente detectada.

El espejo, en adición a sus requerimientos mecánicos, deberá soportar el ataque corrosivo de ambos fluidos, y deberá ser electroquímicamente

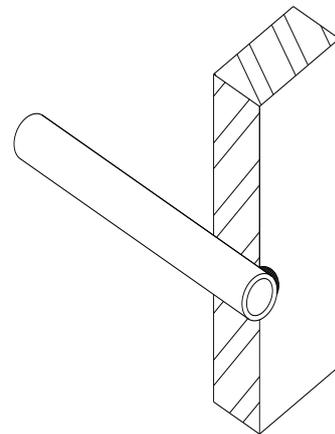
compatible con el material de tubos y el material del canal. Normalmente se construyen los espejos de acero inoxidable cuando se va a trabajar con fluidos oxidantes, aunque algunos espejos se hacen de acero al carbono con una capa delgada de aleación resistente a la corrosión.



Figura 20. Espejo de un cambiador de calor.



A) TUBO ROLADO AL ESPEJO



B) TUBO SOLDADO AL ESPEJO

Figura 21. Tipos de unión de los tubos con el espejo.

### **2.2.3 ENVOLVENTES (CUERPO) Y BOQUILLAS.**

La envolvente o cuerpo es el recipiente del fluido externo a los tubos y las boquillas son la entrada y salida de él. La envolvente tiene una sección cruzada circular y esta hecha comúnmente de placas de metal que son roladas a las dimensiones requeridas y soldadas longitudinalmente. Las envolventes menores a 24" *pulgadas* se pueden construir de tubería comercial. La redondez de la envolvente es importante al fijar el diámetro máximo de las mamparas y el efecto de fuga entre la envolvente y la mampara.

En cambiadores grandes, la envolvente deberá ser cuando sea posible, de acero al carbón por razones de economía, aunque se pueden utilizar aleaciones por demandas debido a la corrosión o a esfuerzos por altas temperaturas.

La boquilla de alimentación con frecuencia cuenta con una mampara de choque colocada inmediatamente bajo la entrada para dispersar el chorro del fluido, a fin de que no golpee y erosione las primeras hileras de tubos.

Otro arreglo para lograr la distribución, es el uso de cinturones de distribución, generalmente cuando la boquilla de entrada es grande, aunque el uso de este cinturón encarezca inicialmente al equipo.

En general, para fijar el diámetro de la envolvente permitido, es necesario tomar en cuenta varios factores, entre estos están los siguientes: tipo de cabezal, presión de diseño, espacio disponible en la planta, el arreglo de tubería y diámetro de la misma, número de *pasos* con respecto a los tubos y número de tubos.

De acuerdo con el código T.E.M.A., se tienen 6 diferentes tipos de envolvente: El tipo "E" de un solo paso; "F" de dos pasos; "G", llamado tipo Split; "H", doble Split; "J", de flujo dividido; y la "K" llamada tipo Kettle. Mostrados en la Figura 12.

Tomando como base la envolvente "E", podemos decir que la envolvente de dos pasos "F", se utiliza para cuando existe cruce de temperaturas y se

pretende lograr una contracorriente pura entre los fluidos de tubos y envolvente o bien evitar un valor bajo en el factor de corrección  $F_t$  al utilizar dos pasos en la envolvente y mas de cuatro en los tubos, evitando la utilización de dos equipos en serie. El área transversal de esta envolvente equivale a la mitad de una de un solo paso.

La envolvente tipo “G” de flujo Split, básicamente presenta las cualidades de la envolvente “F”, su uso principal está en la condensación de vapores.

El vapor entra por la parte superior de la envolvente dividiéndose a la mitad debido a la placa de soporte que divide a la envolvente en dos compartimientos idénticos. Después que el vapor pasa por la parte superior de la placa longitudinal, cruza hacia el segundo paso de la envolvente en dirección contraria para salir finalmente en la boquilla inferior. Las velocidades y la longitud de travesía de la envolvente, son las mismas que para alguna envolvente tipo “E”, la mejoría consiste en que el condensado se mantiene por un tiempo más largo en contacto con los tubos. Para promover su enfriamiento se pueden perforar los extremos de la mampara longitudinal, a fin de que el condensado gotee encima de los tubos del paso inferior.

La envolvente tipo “H”, doble Split se utiliza para reducir la caída de presión. En condensadores la alimentación de vapor se divide en las dos boquillas de alimentación. La envolvente se divide en dos compartimientos separados por un soporte transversal completo en el centro de la envolvente, el vapor fluye por cada mitad de la envolvente por encima de la mampara longitudinal y regresa por la parte inferior hacia la boquilla de salida y prácticamente se unen las dos salidas en una sola línea.

Un método alternativo para reducir la caída de presión en la envolvente nos da la envolvente tipo “J” de flujo dividido. En estos, el vapor se puede alimentar en dos boquillas, o si se están vaporizando fluido se alimenta en forma contraria, y se separa por medio de un soporte solido. La mezcla fluye de las boquillas superiores a la inferior, pasando por las mamparas. Los internos de esta envolvente son más sencillos que los de doble Split.

La envolvente tipo Kettle “K” se utiliza para cuando se requiere generar vapor por lo tanto, hay que mantener parte líquida del fluido de alimentación y dejar un espacio encima del nivel de líquido para que el vapor producido pueda viajar a una velocidad suficientemente baja a fin de que las gotas de líquido que arrastre tengan la oportunidad de caer.

En los “chiller”, en los cuales el fluido dentro de los tubos es enfriado por la evaporación de un refrigerante en la envolvente, la construcción es similar al tipo Kettle, con una construcción en los cabezales del tipo “U” ya que normalmente los gradientes de temperatura son pequeños.

#### **2.2.4 CABEZALES Y BOQUILLAS.**

Los cabezales y boquillas sirven para controlar el flujo que entra y sale por los tubos del cambiador de calor. Generalmente, el fluido más corrosivo va con frecuencia circulando de lado de los tubos. Por lo cual los cabezales y boquillas se hacen de alguna aleación compatible con los espejos y los tubos.

Los tipos de cabezales de distribución se pueden clasificar en tres grupos generales:

- a) Espejos fijos.
- b) Cabezal U (Tubos en “U”).
- c) Cabezal flotante.

Los Cambiadores de calor con Espejos Fijos (Nomenclatura “L”, “M” y “N” del código T. E. M. A. se diseñan con tubos rectos asegurados en sus extremos mediante espejos soldados a la envolvente. Usualmente, los espejos son de un diámetro mayor a la envolvente para servir como bridas para atornillarse a los canales con excepción del tipo “N”.

Debido a que no se tienen empaques en el lado de la envolvente, los equipos de espejos fijos proveen de la máxima protección contra fugas al exterior del fluido que va por la envolvente. Por la misma razón el haz de tubos no puede

removerse para la inspección o para efectuar la limpieza por el lado exterior de los tubos. El claro entre los tubos exteriores del haz y la envolvente es únicamente el requerimiento para la fabricación, con la cual se puede lograr que las áreas de fuga en la envolvente, sean mínimas.

Las diferencias de temperaturas en estas unidades, están limitadas por la expansión térmica diferencial entre los tubos y la envolvente, debido a lo cual algunas veces es necesario instalar una junta de expansión en la envolvente. La necesidad de la junta se determina por consideraciones de la magnitud de las expansiones diferenciales o de las condiciones críticas que se esperan durante la operación. Las diferenciales de temperaturas aceptables son del orden de 37 °C a 93 °C (grados centígrados).

El lado de tubos queda accesible para el mantenimiento o remplazo de tubos. El lado de la envolvente puede ser limpiado únicamente por el retrolavado o con sustancias químicas.

Los equipos de Espejos Fijos se usan principalmente en servicios donde los fluidos que van por la envolvente no son incrustantes, tales como el vapor, refrigerantes, gases, algunas aguas de enfriamiento y corrientes de proceso limpias.

Las ventajas que presentan estos equipos son:

- 1.-Bajo costo por unidad de área de transferencia.
- 2.-Tubos rectos con facilidad para limpiarse interiormente.
- 3.-No hay juntas de empaque del lado de la envolvente.
- 4.-No hay empaques internos, con lo cual se minimiza la posibilidad de mezcla entre los fluidos debido a fallas de los empaques.

Entre las desventajas se tiene:

- 1.-Limitados en limpieza mecánica e inspección visual por el lado externo de los tubos, lo cual restringe su uso para el manejo de fluidos muy limpios por el lado de la envolvente.

Utilización:

En condensadores, calentadores, enfriadores y rehervidores.

**Cabezal en “U”** (Nomenclatura T. E. M. A. “U”); en éste caso, ambos extremos del lado del tubo son sostenidos por el espejo único, lo que elimina el problema de las expansiones térmicas diferenciales debido a que los tubos están libres para expandirse o contraerse. El haz de tubos puede removerse para la inspección y limpieza, aunque puede quedar fijo soltando el espejo a la envolvente.

Para unidades con tubos removibles, estos equipos dan aproximadamente el mismo claro entre los tubos exteriores y la envolvente, similares a los de Espejos Fijos; sin embargo, el número de orificios en el espejo para un mismo tamaño de envolvente es menor, debido a las limitaciones de los tubos que tienen el menor radio de curvatura. El número de *pasos* siempre será par, y el número máximo está limitado únicamente por la dificultad de construcción de los compartimientos en el cabezal de distribución.

Los cabezales y empaques son accesibles para el mantenimiento y remplazo, y el haz de tubos puede removerse para la limpieza o remplazo; sin embargo, el remplazo de los tubos puede hacerse únicamente en los externos por causa de la forma de su construcción ya que los tubos interiores están cubiertos por los que son de mayor diámetro. Debido a ello los tubos pueden ser limpiados mediante herramientas especiales y únicamente cuando el radio de los tubos sea grande. Debido a lo anterior, los equipos de tubos en “U” se usan en servicios no incrustantes o donde la limpieza química es efectiva. Estos equipos son de particular uso para altas presiones; sin embargo, la presión no es factor determinante para usar tubos en “U”; la limpieza y la temperatura, sí lo son.

### **Ventajas de este tipo de cambiador con tubos “U”:**

- 1.- Un solo espejo.
- 2.- El haz de tubos puede removerse para inspección y limpieza externa de los tubos.
- 3.- la expansión diferencial se compensa debido al dobléz de los tubos.

### **Desventajas.**

- 1.- Debido a su forma, la parte interna de los tubos presenta dificultad para su limpieza.
- 2.- Los tubos no pueden remplazarse, excepto los exteriores del haz.
- 3.- No se puede dar menos de 2 *pasos*.

Este tipo de equipo, se recomienda particularmente para altas presiones y temperaturas, ya que el ahorro de un espejo disminuye considerablemente su costo.

**Cabezales flotantes** (Nomenclaturas “P”, “S”, “T”, y “W” del T. E. M. A.); estos equipos tienen tubos rectos asegurados por espejos en ambos extremos. Ambos extremos. Uno de éstos se encuentra libre para desplazarse debido a que tiene menor diámetro, lo que beneficia a la expansión diferencial entre los tubos y la envolvente. El haz de tubos puede removerse para inspección, reemplazo y limpieza externa de los tubos. Además, el lado interior de los tubos es accesible para el mantenimiento y limpieza, por lo que son recomendables para servicios sucios y altas temperaturas.

Los tipos básicos de cabezales flotantes son:

- 1.- **Caja Empacada** (Clasificación “P” del T. E. M. A.).

En este equipo, el fluido de la envolvente se sella mediante empaquetadura suave dentro de un anillo. El empaque permite el desplazamiento del espejo flotante.

Puesto que la caja empacada únicamente está en contacto con el fluido de la envolvente, éste y el del tubo no se mezclan cuando ocurre una fuga a través del empaque.

El número de *pasos* de los tubos está limitado únicamente por la construcción y número de tubos. Puesto que el círculo límite de tubos se aproxima al faldón del espejo flotante, los claros entre los tubos y la envolvente se dicta por el espesor del faldón. Se recomienda para servicios hasta de 600 psi  $\left(\frac{lb}{plg^2}\right)$  y 315 °C (grados centígrados), y no son aplicables cuando las posibles fugas del fluido de la envolvente al exterior, son indeseables.

## **2.-Empacado exterior con Cierre Hidráulico** (Clasificación “W” del T.E.M.A.).

En este caso los fluidos de tubos y envolventes se sellan por empaques de anillo o con un anillo de cierre hidráulico provisto con orificios, a fin de que la fuga a través de alguno de los empaques sea al exterior. El ancho del espejo puede ser suficiente para permitir el doble empackado, el anillo de cierre hidráulico y la expansión térmica diferencial. Un pequeño faldón es, algunas veces, anexado al espejo flotante para proveer superficies de conexión para los empaques y el anillo de cierre hidráulico.

Puesto que no se pueden colocar placas de partición para pasos en el cabezal flotante, el número de *pasos* está limitado a uno o dos. El claro entre el círculo límite de tubo y la envolvente, deben tomar en cuenta la distorsión durante el rolado de los tubos en el borde del espejo.

Los cabezales de tipo “W”, están generalmente limitados a 150 psi  $\left(\frac{lb}{plg^2}\right)$  y 260 °C (grados centígrados); esta construcción no es aceptable cuando no se tolera el mezclado de los fluidos.

## **3.- Cabezal de Arrastre** (Clasificación “T” del T.E.M. A.).

Este tipo de cambiador tiene un cabezal separado atornillado directamente al espejo flotante. Tanto el cabezal como el espejo son de un tamaño tal que puedan deslizar a través de la envolvente y el haz pueda ser removido sin

separar la tapa del cabezal de retorno. El claro requerido (el cual es el mayor que en cualquiera de los tipos de tubos y cuerpo), entre el círculo límite de tubos y el diámetro interior de la envolvente, debe ser tal que pueda tener espacio para el empaque y la tornillería en el espejo flotante.

El número de *pasos* en los tubos, está limitado únicamente por la fabricación y el número de tubos. Con *pasos* none, la boquilla debe extenderse desde el cabezal flotante, hasta la cubierta de la envolvente. Se dejarán provisiones para la expansión térmica diferencial y la remoción del haz de tubos debe hacerse por métodos similares a juntas empackadas o fuelles. Puesto que este tipo de cambiador requiere de empaques internos entre el espejo flotante y su cabezal, generalmente se restringen sus aplicaciones o servicios donde se pueden tolerar pequeñas fallas del empaque interno.

#### 4.- **Cabezal de Anillo Dividido** (Clasificación “S” del T. E. M. A.).

En este diseño la cubierta del cabezal flotante (concha flotante) está asegurada contra el espejo flotante con un anillo dividido. Esta parte, localizada más allá de donde finaliza la envolvente, es encerrada por la cubierta de mayor diámetro (concha fija). La cubierta de la envolvente, el anillo y la cubierta del cabezal flotante, se debe remover para deslizar el haz a través de la envolvente.

El claro entre los tubos más extremos y el diámetro interno de la envolvente que es aproximadamente igual al tipo “P” y menor que en el tipo “T”, aproxima el diámetro interno del empaque al espejo flotante. Este tipo de construcción tiene la misma limitación en el número de *pasos*, presión y temperaturas admisibles que en un tipo “T”.

#### **Ventajas de los Cabezales Flotantes:**

- 1.-El haz de tubos puede removerse para limpieza mecánica exterior de los tubos y para su inspección.
- 2.-Tubos rectos; reemplazables con facilidad y la limpieza de sus interiores se puede llevar a cabo sin remover el haz.

3.-El cabezal flotante absorbe la expansión térmica diferencial entre los tubos y la envolvente.

### **Desventajas y limitaciones de los Cabezales Flotantes:**

1.-Alto costo.

2.-El empaque interno en la cabeza flotante, tiene el peligro de mezclar los dos fluidos por falla de empaque, por lo que estos equipos están limitados a presiones medias aproximadamente  $600 \text{ psi} \left( \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$ .

Las cubiertas de los canales o tapas, pueden en ocasiones ser atornilladas a las bridas de los canales para ser removidas para una inspección de los tubos, sin necesidad de remover las tuberías de conexión al canal. Otras veces se utilizan bonetes en vez de usar un canal con tapa.

Las placas divisoras de *pasos* que se utilizan en el canal, es cuando se quiere tener dos o más *pasos*. Si los cabezales o bonetes se hacen de hierro colado, éstas son integrales para que posteriormente se les dé un buen acabado con el fin de que ajusten bien los empaques que sellarán las divisiones. Si son rolados los canales, estas placas van soldadas. El arreglo de los divisores en *pasos* múltiples, es arbitrario, generalmente lo que se procura es tener el mismo número de tubos en cada *paso*, con el fin de minimizar la caída de presión y cumplir con la serie de consideraciones que se hacen en el cálculo de la diferencia de temperaturas, para proveer una presión casi uniforme en todas las partes de los empaques de sello y para minimizar la complejidad de la fabricación y el costo.

### **2.2.5. MAMPARAS.**

Son placas metálicas que se les da un contorno circular y tienen dos funciones, una de ellas es la de soportar los tubos en la posición apropiada durante su ensamble y operación, previendo la vibración de los tubos causada por

remolinos en el flujo y la otra función es guiar el flujo que pasa por la envolvente en forma transversal al haz de tubos aumentando la velocidad y el coeficiente de transferencia de calor.

El tipo de mampara más común es la segmentada, con corte vertical, horizontal o inclinado Figura 22; otros tipos son los de dona y disco Figura 23. Y los doblemente segmentados. Las figuras muestran los diferentes tipos de mamparas.

Las mamparas segmentadas son círculos de menor diámetro que la envolvente, en donde una porción, ya sea horizontal o vertical, ha sido recortada. La parte cortada representa el área libre de flujo y éste corte puede variar desde un 10% a un 35% del área de la envolvente, Las tolerancias con respecto al diámetro interior de la envolvente, se encuentra dado en la Tabla 3.

DIAMETRO INTERNO NOMINAL (PULGADAS)	TOLERANCIA EN PULGADAS
8 A 13	0.100
14 A 17	0.125
18 A 23	0.150
24 A 39	0.175
40 A 54	0.225
55 Y >	0.3000

Tabla 3. Tabla de tolerancia de las mamparas con respecto al envolvente.

El corte de la mampara generalmente es vertical en condensadores, rehervidores, vaporizadores e intercambiadores cuyo servicio se realiza manejando materiales con sólidos en suspensión o fluidos pesados. Con este arreglo, los incondensables pueden escapar o ir al tope del equipo, provocando zonas no propicias para la transferencia de calor. También es importante el drenado del líquido que condensa.

El corte horizontal es recomendable cuando no hay cambio de fase en la envolvente y para cualquier líquido que no contenga sólidos en suspensión. En caso de que existan gases disueltos en el líquido, que se pueden desprender, no se deberán dejarse canales para el paso de éstos; este sistema no es conveniente cuando se tienen cantidades considerables de gases.

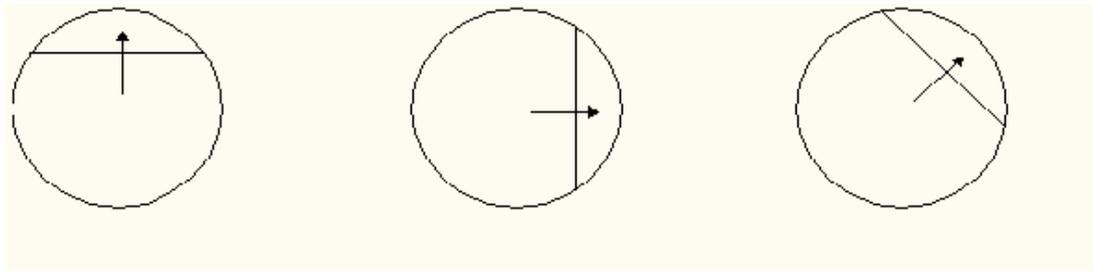


Figura 22. Mamparas segmentadas con corte horizontal, vertical y rotado.

Mamparas de disco y dona: el perfil de flujo de estas mamparas a lo largo de un cambiador, es casi lineal ya que están a lo largo de un mismo plato circular perforado en el centro. El anillo y el segmento se colocan alternadamente a lo largo del haz de tubos.

Para un servicio sin cambio de fase y con fluidos limpios, estas mamparas resultan tan efectivas como las segmentadas, aunque se utilizan con menor frecuencia. No es recomendable para los casos en que existan incondensables disueltos, o que puedan desprenderse, o en servicios con cambio de fase, ya que no se desfogarían apropiadamente los gases o vapores mencionados al

quedar atrapados en la parte superior de la dona.

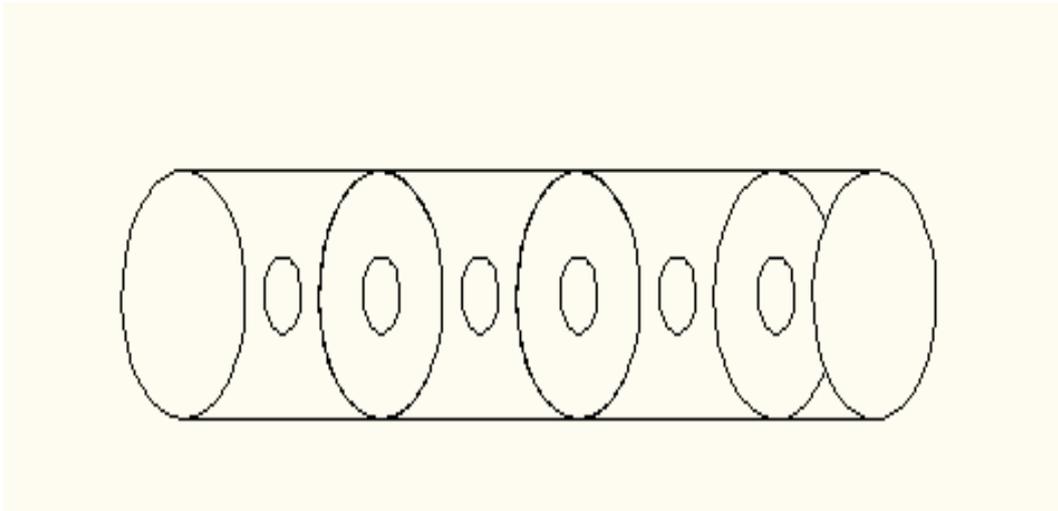


Figura 23. Mamparas tipo disco y dona.

Las mamparas de orificio muy poco se usan, ya que están forzadas de un plato circular completo con los orificios taladrados para el paso de los tubos de una tolerancia de  $1/16$ " *pulgadas* a la  $1/8$ " *pulgadas* entre el diámetro exterior del tubo y del diámetro del orificio. El fluido debe ser muy limpio, para que la sección anular entre en el exterior del tubo y del diámetro taladrado. Este tipo de mamparas presenta una gran turbulencia pero muy poco fluido cruzado entre las dos mamparas. Los condensadores se drenan bien y los gases incondensables se pueden ventear por la parte superior, pero su escasa aplicación industrial es debida a que su caída de presión es alta Figura 24.

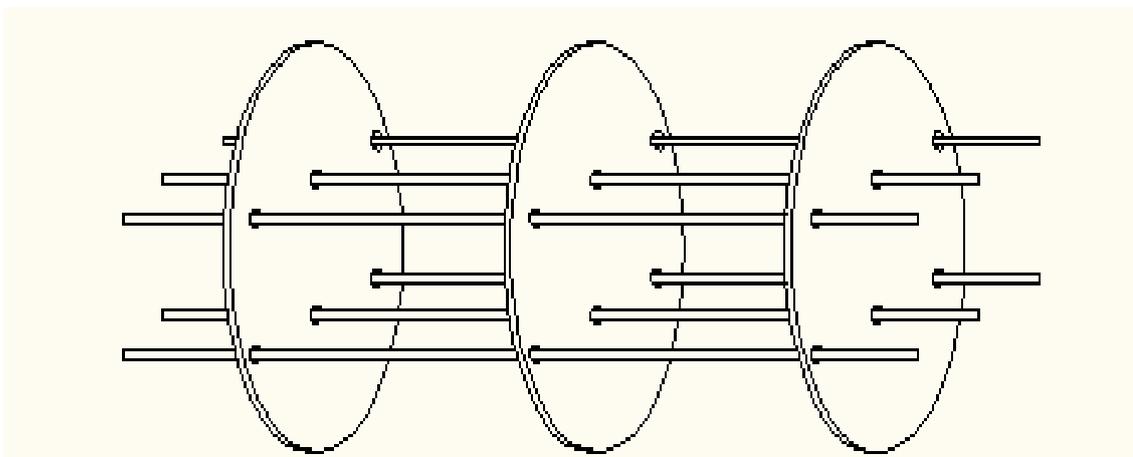


Figura 24. Mamparas de orificio.

Las mamparas longitudinales se utilizan del lado de la envolvente, para dividir esta en dos o más pasos o bien para dar a la carcasa la característica del tipo "Split".

Para evitar fugas en las mamparas que dividen en *pasos* la envolvente, los métodos de sellado más comunes dependiendo del diámetro de la envolvente y del servicio, se hacen por medio de la soldadura, empaque atornillado, empaque con bandas de sello. Estas mamparas deben ser generalmente del mismo material de las maquinas transversales. El material utilizado tiene espesores que van de 1/8" *pulgadas* a 5/8" *pulgadas* Tabla 4.

Los puntos más importantes para el diseño de las mamparas es el espaciamiento y corte de la mampara, tomando en cuenta el diámetro de la envolvente.

La velocidad del flujo no deberá disminuir considerablemente al pasar a través de la mampara.

Para líquidos el corte de la ventana de la mampara deberá permanecer entre los límites de 20% a 35% para un comportamiento óptimo. Para gases a baja presión, se pueden tener cortes hasta de un 40% a 45%, a fin de minimizar la caída de presión, Los cortes muy grandes, especialmente si están relacionados con un espaciamiento de mamparas muy grande, causan un flujo altamente ineficiente con áreas en donde hay poca velocidad del flujo, y un incremento potencial en el ensuciamiento.

DIAMETRO INTERIOR NOMINAL DEL CUERPO PULGADAS (mm)	ESPESOR DE PLACA				
	DISTANCIA ENTRE SEGMENTOS DE PLACAS ADYACENTES O				
	DISTANCIA MEDIA ENTRE SEGMENTOS COMPLETOS PULGADAS (mm)				
	24(610) Y MENORES	MAS DE 24 (610) A 36 (914)	MAS DE 36 (914) A 48 (1219)	MAS DE 48 (1219) A 60 (1524)	MAS DE 60 (1524)
6 A 14 (152 - 356)	1/8 (3.2)	3/16 (4.8)	1/4 (6.4)	3/8 (9.5)	3/8 (9.5)
15 A 28 (381 - 711)	3/16 (4.8)	1/4 (6.4)	3/8 (9.5)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)
29 A 38 (737 - 965)	1/4 (6.4)	5/16 (7.5)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)
39 A 60 (991 - 1524)	1/4 (6.4)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	5/8 (15.9)
61 A 100 (1549 - 2540)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	3/4 (19.1)	3/4 (19.1)

Tabla No. 4 Espesores de mamparas respecto a su espaciamiento.

.Una buena práctica en el diseño de espaciamientos entre mamparas, es considerar de un mínimo de 20% del diámetro de la envolvente a un máximo igual al diámetro de la envolvente, respetando lo recomendable en la Tabla 5.

DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO	LONGITUD MAXIMA SIN SOPORTAR (PULGADAS) MATERIAL DEL TUBO	
	ACEROS AL CARBONO ALEACIONES BAJAS NIQUEL – COBRE NIQUEL NIQUEL- CROMO- FIERRO	ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO COBRE Y ALEACIONES DE COBRE
3/4	60	52
1	74	64
1 1/4	88	76
1 1/2	100	87
2	125	110

Tabla No. 5 Máxima separación entre mamparas.

El Código T.E.M.A. restringe a un máximo de 36" *pulgadas* para espaciamiento entre mamparas.

Para gases a altas velocidades se utilizan mamparas doblemente segmentadas, generalmente para decrecer la caída de presión, los espaciamientos de mamparas no deberán ser muy pequeños, ya que puede resultar un patrón de flujo inefectivo. El efecto de partir a la mitad, es que la velocidad se reduce en relación a la caída de presión, consecuentemente se reduce aproximadamente a la cuarta parte de la que se tendría en una mampara segmentada.

### 2.2.6 TENSORES.

Son varillas roscadas en sus extremos o en toda su longitud, y sirven como guía para mantener a los espejos y mamparas transversales, paralelos entre sí. El tipo de material de que están contruidos, depende del fluido que se encuentre por el lado exterior de los tubos.

### **2.2.7 SEPARADORES.**

Generalmente son tubos que van cubriendo a los tensores y sirven para darle el espaciamiento a las mamparas transversales. El material de este tubo es el mismo utilizado en la fluxeria.



# CAPITULO 3

## **CAPITULO 3.- PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN DE INTERCAMBIADORES DE CALOR.**

Los cambiadores de calor están presentes como se menciona anteriormente en el proceso de refinación del crudo siendo parte importante para la obtención de combustibles que son usados en la vida cotidiana. En el Diagrama 1. Se observa el diagrama de proceso de una planta de destilación atmosférica.

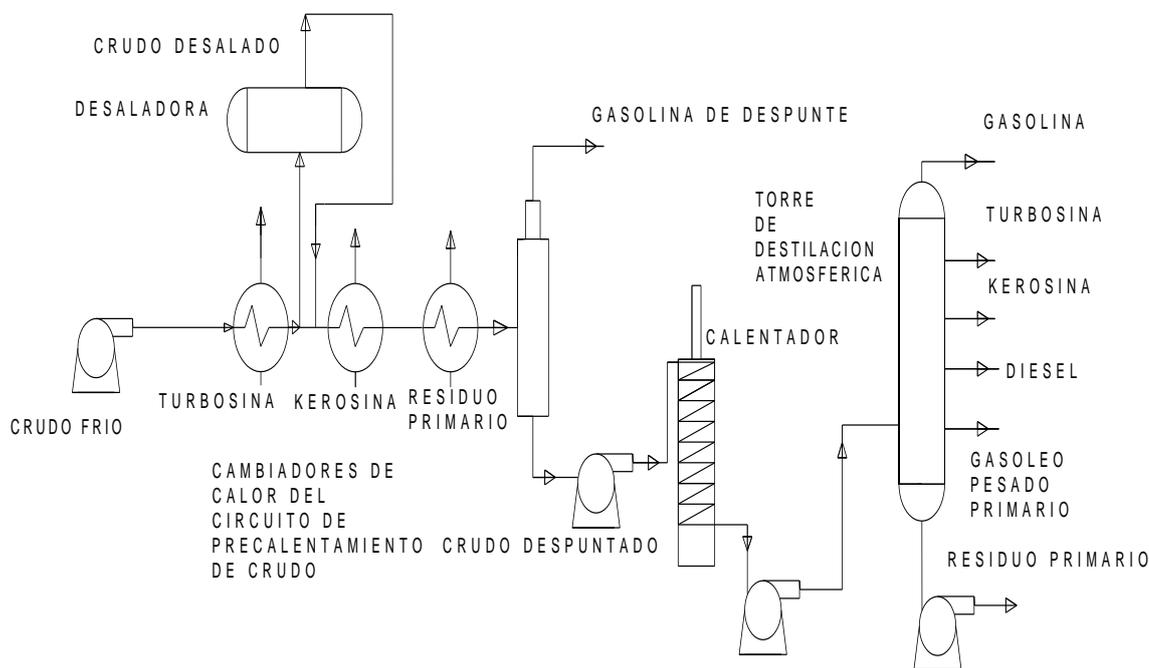


Diagrama 1. Diagrama de proceso de una planta de Destilación Atmosférica.

### 3. 1 TRABAJOS PREVIOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Los trabajos previos son las actividades anteriores a la realización del mantenimiento del equipo. Dentro de estas se incluyen el depresionarlo, vaciado y barrido del equipo. Es necesario mencionar que lo anterior se debe de llevar a cabo respetando las normas de higiene y seguridad que marca el reglamento de PEMEX.

#### 3.1.1 DEPRESIONADO, VACIADO Y BARRIDO DEL EQUIPO.

Los primeros pasos a seguir dentro de la secuencia de actividades que se tienen que realizar para poder intervenir un equipo son el depresionarlo lo cual

consiste en dejar de mandarle carga por medio del bloqueo de las válvulas que alimenten al cambiador de calor. para posteriormente llevar a cabo el vaciado, es decir el producto que estaba contenido en el cambiador de calor mandarlo a los equipos destinados para su recolección; y posteriormente llevar a cabo el barrido; es la actividad de sacar todos los residuos por medio de líneas auxiliares de vapor (presión aproximada de  $60 \text{ psi} \left( \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$ ) esto con la intención de limpiar los residuos de el contenido; esto con la finalidad de limpiarlo lo mayormente posible.

### **3.1.2 COLOCACIÓN DE JUNTAS CIEGAS PARA AISLAR EL EQUIPO.**

La Junta ciega es un disco de placa de acero que se utiliza para aislar una tubería o equipo, con el propósito de evitar una contaminación y que así mismo nos permite vaporizar el equipo. Las juntas ciegas se instalan entre dos bridas con dos empaques a los lados, los cuales pueden ser metálicos o no metálicos dependiendo de las condiciones de operación.

Estas placas de acero son colocadas en las entradas y salidas del intercambiador de calor exactamente en las bridas; las cuales son un elemento conector que nos permite unir dos tuberías entre sí. Las juntas ciegas se deberán de colocar en la entrada y salida de producto por el lado de los tubos y por el lado del envolvente (cuerpo o canal). Esto con la finalidad de aislar el equipo para poder ser intervenido para la realización de su mantenimiento, en la Figura 25 se observa la brida inferior de un cambiador de calor por el lado del cabezal (lado tubo). Y en la Figura 26 se observa los lugares en donde se colocan las juntas ciegas.

Es necesario mencionar que las juntas ciegas se colocan en bridas lado equipo, es decir se deben colocar del lado que ya no tiene flujo para evitar quemaduras o un posible incendio dependiendo del producto que maneja.



Figura 25. Brida inferior de un Cambiador de Calor.

Los trabajos previos y las medidas de seguridad que se tienen que tomar para la colocación de juntas ciegas se enumeran de la siguiente forma:

1. Es necesario tener preparada con anticipación, las herramientas y equipo necesario para realizar el trabajo, basándose en el permiso de trabajo SP-SASIPA-SI-02310 (ver Anexo 1) y minuta de trabajo peligroso (interna), cuando esta aplique.
2. Se debe contar con la junta ciega de acuerdo con las condiciones de presión, temperatura, flujo del sistema y diámetro, libraje establecido por las bridas donde se va a instalar.

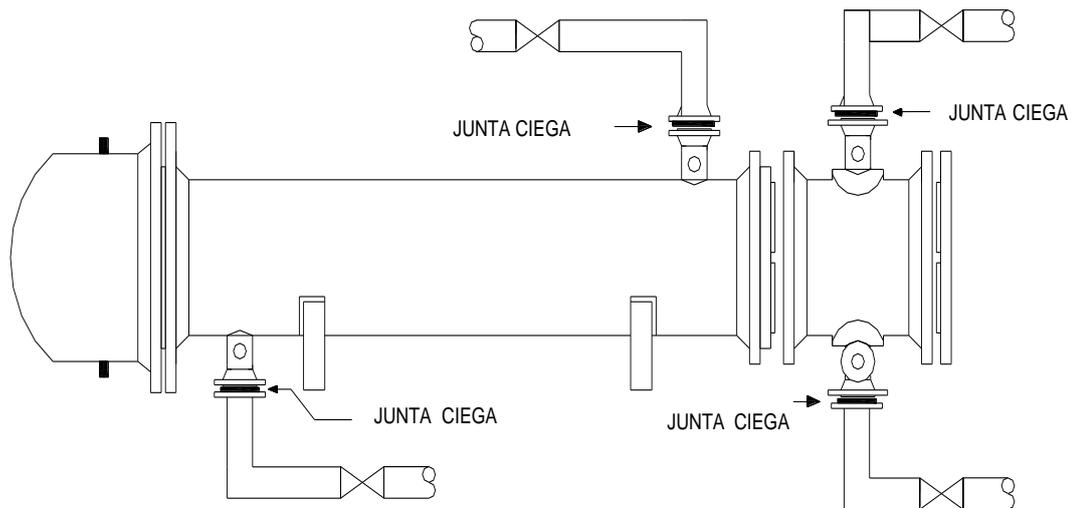


Figura 26. Cambiador de Calor con juntas ciegas.

3. Usar equipo de protección personal básico que está compuesto por casco con barbiquejo, lentes de seguridad, ropa de algodón, cinturón ceñido al cuerpo, guantes de carnaza y botas de seguridad.
4. Preparar empaques y/o anillos cuyas dimensiones dependen del tamaño de la brida y su material depende de las condiciones de presión, temperatura y fluido.
5. Tener disponibles espárragos, para cuando sea necesario cambiarlos.
6. Si se requiere dar mantenimiento a los espárragos, previo a la colocación de las juntas ciegas se debe hacer de la siguiente manera: retirar un espárrago, darle mantenimiento (limpiarlo y lubricarlo) y posteriormente colocarlo, siguiendo la secuencia marcada en la figura No. 26 para los demás espárragos.
7. Cuando se utilice máscara con línea de aire, debe vigilarse de que esté garantizado el sello de las mascarar, las mangueras de suministro de aire estén conectadas correctamente estando libres de obstrucciones y posibles aplastamientos, así como la presión del suministro de aire sea mínimo  $20 \frac{lb}{plg^2}$ .
8. Cuando el caso lo amerite y dependiendo de las condiciones de riesgo construir vías de escape rápido (tipo tobogán, rampa, pasillos o escaleras).
9. Utilizar herramientas neumáticas o hidráulicas cuando la geometría de las bridas permitan su uso.

10. En caso necesario colocar ventiladores con motores a prueba de explosión.

11. Deben de aplicarse todas las medidas preventivas de seguridad, establecidas en el capítulo II del reglamento de seguridad e higiene de Pemex.

Cuando se hayan cumplido con las medidas previas se puede efectuar la realización del trabajo y para ello a continuación se enumeran los pasos a desarrollar:

1. Con el permiso de trabajo SP-SASIPA-SI-02310 (ver Anexo 1) y/o minuta de trabajo peligroso (interna), solicitar el equipo o línea al personal de operación verificando cada uno de los requisitos solicitados en la misma, y en caso de así requerirlo utilizar el equipo de seguridad correspondiente desde el inicio hasta el término del trabajo.

2. Utilizando la herramienta adecuada, desembridar lentamente de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

- A. Se procede a aflojar en forma alterna los espárragos (uno si uno no), sin retirarlos, solo dejar 4 sin aflojar y que queden en forma de cruz siempre y cuando las bridas tengan más de cuatro espárragos.
- B. Aflojar los cuatro espárragos faltantes sin retirarlos.
- C. Separar las bridas, utilizando cuñas de material de acero o bronce, según las condiciones y tipo de fluido.
- D. Verificar que no exista fuga.
- E. En caso de haber fuga excesiva embridar nuevamente, en este caso efectuar un análisis por parte del grupo técnico para determinar si es necesario elaborar la minuta de trabajo peligroso (interna) para realizar el trabajo.

3. En caso de que la fuga sea mínima se retiraran los espárragos necesarios para la instalación de la junta ciega, utilizar cuñas de bronce, separar las bridas el espacio necesario para acomodar la junta ciega con sus dos empaques.

4. Después de colocar la junta ciega, retirar las cuñas y completar los espárragos faltantes.
5. Embridar nuevamente apretando los espárragos en forma alternada de acuerdo al dibujo de la Figura 27.
6. Después de terminar el trabajo y haber efectuado la limpieza del lugar, entregar al personal de operación mediante el permiso de trabajo.

El factor humano es necesario considerarlo en la realización del trabajo por lo que es recomendable tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. El personal manual que realiza este tipo de actividades debe estar capacitado.
2. Explicar al personal el trabajo que debe realizar, así como las condiciones de operación del equipo (presión, temperatura y fluido), y los riesgos implicados en el mismo.
3. Cuando se utilice máscara con línea de aire, es obligatorio para todo el personal que ejecute el trabajo, utilizar esta desde el inicio hasta la terminación del mismo.
4. Se debe suspender durante la ejecución del trabajo toda actividad que involucre corte y/o soldadura en aquellos equipos que manejen fluidos que sean inflamables

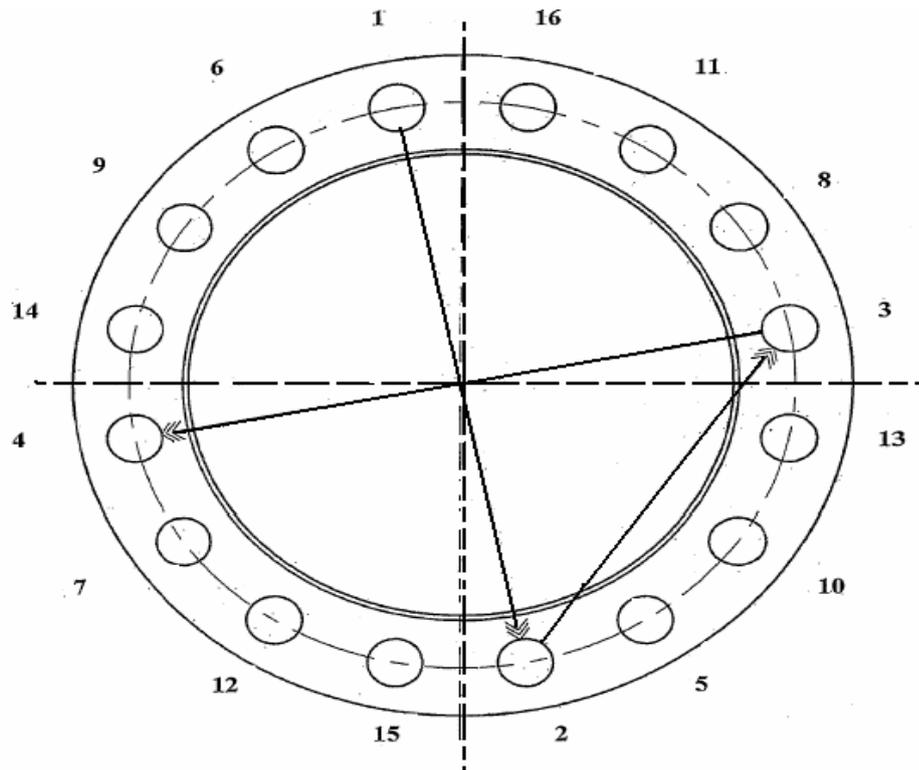


Figura 27. Secuencia de apretado del cabezal.

### 3.2 TRABAJOS DE DESARMADO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Los trabajos de desarmado del cambiador de calor son necesarios para realizar un diagnóstico del estado en que se encuentra y para detectar y corregir fallas. Este procedimiento hace énfasis en intercambiadores de tipo de haz removible del tipo “S” y “T” ya que son los más comunes encontrar dentro de la industria petrolera.

#### 3.2.1 DESMONTAJE DE TAPA DE CABEZAL (CABEZAL FRONTAL).

Una vez que se ha procedido a realizar los trabajos de Depresionado, Vaciado , Barrido y colocación de juntas ciegas del equipo se procede como paso numero uno a desmontar la tapa del cabezal, Se baja la tapa con la herramienta y equipos en buen estado, posteriormente se deberá coloca sobre el piso o plataforma con los asientos hacia arriba para su limpieza, inspección, reparación y aplicación de recubrimiento en caso de ser necesario, teniendo

cuidado de no golpearla durante la maniobra de desmontaje como se muestra en la Figura 28.(numero de parte 4).Y en la Figura 29.

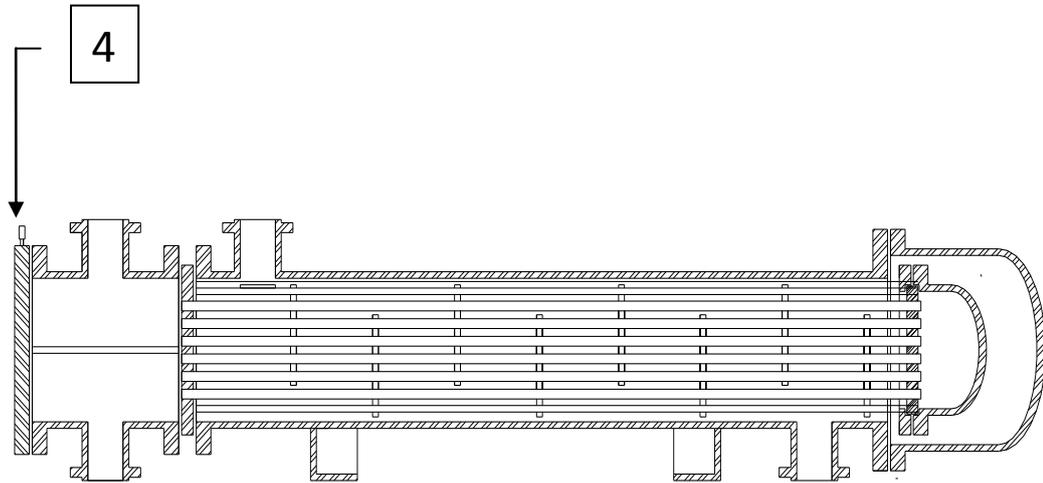


Figura 28. Cambiador de calor tipo AES.



Figura 29. Vista lateral de un cambiador de calor donde se aprecia la tapa.

Si por dentro de los tubos se maneja agua, es conveniente primero inspeccionar el tipo de incrustación que se tenga, para determinar si es necesario efectuar un lavado químico antes de desarmar. En caso de no ser necesario se procederá a realizar la prueba de inundación.

### 3.2.1.1 PRUEBA DE INUNDACIÓN.

Para realizar esta prueba se debe colocar un arreglo con el cual se inundara con agua la parte del cuerpo. En la Figura 30. Se muestran los puntos en donde se inyecta el agua. Debido a que la tapa del cabezal se encuentra desmontada por ahí se verificara si existe algún tubo roto. Ya que al estar algún tubo dañado se observará como corre agua por el interior, se debe de eliminar toda la humedad del interior de los tubos con aire a presión con la finalidad de ubicar al tubo dañado. Mientras tanto se procede a colocar arreglos para prueba hidrostática con agua cruda (hidrante), se procede a presionar el equipo para observar si tiene fugas entre sus componentes, *fuga por roles* o tubos rotos, en este punto se debe estar cuidando que no se derrame el agua para proteger que no haya un malgasto de este recurso tan vital.

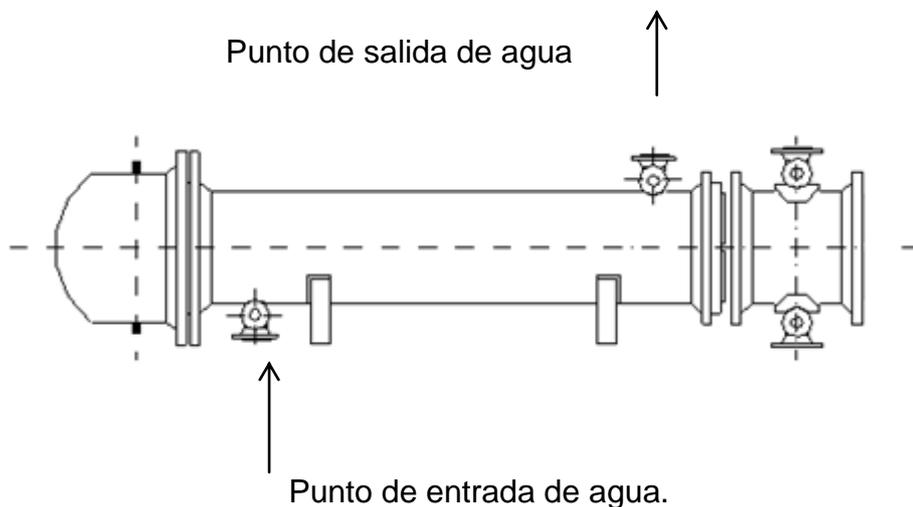


Figura 30. Cambiador de calor donde se esquematiza los puntos de entrada y salida de agua para la realización de la prueba de inundación.

En el caso de que si se tengan tubos rotos y de acuerdo al Diagrama 2. Secuencia de inspección, limpieza y reparación de cambiadores de calor, se procede con lo siguiente.

3.2.1.2 DESMONTAR CABEZAL POSTERIOR (CONCHA FIJA Y FLOTANTE). Se bajan las conchas con la herramienta y equipos en buen estado, colocándolas en el piso o en la plataforma con los asientos hacia arriba para poder efectuar su limpieza mecánica o con chorro de agua cruda, teniendo cuidado de no golpearla durante la maniobra. En la Figura 31. Se muestra las partes del equipo que se desmontan.

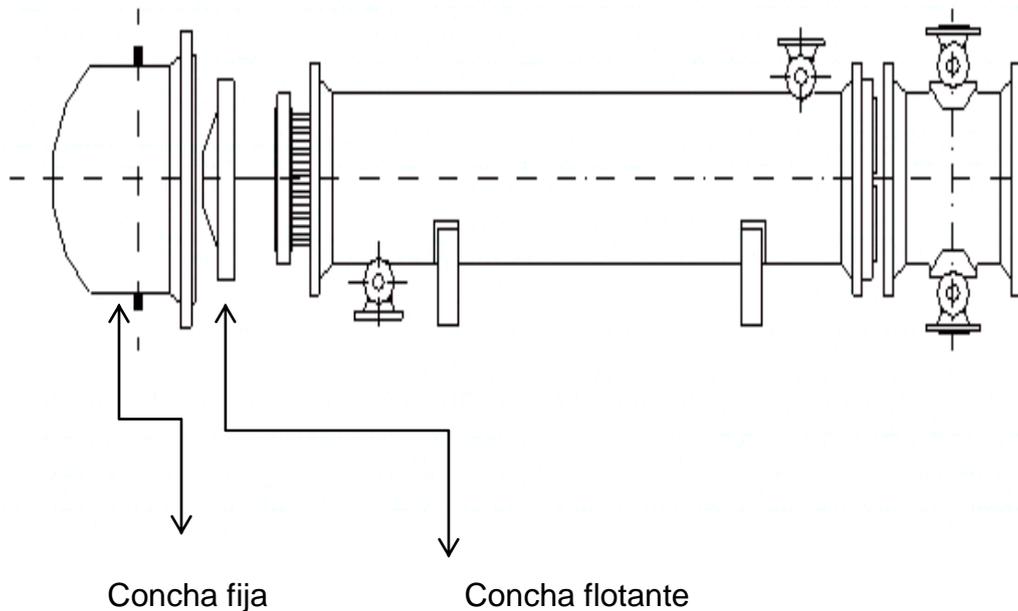


Figura 31. Cambiador de calor donde se aprecia las partes de las conchas fija y flotante que son parte del mismo.

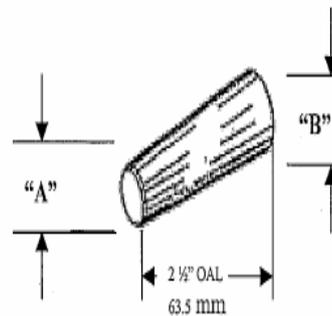
Una vez ya desmontadas la concha fija y flotante se colocan tapones cónicos por ambos extremos del tubo que presentó la fuga, los cuales deben ser compatibles con el material del tubo. Para ver dimensiones de los tapones requeridos observar Tabla 6.

En caso de que el cambiador de calor presente suciedad en los tubos lo cual nos reduce la eficiencia energética es necesario realizar la limpieza por medios mecánicos. Ver capítulo 3.2.2. En caso de no estar sucio pasar al montaje del cabezal frontal 3.2.3.2

ACCESORIOS AMPLIADORES DEL TUBO DEL CAMBIADOR DE CALOR  
ENCHUFES DE UNA PIEZA DEL TUBO DE TCOL (TAPONES)

**LOS TUBOS DEL HAZ QUE SELLAN EN CAMBIADOR DE CALOR CON LA IMPULSIÓN**

NOTA: SE PUEDE CORTAR EL TUBO CON LA REVOLUCIÓN INADECUADA ASEGURESE DE USAR EL ROOL ADECUADO PARA DAR EL RALADO CORRECTO Y NO ROMPER O FRACTURAR EL TUBO QUE FUGA



O.D	GAUGE	"A"	"B"	BRASS	STEEL	316 S.S	304 S.S	416 S.S	ALUMINUM	MONEL
3/8"	15-22	178"	388"	3751-3	3752-3	3753-3	3754-3	3755-3	3756-3	3757-3
1/2"	11-14	4.47 mm	9.88 mm	2979536-6	2980392-0					
5/8"	15-22	301"	513"	5001-4	5002-4	5003-4	5004-4	5005-4	5006-4	5007-6
5/8"	11-14	7.55 mm	13.03 mm	2979537-4	2980022-0					
5/8"	15-22	426"	638"	8251-5	8252-5	8253-5	8254-5	8255-5	8256-5	8257-5
3/4"	11-14	10.82 mm	18.20 mm	2979231-6	2979232-4					
3/4"	15-22	551"	763"	7501-8	7502-8	7503-8	7504-8	7505-8	7506-8	7507-5
7/8"	11-14	14.00 mm	19.38 mm	2979233-2	2979234-1					
7/8"	15-22	578"	888"	8751-7	8752-7	8753-7	8754-7	8755-7	8756-7	8757-7
1"	11-14	17.17 mm	22.58 mm	2979235-9	2979236-7					
1"	15-22	801"	1.013"	1001-8	1002-8	1003-8	1004-8	1005-8	1006-8	1007-8
1 - 1/8"	11-14	20.35 mm	25.73 mm	2979237-5	2979238-3					
1 - 1/8"	15-22	928"	1.138"	1121-9	1122-9	1123-9	1124-9	1125-9	1126-9	1127-9
1 - 1/4"	11-14	23.52 mm	28.90 mm							
1 - 1/4"	15-22	1015"	1.263"	1251-10	1252-10	1253-10	1254-10	1255-10	1256-10	1257-10
1 - 3/8"	11-14	25.78 mm	32.08 mm							
1 - 3/8"	15-22	1178"	1.388"	1371-11	1372-11	1373-11	1374-11	1375-11	1376-11	1377-11
1 - 1/2"	11-14	29.87 mm	35.26 mm							
1 - 1/2"	15-22	1.301"	1.513"	1501-12	1502-12	1503-12	1504-12	1505-12	1506-12	1507-12
	11-14	32.88 mm	38.93 mm							

Tabla No. 6 Dimensiones de tapones para cancelar tubos.

### **3.2.2 LIMPIEZA DEL HAZ DE TUBOS POR MEDIOS MECÁNICOS E HIDRÁULICOS.**

Inspección visual: Después de desmontar las conchas fijas y flotante, se realiza una Inspección visual por el interior y exterior de los tubos para determinar si se desmonta el haz y se realiza la limpieza interior y exterior de los tubos.

Si está limpio por ambos lados; continuar los trabajos a partir del punto 3.2.3.2 (montaje de anillo de pruebas).

- 1.- Si está sucio únicamente por el interior de los tubos se procede con el Punto 2
- 2.- Realizar la limpieza con bomba de alta presión por el interior de los Tubos con sonda flexible, utilizando agua cruda sin desmontar el haz de Tubos.
- 3.- Después de ser recibida la limpieza por parte de operación continuar los trabajos a partir del punto 3.2.3.2 (montaje de anillo de pruebas).
- 4.- Si está sucio por el exterior de los tubos pasar al punto 5.
- 5.- Desembridar y desmontar cabezal con la herramienta y equipos en buen estado. Cuando se requiera grúa, indicarlo previamente en el permiso de trabajo SP-SASIPA-SI-02310, para el tránsito de la misma.
- 6.- Extraer haz de tubos con la herramienta y equipos en buen estado, utilizando grúa y de acuerdo al espacio disponible y a la altura del equipo. Realizar la maniobra asegurando los cables de acero con tira de Manila por si se rompiera alguno; evitando así golpes al personal, equipos y/o líneas cercanas.
- 7.- Efectuar cambio de ánodos de sacrificio, reparar y aplicar recubrimiento al cabezal en caso de que el intercambiador fuera un enfriador o un condensador que maneje agua cruda.
- 8.- Extraer y transportar el haz al taller de cambiadores de calor o al área de limpieza, utilizando herramienta y equipo en buen estado y en cantidad suficiente. El personal debe estar capacitado para efectuar este tipo de maniobras.
- 9.- Limpieza del haz.

La limpieza del haz puede ser por el interior o exterior de los tubos y debe hacerse en el taller cambiadores de calor cumpliendo con las medidas de seguridad, portando su equipo contra agua y botas antiderrapantes así como careta facial y su equipo de protección personal cumpliendo con las reglas mínimas de seguridad del taller

Se deben tener turbinas, flechas, brocas, mangueras, sondas y bombas de alta presión en buen estado y disponibles.

En protección ambiental se cumple con vaciar las fosas de residuos aceitosos cada que su nivel supera el 70% de su capacidad y se lleva a fluentes para su tratamiento de aguas residuales, los lodos de igual manera se llevan a fluentes cada que superan el límite de los tambos donde se depositan los lodos.

10.- Revisión del haz en el taller de intercambiadores de calor. El ingeniero de mantenimiento del sector responsable del equipo recibe la limpieza del haz tubular.

11.- Limpieza y revisión de cuerpo. Una vez sacado el haz, limpiar la pared del interior del envolvente, limpiar asientos de los empaques con rasqueteo y agua a presión. Inspeccionar buscando poros, grietas o socavados o en su caso determinar con el personal de inspección si es necesario el reemplazo de la envolvente.

12.- Inspeccionar la niplería desmontando todos los arreglos roscados y Bridados que estén conectados al cuerpo, cabezal y boquillas aplicando el procedimiento ya establecido para su inspección siendo responsable el personal de inspección y seguridad del área de trabajo de indicar las especificaciones y rango de las conexiones así como de la certificación de los materiales.

### **3.2.3 REALIZACIÓN DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS LADO CUERPO.**

#### **3.2.3.1 MONTAJE DE HAZ DE TUBOS.**

Una vez que el haz de tubo ya se encuentre limpio o en el caso de que se le haya realizado la limpieza mecánica por los medios mecánicos previamente descritos se realiza el montaje de el haz de tubos, previamente aceptada la limpieza por parte del área de inspección y seguridad y el ingeniero de turno de operación de la planta

Terminada la limpieza del haz y de la envolvente, se fija la junta del espejo-cuerpo, la cual es del tipo y material especificados para ese intercambiador. Para fijar las juntas de cada uno de sus componentes se usa grasa fibrosa Figura 32. Durante toda la maniobra se vigila que no se dañe la junta, ni los asientos correspondientes. Posteriormente se procede a nivelar el haz girándolo de tal manera que la ranura del espejo fijo quede perfectamente horizontal o vertical según sea su diseño.

### 3.2.3.2 MONTAJE DEL CABEZAL FRONTAL.

Para montar el cabezal frontal se usa grúa y dos estrobos de acero con dos grilletes, se recibe y se fija a tope (apretar levemente) con los primeros cuatro espárragos marcados del 1 al 4 como lo indica la Figura 27. Teniendo cuidado de que la junta no quede fuera del lugar ni mordida.

La separación o claro entre las bridas del cabezal y el cuerpo deben ser uniformes para lo cual se mide con un flexómetro en 8 puntos equidistantes del perímetro; enseguida apretar utilizando la herramienta adecuada siguiendo la secuencia marcada en la Figura 27. Después de apretado el cabezal embriar las boquillas de entrada y salida con empaque nuevo y de la especificación requerida con las líneas a las cuales se conectan.

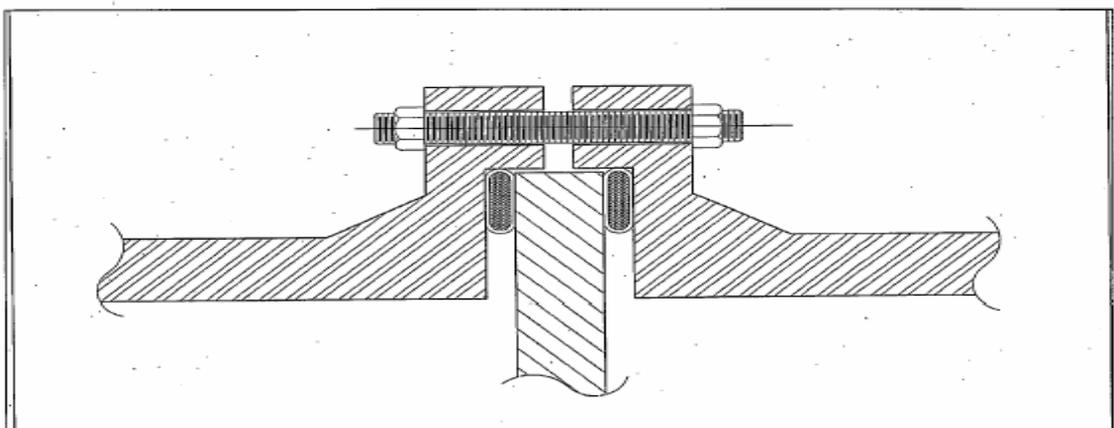


Figura 32. Detalle de la colocación de juntas de carcasa (cuerpo) – espejo. (izquierda) y espejo - cabezal (derecha).

### 3.2.3.3 MONTAJE DEL ANILLO DE PRUEBAS.

El anillo de pruebas es un componente mecánico que permite detectar la rotura de algún tubo o también identificar si existe fuga entre el espacio donde está alojado el tubo y el espejo (placa que soporta los tubos), el anillo de pruebas es colocado en la parte superior del espejo flotante (cabezal posterior) en donde va unida la concha flotante. Es por eso que se le denomina espejo flotante para diferenciarlo del otro espejo que está en la parte frontal. Figura 33.

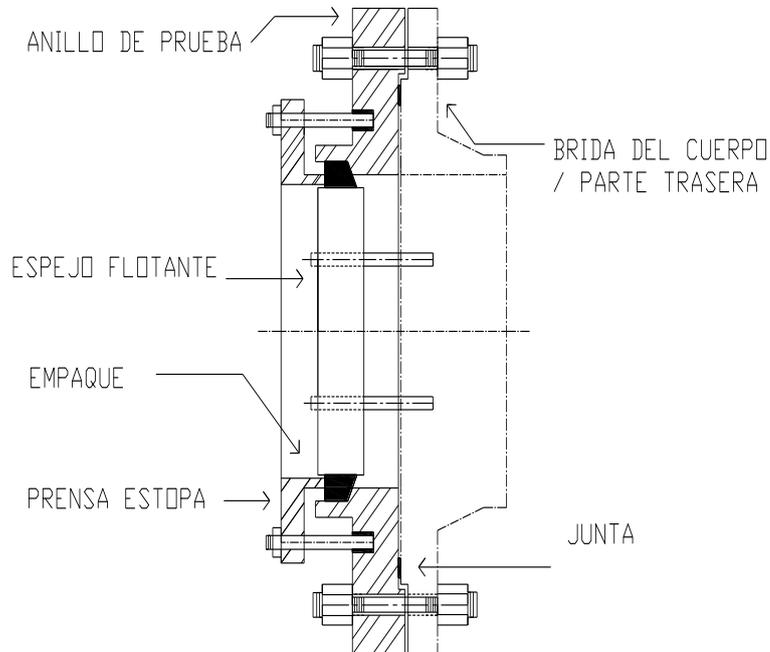


Figura 33. Anillo de pruebas acoplado al espejo flotante.

Una vez montado el anillo de pruebas se procede a realizar la prueba hidrostática por el lado del cuerpo.

### 3.3 REALIZACIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA LADO DEL CUERPO.

La realización de la prueba hidrostática consiste en inyectar agua al cuerpo por medio de un arreglo consistente de coples, niples y válvulas que van conectados a una bomba en la cual se le incrementara la presión hasta llegar a la presión de prueba.

“A la presión la definimos como la fuerza normal que empuja contra un área plana dividida por el área” 2. Si un fluido ejerce una presión contra las paredes de un recipiente, el recipiente ejercerá una reacción en el fluido que será compresiva.

La presión tiene unidades de fuerza por área, los que pueden ser Newton por metro cuadrado, llamado Pascales (Pa), o libras por pulgada cuadrada (psi).

Prueba hidrostática: Es una prueba de presión en la que el componente a probar se llena completamente con agua u otro liquido, se presiona si se requiere durante un tiempo determinado y se inspecciona por su exterior para verificar su integridad mecánica y su hermeticidad.

Presión de Diseño (Pd). Es la presión en las condiciones más severas de presión y temperatura coincidentes esperadas durante el servicio y en las que resulta el mayor espesor de pared y el más alto libraje de los componentes.

Presión de operación (Po): Es la presión medida en el punto más alto, a la que opera normalmente un equipo o tubería. Esta no debe exceder la presión máxima permisible y debe de estar convenientemente abajo del punto de ajuste de los equipos de relevo de presión, para evitar que actúen frecuentemente.

Presión de Prueba Hidrostática (**Pph**). Es la presión a la que se somete un equipo o tubería internamente para efecto de prueba hidrostática. Debe ser, en cualquier punto del equipo o tubería, no menor al valor determinado conforme a lo determinado conforme a lo dispuesto en los sigs. Apartados, según sea el caso.

[2 TERMODINAMICA. José A. Manrique. Pagina 3]

La **P<sub>ph</sub>** se debe determinar empleando la siguiente ecuación:

$$P_{ph} = 1.5 \times P_d \times \left(\frac{S_{tp}}{S_{to}}\right) \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

Donde:

$$P_{ph} = \text{Presión de prueba hidrostática } \left(\frac{lb}{plg^2}\right)$$

$$P_d = \text{Presión de diseño } \left(\frac{lb}{plg^2}\right)$$

$$S_{tp} = \text{Esfuerzo permisible a la temperatura de prueba } \left(\frac{lb}{plg^2}\right)$$

$$S_{to} = \text{Esfuerzo permisible a la temperatura de operación } \left(\frac{lb}{plg^2}\right)$$

Si la presión de prueba produce esfuerzos superiores al esfuerzo de cedencia (yield point) del material a la temperatura de prueba, la presión de prueba puede reducirse a la máxima presión a la cual no se exceda este valor.

En nuestro país los aceros mas comúnmente usados son SA-285, SA-516 Gr. 55, 60 y 70 para la fabricación de cuerpos de cambiadores de calor.

Los valores  $S_{tp}$  y  $S_{to}$  se obtienen de las tablas UCS-23, UNF-23.1, UNF-23.2, UNF-23.3, UNF-23.4, UNF-23.5, UHA-23 Y UHT-23, del Código ASME, Secc. VIII, Div. 1 o, en el apéndice A del código ASME B31.3. Apéndice 1.

Modo de efectuar la prueba.

Previamente a la prueba hidrostática se debe de hacer una prueba de hermeticidad preliminar, a la presión normal de operación, con el objetivo de detectar y corregir fugas antes de levantar la presión hasta el valor de prueba preestablecido.

La prueba se debe de hacer con agua cruda, agua tratada pero en ningún casola temperatura del líquido usado para la prueba, será inferior a 16°C ni mayor de 50°C. Se deben tomar precauciones cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0°C por lo que respecta al congelamiento del agua.

Verificar que el fluido que se usara para realizar la prueba no vaya a dañar los materiales con los que esta construido el equipo. Tal es el caso de los aceros inoxidables, en los que se debe usar agua libre de cloruros.

Todas las conexiones que no deben ser probadas, se deben desconectar o aislar, así como también las válvulas de seguridad en caso de contar con ellas.

El llenado con agua se debe realizar a regímenes de flujo que impidan daños a los internos de los equipos a probar, en el caso de que cuenten con ellos.

Se debe eliminar todo el aire venteando por los tubos más altos e incrementar la presión lentamente, nunca en forma súbita.

La presión debe mantenerse el tiempo necesario para realizar la inspección del equipo.

Para tener indicación de la presión se debe colocar un manómetro recién calibrado y con el rango adecuado.

Para controlar la presión se debe colocar una purga en la parte inferior del equipo, accesible y cerca de la bomba de prueba, no debiendo nunca controlar o ajustar la presión en purgas instaladas en el arreglo de nipleria del manómetro.

La presión se debe controlar en la descarga de la bomba, debiendo contar la misma con dispositivos automáticos de control de presión que impidan sobre presiones. Se recomienda usar para elevar la presión a su punto de ajuste, bombas manuales de desplazamiento positivo.

Se debe calcular el valor de la presión de prueba e incluirlo en los programas de reparación, de tal forma que el personal se entere.

En caso de que se tenga fuga por tubos rotos. Se colocan tapones cónicos por ambos extremos del tubo que presento la fuga, los cuales deben ser compatibles con el material del tubo, para ver dimensiones de los tapones requeridos se utiliza la Tabla 5.

En caso de que se tengan *fuga por roles* es necesario volver a rolar, se recomienda hacerla ligeramente y en forma manual hasta donde lo permite la norma de fabricación (TEMA) tomando en cuenta que las uniones implicadas, inicialmente fueron armadas y roladas en la mejor forma. Si no se elimina la fuga por *rol* se procede a cancelar el tubo.

Posteriormente una vez cancelado el tubo o tubos dañados Se vuelve a realizar prueba hidrostática cuantas veces sea necesario después hasta que las fugas desaparezcan por completo y sea aceptable la prueba hidrostática por inspección y seguridad y/o por el ingeniero de operación.

Es conveniente tomar en cuenta que el cancelar tubos reduce la eficiencia del intercambiador de calor, por lo que el porcentaje de tubos cancelados no debe ser mayor de un 10% del total de tubos, Cuando se rebase este porcentaje se procede a cambiar el haz tubular si se cuenta con refacción, si no se desmonta el haz tubular para su reentubado parcial o total.

Es necesario decir que para colocar los tapones en algunos casos es necesario bajar el cabezal para poder colocarlos lo suficientemente bien, ya que debemos meterlos a presión para lo cual es necesario golpear con un martillo o marro para que queden bien puestos.

### **3.3.1 DESMONTAJE DE ANILLO DE PRUEBAS.**

Una vez que la prueba por el lado del cuerpo ha pasado, y ya no se ha detectado ninguna fuga, es necesario desmontar el anillo de pruebas; primeramente se deben aflojar los espárragos del prensaestopas y posteriormente aflojar espárragos de sujeción con la herramienta y el equipo adecuado. Dejando aproximadamente 8 espárragos flojos sin sacarlos, con la finalidad de colocar la maniobra para desmontarlo.

Con la maniobra lista personal de Patios y Maniobras apoyados por el personal de Pailería se procede a retirar estos espárragos y a desmontar el anillo de pruebas dejándolo a nivel de piso.

### 3.3.2 MONTAJE DE LA CONCHA FLOTANTE Y CABEZAL FRONTAL.

El montaje de la concha flotante nos servirá para posteriormente llevar a cabo la prueba por el lado de los tubos; pero previamente a su montaje se debe colocar el empaque o junta en la superficie del asiento en donde se aloja, este lugar deberá estar completamente limpio y dicha junta deberá ser adherida con grasa fibrosa. Figura 34.

Se utilizan dos estrobos de acero y dos grilletes, para la maniobra de montaje, recibéndola y llegándola (apretándolo levemente) con los primeros cuatro espárragos marcados del 1 al 4 en la Figura 27. En esta acción debemos de tener cuidado que la junta no quede fuera de su lugar en el asiento (que no este bien puesta), la separación o claro entre bridas de la concha y espejo flotante debe ser uniforme, para lo cual se mide con un flexo metro en ocho puntos equidistantes del perímetro, enseguida apretar utilizando la herramienta adecuada siguiendo la secuencia de la Figura 27.

Como lo mencione anteriormente en el caso de que se necesito retirar el cabezal es necesario volver a montarlo para lo cual debemos seguir la misma secuencia de apriete usada en la concha flotante, es decir se debe colocar la junta cuidando de no tener sucio el asiento en donde se va a alojar la junta.

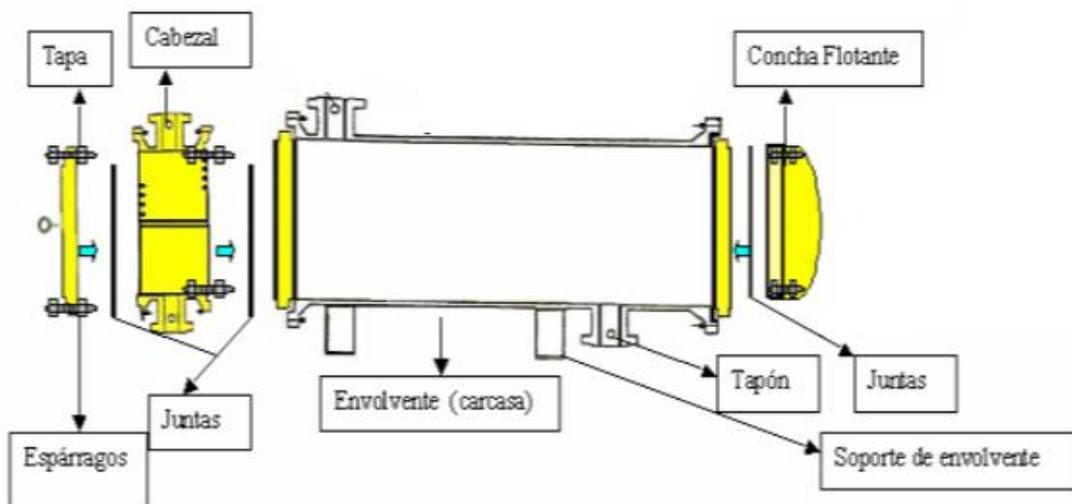


Figura 34. Figura en donde se observa las diferentes partes del cambiador de calor que se arman para llevar a cabo la prueba lado tubos.

### 3.4 PRUEBA HIDROSTÁTICA LADO TUBOS.

La prueba hidrostática lado tubos tiene como objeto comprobar la hermeticidad de tubos, empaque de concha flotante, empaque espejo cabezal, empaque de tapa cabezal, de cabezal y boquillas así como sus soldaduras. Y se utiliza la misma secuencia que la utilizada en la prueba hidrostática lado cuerpo. La realización de esta prueba tiene que seguir los mismos pasos que los que se realizaron en la prueba lado cuerpo.

#### 3.4.1 MONTAJE DE CONCHA FIJA.

Se coloca el empaque o junta adherida con grasa fibrosa en el asiento de la concha, previamente se limpian los asientos, el montaje debe realizarse de acuerdo con la secuencia desarrollada previamente descrita en el montaje del cabezal. Figura 35. Antes de realizar pruebas hidrostáticas comprobar que la revisión de niplería (coples, tapones y arreglos de indicadores de temperatura y de presión) haya sido aprobada por personal de inspección.

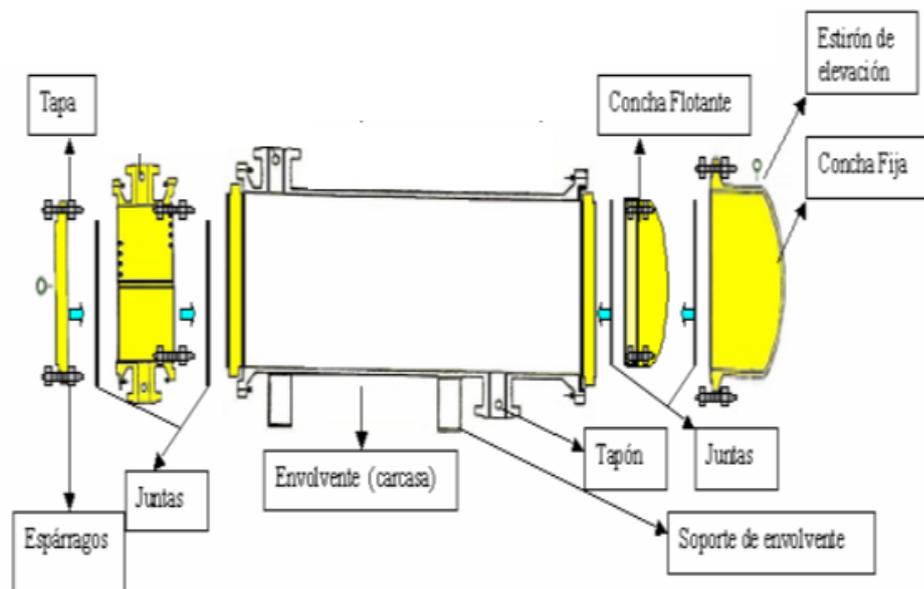
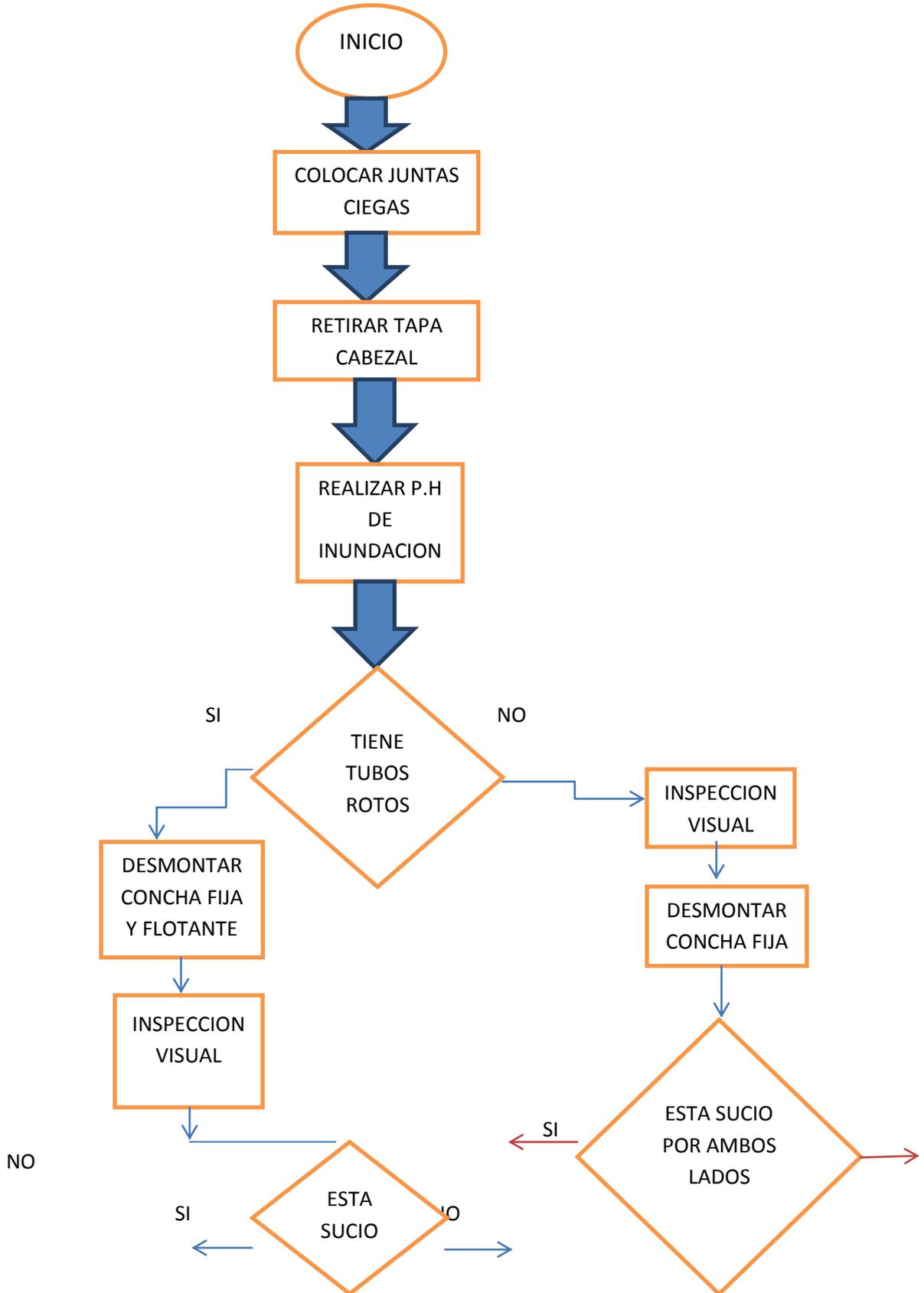


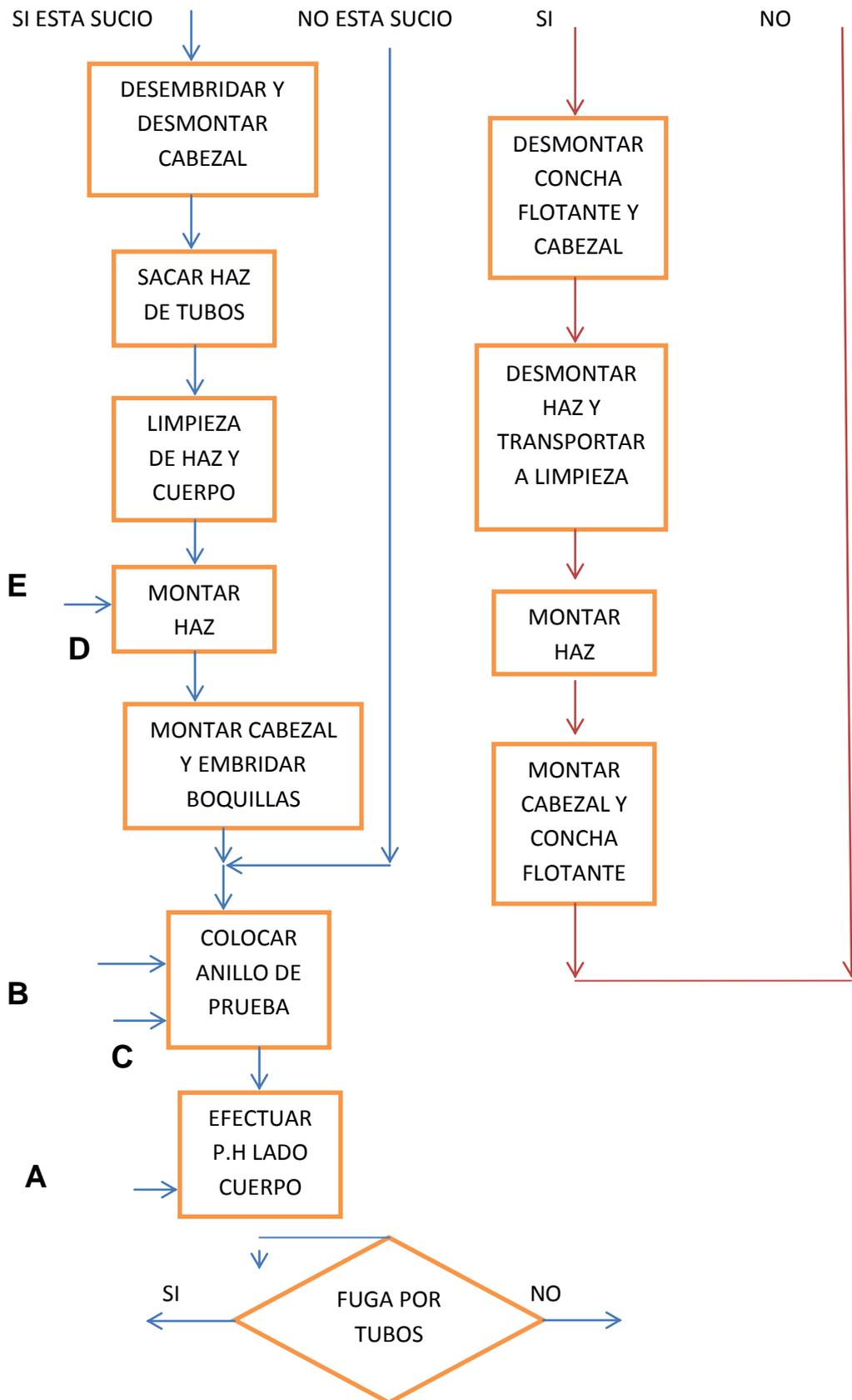
Figura 35. Figura en donde se observa como la concha fija se va uniendo al cuerpo, y así también como la tapa del cabezal debe de juntarse.

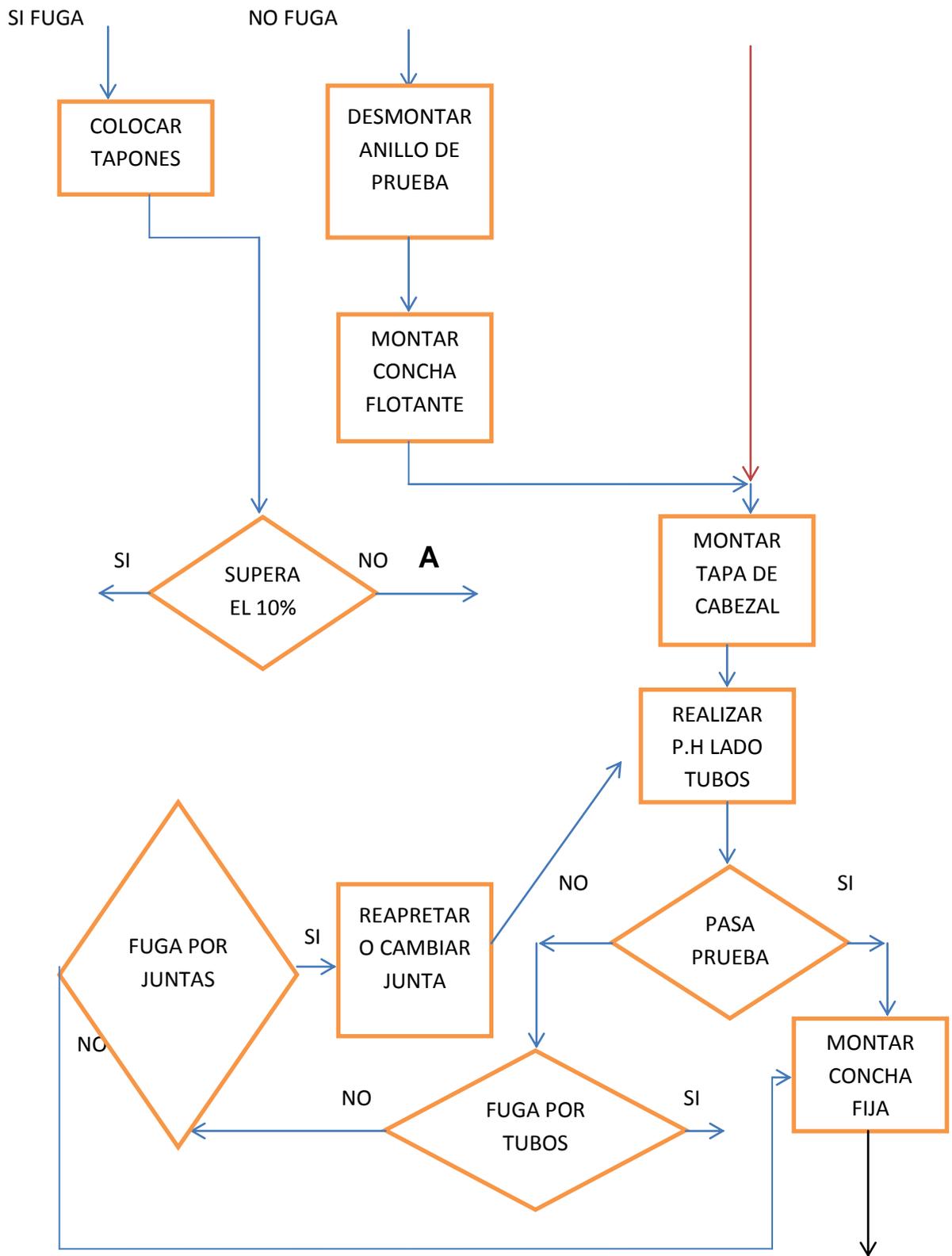
### **3.5 PRUEBA FINAL.**

La prueba hidrostática por el exterior de lado tubo es también llamada la prueba final ya que nos permite verificar la hermeticidad en las diferentes uniones como son Junta de espejo fijo - cuerpo. Junta cuerpo - concha fija. Boquillas cuerpo, concha fija y sus soldaduras. Figura 36. Se vuelve a realizar la prueba hidrostática cuantas veces sea necesario hasta que las fugas desaparezcan por completo y sea aceptada por personal de operación, si aparecieran fugas por el interior de los tubos se debe proceder a desmontar conchas fijas y flotantes nuevamente iniciar procedimiento realizando hasta eliminar las fugas. Todos los pasos del mantenimiento los podemos encontrar dentro del diagrama de flujo de reparación.

DIAGRAMA DE FLUJO DE REPARACIÓN DE INTERCAMBIADORES DEL TIPO AES.







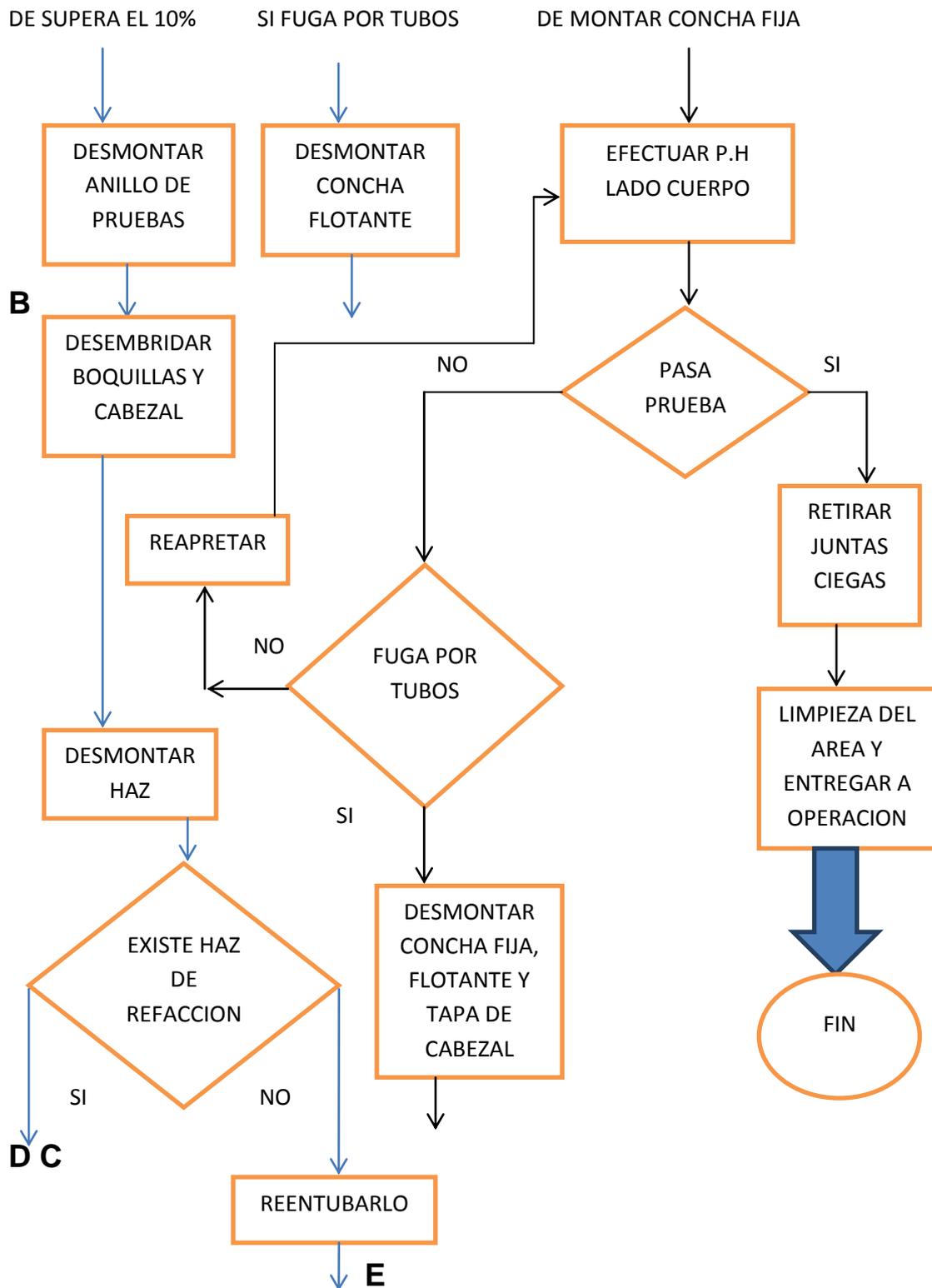


Diagrama 2. Diagrama de flujo de pasos de reparación.

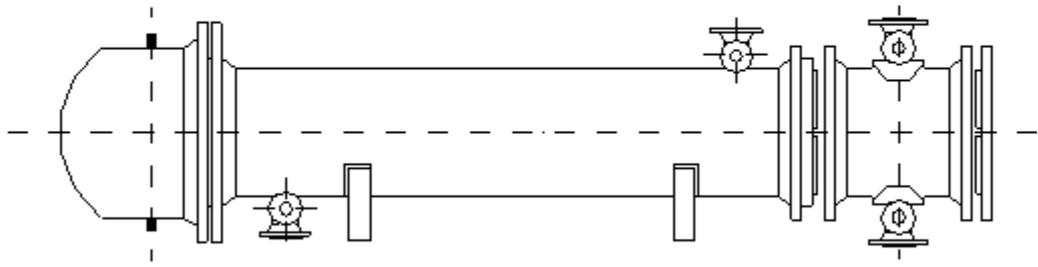


Figura 36. Cambiador de calor en el cuál se observa todo el cambiador armado para realizar la prueba final.

### 3.6 RETIRO DE JUNTAS CIEGAS

1. Para el retiro de juntas ciegas, retirar primero la junta ciega de la salida y después la de la entrada.
2. Utilizando la herramienta adecuada, de acuerdo con el diámetro y presión nominal de la brida, desembridar lentamente de acuerdo con las siguientes recomendaciones:
  - A. Se procede aflojar en forma alterna los espárragos (uno si, uno no) sin retirarlos solo dejando cuatro de ellos en forma de cruz, siempre y cuando sean mayor que 4.
  - B. Aflojar los cuatro espárragos faltantes sin retirarlos.
  - C. Separar bridas.
  - D. Verificar que no exista fuga.
  - E. En caso de haber fuga excesiva embridar nuevamente, en este caso efectuar un análisis por parte del grupo técnico para determinar si es necesario elaborar la minuta de trabajo peligroso (interna) para realizar el trabajo.
3. En caso de no existir fuga retirar la junta ciega con sus dos empaques y limpiar perfectamente el asiento de las bridas, colocando el empaque nuevo y/o anillo en buen estado.
4. Embridar nuevamente apretando los espárragos en forma alternada de acuerdo a la Figura 27.

5. Después de terminar el trabajo y haber efectuado la limpieza del lugar, entregar al personal de operación mediante el permiso de trabajo

### **3.7 RETIRAR ANDAMIOS Y REALIZAR LIMPIEZA**

Terminadas las actividades, se procede a desarmar, limpiar, retirar y guardar andamios tubulares y tablonés; si se requirió usar herramientas tales como diferenciales, es necesario limpiarlos para entregarlos en bodega.

# CAPITULO 4

## **CAPITULO 4.- PROGRAMACION DE TIEMPOS PARA REALIZAR EL TRABAJO.**

La realización del programa de mantenimiento a intercambiadores de calor, consta de los siguientes pasos enumerados en la Tabla 7.

En dicha tabla enumeramos los pasos que se llevan a cabo desde el principio hasta el fin, en la cual observamos los tiempos de duración y las actividades que anteceden a otra actividad. Así también observamos el tipo de herramientas o recursos necesarios para la realización de determinado punto.

Para la realización de los trabajos se emplean a los siguientes departamentos de mantenimiento como son

- A. PAILERIA
- B. PATIO Y MANIOBRAS
- C. TRANSPORTACION
- D. TUBERIA
- E. LIMPIEZA DE CAMBIADORES DE CALOR.

**Paileria** es el departamento encargado de realizar el desarmado y armado del equipo utilizando llaves de diferentes medidas así como torquímetros, también realiza las pruebas hidrostáticas que se requieran, todo lo anterior con la finalidad de tener confiabilidad en la operación.

**Patios y Maniobras** es el departamento encargado de realizar las maniobras para el desmontaje y montaje de las partes del equipo, también arma los andamios necesarios para poder laborar en las partes altas; son los encargados de transportar el equipo para ser llevado a los talleres de limpieza y finalmente son los que realizan la limpieza del área de trabajo una vez que se haya finalizado.

**Transportación** es el departamento encargado de utilizar los equipos de transporte y grúas los cuales son empleados para el desmontaje y montaje de piezas así como para el traslado de componentes del equipo.

**Tubería** es el departamento encargado de realizar las labores de colocar juntas ciegas en las líneas del equipo para llevar a cabo el aislamiento para seguridad al momento de realizar las actividades. Por otra parte ellos son los encargados de embridar (unir) las líneas en boquillas de cabezales así como las que están en el cuerpo.

**Limpieza de Cambiadores de Calor** este departamento se encarga de limpiar los componentes que tienen suciedad derivado del funcionamiento, aunque principalmente es el haz de tubos el que en mayor parte resulta dañado.

NUMERO	ACTIVIDAD	DURACION	COMIENZO	TERMINO	DEPTO.	RECURSOS
1	SOLICITAR EQUIPO A OPERACION	1 hr	08/11/10	08/11/10	PAILERIA	
2	REALIZAR ACOPIO DE HERRAMIENTA	1 hr	08/11/10	08/11/10	PAILERIA	
3	COLOCACION DE ANDAMIOS PARA REALIZAR TRABAJO	3 hrs	08/11/10	08/11/10	PATIO Y MAN.	
4	COLOCACION DE JUNTAS CIEGAS EN ENTRADA Y SALIDA DE PRODUCTO	4.5 hrs	08/11/10	08/11/10	TUBERIA.	
5	DESMONTAJE DE TAPA DE CABEZAL	3 hrs	09/11/10	09/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
6	PRUEBA DE INUNDACION	3 hrs	09/11/10	09/11/10	PAILERIA	
7	INSPECCION VISUAL DEL HAZ DE TUBOS	1.5 hrs	09/11/10	09/11/10	PAILERIA	
8	DESMONTAJE DE CONCHA FIJA Y CONCHA FLOTANTE	5 hrs	10/11/10	10/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
9	DESMONTAJE DE CABEZAL	3 hrs	10/11/10	10/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
10	MANIOBRA PARA DESMONTAR CONCHA FIJA, FLOTANTE Y CABEZAL	2 hrs	10/11/10	10/11/10	PATIO Y MAN.	
11	DESMONTAR HAZ DE TUBOS PARA TRANSPORTAR A TALLER DE LIMPIEZA	5 hrs	11/11/10	11/11/10	PATIO Y MAN.	UTILIZACION DE GRUA
12	TRANSPORTACION DE HAZ DE TUBOS A TALLER DE LIMPIEZA	2 hrs	11/11/10	11/11/10	PATIO Y MAN.	TRAILER CON PLATAFORMA
13	LIMPIEZA EN TINA CON DIESEL DE HAZ DE TUBO	2 días	12/11/10	15/11/10	LIMP. CAMB	UTILIZACION DE GRUA
14	MANIOBRA PARA MONTAR EN RODILLOS HAZ DE TUBOS	2 hrs	16/11/10	16/11/10	LIMP. CAMB	UTILIZACION DE GRUA
15	LIMPIEZA POR EXTERIOR DE LADO TUBOS	3 días	16/11/10	19/11/10	LIMP. CAMB	UTILIZACION DE GRUA
16	LIMPIEZA POR INTERIOR LADO TUBOS	2 días	19/11/10	23/11/10	LIMP. CAMB	UTILIZACION DE GRUA
17	TRANSPORTACION DEL TALLER DE LIMPIEZA AL	3 hrs	23/11/10	23/11/10	PATIO Y MAN.	GRUA, PLATA

	AREA					-FORMA
18	MANIOBRA PARA MONTAJE DE HAZ DE TUBO EN CARCAZA	3 hrs	23/11/10	23/11/10	TRANSP.	UTILIZACION DE GRUA
19	NIVELACION DE HAZ DE TUBO	1.5 hrs	24/11/10	24/11/10	PAILERIA	
20	MONTAJE DE CABEZAL	7 hrs	24/11/10	25/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
21	MONTAJE DE ANILLO DE PRUEBAS Y PRENSA ESTOPAS	7 hrs	24/11/10	25/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
22	REALIZAR PRUEBA HIDROSTATICA LADO CUERPO	3.5 hrs	25/11/10	25/11/10	PAILERIA	BOMBA DE PRUEBA
23	DESMONTAJE DE ANILLO DE PRUEBAS Y PRENSA ESTOPAS	4 hrs	25/11/10	25/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
24	MONTAJE DE CONCHA FLOTANTE	4 hrs	26/11/10	26/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
25	MONTAJE DE TAPA DE CABEZAL	3 hrs	26/11/10	26/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
26	EMBRIDAR BOQUILLAS DE CABEZAL CON LINEAS	3 hrs	26/11/10	26/11/10	TUBERIA	
27	REALIZAR PRUEBA LADO TUBOS	7.5 hrs	29/11/10	29/11/10	PAILERIA	BOMBA DE PRUEBA
28	MONTAR CONCHA FIJA	3 hrs	30/11/10	30/11/10	PAILERIA	UTILIZACION DE GRUA
29	REALIZAR PRUEBA FINAL	4.5 hrs	30/11/10	30/11/10	PAILERIA	BOMBA DE PRUEBA
30	RETIRAR JUNTAS CIEGAS	7 hrs	01/12/10	01/12/10	TUBERIA	
31	RETIRAR ANDAMIOS	5 hrs	02/12/10	02/12/10	PATIO Y MAN.	
32	REALIZAR LIMPIEZA EN GENERAL	2.5 hrs	02/12/10	02/12/10	PATIO Y MAN.	

Tabla 7. Secuencia de Actividades.

#### 4.1 ACTIVIDADES A REALIZAR DE ACUERDO A DEPARTAMENTO.

Las actividades que realiza cada departamento las podemos observar en la Tabla 8; estas acciones están desglosadas en base al listado de la Tabla 7. cabe destacar que algunas actividades se desarrollaran en conjunto entre una o más especialidades.

DEPARTAMENTO	ACTIVIDADES A REALIZAR
PAILERIA	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29.
TUBERIA	4, 26, 30
PATIOS Y MANIOBRAS	3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 31, 32.
TRANSPORTACION	5, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 28
LIMPIEZA DE CAMBIADORES	13, 14, 15, 16

Tabla No. 8 Actividades por departamento.

#### 4.2 CANTIDAD DE TIEMPO EMPLEADO POR CADA DEPARTAMENTO.

El tiempo empleado en la realización del trabajo es un factor importante para la planeación y ejecución del mantenimiento en los equipos .El número de trabajadores por cada especialidad se ilustra en la Tabla No. 9

DEPARTAMENTO	NUMERO DE PERSONAS
PAILERIA	4
TUBERIA	4
PATIOS Y MANIOBRAS	5
LIMPIEZA DE CAMBIADORES	4
TRANSPORTACION	2

Tabla No. 9 Cantidad de personal por departamento.

El cálculo de tiempo que se necesita por cada departamento se obtiene de la siguiente manera. Primero con el numero de personal que se ocupa se multiplica por la duración de cada actividad para obtener el numero de horas hombre.

$$\text{hora hombre} = \text{duracion de la actividad} \times \text{número de personas}$$

NUM. DE ACTIVIDAD	TIEMPO EN HORAS	NUM DE PERSONAL DE PAILERIA	NUM. DE PERSONAL DE P. Y M.	NUM DE PERSONAL LIMP. CAMB.	NUM DE PERSONAL DE TRANSP.	NUM DE PERSONAL DE TUBERIA.
		4	5	4	2	4
1	1	4				
2	1	4				
3	3		5			
4	4.5					18
5	3	12	15		6	
6	3	12				
7	1.5	6				
8	5	20	25			
9	3	12	15			
10	2		10		4	
11	5		25		10	
12	2		10		4	
13	15			60		
14	2			8		
15	22.5			90		
16	15			60		
17	3		15		6	
18	3		15		6	
19	1.5	6	7.5		3	
20	7	28	35		14	
21	7	28	35		14	
22	3.5	14				
23	4	16	20		8	
24	4	16	20		8	
25	3		15		6	
26	3					12
27	7.5	30				
28	3	12	15		2	
29	4.5	18				
30	7					28
31	5		25			
32	2.5		12.5			
	TOTALES	238	320	218	91	58

Tabla No. 10 Cantidad de horas- hombre utilizadas por cada departamento.

En la Tabla 10. Se muestra el total de horas hombre que ocupa cada especialidad para realizar el trabajo. Cabe decir que en la Tabla 7 estaban

indicados la duración en horas y en días pero para motivos de estandarización, los días se convirtieron a horas considerando 1 día = 7.5 horas

Como podemos observar el departamento de limpieza de cambiadores es el que probablemente ocupa el mayor tiempo de horas hombre sobre los demás. Sobre todo cuando dichos equipos manejan productos muy pesados o muy viscosos; por lo tanto las herramientas de programar la mayoría de las actividades considerando el tiempo que requiere cada una es de vital importancia para el ingeniero de mantenimiento. Cabe destacar que dentro de la industria petrolera existen demasiados equipos por lo que su mantenimiento y adecuada programación para su reparación son vitales para el óptimo funcionamiento de las plantas de proceso.

## CONCLUSIONES.

Los intercambiadores de calor son equipos que son ampliamente utilizados dentro de los procesos industriales siendo en la industria petrolera un elemento importante para obtener las condiciones operacionales de los procesos para la obtención de productos petrolíferos. La necesidad de mantenerlos confiables da la seguridad para mantener procesos eficientes y seguros.

El conocimiento acerca de las partes que componen a un intercambiador de calor permite identificar su función y obtener un diagnóstico de alguna posible falla dentro de su funcionamiento. Esto sin olvidar que tipo de servicio realiza ya sea solo ceder calor sin que haya cambio de fase en ninguna de las corrientes del fluido, o sea la de condensar algún fluido o solo la de enfriar. Esto indica también que rango de temperaturas maneja así como las presiones a las cuales trabaja el equipo. Siendo estas 2 variables presión y temperatura las más importantes para determinar la utilización de empaques y de juntas, conocer el libraje de bridas, conocer el torque que se aplique en partes del equipo (tapas de cabezal, cabezal, concha fija y concha flotante etc.). Así como el tipo de material usado en las partes debido al límite de trabajo que soportan los materiales a ciertas temperaturas.

La realización de los trabajos de mantenimiento es algo que se presenta con frecuencia debido a que los equipos están programados para cierto ciclo de trabajo, las fallas operacionales también son las causantes de averías no programadas; por lo que el contar con un programa de reparación es de suma importancia para lograr cumplir dentro del tiempo especificado para reparar estos equipos. Así mismo esto permite cumplir con las metas de producción por parte de la empresa.

La reparación de los equipos es una tarea de las unidades de mantenimiento de plantas por lo cual el trazar los pasos a seguir permite definir la cantidad de recursos tanto humanos como materiales que se requieren.

Como se ha descrito para poder iniciar cualquier trabajo de mantenimiento es necesario realizar trabajos previos como son el bloqueo para llevar a cabo el

vaciado y el depresionamiento; posteriormente la colocación de juntas ciegas con la finalidad de aislar el equipo. Se puede decir que la colocación de juntas ciegas es la actividad mas riesgosa por lo que siempre será necesario contar con herramientas en buen estado así como el personal debe estar bien capacitado e informado de los riesgos que el trabajo implica. Teniendo cuidado de no violar las reglas de seguridad.

Los tiempos de inicio, duración y termino, dan la pauta de llevar a cabo un seguimiento puntual, lo cual fue tratado en el Capitulo 4, por lo que se observa que en el proceso de reparación las actividades que mayor tiempo requieren son las de limpieza de el haz tubular, esto debido a que en muchos casos presentan incrustaciones de aceite o lodos y la dificultad que se presenta en retirarlos. Ver Tabla 10.

En cuanto a la realización de pruebas hidrostáticas cabe decir que el conocer los datos de diseño del equipo y contar con la hoja de datos técnicos para conocer presiones de diseño y pruebas hidrostáticas, ayudara a realizar dichas pruebas dentro de límites seguros, teniendo cuidado de no dañar alguno de sus componentes. La utilización de recursos adicionales como grúas, plataformas de tráiler y herramienta menor para el armado de los componentes se muestra que la grúa es el recurso mas recurrentemente utilizado que se ocupa.

La planeación de todos los pasos que se trazan par la realización del trabajo ver Tabla 7. Es un referente para el mantenimiento en general de un intercambiador de calor con lo cual se espera que el trabajo sirva como una base para la reparación de estos equipos. Sin olvidar que tanto el factor humano y material son igual de importantes para llevar con éxito dichas actividades.

# GLOSARIO

## GLOSARIO

**Agua cruda.** Se le llama al agua que se extrae de los mantos acuíferos y que no ha pasado por un proceso de desmineralización.

**Ánodo de sacrificio.** Es un pedazo de metal que actúa como ánodo se sacrifica a favor del que actúa de cátodo, por eso a este sistema se le conoce como protección catódica por ánodo de sacrificio. Se denomina de esta manera porque protegen de la corrosión a otro material, soportando toda la corrosión hasta que se agotan.

**Barbiquejo.** Es un accesorio que sujeta al casco de protección con la barbilla de una persona, es fabricado de una tela de material elástico.

**Barrido.** Es la acción de limpiar por medio de una corriente de vapor los residuos que contiene un equipo.

**Boquilla.** Son los accesorios de tubería que están conectados al cuerpo del recipiente y son los puntos de entrada y/o salida del fluido.

**Brida.** Es el elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan espárragos.

**Cabezal.** Se denomina con el nombre de cabezal a las piezas adyacentes a los espejos por donde se alimenta, se extrae y se puede hacer retornar el fluido que circula dentro de los tubos. Los cabezales están constituidos principalmente por dos partes. La canal y la cubierta.

**Cople.** Es un pedazo de tubería que tiene en sus extremos rosca por el interior. Y es a su vez un elemento conector entre 2 pedazos de tubería.

**Cubierta o Tapa de cabezal.** Generalmente esta constituida por una placa circular metálica cuya función es cerrar los cabezales. Cuando la cubierta y la canal son una pieza continua, el cabezal recibe el nombre de “bonete”.

**Depresionar.** Es la acción de eliminar la presión manométrica dentro de un recipiente sujeto a presión.

**Desembridar.** Se le llama a la acción de separar dos bridas.

**Espárragos.** Son tornillos roscados en toda su longitud lo cual permite apretar por ambos extremos por medio de tuercas.

**Espejo.** Placas circulares metálicas, en las cuales se insertan los extremos de los Tubos.

**Estrobo.** Un estrobo es un tramo relativamente corto de un material flexible y resistente (típicamente cable de acero), con sus extremos en forma de “ojales” debidamente preparados para sujetar una carga y vincularla con el equipo de izaje que ha de levantarla, de modo de constituir una versátil herramienta para el levantamiento de cargas.

**Fluxes.** Se denomina a los tubos que contiene el haz tubular y estos elementos son de sección circular los cuales pueden ser de materiales como acero al carbono, acero inoxidable entre otros materiales y aleaciones.

**Fuga por rol(es).** Se dice cuando el tubo no quedo perfectamente rolado (expandido) dentro del espacio del espejo en donde se aloja. Y es por esta razón que no hace sello y presenta fuga.

**Junta.** Aditamento que se utiliza para juntar dos objetos. En la industria se utilizan diferentes tipos de juntas para unir tuberías, ductos, estructuras metálicas u otros elementos.

**Junta Cegado.** Es la acción de aislar el equipo por medio de la colocación de juntas ciegas.

**Junta ciega.** Término que se utiliza en la jerga petrolera mexicana. Una junta ciega se coloca para bloquear el flujo de una línea o Boquilla.

**Mamparas.** Placas metálicas colocadas longitudinal o transversalmente entre tubos. Las mamparas longitudinales tienen por función dividir el flujo en la

carcaza y las transversales ocasionan turbulencias para mejorar el coeficiente de transferencia de calor las mamparas transversales pueden

Ser básicamente de dos tipos segmentadas o de disco y rosca.

**Niple.** Es un tramo de tubería el cual esta roscado por la parte externa en sus extremos.

**Paso.** Se denomina al número de recorridos que realiza el fluido ya sea por el lado del cuerpo o por el lado de los tubos.

**Pitch.** Se denomina a el tipo de arreglo que tienen los tubos en el espejo. Puede ser triangular, cuadrado, triangular rotado y cuadrado rotado.

**Vapor recalentado o sobrecalentado.** Es vapor de agua a una temperatura mayor que la del punto de ebullición. Parte del vapor saturado y se le somete a un recalentamiento con el que alcanza mayor temperatura.

# APÉNDICE 1

TABLE A-1 (CONT'D)  
BASIC ALLOWABLE STRESSES IN TENSION FOR METALS<sup>1</sup>

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	P-No. or S-No. (5)	Grade	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp.		
						Tensile	Yield	to 100	200	300
Carbon Steel										
Pipes and Tubes (2)										
A 285 Gr. A	A 134	1	...	(8b)(57)	B	45	24	15.0	14.6	14.2
A 285 Gr. A	A 672	1	A45	(57)(59)(67)	B	45	24	15.0	14.6	14.2
Butt weld Smls & ERW	API 5L	S-1	A25	(8a)	-20	45	25	15.0	15.0	14.5
	API 5L	S-1	A25	(57)(59)		B	45	25	15.0	15.0
...	A 179	1	...	(57)(59)	-20	47	26	15.7	15.0	14.2
Type F	A 53	1	Gr. A	(8a)(77)	20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 139	S-1	A	(8b)(77)	A	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 587	1	...	(57)(59)	-20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 53	1	A	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 106	1	A	(57)						
...	A 135	1	A	(57)(59)						
...	A 369	1	FPA	(57)						
...	API 5L	S-1	A	(57)(59)(77)						
A 285 Gr. B	A 134	1	...	(8b)(57)	B	50	27	16.7	16.4	16.0
A 285 Gr. B	A 672	1	A50	(57)(59)(67)	B	50	27	16.7	16.4	16.0
A 285 Gr. C	A 134	1	...	(8b)(57)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 524	1	Gr. II	(57)	-20	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 333	1	1	(57)(59)	-50	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 334	1	1							
A 285 Gr. C	A 671	1	CA55	(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A 285 Gr. C	A 672	1	A55	(57)(59)(67)	A					
A 516 Gr. 55	A 672	1	C55	(57)(67)	C					
A 516 Gr. 60	A 671	1	CC60	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A 515 Gr. 60	A 671	1	CB60	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A 515 Gr. 60	A 672	1	B60							
A 516 Gr. 60	A 672	1	C60	(57)(67)	C					
...	A 139	S-1	B	(8b)	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 135	1	B	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 524	1	Gr. 1	(57)	-20					
...	A 53	1	B	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 106	1	B	(57)						
...	A 333	1	6	(57)						
...	A 334									
...	A 369	1	FPB	(57)						
...	A 381	S-1	Y35	...	A					
...	API 5L	S-1	B	(57)(59)(77)	B					

(continued)

TABLA A-1 DEL APENDICE A DEL CODIGO ASME

**TABLE A-1 (CONT'D)**  
**BASIC ALLOWABLE STRESSES IN TENSION FOR METALS<sup>1</sup>**  
 Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Basic Allowable Stress S, ksi (1), at Metal Temperature, °F (7)														Grade	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100		Carbon Steel Pipe and Tubes (2)	
13.7	13.0	11.8	11.6	11.5	10.3	9.0	7.8	6.5	...	...	...	...	...	A 134	
13.7	13.0	11.8	11.6	11.5	10.3	9.0	7.8	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A45	A 672	
13.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A25	API 5L	
13.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A25	API 5L	
13.5	12.8	12.1	11.8	11.5	10.6	9.2	7.9	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	A 179	
16.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Gr. A	A 53	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	A 139	
16.0	16.0	14.8	14.5	14.4	10.7	9.3	7.9	...	...	...	...	...	...	A 587	
16.0	16.0	14.8	14.5	14.4	10.7	9.3	7.9	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[ A A A FPA A	A 53 A 106 A 135 A 369 API 5L	
15.4	14.6	13.3	13.1	13.0	11.2	9.6	8.1	6.5	...	...	...	...	...	A 134	
15.4	14.6	13.3	13.1	13.0	11.2	9.6	8.1	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A 50	A 672	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	...	...	...	...	...	A 134	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	...	...	Gr. II	A 524	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[ 1 1 CA55 A55 C55	A 333 A 334 A 671 A 672 A 672	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[ C60 CB60	A 671 A 671	
18.3	17.3	15.8	15.5	15.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	[ B60 C60	A 672 A 672	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	A 139	
20.0	18.9	17.3	17.0	16.5	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	[ B Gr. 1	A 135 A 524	
20.0	18.9	17.3	17.0	16.5	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[ B B 6 6 FPB Y35 B	A 53 A 106 A 333 A 334 A 369 A 381 API 5L	

(continued)

**TABLA A-1 DEL APENDICE A DEL CODIGO ASME (CONTINUACION)**

TABLE A-1 (CONT'D)  
BASIC ALLOWABLE STRESSES IN TENSION FOR METALS<sup>1</sup>

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	P-No. or S-No. (5)	Grade	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp.		
						Tensile	Yield	to 100	200	300
Carbon Steel (Cont'd)										
Pipes and Tubes (2) (Cont'd)										
...	A 139	S-1	C	(8b)	A	60	42			
...	A 139	S-1	D	(8b)	A	60	46	20.0	20.0	20.0
...	API 5L	S-1	X42	(55)(77)	A	60	42	20.0	20.0	20.0
...	A 381	S-1	Y42	...	A	60	42	20.0	20.0	20.0
...	A 381	S-1	Y48	...	A	62	48	20.6	19.7	18.7
...	API 5L	S-1	X46	(55)(77)	A	63	46	21.0	21.0	21.0
...	A 381	S-1	Y46	...	A	63	46	21.0	21.0	21.0
...	A 381	S-1	Y50	...	A	64	50	21.3	20.3	19.3
A 516 Gr. 65	A 671	1	CC65	(57)(67)	B	65	35	21.7	21.3	20.7
A 515 Gr. 65	A 671	1	CB65	(57)(67)	A	65	35	21.7	21.3	20.7
A 515 Gr. 65	A 672	1	B65							
A 516 Gr. 65	A 672	1	C65	(57)(67)	B	65	35	21.7	21.3	20.7
...	A 139	S-1	E	(8b)	A	66	52	22.0	22.0	22.0
...	API 5L	S-1	X52	(55)(77)	A	66	52	22.0	22.0	22.0
...	A 381	S-1	Y52	...	A	66	52	22.0	22.0	22.0
A 516 Gr. 70	A 671	1	CC70	(57)(67)	B	70	38	23.3	23.1	22.5
A 515 Gr. 70	A 671	1	CB70	(57)(67)	A	70	38	23.3	23.1	22.5
A 515 Gr. 70	A 672	1	B70							
A 516 Gr. 70	A 672	1	C70	(57)(67)	B	70	38	23.3	23.1	22.5
...	A 106	1	C	(57)	B	70	40	23.3	23.3	23.3
A 537 Cl. 1 (≤ 2½ in. thick)	A 671	1	CD70	(67)	D	70	50	23.3	23.3	22.9
A 537 Cl. 1 (≤ 2½ in. thick)	A 672	1	D70							
A 537 Cl. 1 (≤ 2½ in. thick)	A 691	1	CMSH70							
...	API 5L	S-1	X56	(51)(55)(71)(77)	A	71	56	23.7	23.7	23.7
...	A 381	S-1	Y56	(51)(55)(71)	A	71	56	23.7	23.7	23.7
A 299 (> 1 in. thick)	A 671	1	CK75	(57)(67)	A	75	40	25.0	24.4	23.7
A 299 (> 1 in. thick)	A 672	1	N75							
A 299 (> 1 in. thick)	A 691	1	CMS75							
A 299 (≤ 1 in. thick)	A 671	1	CK75	(57)(67)	A	75	42	25.0	25.0	24.8
A 299 (≤ 1 in. thick)	A 672	1	N75							
A 299 (≤ 1 in. thick)	A 691	1	CMS75							

(continued)

TABLA A-1 DEL APENDICE A DEL CODIGO ASME (CONTINUACION)

**TABLE A-1 (CONT'D)**  
**BASIC ALLOWABLE STRESSES IN TENSION FOR METALS<sup>1</sup>**  
 Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Basic Allowable Stress <i>S</i> , ksi (1), at Metal Temperature, °F (7)													Grade	Spec. No.	
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100			
													Carbon Steel (Cont'd)		
													Pipes and Tubes (2) (Cont'd)		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C	A 139
20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	D	A 139
20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X42	API 5L
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y42	A 381
17.8	16.9	16.0	15.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y48	A 381
21.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X46	API 5L
21.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y46	A 381
18.4	17.4	16.5	16.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y50	A 381
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	...	...	...	CC65	A 671
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	CB65	A 671	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B65	A 672
22.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65	A 672
22.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	E	A 139
22.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X52	API 5L
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y52	A 381
21.7	20.5	18.7	18.4	18.3	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	...	...	...	CC70	A 671
21.7	20.5	18.7	18.4	18.3	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	CB70	A 671	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B70	A 672
22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	14.8	12.0	...	...	...	...	...	...	...	C70	A 672
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C	A 106
22.9	22.9	22.6	22.0	21.4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CD70	A 671
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	D70	A 672
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CMSH70	A 691
23.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X56	API 5L
23.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y56	A 381
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CK75	A 671
22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	15.7	12.6	9.5	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	N75	A 672	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CMS75	A 691
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CK75	A 671
24.0	22.7	20.7	20.4	20.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N75	A 672
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CMS75	A 691

(continued)

**TABLA A-1 DEL APENDICE A DEL CODIGO ASME (CONTINUACION)**

# ANEXO 1

 <b>PEMEX</b> <small>REFINACION</small>	AUDITORIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AMBIENTAL <b>PERMISO DE TRABAJO</b>	No. <b>171705</b> FECHA:			
2	PLANTA O AREA _____	LUGAR DE TRABAJO: _____			
	SOLICITA EL TRABAJO _____	DEPENDENCIA: _____			
<b>DESCRIPCION DEL TRABAJO</b>					
ITEM ESPACIO CONTINADO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> FUEGO ABERTO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> EQ. ELECTRICO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> ALTURA SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
3	PRODUCTO _____ PRESION (Kg/cm <sup>2</sup> ) _____	TEMPERATURA (°C) _____ VOLTAJE _____			
DESCRIPCION: _____					
ANTECEDENTES / JUSTIFICACION _____					
<b>RESPONSABLE DE LA COORDINACION DEL TRABAJO</b>					
4	SE REQUIERE SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	NOMBRE _____ FIRMA _____			
SE PROGRAMA INICIAR EL TRABAJO: FECHA _____ HORA _____ Y TERMINAR: FECHA _____ HORA _____					
<b>REQUISITOS A VERIFICAR OBLIGATORIAMENTE ANTES DE LA EJECUCION DEL TRABAJO</b>					
<b>RESPONSABLE OPERATIVO</b>					
SOLICITADO		VERIFICADO		SOLICITADO	
<input type="checkbox"/> EQUIPO FUERA DE SERVICIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EQUIPO DESENERGIZADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PERSONAL DE C.I. EQUIPADO	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> BLOQUEADO CON VÁLVULA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> LIBERANZA ELECTRICA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> LOMAS PARA CHISPAS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> VACIADO Y PURGADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> INTERRUPTORES ABERTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> DRENAJES TAPADOS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> DEPRESIONADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> INTERRUPTORES RETENIDOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> VENTILACION MECANICA	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> VAPORIZADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EQUIPO ELECTRICO CON SEÑALES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> AREA ACONDICIONADA, ANTES, BARRERAS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> VÁLVULAS ETIQUETADAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EQUIPO ELECTRICO ETIQUETADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> CAPUCHA, GOGLES, CARETA	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> HUMEDEDAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EQUIPO ELECTRICO A TIERRA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> GUANTES TERMICOS, MUEC, CUERO	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> INERTIZADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ILUMINACION A PRUEBA DE EXPLOSION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ROPA TERMICA, ALUMINIO, ACIDOS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> CON JUNTAS CIEGAS	<input type="checkbox"/>	<b>RESPONSABLE DE LA EJECUCION</b>		<input type="checkbox"/> BOTAS DE HULE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> FRIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EN BUEN ESTADO PLATAFORMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PROTECCION AUDITIVA	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> LAVADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. ANDAMIOS, GUICOLAS, ESCALERAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> RESPIRADOR CONTRA POLVOS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> REUTILIZADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. EQUIPO DE COMBUSTION INTERNA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> MASCARA CON LINEA DE AIRE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> PRESIONADO Y CON FLUIDO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. EQUIPO DE INTERCOMUNICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> MASCARA DE AIRE AUTOCOMTENDIDO	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> REGISTROS ABERTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> CINTURON DE SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> PURGAS, VENTOS ABERTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PERSONAL CAPACITADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> CABLE DE VIDA	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> SUSPENDER OTROS TRABAJOS	<input type="checkbox"/>	<b>RESPONSABLE DE SEGURIDAD</b>		<input type="checkbox"/> EQUIPO DE PRIMEROS AUXILIOS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> PROHIBIR PURGAS DE PRODUCTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EXTINGUIDORES EN EL SITIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EQUIPO DE RESCATE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> AREA LIMPIA DE RESIDUOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> MANGUERAS C.I. PRESIONADAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PRUEBA DE GAS INTERNA	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> AUSENCIA DE RUSAS DE HS. CONSUMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PRUEBA DE GAS EXTERNA	<input type="checkbox"/>
PROCEDIMIENTOS APLICABLES: _____					
INDICACIONES O PRUEBAS APLICABLES: _____					
<b>ANALISIS Y AUTORIZACION PARA EL INICIO DEL TRABAJO</b>					
ANALIZAN Y AUTORIZAN		NOMBRE		FECHA	
RESPONSABLE DE SEGURIDAD		_____		_____	
RESPONSABLE DE LA EJECUCION		_____		_____	
RESPONSABLE OPERATIVO		_____		_____	
VIGENCIA DEL PERMISO		DESDE FECHA	HORA	HASTA	FECHA
					HORA
<b>PRUEBAS DE EXPOSIVIDAD, TOXICIDAD, ESPESOR, ELECTRICAS, ETC.</b>					
PRUEBA	RESULTADO	FECHA	HORA	REALIZO LA PRUEBA (Nombre y Firma)	
<b>VERIFICAN EN CAMPO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS</b>					
POR OPERACION (Nombre y Firma)		POR EL EJECUTOR (Nombre y Firma)		POR SEGURIDAD (Nombre y Firma)	
_____		_____		_____	
<b>EL PERSONAL EJECUTOR QUEDA ENTERADO DE LAS PRECAUCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO Y DE LA VIGENCIA DEL PERMISO</b>					
NOMBRE		FIRMA		NOMBRE	
_____		_____		_____	
_____		_____		_____	
<b>TERMINACION DEL TRABAJO</b>					
RESPONSABLE		NOMBRE		FECHA	
_____		_____		_____	
RECIBE OP. RESPONSABLE		_____		_____	

**"ESTE PERMISO QUEDA INVALIDADO SI CAMBIAN LAS CONDICIONES EN LAS QUE FUE AUTORIZADO"**  
El ejecutor del trabajo, debe colocar el original de este "PERMISO DE TRABAJO" debidamente autorizado, en un lugar visible en el propio lugar donde se realiza  
ORIGINAL: EJECUTOR DEL TRABAJO. COPIA No.1: OPERACION, (TABLERO) COPIA No.2: SEGURIDAD. COPIA No.3: RESPONSABLE DE LA EJECUCION. SITSI-043

PERMISO DE TRABAJO SP-SASIPA-SI-02310

BIBLIOGRAFIA

1.- Código T.E.M.A

Tubular Exchanger Manufacturers Association

Eight Edition.

2.- Procesos de Transferencia de Calor

Donald Q. Kern.

Editorial Continental.

3.- Física Universitaria.

Francis W. Sears, Mark W. Zemansky, Hugh D. Young.

Editorial Addison- Wesley Iberoamericana.

Sexta Edición en Español.

4.- Guía Elemental del Dibujo Técnico.

Chevalier, A.

Editorial Tecnica.

5. - Termodinamica

José A. Manrique

Rafael S. Cárdenas

Editorial Harla.

6.-Código ASME (American Society Mechanical Engineers) B31.3-2002

PROCESS PIPING.

Paginas de Internet.

*[web.usal.es/~tonidm/DEI\\_07\\_comp.pdf](http://web.usal.es/~tonidm/DEI_07_comp.pdf)* -