



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
ESPE LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

PROYECTO DE GRADO

**“Diseño y Construcción de un Radiador de Automóvil para el
Chvrolet Corsa 1300 y Elaboración de un Software para el
Diseño”**

Realizado por:

Germán Patricio Verdesoto Campaña

LATACUNGA – ECUADOR

2006

INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
INDICE DE CONTENIDOS.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	2
1.1 Intercambiadores De Calor.....	2
1.1.2 Partes Del Radiador.....	4
1.2 TIPOS DE RADIADORES.....	9
1.2.1 Radiadores Tubulares.....	10
1.2.2 Radiadores Con Tubos De Aire.....	11
1.2.3 Radiador Nido De Abeja.....	12
1.2.4 Radiador De Circulación Descendente.....	13
1.2.5 Radiador De Circulación Transversal.....	14
1.3 COMPONENTES DEL RADIADOR.....	15
1.3.1 Tapa Del Radiador.....	15
1.3.2 Deposito De Recuperación.....	17
1.3.3 Bandejas O Tanques De Plástico.....	17
1.3.3.1 Vaso De Expansión.....	18
1.3.3.2 Grifo De Drenaje Del Radiador.....	19
1.4 TIPOS DE REFRIGERACIÓN.....	19

1.4.1	Refrigeración Por Aire.....	19
1.4.1.1	Elementos De La Refrigeración Por Aire.....	21
1.4.2	Refrigeración Por Agua.....	23
1.4.3	Refrigeración Por Líquido Refrigerante.....	24
1.5	INTERCAMBIADORES DE CALOR.....	25
1.5.1	Tipos de Intercambiadores de Calor según su aplicación.....	25
1.5.1.1	De una sola corriente.....	25
1.5.1.2	De dos corrientes en flujo paralelo.....	26
1.5.1.3	De dos corrientes en contracorriente.....	27
1.5.1.4	De dos corrientes en flujo cruzado.....	28
1.5.1.5	De dos corrientes en contraflujo cruzado.....	29
1.5.1.6	De dos corrientes a pasos múltiples.....	30
1.5.2	Coeficiente Global de transferencia de calor.....	30
1.5.3	Intercambiadores de calor Compactos.....	31
1.6	Elementos de diseño de Intercambiadores de calor.....	32
2	DISEÑO DEL RADIADOR.....	35
2.1	Temperatura del agua de refrigeración.....	35
2.2	Temperatura del aire de refrigeración.....	36
2.2.1	Calculo del flujo de aire de refrigeración.....	37
2.2.1.1	Calculo del área 1.....	37
2.2.1.2	Calculo del área 2.....	38
2.2.2	Calculo del caudal del liquido	40

2.2.3	Determinación del Coeficiente de convención para el aire de refrigeración.....	42
2.2.3.1	Nut para formas triangulares.....	42
2.2.3.2	Calculo del coeficiente de convención del aire de refrigeración.....	43
2.2.4	Determinación del coeficiente de convección para el agua de refrigeración.....	43
2.2.5	Calculo del coeficiente global de transferencia de calor.....	45
2.2.5.1	Área de contacto del fluido caliente.....	46
2.2.5.2	Área de contacto con el fluido frío.....	46
2.3	Calculo de la temperatura final de salida del Intercambiador de calor.....	47
2.3.1	Calculo de la efectividad del intercambiador de calor.....	48
2.3.2	Determinación del NUT.....	49
2.3.3	Calculo del número de Reynols.....	50
2.3.4	Calculo de la energía térmica disipada.....	51
2.4	Caída de presión en el aire de refrigeración.....	53
2.5	Dimensión final del Intercambiador de Calor.....	54
2.6	Selección del ventilador.....	56
2.6.1	Calculo de la potencia del ventilador.....	57
2.7	Selección del material para el intercambiador de Calor.....	60
2.7.1	Propiedades de algunos materiales utilizados en Intercambiadores de Calor.....	61
2.7.1.1	Materiales Utilizados.....	61

3	Construcción Del Radiador.....	64
3.1	Planos Del Elemento A Construir.....	64
3.2	Trazo, Corte y Armado del Material.....	64
3.3	Procedimiento de soldadura.....	67
4	Elaboración del un software.....	70
4.1	Software para el diseño de radiadores.....	70
4.2	Guía para el manejo del programa.....	70
5	Mantenimiento del radiador.....	83
5.1	Como abrir un radiador recalentado.....	83
5.1.1	Como agregar agua a un radiador recalentado.....	83
5.2	Tipos de refrigerante que se debe poner al radiador.....	84
5.2.1	Líquido refrigerante.....	84
5.2.2	Líquidos de refrigeración y anticongelantes.....	85
5.3	Ventajas de los radiadores.....	86
5.3.1	Consecuencias de una refrigeración deficiente o de Sobrecalentamientos.....	87
5.3.2	Principales características.....	90
5.4	Sugerencias de Mantenimiento de su Radiador.....	90
6	Conclusiones y recomendaciones.....	96
6.1	CONCLUSIONES.....	96
6.2	Recomendaciones.....	98
	BIBLIOGRAFÍA.....	100
	ANEXOS	101
	ANEXOS B DE TIPOS DE COLMENAS O PANALES DEL RADIADOR.....	108
	PLANOS	

INTRODUCCIÓN:

En el CAPÍTULO I se detalla el marco teórico, definimos los diferentes tipos de Intercambiadores de Calor existentes, sus partes y componentes del mismo con su respectiva disposición de aletas para luego así aplicar esta teoría al análisis y diseño de intercambiadores de calor.

En el CAPÍTULO II Se trata del diseño del Intercambiador de Calor y el posterior análisis térmico y el método para calcular el área de transferencia de calor en el intercambiador en función de su longitud, además se examina la importancia de la caída de presión de la corriente con el fin de poder seleccionar el Intercambiador mas adecuado a las exigencias y requerimientos de la industria automotriz, además se realiza una breve descripción de los materiales para la construcción de los intercambiadores de calor compactos apropiado para nuestro propósito.

El CAPÍTULO III Se detalla el proceso de construcción, montaje, adaptación del Intercambiador de Calor, también se muestra la construcción de y selección del proceso de soldadura a utilizar para dicha construcción

El CAPÍTULO IV trata de la elaboración de un software y la guía de utilización de dicho software para la construcción del Intercambiador de Calor

El CAPÍTULO V Trata sobre el mantenimiento preventivo que se le puede dar al Intercambiador de Calor (radiador) para su buen funcionamiento y utilización del mismo.

El CAPÍTULO VI En este ultimo capitulo detallamos las conclusiones y recomendaciones de este proyecto.

CAPITULO I

1.1 INTERCAMBIADORES DE CALOR

Por refrigeración entendemos el acto de evacuar el calor de un cuerpo, o moderar su temperatura, hasta dejarla en un valor determinado o constante.

La temperatura que se alcanza en los cilindros, es muy elevada, por lo que es necesario refrigerarlos.

La refrigeración es el conjunto de elementos, que tienen como misión eliminar el exceso de calor acumulado en el motor, debido a las altas temperaturas, que alcanza con las explosiones y llevarlo a través del medio empleado, al exterior.

La temperatura normal del agua de refrigeración oscila entre los (75° y los 90° C) ¹ ya que una temperatura demasiado baja es desfavorable para el funcionamiento del motor.

Por otro lado, cambiaría la capa aceitosa del engrase, por lo que el motor se agarrotaría al no ser adecuado el engrase y sufrirían las piezas vitales del motor.

El desarrollo de los intercambiadores es variado y de una amplia gama de tamaños y tecnología como plantas de potencia de vapor, plantas de procesamiento químico, calefacción y acondicionamiento de aire de edificios, refrigeradores domésticos, radiadores de automóviles, radiadores de vehículos especiales, etc.

En los tipos comunes, tales como intercambiadores de coraza y tubos y los radiadores de automóvil, la transferencia de calor se realiza fundamentalmente por conducción y convección desde un fluido caliente

¹ Técnica del Automóvil: J THONON Pág. 173

a otro frío que está separado por una pared metálica.

En consecuencia el diseño térmico de los intercambiadores es un área en donde tienen numerosas aplicaciones los principios de transferencia de calor.

El diseño real de un intercambiador de calor es un problema mucho más complicado que el análisis de la transferencia de calor porque en la selección del diseño final juegan un papel muy importante en los costos, el peso, el tamaño y las condiciones económicas.

Así por ejemplo, aunque las consideraciones de costos son muy importantes en instalaciones grandes, tales como plantas de fuerza y plantas de proceso químico las consideraciones de peso y de tamaño constituyen el factor predominante en la selección del diseño en el caso de aplicaciones especiales y aeronáuticas.

Por lo tanto en este trabajo es importante hacer un tratamiento completo del diseño de intercambiadores de calor.

1.1.2. PARTES DEL RADIADOR

Todo radiador se compone de un colector superior y de un colector inferior unidos entre sí por el dispositivo de refrigeración propiamente dicho (figura 1.1).

1. Tapón de Vaciado
2. Deposito de Agua
3. Llegada del agua Caliente
4. Tapón de llenado
5. Orificio de llenado máximo
6. Deposito del Agua
7. Retorno del Agua al Motor
8. Sistema de Refrigeración

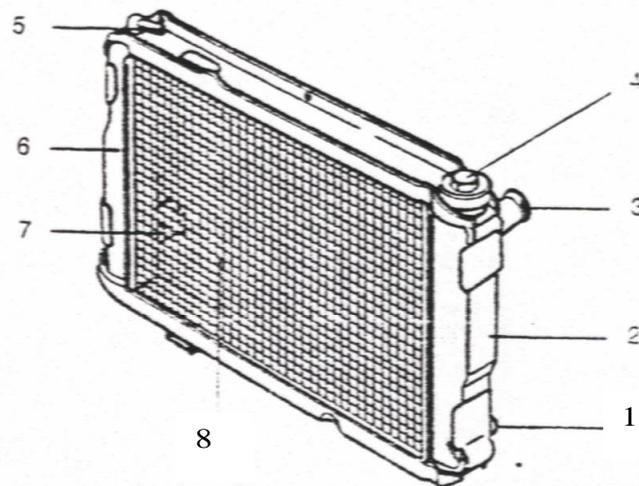


FIGURA. 1.1 PARTES DEL RADIADOR

Estos colectores son necesarios para obtener una llegada y una salida regulares del agua y también para que el radiador tenga la capacidad suficiente.

El conjunto del sistema de refrigeración puede contener de 8 a 30 litros según las dimensiones.

En la actualidad el radiador no forma ya la parte anterior del coche, sino que está dispuesto detrás de una rejilla.

El radiador está compuesto por tres partes: Un panel y dos depósitos, el panel puede estar formado por una sola fila de tubos planos, separados por unas láminas o aletas onduladas (Figura. 1.2.)

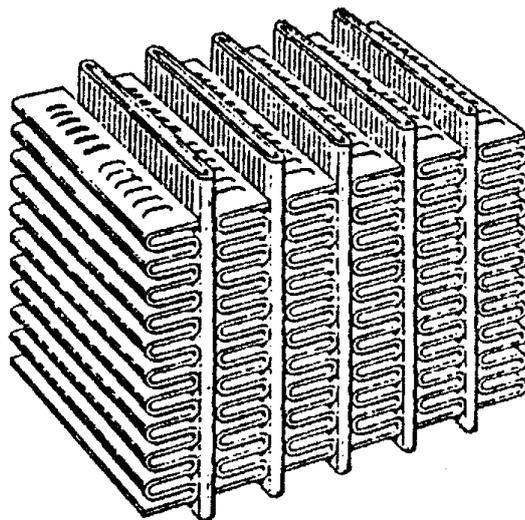


Figura 1.2 Panel de una sola fila de tubos

O por dos o más filas de tubos (Fig.1.3)

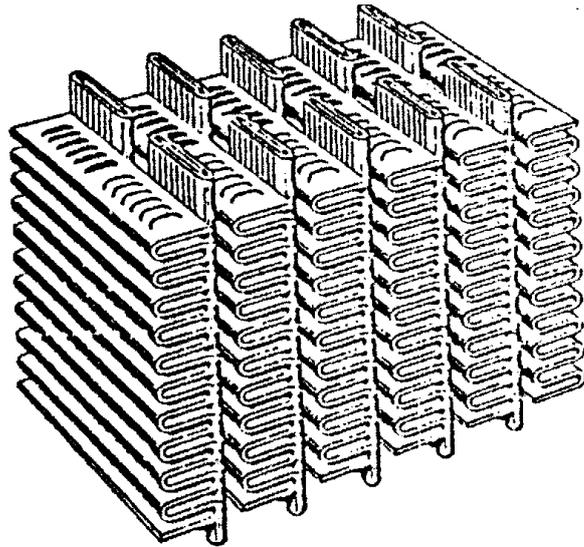


Figura 1.3 Panel de dos filas de tubos

Las aletas pueden ser también planas (Figura.1.4) y, en ese caso, los tubos pueden ser redondos.

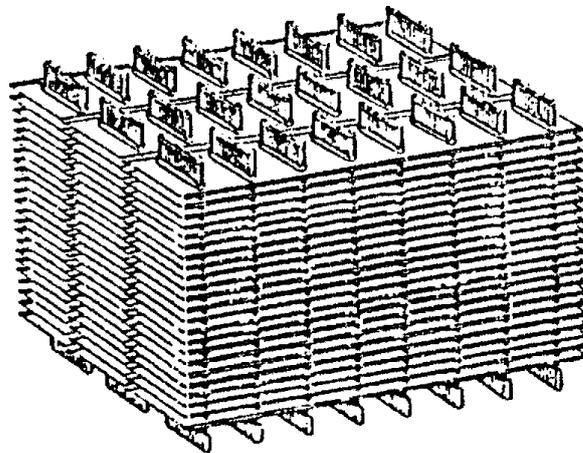


Figura 1.4 Panel del radiador con Aletas Planas

A cada lado del panel, coincidiendo con los extremos de los tubos, va acoplado, herméticamente, un depósito.

Si los tubos del panel van dispuestos verticalmente, los depósitos quedan uno arriba y el otro debajo (Figura. 1.5), y si los tubos son horizontales, uno a cada lado.

Partes:

1. Panel
2. Deposito Superior
3. Deposito Inferior
4. Refuerzos
5. Tapón
6. Tubo al vaso de expansión
7. Entrada de líquido

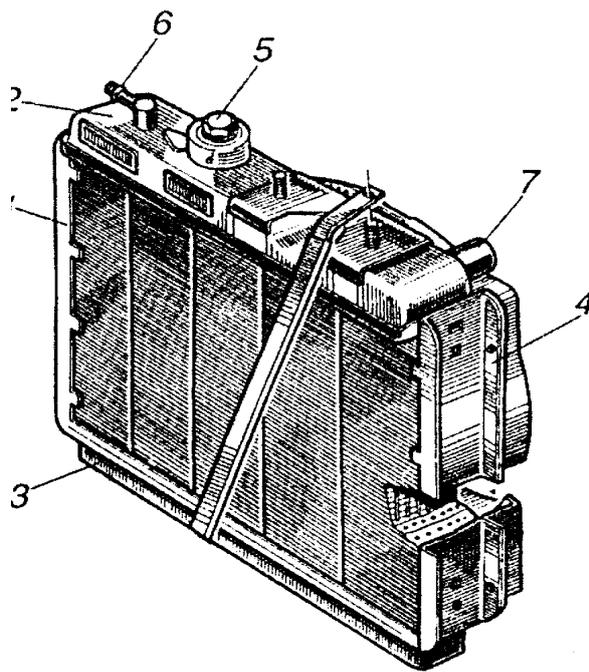


Figura. 1.5 Tubos del panel dispuestos verticalmente

En la parte alta de uno de los depósitos (en el superior si los tubos son verticales) va instalado un tapón de llenado y el tubo de llegada del líquido, donde se empalma el manguito de goma procedente del

termostato; y en el depósito inferior, o en la parte baja del otro (sí son laterales)..

En los radiadores de cobre o latón, el panel se une a los depósitos por medio de soldaduras de estaño. Cuando el panel es de aluminio, que es el comúnmente empleado en los radiadores actuales, los depósitos son de plástico (Fig. 1.6) y van unidos al panel mediante una chapa, que por engatillado e interposición de juntas de goma, asegura la estanqueidad del conjunto.

Partes:

1. Deposito
2. Panal
3. Tubos
4. Junta
5. Refuerzo
6. Engatillado

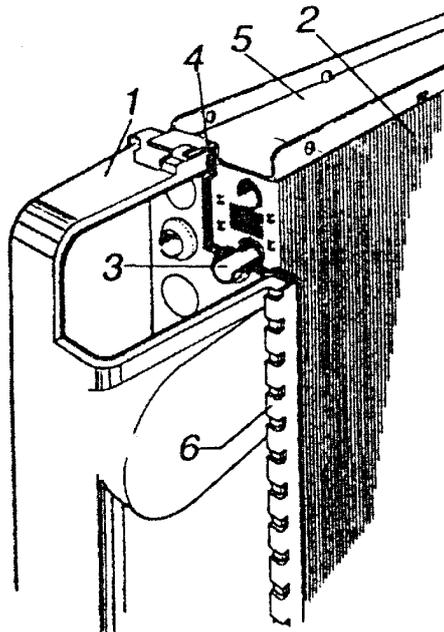


Figura 1.6 Sección del depósito de un radiador con panel de aluminio, tubos redondos y depósito de plástico. En los radiadores de cobre o latón los depósitos son de plástico, y se unen al panel de igual forma que en los de aluminio.

1.2. TIPOS DE RADIADORES

El radiador es un depósito compuesto por láminas por donde circula el agua. Tiene un tapón por donde se rellena y dos comunicaciones con el bloque, una para mandarle agua y otra para recibirla.

Aunque la mayoría de los constructores utilizan diferentes tipos de radiador, sin embargo se puede reducir el estudio a algunos tipos determinados, habiendo demostrado la experiencia que son estos tipos los que dan los mejores resultados.

Hay varios tipos de radiador, los más comunes, son (Fig.1.7):

- Tubulares.
- De Tubos de aire
- De nido de Abeja
- Radiador De Circulación Descendente.
- Radiador De Circulación Transversal

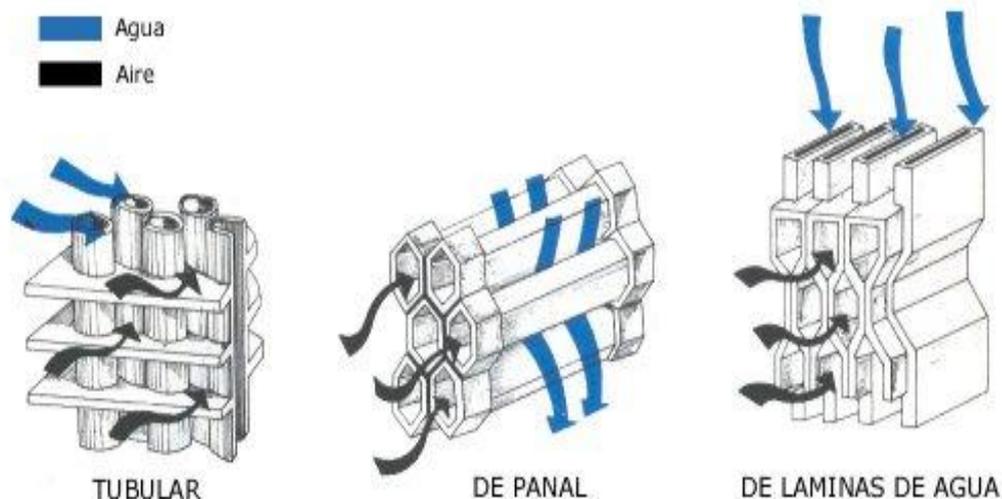
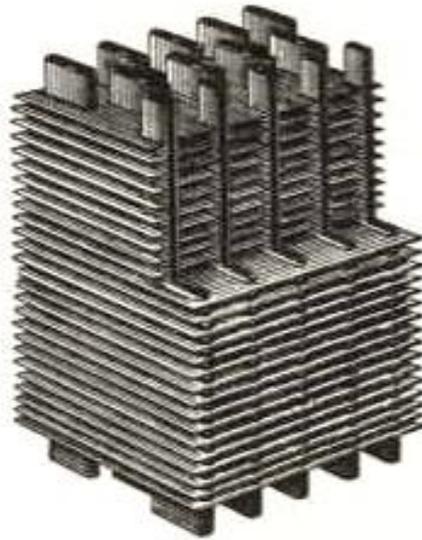


Figura 1.7 Tipos de Radiadores

1.2.1 RADIADORES TUBULARES

El radiador se compone de pequeños tubos planos provistos de aletas horizontales soldadas a fin de obtener una buena transmisión del calor (figura 1.8)



La ventaja **Figura 1.8 Radiador Tipo Tubular** son rectos, no se obturan fácilmente y es menos probable que se agrieten si el radiador se hiela, porque pueden deformarse dentro de ciertos límites.

1.2.2 RADIADORES CON TUBOS DE AIRE

Estos radiadores están formados por delgadas cintas de cobre o de latón (figura. 1.9). Las superficies en relieve van soldadas.

Estas cintas tienen una anchura igual al espesor del radiador y una longitud tal que, dobladas en dos, corresponden a la altura del radiador.



Figura 1.9 Radiador con tubos de Aire

En el interior del rectángulo así formado se introduce una placa en zigzag (Fig. 1.9).

La figura 1.10 representa el radiador cortado parcialmente.



Figura 1.10 Corte parcial de un Radiador

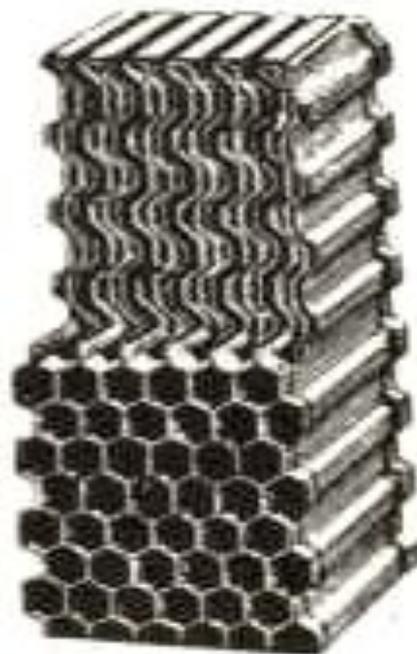
En la parte inferior se ven las superficies de soldadura y en la parte superior los espacios reservados al agua (en negro). A este radiador se le llama de elementos rectos.

El calor se transfiere del agua a la placa en zigzag, que a su vez la cede al aire que el ventilador aspira a través del radiador.

1.2.3 RADIADOR NIDO DE ABEJA

En este tipo el agua recorre una trayectoria en zigzag. Es obligada a circular entre tubos de aire dispuestos de modo que ceda una gran cantidad de calor.

La figura 1.11 representa un radiador de este tipo visto de frente y parcialmente cortado.



El nombre nido de abeja dado a este tipo de construcción deriva del aspecto que presentan las caras anteriores y posteriores.

1.2.4 RADIADOR DE CIRCULACIÓN DESCENDENTE.

En los radiadores de circulación descendente el agua entra por la parte superior y baja después por una serie de pequeños conductos.

Las delgadas aletas metálicas unidas a estos conductos aumentan la superficie para lograr un mayor enfriamiento. La mayoría de los radiadores son de latón, aunque hay algunos de aluminio.

Si el vehículo tiene una transmisión automática, puede existir un enfriador para el líquido de la transmisión dentro del fondo del tanque, o a un lado del mismo, lo que podemos ver en la figura 1.12

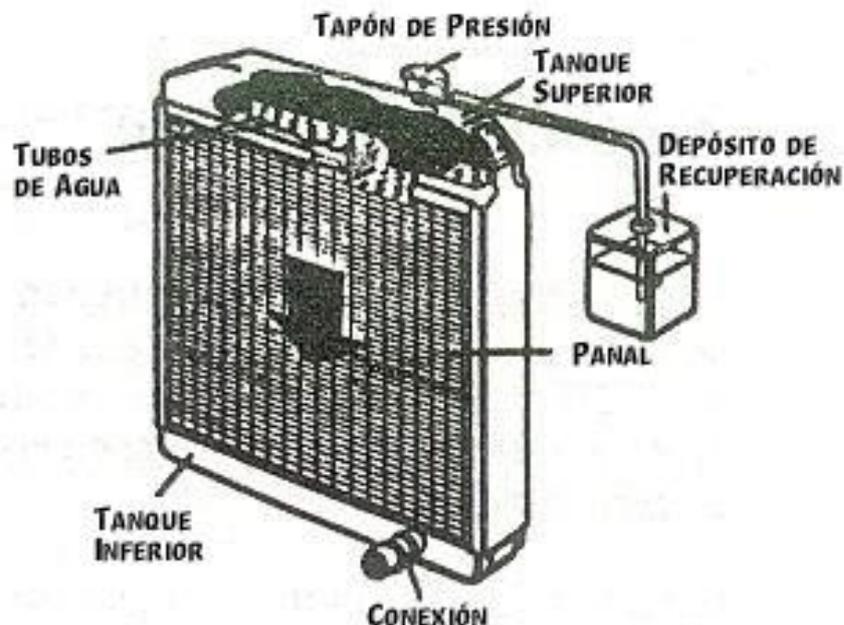
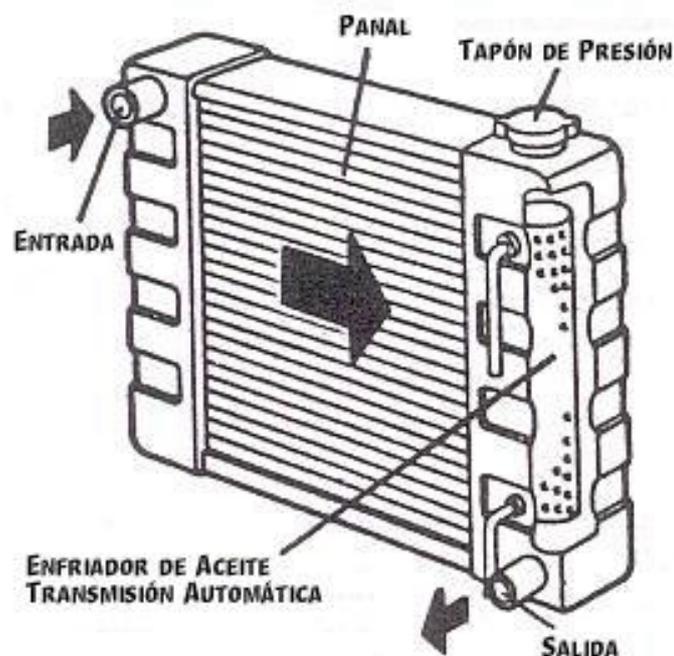


Figura 1.12 Radiador de Circulación Descendente

1.2.5 RADIADOR DE CIRCULACIÓN TRANSVERSAL

El radiador de circulación transversal es más eficaz que los radiadores de circulación descendente del mismo tamaño.

El agua caliente entra por la izquierda y circula por los dos conductos hasta el tanque receptor, a la derecha del tapón y el enfriador de la transmisión automática están en el extremo frío del radiador, así como en la figura 1.13.



1.3 COMPONENTES DEL RADIADOR

1.3.1 TAPA DEL RADIADOR

Un sistema presurizado es más eficiente debido a que permite que el refrigerante absorba mayor cantidad de calor sin llegar a hervir, y también permite que el refrigerante disipe más calor por medio del radiador.

El tapón de presión del radiador mantiene el sistema de enfriamiento a una presión de 0.98 kg/cm^2 (14 lb/pulg^2)², lo que eleva el punto de ebullición de una mezcla de 50% de agua y 50% de anticongelante al $129 \text{ }^\circ\text{C}$.

Una solución de un 50% de glicol de etileno y un 50% de agua tiene un punto de congelación de $-36.5 \text{ }^\circ\text{C}$ y un punto de ebullición de $129 \text{ }^\circ\text{C}$, si la tapa de presión del radiador está en buenas condiciones.

Si la presión en el sistema sobrepasa la capacidad de la tapa, se abre una válvula de presión, lo cual permite que el refrigerante escape

² www.rolcar.com.mx/Mecanicadelossabados/Sistema_de_enfriamiento.htm

por el tubo de descarga hasta el recipiente de recuperación. Si el vehículo no tiene un sistema de recuperación este refrigerante cae al piso y se pierde.

Al descender la temperatura del motor también baja la presión del refrigerante y al contraerse forma un vacío parcial en el sistema, la válvula de vacío en la tapa se abre y permite el regreso al radiador del refrigerante.

Si el vehículo no tiene sistema de recuperación del refrigerante, el aire entra en el sistema por el tubo de descarga hasta que se igualan las presiones, Esto significa que utilizan tapas de radiador especiales de (22 a 26 libras por pulgada)³.

Esta presión inhibe la ebullición, impide la detonación de la gasolina y contribuye al sello del empaque de culata.



1.3.2 DEPÓSITO DE RECUPERACIÓN.

La mayoría de los automóviles tienen depósito de recuperación. Cuando el agua se calienta, se dilata y se abre paso por el tapón de presión, este derrame se recoge en el depósito de recuperación.

³ www.todo motores.Refrigeracionmotor_Enfriamiento por agua_Temperatura ebullición

Cuando se para el motor, el agua se contrae y la del depósito retorna por succión, a través de un tubo.

En los automóviles que no tienen depósito de recuperación, el derrame cae al suelo y hay que agregar agua cada cierto tiempo.

1.3.3 BANDEJAS O TANQUES DE PLÁSTICO.

El trabajo, que se hace a un radiador de plástico, resulta más costoso. Por eso en la mayoría de casos, se prefiere instalar nuevo radiador. [los precios varían dependiendo del vendedor. Hay que consultar en varios lugares, las diferencias son notables].

A esta decisión debemos agregar el hecho, de que si tenemos un vehículo con transmisión automática; los radiadores llevan instalados dentro de una de las bandejas un enfriador de aceite. [el enfriador de aceite frecuentemente de forma cilíndrica, se acomoda a lo largo de la bandeja; Es hueca en su estructura y por allí circula el aceite que va y viene de la transmisión.

El tiempo de uso, el sarro y la suciedad, con frecuencia perfora este enfriador, contaminado el agua del radiador, y el aceite de la transmisión.

1.3.3.1 VASO DE EXPANSIÓN

En el sistema actual, el líquido de refrigeración tiene un punto de ebullición más alto que el del agua, y como además el circuito trabaja a presión sin comunicación con el exterior (cuanto mayor es la presión más alta es la temperatura de ebullición) el líquido refrigerador resiste temperaturas del orden de los 135 °C sin hervir, con presiones que van de 1 a 1,5 bar y el líquido refrigerante se dilata al calentarse; para que no

aumente peligrosamente la presión en el circuito, para lo cual se dispone de un depósito o vaso de expansión su tapón (Fig. 1.14) tiene dos válvulas

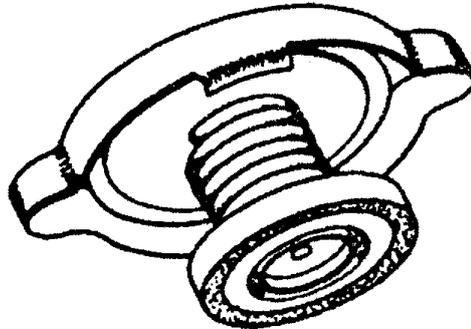


FIGURA 1.14 Tapón del Depósito de Expansión

Como es lógico, al calentarse el líquido se dilata (llega a aumentar hasta un 7 % de su volumen), sube el nivel y mantiene comprimido al aire que hay en la parte superior del vaso; cuando la presión supera el valor previsto vence la fuerza del muelle tarado de la válvula y el aire sale al exterior.

Si en caso de avería en el sistema el líquido llegara a hervir, también saldría por el tubo de desgasificación evitando peligrosas sobrepresiones, aunque no las consecuencias de la falta de refrigerante.

1.3.3.2 GRIFO DE DRENAJE DEL RADIADOR

Cuando se gira hacia la izquierda se vacía el agua del radiador. Al girarlo a la derecha, deja de salir el agua. Algunos radiadores tienen un tapón de drenaje.

Para vaciar un radiador sin grifo o tapón de drenaje, se quita la manguera inferior.

1.4 TIPOS DE REFRIGERACIÓN

El medio empleado puede ser:

- **Aire.**
- **Líquido (agua).**
- **Líquido Refrigerante**

1.4.1 REFRIGERACIÓN POR AIRE

La refrigeración por aire se usa frecuentemente en motocicletas y automóviles de tipo pequeño y principalmente en los que en sus motores los cilindros van dispuestos horizontalmente.

Poco usada en los motores de automóviles, en cambio sí lo es en los de motocicletas y en los motores convencionales de hélice de los aviones, su principio consiste en la utilización del aire impulsado por un potente ventilador sobre las partes a refrigerar.

Si no existe un sistema forzado de circulación de aire, no podrá realizarse la refrigeración de todos los cilindros, si estos están dispuestos en línea.

Los cilindros de la parte posterior del motor quedarían muy mal refrigerados por el aire que penetra por la parte delantera del coche.

Para paliar este inconveniente, los motores refrigerados por aire emplean un ventilador que establece una corriente de aire sobre los cilindros, un control termostático regula este flujo de aire para garantizar unas condiciones térmicas de funcionamiento como se muestra en la figura 1.16

Partes

1. Ventilador
2. Carcasa Ventilador
3. Estator Ventilador
4. Paleta del Estator
5. Aire
6. Culata refrigerado por aire
7. Deflector
8. Aleta de refrigeración de la cabeza del cilindro
9. Aleta de refrigeración del cuerpo del cilindro
10. Toma de aire para calefacción
11. Cilindro refrigerado por aire
12. Tubo de escape
13. Polea del ventilador
14. Rotor del ventilador
15. Correa
16. Polea del rotor

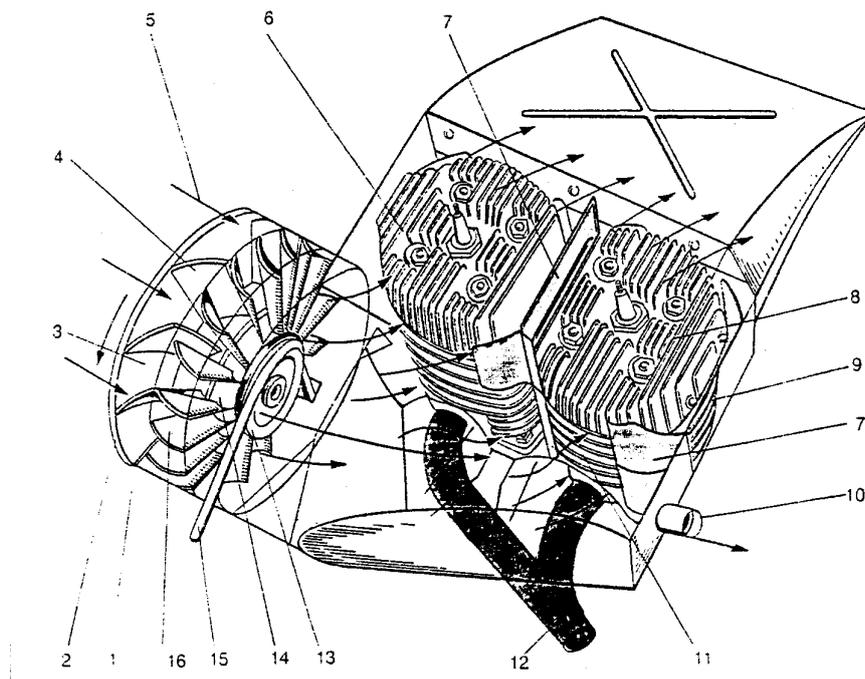


FIGURA 1.16 Refrigeración por Aire

1.4.1.1 Elementos de La Refrigeración por Aire:

Para la refrigeración por aire, nos basta que ésta se logre mediante un ventilador. La corriente de aire AB enfría el cilindro provisto de aletas (Fig. 1.17).

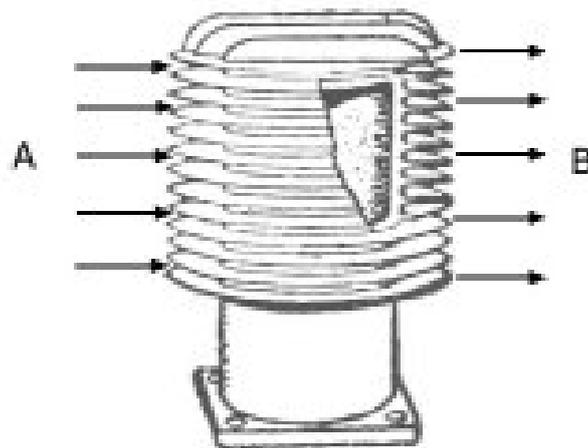


Figura 1.17 Elemento de Refrigeración por Aire

Los motores que tienen este sistema son siempre más ruidosos ya que en el sistema refrigerado por agua las cámaras de agua absorben la mayor parte del ruido del motor.

La culata y los laterales del cilindro son las partes que más se calientan. Luego, para refrigerar, se exponen a la corriente de aire producida por la marcha del vehículo. Consta de unas estrías o aletas de

metal en dichas partes, lo que hace que el aire frío pase a través de las aletas absorbiendo el calor que se conduce por estas. La función de las aletas es aumentar la superficie de las piezas que más se calientan para un mayor y rápido enfriamiento gracias al aire.

Ventajas:

- Pocas averías
- Sencillez
- Poco peso del motor
- Mayor rendimiento de la gasolina gracias a la mayor temperatura de funcionamiento

Inconvenientes:

- Más ruido del motor
- El enfriamiento es irregular, debido a que depende de la temperatura ambiente

1.4.2. REFRIGERACIÓN POR AGUA

En la refrigeración por agua, ésta es el medio empleado para la dispersión del calor, dado que al circular por las cámaras de agua recogen el calor y va a enfriar al radiador, disponiéndola para volver de nuevo al bloque y a las camas de agua y circular entre los cilindros.

La incidencia del sistema de refrigeración, en el desempeño de un motor es alta, La estabilidad en la temperatura es sinónimo de carburación y lubricación estable.

La temperatura excesiva impide que los fenómenos naturales, que se utilizan en el funcionamiento de un motor, le sigan siendo favorables También en este sistema de refrigeración por agua, sigue siendo el aire un elemento principal (Fig. 1.18).

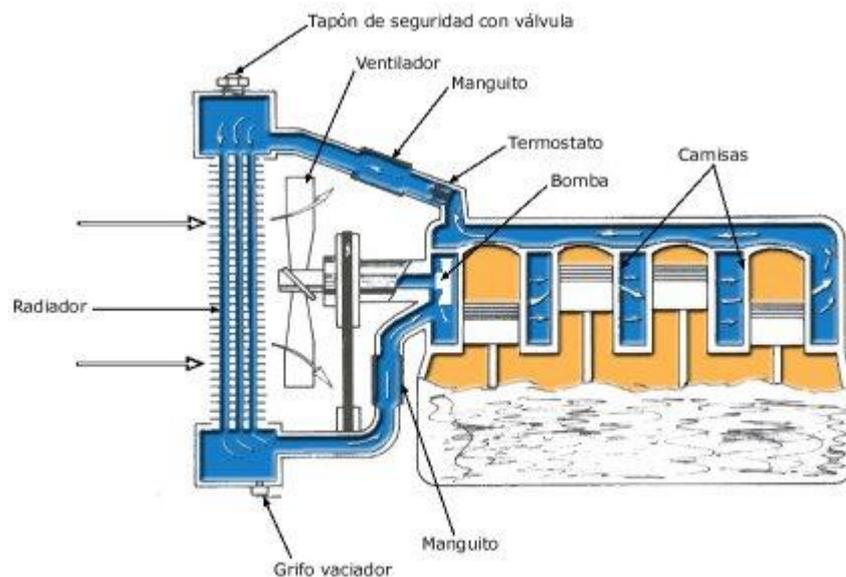


FIGURA 1.18 Componentes de la Refrigeración por Agua

- La incidencia de la refrigeración por agua es el desempeño de un motor ya que esta es alta. La estabilidad en la temperatura es sinónimo de carburación y lubricación estable. La temperatura excesiva impide que los fenómenos naturales, que se utilizan en el funcionamiento de un motor, le sigan siendo favorables.
- A esto también podemos decir que la refrigeración por agua reduce el ruido producido por el motor en su funcionamiento.

1.4.3. REFRIGERACIÓN POR LÍQUIDO REFRIGERANTE

Dado que los motores operan dentro de un rango amplio de temperaturas, desde debajo del punto de congelación hasta superiores al punto de ebullición del agua, se desprende que el fluido de refrigeración debe tener un bajo punto de congelamiento y un alto punto de ebullición, además de una gran capacidad de almacenamiento de calor.

	Agua pura	50/50 C₂H₆O₂/ Agua	70/30 C₂H₆O₂/ Agua
Punto de congelamiento	0 °C	-37 °C	-55 °C
Punto de ebullición	100 °C	106 °C	113 °C

El agua es uno de los fluidos más efectivos para cumplir esta última función, y para mejorar sus características se le agrega etilenglicol (C₂H₆O₂), también conocido como anticongelante, la adición de este producto químico al agua produce una mejora significativa en sus puntos de congelamiento y ebullición.

Bajo condiciones extremas de funcionamiento del motor, la temperatura del refrigerante algunas veces puede llegar hasta 121 a 135 °C, aún con el agregado de etilenglicol, estas temperaturas harían hervir al fluido refrigerante, para resolver este problema, se deja trabajar al sistema de enfriamiento bajo presión (hasta 1 kg/cm²), lo cual permite que el punto de ebullición del refrigerante suba otros 25 °C.

Los motores modernos, diseñados para trabajar a mayores temperaturas, necesitan el agregado de etilenglicol o propilenglicol para evitar que se produzca una elevada presión

dentro del circuito de refrigeración del motor, que llevaría a la destrucción del radiador o las mangueras.

1.5 INTERCAMBIADORES DE CALOR

1.5.1 TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR SEGÚN SU APLICACIÓN.

Para caracterizar los intercambiadores de calor basándose en su aplicación se utilizan en general términos especiales. Los términos empleados para los principales tipos son:

1.5.1.1 DE UNA SOLA CORRIENTE.

La configuración de una sola corriente, definiéndose como un intercambiador en el que cambia la temperatura de un solo fluido; en ese caso la dirección de flujo carece de importancia.

Los condensadores y calderas simples son ejemplos de este tipo de intercambiador. En la figura 1.19 se ilustra un condensador simple.

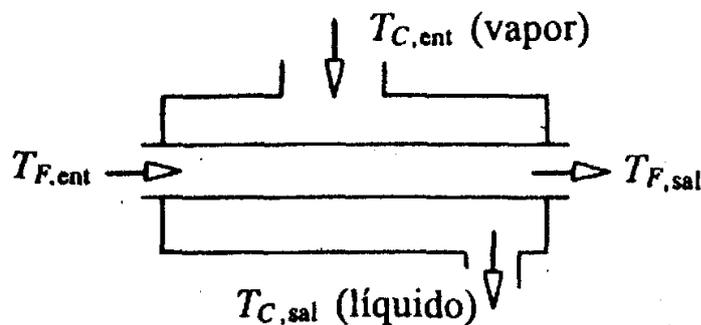


Figura 1.19 Intercambiador de Calor de Una Sola Corriente

1.5.1.2 DOS CORRIENTES EN FLUJO PARALELO.

Los dos fluidos fluyen en direcciones paralelas y en el mismo sentido.

En su forma más simple, este tipo de intercambiador consta de dos tubos concéntricos, como muestra la figura.

En la práctica, un gran número de tubos se colocan en una coraza para formar lo que se conoce como intercambiador de coraza y tubos, como se observa en la figura.

El intercambiador de coraza y tubos se usa más frecuentemente para líquidos y para altas presiones.

El intercambiador tipo placa mostrado en la figura 1.20 consiste en varias placas separadas por juntas y resulta más adecuado para gases a bajas presiones.

Esta configuración se conoce también como intercambiador de corrientes paralelas.

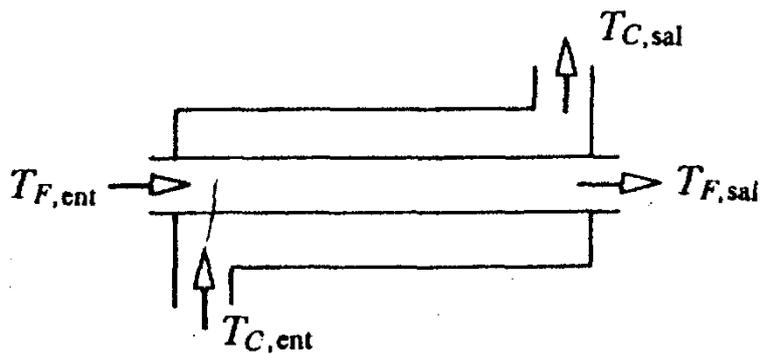


FIGURA 1.20 Intercambiador de Calor De Dos Corrientes en Flujo Paralelo

1.5.1.3 DOS CORRIENTES EN CONTRACORRIENTE.

Los fluidos se desplazan en direcciones paralelas pero en sentidos opuestos.

En la figura se muestra un intercambiador simple de tubos coaxiales, pero como en el caso del intercambiador de corrientes paralelas, los intercambiadores de coraza y tubos o de placas son los más comunes.

Veremos que para un número dado de unidades de transferencia, la efectividad de un intercambiador de contracorriente es mayor que la del intercambiador de corrientes paralelas, por esto en la practica se prefiere usar intercambiadores en contracorriente.

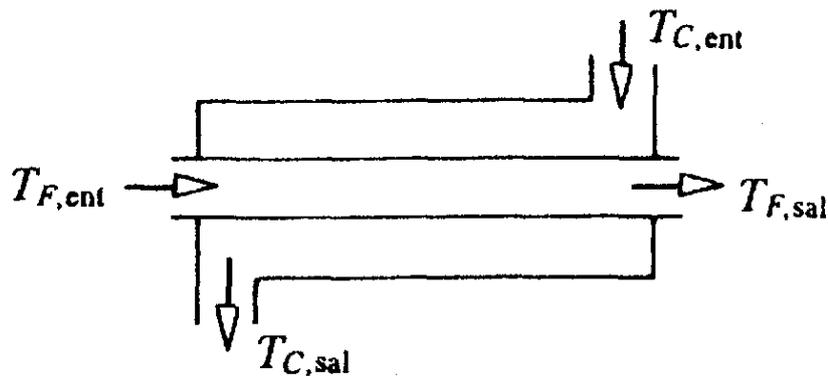


FIGURA 1.21 Intercambiador de Calor de dos Corrientes en Contracorriente

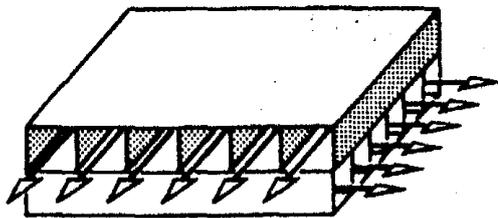
1.5.1.4 DOS CORRIENTES EN FLUJO CRUZADO.

Las corrientes fluyen en direcciones perpendiculares, como se muestra en la figura 1.22 (b).

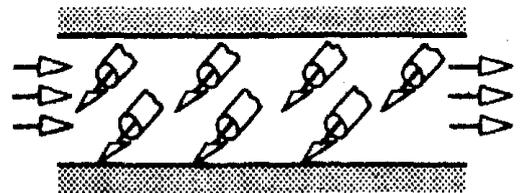
La corriente caliente puede fluir por el interior de los tubos de un haz y la corriente fría puede hacerlo a través del haz en una dirección generalmente perpendicular a los tubos.

Una o ambas corrientes pueden estar sin mezclar, como se muestra en la figura 1.22 (a)

Esta configuración tiene una efectividad intermedia entre la de un intercambiador de corrientes paralelas y la de uno de contracorriente, pero a menudo su construcción es más sencilla debido a la relativa simplicidad de los conductos de entrada y de salida



(a) Ambas corrientes sin mezclar



(b) Una corriente sin mezclar

FIGURA 1.22 Intercambiador de calor de dos Corrientes de flujo Cruzado

1.5.1.5 DOS CORRIENTES EN CONTRAFUJO CRUZADO.

En la práctica, las configuraciones de flujo de los intercambiadores se aproximan a menudo a las idealizaciones de

la figura 1.24; se muestran los casos de dos pasos y de cuatro pasos, aunque puede usarse un número mayor de pasos.

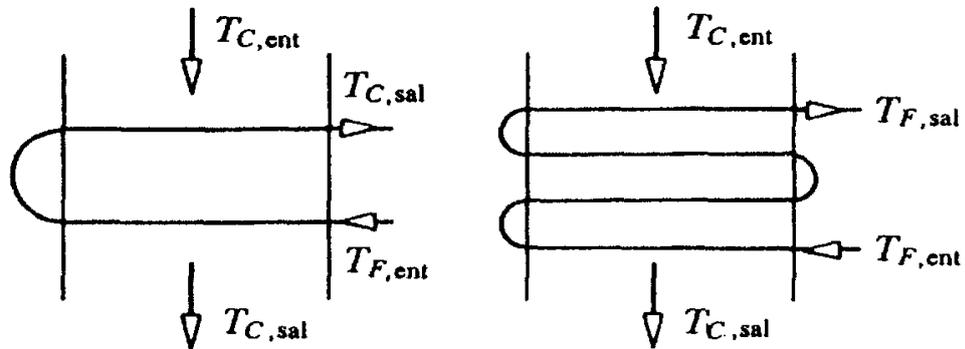


FIGURA 1.24 Intercambiador de Calor en Contraflujo Cruzado

1.5.1.6 DOS CORRIENTES A PASOS MÚLTIPLES.

Cuando los tubos de un intercambiador de coraza y tubos están dispuestos en uno o más pasos en el interior de la coraza, como muestra la figura 1.25, algunos de los pasos producen un flujo paralelo mientras que otros producen un flujo a contracorriente.

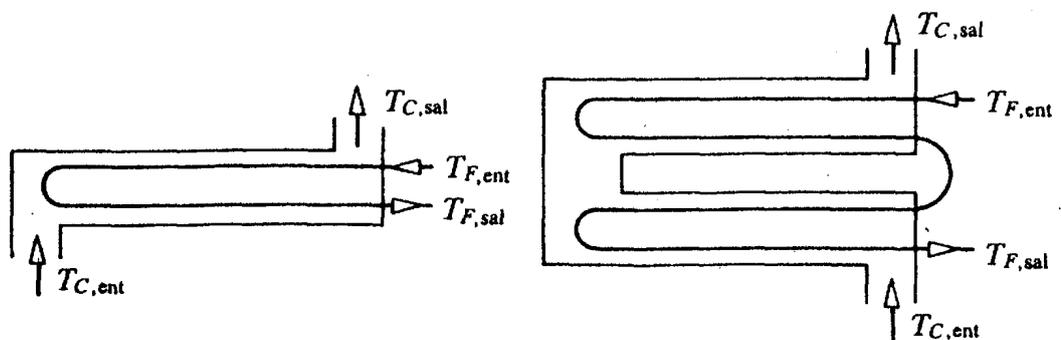


FIGURA 1.25 Intercambiador de Calor de Pasos Múltiples

1.5.2 COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Una parte esencial, y a menudo la más incierta, de cualquier análisis de intercambiador de calor es la determinación del coeficiente global de transferencia de calor.

Durante la operación normal de un intercambiador de calor, a menudo las superficies están sujetas a la obstrucción por impurezas, formación de moho, u otras reacciones entre el fluido y el material de la pared. La mayor parte de los intercambiadores de calor que se estudian implican una transferencia de calor de un fluido a otro a través de una placa o de la pared de un tubo, siendo este último el caso predominante.

1.5.3. INTERCAMBIADORES DE CALOR COMPACTOS

En este trabajo, se presenta el análisis térmico teórico de un intercambiador de calor compacto, con y sin condensación de agua en el lado del aire.

El fenómeno de la condensación del vapor de agua en la corriente de aire entrante produce una película de agua en la superficie cubriéndola en forma parcial o completa.

El análisis considera varias configuraciones geométricas con respecto a: la superficie de las aletas y a la forma de los tubos considerando la forma circular tradicional y también un caso para tubos planos.

Los resultados obtenidos reflejan la eficiencia de la aleta en ambos casos: una aleta totalmente seca (sin condensación) y a una

totalmente húmeda es decir, totalmente cubierta por la película de condensado.

Se concluye que la metodología propuesta es una buena alternativa de análisis y caracterización de un intercambiador, ya que los resultados obtenidos coinciden con los reportados en la literatura.

Los intercambiadores de calor compactos son comúnmente usados en los procesos industriales de Ventilación Calentamiento, Refrigeración y también de Aire acondicionado, debido a su economía, construcción y operación.

El intercambiador de calor compacto más empleado es el de tubos aletas, la configuración de la aleta puede ser rectangular o circular, continua o individual; a su vez la geometría para los tubos puede ser circular, plana u ovalado.

En operación, parte o toda la superficie de la aleta puede ser cubierta por una película de agua producida por la condensación del vapor de agua en la corriente de aire entrante.

El área de superficie de transferencia de calor por unidad de volumen es a menudo usada como una medida de la compactación de un intercambiador de calor, si esta relación excede $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$, el intercambiador es comúnmente referido como un compacto.

Estos equipos son de gran interés por varias razones, como son en general, una alta eficiencia, permiten recuperar cantidades de energía más grandes entre las corrientes de proceso, son más versátiles en

términos del número de corrientes de proceso que pueden ser manejadas.

Algunos intercambiadores de calor compactos pueden manejar únicamente dos corrientes, otros puede manejar cuatro o más con facilidad así como se muestra en la figura 1.27

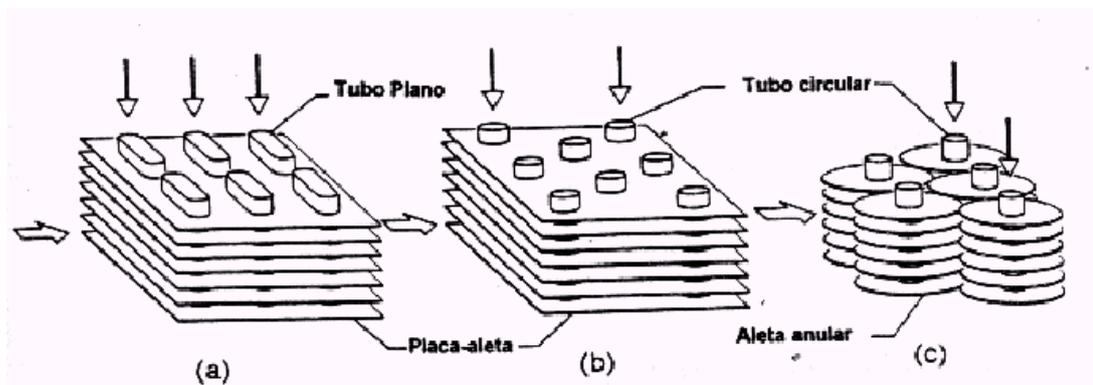


FIGURA 1.27 Configuración de los intercambiadores de calor Compactos

1.6 ELEMENTOS DE DISEÑO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

Los problemas usuales de diseño de intercambiadores de calor consisten en idear una unidad con un rendimiento dado en cuanto a transferencia de calor es decir, una efectividad dada sujeto a ciertas restricciones, por ejemplo: (1) bajo costo de capital; (2) bajo costo de operación; (3) limitaciones en cuanto a tamaño, forma, peso; Y (4) facilidad de mantenimiento, así la necesidad de reducir el costo de operación se traduce, a nivel del diseño, en una limitación sobre la caída de presión.

En general, el ingeniero es libre de elegir la configuración del intercambiador (contracorriente, flujo cruzado, pasos múltiples, etc.), el tipo de superficie de transferencia de calor (tubos coaxiales, placas y aletas, haces de tubos, etc.) y las dimensiones características de la superficie (diámetro de los tubos, separación en un haz de tubos, etc.).

Para obtener una caída de presión baja se requiere una sección transversal de flujo de gran área, aunque también es importante seleccionar de manera adecuada la configuración y la superficie de transferencia de calor. La siguiente es una posible estrategia de diseño:

1. Especificar la eficacia de transferencia de calor requerida.
2. Especificar la caída de presión permisible de una de las corrientes o de ambas.
3. Seleccionar una configuración.
4. Seleccionar un tipo de superficie de transferencia de calor.
5. Seleccionar las dimensiones de la superficie.
6. Calcular las dimensiones resultantes de la unidad.

El principal problema de diseño de un intercambiador de calor consiste en hacerlo óptimo, para lo cual se dispone de diversos métodos matemáticos y computacionales avanzados.

El impacto de una restricción a la caída de presión y las consideraciones de tipo económico son de primordial importancia, por lo que en esta sección les dedicaremos una atención especial.

Para la medición de la velocidad del aire de refrigeración del ventilador medimos con un anemómetro el cual nos dio una velocidad de 6.1 m/s este anemómetro a su vez esta incluido un termómetro para la medición de la temperatura de refrigeración del ventilador el cual al tomar la medición nos dio una temperatura de 35.8 °C es así basándose en este valor, tomamos como referencia para nuestro diseño la temperatura del sólido el valor de 30°C que lo llamaremos como **Ts**.

CAPITULO II

2. DISEÑO DEL RADIADOR

2.1 TEMPERATURA DEL AGUA DE REFRIGERACIÓN

Temperatura de Entrada del Agua al Radiador (**T1**) =
95 °C

T2 que es la temperatura a la que nosotros debemos llegar para su diseño

Una vez ingresada la temperatura de entrada tomaremos o procederemos a la utilización de las tablas 1 del Anexo 1 para encontrar los valores correspondientes a las propiedades físicas del agua de refrigeración para su posterior calculo es así que en base a esta temperatura tenemos los siguientes datos.

Calor Específico (Cp)	=	4204 J / Kg °C
Densidad (δ)	=	963.2 Kg / m ³
Viscosidad Dinámica (μ)	=	3.06 x 10 ⁻⁴ Kg / ms

$$\text{Conductividad Térmica (K)} = 0.678 \text{ W / m } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Numero de Prant (Pr)} = 1.90$$

2.2. TEMPERATURA DEL AIRE DE REFRIGERACIÓN

$$\text{Temperatura de Entrada del Agua al Radiador (Tr)} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura de Salida del Agua al Radiador (Tr1)} = 35.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tr1 es el valor de refrigeración del ventilador medido con el ANEMOMETRO y este valor es de 35,8 °C

Ts es la temperatura de las paredes sólidas que lo tomamos un valor como referencia para realizar el proceso de calculo que es de 30°C

$$T_{\text{fair}} = \frac{T_s + \frac{T_1 + T_2}{2}}{2} .$$

$$T_{\text{fair}} = \frac{30 + \frac{18 + 35.8}{2}}{2} .$$

$$T_{\text{fair}} = 28.45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De igual manera con la utilización de la tabla 2 del anexo2 pero para propiedades del aire procedemos a encontrar los valores o propiedades físicas del aire de refrigeración.

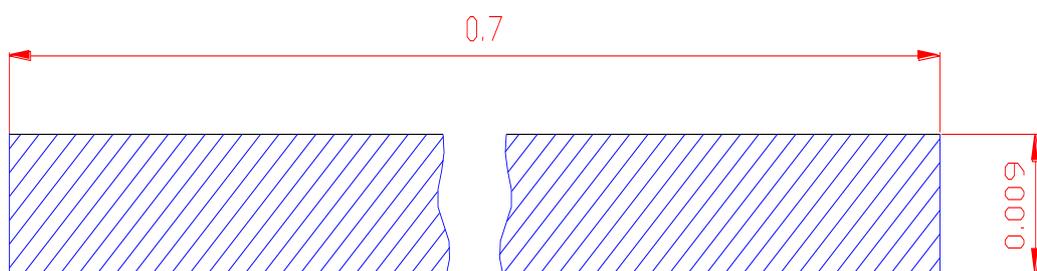
Calor Específico (Cp)	=	1005.7	J / Kg °C
Densidad (δ)	=	1.1774	Kg / m ³
Viscosidad Dinámica (μ)	=	1.8462 x 10 ⁻⁵	Kg / ms
Viscosidad Cinemática (γ)	=	15.69 x 10 ⁻⁶	m ² / s
Conductividad Térmica (K)	=	0.02624	W / m °C
Numero de Prant (Pr)	=	0.708	

2.2.1 CALCULO DEL FLUJO DE AIRE DE REFRIGERACIÓN

La energía perdida por el flujo caliente, es igual a la energía absorbida por el fluido frío considerando los balances de energía de los intercambiadores de calor se tiene la ecuación:

$$q = m_a C_{pa} (T_a - T_{a1}) = m_r C_{pr} (T_{r1} - T_r)$$

2.2.1.1 Calculo del Area 1



Donde:

L = Longitud del radiador (0.7 m)

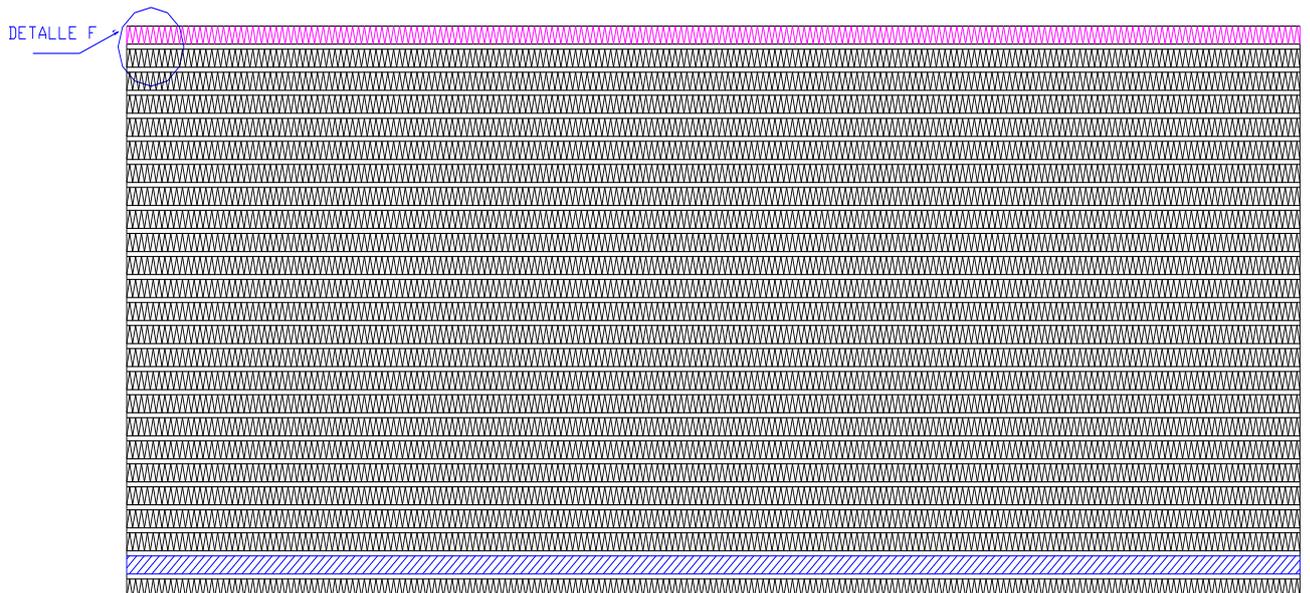
H = Altura de las aletas (0.009 m)

$$A1 = L * H$$

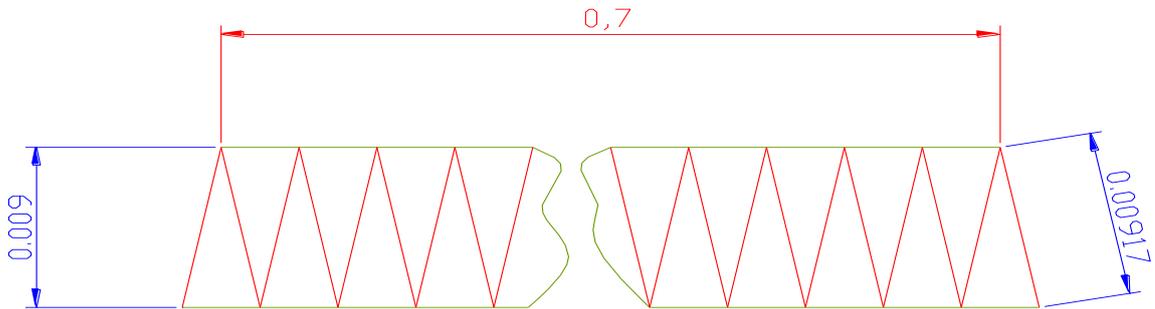
$$A1 = 0.7 * 0.009$$

$$A1 = 6.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

2.2.1.2 Cálculo del Área 2



DETALLE F



$Z = \#$ de Triángulos (aletas) por metro = (200)

$X =$ Inclinación del triángulo de la aleta = 9.17×10^{-3}

$e =$ Espesor de la aleta

$$A_2 = Z * X * e$$

$$A_2 = 200 * 9.17 \times 10^{-3} * 2.5 \times 10^{-4}$$

$$A_2 = 4.585 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Para el cálculo del área total se debe tener en cuenta el número total de placas o aletas existentes en todo el radiador que es: **$N_a = 25$**

$$A_t = (A_1 - A_2) * N_a$$

$$A_t = 6.3 \times 10^{-3} - 4.585 \times 10^{-4}$$

$$A_t = 5.8415 \times 10^{-3} * 25$$

$$A_t = 0.14604 \text{ m}^2$$

$$m_r = V * \delta * A_t$$

$$m_r = 6.1 * 1.1774 * 0.14604$$

$$m_r = 1.04886 \text{ Kg/s}$$

De donde

V = Velocidad del aire de refrigeración del ventilador que es de (6.1 m/s)

δ = Densidad del aire de refrigeración

mr = Flujo másico del aire de refrigeración

$$q = mr * Cp * (Tr1 - Tr)$$

$$q = 1.04886 * 1005.7 * (35.8 - 18)$$

$$q = 18776.1253 \text{ W}$$

2.2.2 CALCULO DEL CAUDAL DEL LIQUIDO

Para el calculo del caudal del liquido se procedió a la toma de datos tras algunos ensayos se el valor del caudal del liquido que es el que se señala a continuación

Ca = Caudal del líquido de Refrigeración (0.0011831 m³/ seg.)

Posteriormente con este dato calculamos la densidad del liquido el cual nos entrega la bomba de agua al Intercambiador de Calor (radiador), así lo podemos calcular con la siguiente ecuación.

$$Va = \frac{Ca}{Ati}$$

De donde:

Va = Velocidad del Liquido de Refrigeración

Ati = Área Transversal de ingreso al Intercambiador de calor (radiador)

D = Diámetro de la toma de ingreso al Intercambiador de calor (radiador) es de 0.032 m

$$Ati = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$Ati = \frac{\pi * (0,032)^2}{4}$$

$$Ati = 0,0016084 \text{ m}^2$$

Entonces aplicando la ecuación antes señalada procedemos al calculo de la velocidad del Liquido el cual es:

$$V_a = \frac{C_a}{A_{ti}}$$

A_{ti}

$$V_a = \frac{0,0011831}{0.0016084}$$

$$V_a = 0.7355 \text{ m / seg}$$

A partir de la velocidad se puede encontrar el flujo másico del agua utilizando la siguiente ecuación:

$$m_a = \delta * V_a * A_t * N_t$$

De Donde:

δ = Densidad del liquido de refrigeración

A_t = Área transversal por donde ingresa el fluido caliente.

N_t = Numero de tubos

Entonces reemplazando tenemos:

$$m_a = 963.2 * 0.7355 * (0.0125 * 0.0025) * 48$$

$$m_a = 1.062 \text{ Kg / seg}$$

2.2.3 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN PARA EL AIRE DE REFRIGERACIÓN

2.2.3.1 NUT para formas Triangulares

Según tablas 3 del anexo 3 y si se considera un flujo laminar en condiciones totalmente desarrolladas y que el calor se transmite uniformemente se puede determinar el número de Nusselt teniendo en cuenta los siguientes factores como son las formas triangulares para esto tenemos:

$$NUT = 3.111 \text{ adimensional}$$

Entonces determinamos:

$$DH = \frac{4 At}{P}$$

Donde:

DH = Diámetro Hidráulico

At = Área transversal por donde ingresa el fluido frío.

Entonces:

$$DH = \frac{4 * ((0.0035 * 0.009) / 2)}{2 * (0.00917) + 0.0035}$$

$$DH = 2.8846 \times 10^{-3} \text{ m}$$

2.2.3.2 Calculo del coeficiente de Convección del Aire de Refrigeración

$$hr = \underline{NUT} * K$$

DH

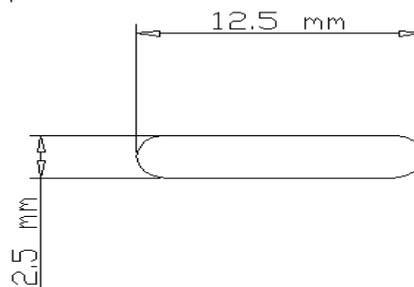
$$hr = \frac{3.111 * 0.02624}{2.8846 \times 10^{-3}}$$

$$hr = 28.299 \left(\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \right)$$

2.2.4 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN PARA EL AGUA DE REFRIGERACION

$$a = 2,5 \text{ mm} = 0.0025 \text{ m}$$

$$b = 12,5 \text{ mm} = 0.0125 \text{ m}$$



Entonces

$$b / a \cong 5$$

Utilizando de la misma manera la tabla 3 del ANEXO 3 encontramos ahora el número de nusselt para el agua de refrigeración.

$$NUT = 5.33 \text{ Adimensional}$$

- Diámetro Hidráulico

$$DH = \frac{4 At}{P} * Nt$$

De donde:

Nt = Numero de tubos (48)

At = Área transversal por donde ingresa el fluido caliente

P = Perímetro

Entonces

$$DH = \frac{4 * (0.01 * 2.5 \times 10^{-3})}{2 * (0.01 + 2.5 \times 10^{-3})}$$

$$DH = 0.004 \text{ m}$$

A este valor lo multiplicamos por el número de tubos existentes.

$$DH = 0.192 \text{ m}$$

- **Coeficiente de convección para el agua de refrigeración.**

$$ha = \frac{NUT * K}{DH}$$

Donde:

K = Conductividad térmica del aire de refrigeración

DH = Diámetro Hidráulico calculado

$$ha = \frac{0.675 * 5.333}{0.192}$$

$$ha = 18.738 \left(\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \right)$$

2.2.5 CALCULO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_a} + \frac{A_{fc}}{h_r A_{ff}} + \frac{e}{Kl}}$$

De donde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor

h_a = Coeficiente de convección en el interior del tubo

h_r = Coeficiente de convección en el exterior del tubo

A_{fc} = Área de contacto del fluido caliente

A_{ff} = Área de contacto con el fluido frío

e = Espesor de la pared del tubo (0.00025 m)

Kl = Conductividad térmica del latón = (111 W/m °C).

2.2.5.1 Área de contacto del fluido caliente es igual a:

$$A_{fc} = [(\pi * b) + (2 * b) + 2 (a + b)] * \# \text{ tubos} * L$$

Donde:

A_{fc} = Área de contacto del fluido caliente

b = Altura de cada división del tubo (0.002)

a = Longitud de cada división del tubo (0.0105)

Tubos = Número de tubos (48)

L = Longitud de los tubos

Entonces:

$$A_{fc} = 1.1855 \text{ m}^2$$

2.2.5.2 Área de contacto con el fluido frío es igual a

$$A_{ff} = 2 [2 f + C] * \frac{L}{C} * \#a * Aa$$

Donde:

A_{ff} = Área de contacto del fluido frío

C = Longitud de la base de la aleta (0.0035 m)

f = Altura inclinada de la aleta (0.00917 m)

L = Longitud de los tubos (0.7 m)

$\#a$ = Numero de aletas (25)

Aa = Ancho de las aletas (0.031)

Entonces:

$$A_{ff} = 6.7704 \text{ m}^2$$

Entonces reemplazando tenemos que:

$$U = 25.82 \left(\frac{W}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

Y si comparamos con los valores aproximados de los coeficientes globales de calor para intercambiadores de calor, observamos que se encuentra dentro del rango o límites que es de (25 a 50 W / m²)⁴ que

⁴ Fundamentos de transferencia de Calor Incropera Pág. 586 cuarta ed.

lo podemos ver en la tabla 4 del anexo 4, con lo cual se comprueba que el calculo es el correcto

2.3 CALCULO DE LA TEMPERATURA FINAL DE SALIDA DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Para la temperatura final de salida del Intercambiador de calor utilizamos la siguiente ecuación.

$$q = m_a * C_p * (T_1 - T_2)$$

Despejando la temperatura tenemos:

$$T_2 = T_1 - \frac{q}{m_a * C_p}$$

Reemplazando los datos anteriormente obtenidos tenemos:

$$T_2 = 95 - \frac{18776,1253}{1.062 * 4204}$$

$$T_2 = 90.79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.3.1 CALCULO DE LA EFECTIVIDAD DEL INTERCAMBIADOR

La efectividad de los intercambiadores de calor se puede encontrar aplicando la ecuación siguiente:

$$\epsilon = \frac{C_c (T_1 - T_2)}{C_{\min} (T_1 - T_{r1})}$$

Donde:

$$C_c = m_a C_{pa}$$

$$C_c = 1.062 * 4204$$

$$C_c = 4464.65 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

$$C_c = C_{\max}$$

$$C_f = m_r C_{pr}$$

$$C_f = 1.04886 * 1005.7$$

$$C_f = 1054.8787 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

$$C_f = C_{\min}$$

Entonces:

$$\epsilon = \frac{4464.65 * (95 - 90.79)}{1054.8787 * (95 - 18)}$$

$$\epsilon = 0.23141$$

$$\epsilon = 23.14 \% \approx 23\%$$

2.3.2 DETERMINACION DE NUT

El número de unidades de transferencia de calor (Nut) se puede también hallarse utilizando la figura 1 del anexo 5 con la eficiencia y la relación que se da a conocer a continuación:

Donde:

$$\epsilon = 0.23141$$

Entonces

$$C = \frac{C_{\min}}{C_{\max}}$$

$$C_{\max}$$

$$C = 0.294$$

Entonces el valor del Nusselt es:

$$Nu_t \approx 0.54$$

2.3.3 CALCULO DEL NUMERO DE REYNOLDS

Cuando determinamos los coeficientes de convección, asumimos que el flujo era laminar en las dos corrientes, tanto para el fluido caliente como para el fluido frío, de esta forma utilizamos la tabla del anexo; ahora se hace necesario comprobar lo asumido, para esto determinaremos el número de Reynolds para verificar si se trata de flujo laminar.

Las investigaciones han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad y la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el número de Reynolds, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad.

- Flujo Laminar si el número de Reynolds es menor que 2000.
- Flujo de Transición si el número de Reynolds se encuentra entre 2000 y 4000.
- Flujo Turbulento si el número de Reynolds es superior a 4000.

$$\text{Re} = \frac{\delta * V * \text{DH}}{\mu r}$$

$$\text{Re} = \frac{V * \text{DH}}{\nu}$$

De donde

V = Velocidad del aire de refrigeración del ventilador = 6.1 m/s

ν = Viscosidad Cinemática = 15.69×10^{-6}

DH = Diámetro Hidráulico de Refrigeración = 2.8846×10^{-3}

$$\text{Re} = \frac{6.1 * 2.8846 \times 10^{-3}}{15.69 \times 10^{-6}}$$

$$\text{Re} = 1121.48$$

Por lo tanto nos da como resultado un flujo laminar tal como habíamos escogido anteriormente para dicho calculo.

2.3.4 CALCULO DE LA ENERGIA TERMICA DISIPADA

Posteriormente para calcular el calor disipado real al cual esta sometido el radiador se lo calcular con la siguiente ecuación⁵ obteniendo el factor de corrección para lo cual debemos utilizar la figura del anexo 6 para buscar el valor correspondiente.

⁵ Transferencia de Calor Mills Pág. 765

$$q = U A_{fc} F \Delta T_m$$

Donde

U = Coeficiente global de transferencia de calor $25.82 \text{ W / m}^2\text{°C}$

A_{fc} = Área de contacto con el fluido frío = 0.65275 m^2

L = Longitud de los tubos (0.7 m)

F = Factor de corrección anexo 6

$$P = \frac{T_{r2} - T_{r1}}{T_a - T_{a1}}$$

$$P = \frac{38,5 - 18}{95 - 18}$$

$$P = 0.23$$

$$R = \frac{T_a - T_{a1}}{T_{r2} - T_{r1}}$$

$$R = \frac{95 - 90.79}{35,8 - 18}$$

$$R = 0.24$$

Entonces el valor del Factor de corrección es:

$$F = 0,98$$

$$\Delta T_m = \frac{(T_2 - T_r) - (T_1 - T_{r1})}{\ln \frac{T_2 - T_r}{T_1 - T_{r1}}}$$

$$\frac{\ln (T_2 - T_r)}{(T_1 - T_r)}$$

$$\Delta T_m = \frac{(\underline{90.79 - 18}) - (95 - 35.8)}{\ln \frac{(\underline{90.79 - 18})}{(95 - 35.8)}}$$

$$\Delta T_m = 65.76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entonces reemplazando tenemos el valor del calor disipado el cual es:

$$q = 25.82 * 0.65275 * 0.7 * 0.98 * 65.76$$

$$q = 760.31 \text{ W}$$

2.4. CAIDA DE PRESION EN EL AIRE DE REFRIGERACIÓN

Uno de los factores que debemos tener en cuenta es la caída de presión el cual se produce cuando el fluido de refrigeración pasa por el exterior de los tubos y lo calcularemos utilizando el factor de fricción de la siguiente manera ^{con la siguiente ecuación 6}

$$\Delta P = f_r \delta r V_r \frac{b}{D_H}$$

⁶ Mecanica de fluidos Aplicada de Robert L Mont. Pág. 239

Densidad del aire de refrigeración (δ_r) = 1.1774 Kg/m³

Velocidad del aire de refrigeración (V) = 6.1 m/s

Ancho de los tubos (b) = 0.0125 m

Diámetro Hidráulico (D_H) = 2.8846 x 10⁻³

Factor de fricción para la sección triangular (f_r)

$$f_r Re = 53$$

$$f_r = \frac{53}{1121.48}$$

$$f_r = 0.04726$$

Reemplazando tenemos que:

$$\Delta P = 0.04726 * 1.1774 * 6.1 * \frac{0.0125}{2.8846 \times 10^{-3}}$$

$$\Delta P = 1.471 \text{ N/m}^2$$

2.5. DIMENSION FINAL DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

El tamaño físico de un intercambiador depende del área de transferencia de calor ya que mayor sea la necesidad de transferencia de calor, mayor será el área necesaria y por ende se necesitara de un mayor tamaño físico del intercambiador.

Su geometría al igual que todos los intercambiadores es rectangular con una altura H, un ancho M de entrada y una profundidad G, para lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente.

Ancho

Es la sección de entrada de aire y esta determinada por el ancho de los tubos y se deberá sumar la parte saliente de la placa porta tubos.

$$M = A + 2.s$$

Donde:

A = Ancho total del tubo (0.0268 m).

s = Saliente de la placa porta tubos (0.005 m).

Entonces reemplazando tenemos:

$$M = 0.0368 \text{ m}$$

Altura:

La altura del intercambiador se relaciona con la altura del tubo, el número de tubos y el número de aletas, a todo esto se deberán sumar la parte saliente de la placa porta tubos.

$$H = (a * Nt) + (c' * \#a) + (2 * s)$$

Donde:

a = Altura exterior de cada tubo (0.0025 m).

N_t = Número de tubos (24).

c' = Altura de la aleta (0.009m).

$\#a$ = Numero de aletas (25).

s = Saliente de la placa porta tubos (0.005 m).

Entonces reemplazando tenemos:

$H = 0.295 \text{ m}$

Profundidad (longitud):

La profundidad viene a ser la longitud L de los tubos, o lo que es lo mismo la longitud de las aletas, esta dimensión está basada en el cálculo del Área de transferencia de calor necesaria, y este valor es de 0.70 m.

2.6. SELECCIÓN DE VENTILADORES

Según se considera que los ventiladores de acuerdo a la presión pueden subdividirse en:

- Ventiladores de baja presión (ventilador) 0.02 bar
- Ventilador de media presión (soplador) 0.02 - 0.08 bar
- Ventilador de alta presión (compresor) 0.08 - 0.25 bar

Por lo tanto un ventilador de baja presión es suficiente para cumplir los requerimientos de caída de presión

2.6.1 Cálculo de la potencia del ventilador

Para estimar las necesidades de caballaje para el aire en los ventiladores, se puede utilizar la siguiente fórmula para el aire

$$W = 0.1175 * Q * h$$

Donde:

Q = Caudal del aire de refrigeración en (ft³ / min).

h = Presión estática en (in H₂O) = 0.02 bar para ventiladores = 8 in H₂O

Para calcular Q debemos utilizar el valor del flujo másico de refrigeración calculado anteriormente.

$$Q = \frac{m_r}{\delta'}$$

De donde:

m_r = Flujo másico del aire de refrigeración = 1.04889 Kg / s

δ' = Densidad del aire a temperatura ambiente 18 °C = 1.2245 Kg/m³

Reemplazando tendremos:

$$Q = \frac{1.04889 \text{ m}^3}{1.2245 \text{ s}}$$

$$Q = 0.8565 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 30.24 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

Ahora encontraremos la potencia reemplazando los valores de Q y h

$$W = 0.1175 * 30.24 * 8$$

$$W = 28.43 \text{ Watts}$$

$$W = 28 \text{ Watts}$$

Entonces el ventilador va a tener una potencia necesaria para poder enfriar el Intercambiador de Calor (radiador)

Ya que Todos los radiadores llevan instalados un abanico, ventilador, etc [o como quiera llamar al conjunto de paletas, que dan vueltas para impulsar aire].

Algunos son movidos por electricidad, y otros los mueve la polea instalada en la bomba de agua.

La función del abanico, consiste en soplar aire hacia el motor, [es importante saber esto, debido a que una inversión en la conexión de sus alambres o cables, harán que sople hacia el radiador]

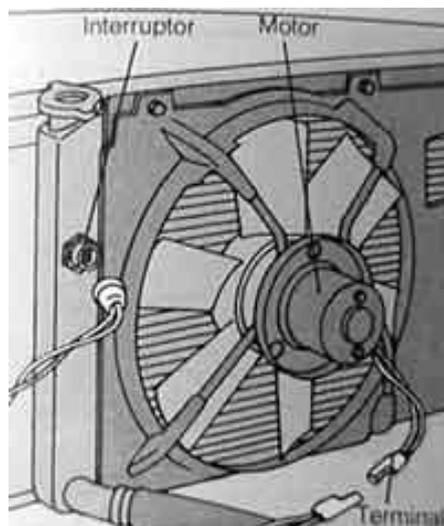


Figura 2.8. Disposición de un Electroventilador

Por lo general los abanicos eléctricos, empiezan a funcionar cuando el agua dentro del motor alcanza la temperatura preestablecida, en su rango de tolerancia [cuando la aguja de control en el tablero, alcanza la mitad de su recorrido.

Algunos modelos de vehículos, traen el abanico [ventilador], acoplados al frente del motor, acompañando las vueltas de la bomba de agua.

En estos casos, este tipo de abanico trae instalado, una especie de embrague térmico como podemos indicar en la figura 2.9 [los embragues térmicos, sirven para regular las vueltas que la bomba de agua transmite hacia el abanico, dependiendo de la temperatura].

En este tipo de abanico, con frecuencia nos encontramos, con casos en que la bomba de agua da 1000 vueltas, y el abanico 100 [esto es debido al desgaste por tiempo de uso, el embrague térmico, ya no endurece el acople, dando lugar a un calentamiento excesivo del motor].

En estos casos algunos mecánicos, desarman este embrague, [cuando no son sellados], y buscan la forma de endurecerlos, sin alterar el balance, [no trate de ponerle un tornillo o perno atravesado, porque hará mucho ruido y se aflojara con facilidad]

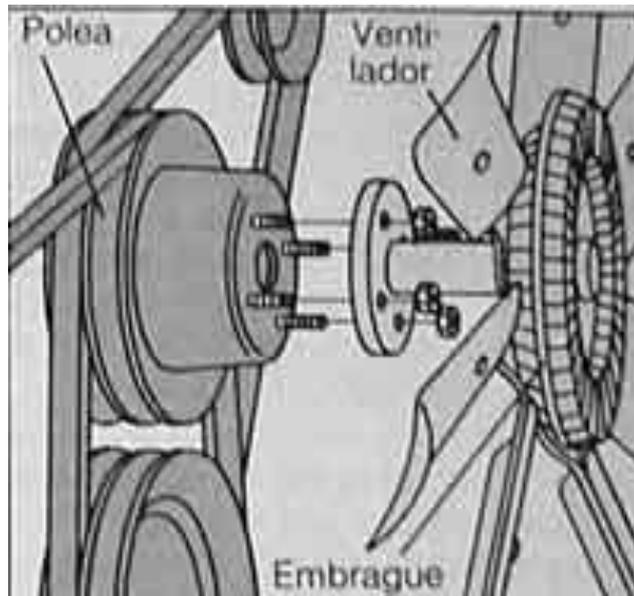


Figura 2.9. Disposición de un ventilador por Embrague térmico

2.7. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL INTERCAMBIADOR.

Los intercambiadores de calor están por regla general, sometidos a la acción de dos fluidos diferentes: el que soporta el calor y el que se elimina, por las dos superficies de la pared del intercambiadores deben resistir la acción de cada uno de los fluidos, los tubos y sus superficies aletadas son los componentes básicos de los intercambiadores de calor, ya que son los que proveen la superficie de transferencia de calor entre los fluidos que van dentro y fuera de ellos.

2.7.1 PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES UTILIZADOS EN INTERCAMBIADORES DE CALOR

2.7.1.1 MATERIALES UTILIZADOS

Para la construcción de los paneles de los radiadores se utilizan tubos de 12.5 x 2.5 mm con espesores de pared de 0.10 mm en paneles comunes.

Construidos con cobre importado de alta calidad y pureza, resistentes a las vibraciones por su elasticidad; y a la corrosión por estar recubiertos con una aleación que contiene el 33% de estaño, lo cual garantiza una soldadura perfecta.

Cobre (Cu)

Aplicaciones del cobre en el área automotriz

El cobre tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son su elevada conductividad del calor y electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad, además de su belleza.

El cobre se puede galvanizar fácilmente como tal o como base para otros metales. Con este fin se emplean grandes cantidades en la producción de electrotipos (reproducción de caracteres de impresión).

No obstante, su resistencia a la corrosión es casi tan buena como la del cobre puro y son de fácil manejo. Las dos aleaciones

más importantes son el latón, una aleación con cinc, y el bronce, una aleación con estaño.

A menudo, tanto el cinc como el estaño se funden en una misma aleación, haciendo difícil una diferenciación precisa entre el latón y el bronce. Ambos se emplean en grandes cantidades.

El cobre ha sido desde siempre el metal elegido para radiadores de coches y camiones, aunque el aluminio ha asumido una significativa cuota de mercado en el equipamiento original de radiadores en los últimos 20 años.

En los años 70 la industria del automóvil comenzó un cambio del cobre / latón al aluminio para los radiadores de coches y camiones porque era más ligero y la percepción de un mercado estable le dio a este metal una ventaja comparativa.

Hoy en día el cobre está presente en el 39 % del total de radiadores en el mercado.

ESTAÑO Sn

Aplicaciones del estaño en el área automotriz

Del estaño se obtienen con facilidad fases íter metálicas (aleaciones de dos o más metales) duras y frágiles. Pequeñas aplicaciones de trabajado mecánico aumentan la dureza. Sin embargo, como consecuencia de la baja temperatura de re cristalización, la mayoría de las aleaciones de estaño se ablandan espontáneamente a la temperatura ambiente.

Los elementos de aleación como el cobre, el antimonio, el bismuto, el cadmio o la plata aumentan su dureza, las aleaciones mas utilizadas son las soldaduras blandas, que se emplean para cierres y juntas de metales; el material de aportación es una aleación de estaño y cobre.

El material de aportación para usos especiales se contribuye de aleaciones de estaño, antimonio, plata, indio, y zinc. La combinación de bismuto y cadmio con estaño y plomo produce aleaciones con bajo punto de fusión, que se emplean como fusibles para extintores de fuego, tapones de calderas, etc.

El estaño se emplea por su ductilidad, suavidad de superficie, resistencia a la corrosión y cualidades higiénicas principalmente en chapas, tubos, alambres y tubos plegables. También se puede utilizar como revestimiento de acero y cobre.

CAPITULO III

3. CONSTRUCCIÓN DEL RADIADOR

En este capítulo nos enfocaremos a la fabricación o construcción del Intercambiador de calos (radiador), para lo cual necesitaremos de los elementos a ser construidos para posteriormente unirlos.

3.1. PLANOS DEL ELEMENTO A CONSTRUIR

Los planos del elemento a construirse se lo detallaran en los anexos.

3.2. TRAZADO, CORTE Y ARMADO DEL MATERIAL

Una vez preparados los materiales para su construcción procedemos a la construcción del Intercambiador de calor.

- Primeramente trazamos en material (cobre) de 2 mm de espesor en la cual se a dispuesto las dimensiones del tanque para posteriormente comenzar el doblado y su unión ya que se necesita que se selle herméticamente para que no existan fugas.

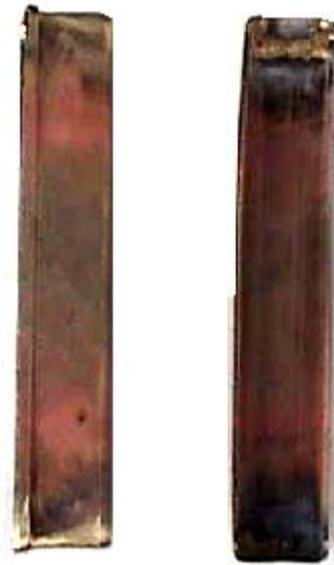


Figura 3.1 Tanques para el Intercambiador de Calor

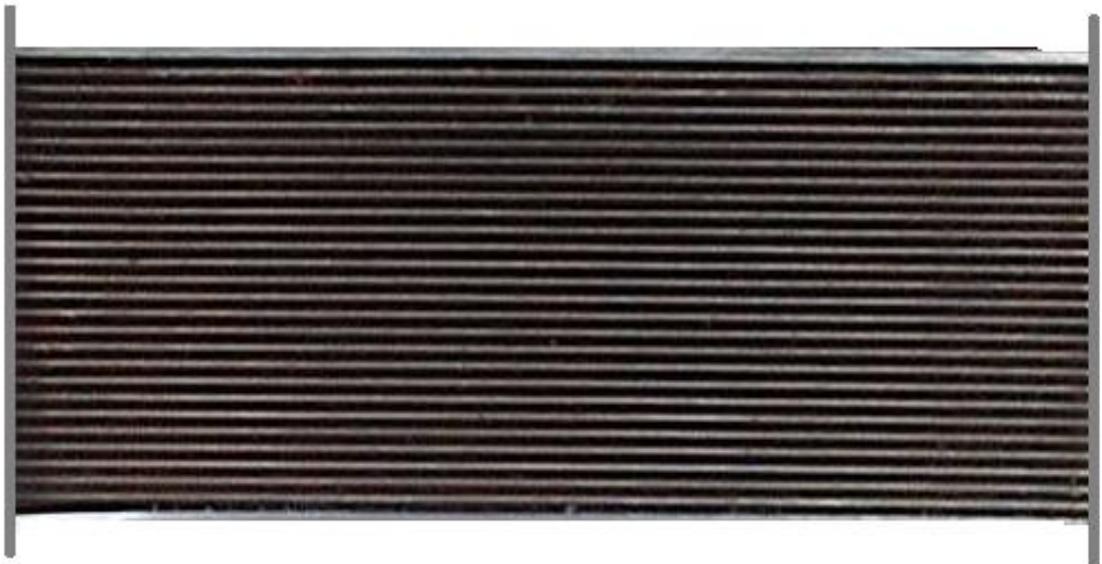
- Procedemos a la unión de los tanques con las tomas para las mangueras y un sensor el cual va a darnos la temperatura de salida del agua del Intercambiador de calor o se puede decir también que es la temperatura a la que ingresa al motor para su funcionamiento.



Figura 3.2 Unión del Tanque con las tomas para la Manguera

- Una vez echo este procedimiento se procede a la unión en los tanques unos acoples para poder sujetar el Intercambiador de calor (radiador) al vehículo

- Preparamos el panel con los accesorios antes descritos para su unión



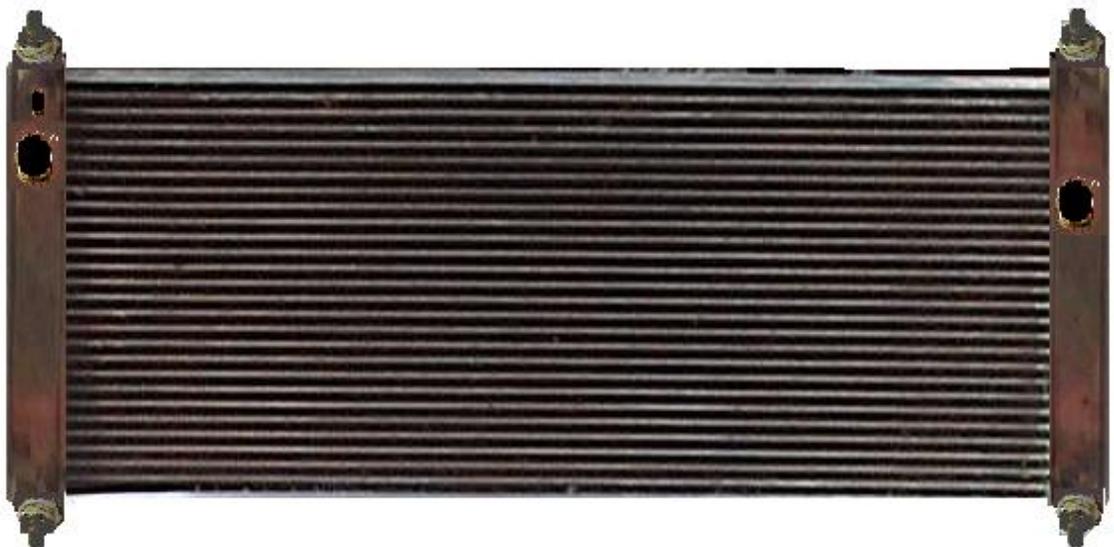
- Una vez hecho este procedimiento, procedemos a dimensionar la placa porta tubos para la unión con sus respectivos tanques.



3.3. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Realizamos la unión de los tanques con el panel mediante la soldadura oxiacetilénica, ya que esta soldadura es la mas utilizada para este tipo de trabajo la cual nos permite evitar fugas de las partes soldadas del Intercambiador de calor así lo podemos observar en la figura.

Este tipo de soldadura debe ser regulada a llama oxidante ya que esta llama oxida y a su vez quema el material base y de aportación, tanto el soplete como el material deben formar un ángulo de 45° con la parte a soldar.



- Realizamos la unión de dos placas las cuales van a cumplir la función de sujetar al ventilador con el radiador.



Figura 3.7 Placas de sujeción al ventilador

- Luego de esto procedemos a poner unos soportes en el Intercambiador de calor para que no se expanda el rato de su funcionamiento.

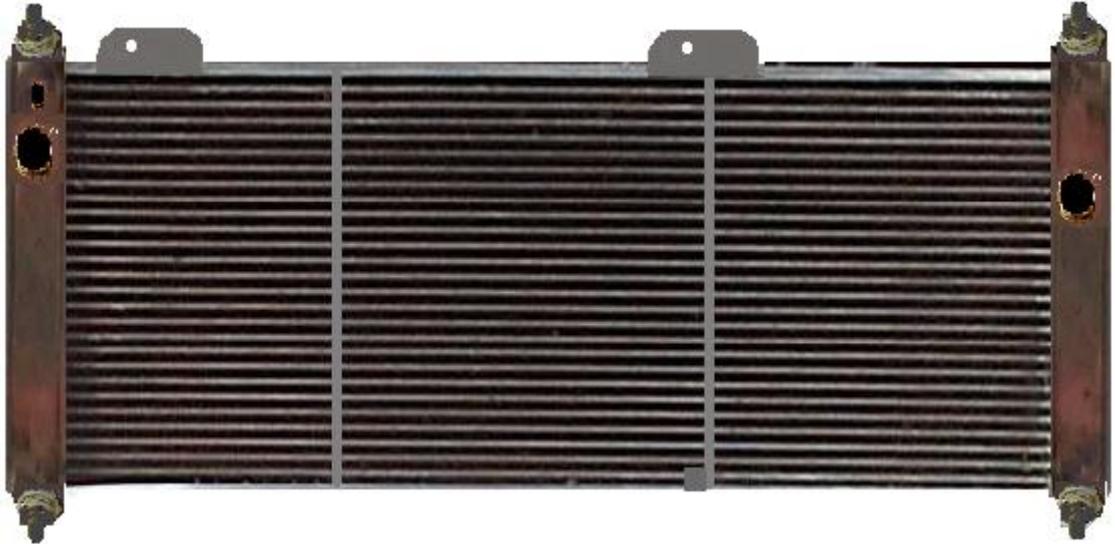


Figura 3.8 Intercambiador de calor

CAPITULO IV

4.1 SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE RADIADORES

Este software nos permitirá calcular la temperatura de salida del intercambiador de calor y de ingreso al motor, es decir que nos dará la temperatura a la cual va a ingresar al motor para que este no vaya a sufrir consecuencia en su funcionamiento

4.2. GUÍA DE AYUDA PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA

1. Ingresamos el valor de la temperatura de entrada al intercambiador de calor (radiador) y posteriormente presionamos el botón calcular y nos aparecerán las propiedades físicas del agua de refrigeración, luego de esto presionamos el botón continuar.

TEMPERATURA DEL AGUA DE REFRIGERACIÓN

Temperatura de Entrada del Agua al Radiador: °C

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA SEGUN LA TABLA DEL ANEXO 1

Datos leídos en la tabla A:	<input type="text" value="93.33"/> °C
El Calor Específico (CP) es:	<input type="text" value="4204.00"/> J/Kg °C
La Densidad del agua es:	<input type="text" value="963.2"/> Kg/M3
La viscosidad Dinámica es:	<input type="text" value="3.06"/> Kg/ms
La Conductividad Térmica es:	<input type="text" value="0.678"/> W/m °C
El Número de Prant es:	<input type="text" value="1.90"/>

Calcular Limpiar Continuar Salir

2. Una vez ingresado el valor de la temperatura del agua se procede así mismo a digitar el valor de la temperatura del aire de refrigeración y en la parte inferior tenemos el botón calcular que al presionarlo nos indicara las propiedades físicas del aire

TEMPERATURA DEL AIRE DE REFRIGERACIÓN

Temperatura de Entrada del Aire al Radiador:

18.00 °C

PROPIEDEDDES FÍSICAS DEL AIRE SEGUN LA TABLA DEL ANEXO 2

Datos leídos en la tabla A:	300	°K
El Calor Específico (CP) es:	1005.7000	J/Kg °C
La Densidad del Aire es:	1.1774	Kg/M3
La viscosidad Dinámica es:	1.8462	Kg/ms
La viscosidad Cinemática es:	15.690	m2/s
La Conductividad Térmica es:	0.026240	W/m °C
El Número de Prant es:	0.22160	

Calcular

Limpiar

Continuar

Anterior

Salir

de limpiar si al ingresar el dato lo hicimos mal, seguidamente tenemos el botón continuar que al aplicarlo continuaremos el programa, también tenemos el botón anterior si deseamos ingresar nuevamente el valor de la temperatura de refrigeración del agua.

4. Si al ingresar la temperatura de refrigeración del aire mal también tenemos un botón el cual nos permite limpiar que al presionarlo se podrá ingresar nuevamente la temperatura

TEMPERATURA DEL AIRE DE REFRIGERACIÓN

Temperatura de Entrada del Aire al Radiador:

18.00 °C

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE SEGUN LA TABLA DEL ANEXO 2

Calcular

Limpiar

Continuar

Anterior

Salir

- Una vez echo este pasos se procede a presionar el botón continuar y nos aparecerá una ventana con tres viñetas en la cual nos permitirá ingresar los datos para el calculo de las áreas que necesitamos y para el calculo del flujo de aire de refrigeración.

CÁLCULO DEL FLUJO DE AIRE DE REFRIGERACIÓN

Cálculo de Áreas	Área total	Flujo Masico del Agua
Ingrese la longitud del radiador:		0.00000 m
Ingrese la altura de la aleta (triángulo):		0.00000 m
Ingrese la Base del Triángulo:		0.00000 m
Ingrese el espesor de la aleta		0.00000 m

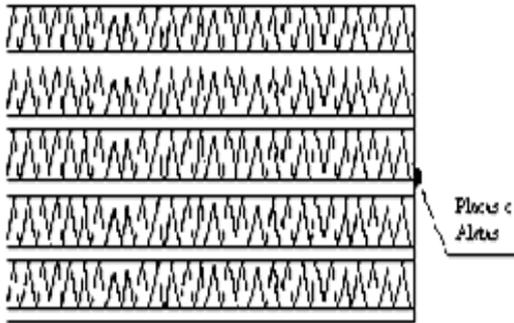
6. En la primera viñeta calcularemos las áreas que necesitamos al ingresar los datos que nos pide, posteriormente procedemos a calcular o así mismo si ingresamos mal algún dato procedemos a limpiar y nuevamente a ingresar los datos.

CÁLCULO DEL FLUJO DE AIRE DE REFRIGERACIÓN

Cálculo de Áreas	Área total	Flujo Masico del Agua
Ingrese la longitud del radiador:		<input type="text" value="0.70000"/> m
Ingrese la altura de la aleta (triángulo):		<input type="text" value="0.00900"/> m
Ingrese la Base del Triángulo:		<input type="text" value="0.00350"/> m
Ingrese el espesor de la aleta		<input type="text" value="0.00025"/> m

7. En la siguiente viñeta tenemos el cálculo del área total del intercambiador de calor (radiador) permitiéndonos ingresar los diferentes datos que nos piden y al presionar el botón calcular tendremos el valor del área total de refrigeración la energía perdida y el Flujo másico del aire.

Cálculo de Áreas	Área total	Flujo Masico del Agua
Ingrese el numero de placas para el radiador (Na):	<input type="text" value="25"/>	
Ingrese la velocidad del aire de refrigeración del ventilador:	<input type="text" value="6.10 m/seg."/>	
El Área total será (At):	<input type="text" value="0.1458324033"/> m ²	
El flujo maximo del aire de refrigeración sera (Mr):	<input type="text" value="1.0473887371"/> Kg/seg	
La energía perdida (q):	<input type="text" value="21067.177058"/> w	



Placas e Alas

Seguidamente de este calculo tenemos el calculo del flujo másico del agua de refrigeración, en esta parte tenemos también los botones de calcular, limpiar, continuar anterior y salir, a decir del botón anterior que al presionarlo regresaremos para poder ingresar cada una de las temperaturas nuevamente para poder ingresar y volver a calcular desde el inicio si el caso lo amerita, de lo contrario presionamos el botón continuar para seguir con el procedimiento de calculo.

Cálculo de Áreas	Área total	Flujo Masico del Agua
Ingresar el caudal del agua:	<input type="text" value="0.0011831"/>	m3/seg
El diámetro de ingreso al radiador:	<input type="text" value="0.0320"/>	m
Ingresar el num. de tubos:	<input type="text" value="48"/>	
Ingrese el espesor de los tubos:	<input type="text" value="0.002500"/>	m
La velocidad del Líquido es:	<input type="text" value="0.73553036"/>	m/seg
E Flujo Masico del Agua ma es:	<input type="text" value="0.850155414"/>	Kg/seg

- Una vez ingresado los datos anteriores se procede a la determinación del coeficiente de convección del aire una vez que

nosotros escojamos el tipo de aleta que necesitamos para dicho procedimiento que para nuestro caso va a ser el de aletas triangulares y procedemos a nuestro calculo..

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN PARA EL AIRE DE REFRIGERACIÓN

NUT para formas | Coef. Convec. Agua | Coef. global transf. ca | Efectiv. intercambiador | Intercambiador de Cal | Temperatura Final

TIPOS DE ALETAS



El valor del NUT adimensional es:

El valor para el diámetro hidráulico (DH) es:

El coeficiente de convección del aire de refrigeración (hr) es:

9. Siguiendo con nuestro procedimiento determinamos el coeficiente de convección del agua con el ingreso de los datos del tubo esto es el ancho y la altura del mismo con su respectivo espesor

NUT para formas

Coef. Convec. Agua

Coef. global transf. ca

Efectiv. intercambiad

Intercambiador de Ca

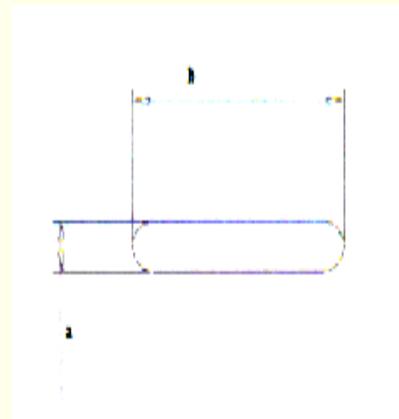
Temperatura Final

COEFICIENTE DE CONVECCIÓN DEL AGUA

Ingrese el valor de la altura (a) en metros:

Ingrese el valor de la base (b) en metros

Ingrese el espesor para el área



La relación b/a será:

El número de NUSELT para el agua de refrigeración será:

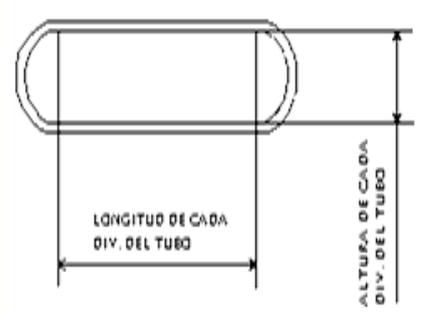
El Diámetro Hidráulico para el agua de refrigeración es DHa es:

El coeficiente de convección para el agua de refrigeración es:

10. En esta parte determinaremos el coeficiente global de transferencia de calor una vez ingresado las dimensiones de la parte interior de tubo y de la dimensión que va a tener la aleta para calcular también lo que es el área de contacto del fluido frío y caliente respectivamente

NUT para formas	Coef. Convec. Agua	Coef. global transf. ca	Efectiv. intercambiad	Intercambiador de Cal	Temperatura Final
-----------------	--------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

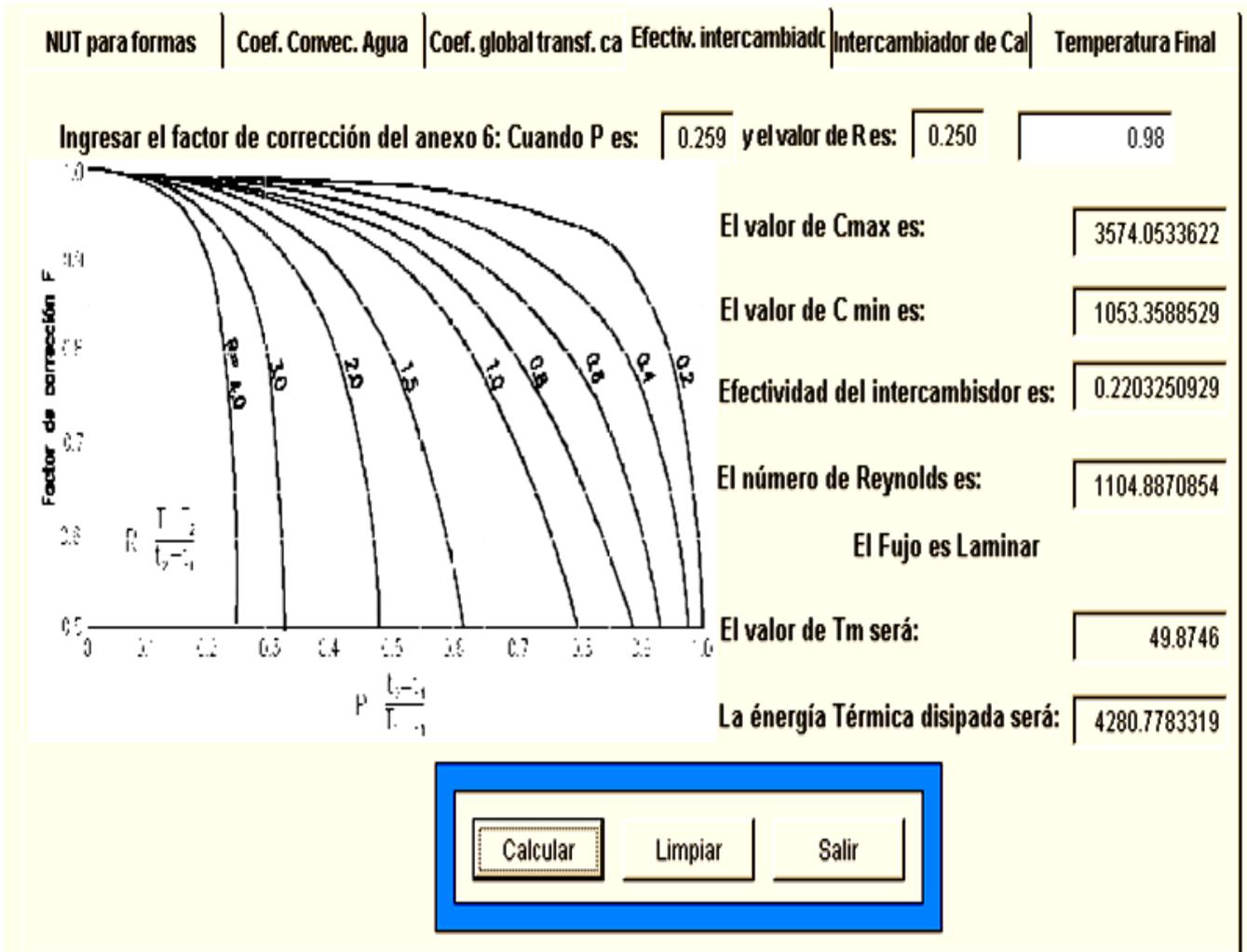
La altura de cada división del tubo:	<input type="text" value="0.00200"/>
La longitud de cada división del tubo:	<input type="text" value="0.01050"/>
Ingrese el ancho de las aletas:	<input type="text" value="0.0264"/>



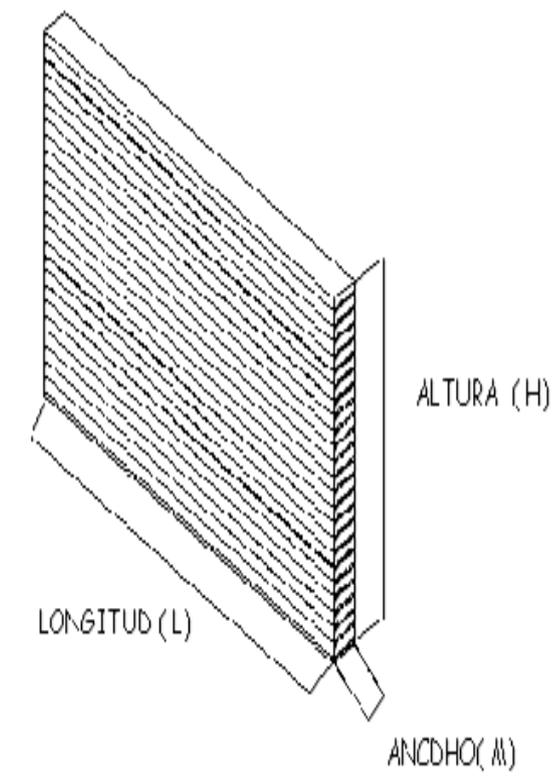
El área de contacto de fluido caliente es:	<input type="text" value="1.1855155200"/>
El área de contacto de fluido frío es:	<input type="text" value="5.8523928414"/>
El coeficiente global de transferencia del calor es:	<input type="text" value="73.877092599"/>

Con los datos obtenido de P y R como se muestra a continuación se procede a escoger el factor de corrección mediante la tabla para obtener el valor del

numero de reynolds y verificar si es o no un flujo laminar ya que esto nos permitirá saber si el intercambiador de calor es aceptable o no para su funcionamiento.



- En esta parte determinaremos las dimensiones que necesitaremos para la construcción de nuestro intercambiador (radiador) una vez digitado el valor que tiene la saliente de la placa porta tubos

NUT para formas	Coef. Convec. Agua	Coef. global transf. ca	Efectiv. intercambiad	Intercambiador de Cal	Temperatura Final
El valor de la saliente de la placa porta tubos es: <input type="text" value="0.0050"/>					
El ancho del intercambiador será: <input type="text" value="0.0364"/>					
La altura del intercambiador será: <input type="text" value="0.247000"/>					
La longitud del intercambiador será: <input type="text" value="0.70000"/>					
<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpiar"/> <input type="button" value="Salir"/> </div>					
					

12. esta es la ultima parte de nuestro programa en la cual llega a

NUT para formas	Coef. Convec. Agua	Coef. global transf. ca	Efectiv. intercambiad	Intercambiador de Cal	Temperatura Final
					91.02481
Temperatura de Ingreso al Motor:					

CAPITULO V

5. MANTENIMIENTO DE RADIADOR

5.1 COMO ABRIR UN RADIADOR RECALENTADO

Primeramente afloje con sumo cuidado la tapa de la boca de alimentación y espere aproximadamente unos 60 segundos, hasta que haya salido todo el vapor, luego de esto puede terminar de abrir confiadamente dicha tapa.

5.1.1 COMO AGREGAR AGUA A UN RADIADOR RECALENTADO

Es imprescindible que tenga encendido el motor de su vehículo, de manera que al agregar el líquido su motor no sufra cambios bruscos de temperatura, los cuales son sumamente dañinos para dicho motor.

Todos los conductores sabemos más o menos lo que es un radiador y cuales son sus funciones principales; en primer lugar podemos decir que el radiador es un intercambiador de calor o "Termo traspasador" donde el calor del motor es recogido por el líquido refrigerante (agua) y se transfiere al aire al pasar por el radiador, de este modo dicho líquido se enfría y vuelve nuevamente al motor para enfriarlo y al mismo tiempo capta nuevamente su calor para volverlo a transmitir al radiador y así sucesivamente.

Decimos que el calor recogido por el líquido refrigerante es traspasado al aire ya que dicho líquido fluye en una serie de tubos rodeados de "aletas" (de cobre electrolítico, de espesores rigurosos, además de tener "stops" de aire técnicamente distribuidos), las cuales actúan como medio traspasador del calor al aire, ya que el agua al pasar por los tubos calienta sus paredes, éstas a su vez transmiten el calor a las aletas que están adheridas perfectamente soldadas a dichas paredes, en consecuencia dichas aletas son recalentadas por conductibilidad y transmiten dicho calor al aire, al recibir la constante ventilación emanada por el ventilador del motor.

5.2. TIPOS DE REFRIGERANTE QUE SE DEBE PONER AL RADIADOR

5.2.1 LÍQUIDO REFRIGERANTE

Los líquidos refrigerantes son compuestos de agua, monoetileno glicol, un inhibidor de la corrosión y un antiespumante, a los que se añade un colorante que varía con la marca del producto. Una proporción de un 30 % de Los radiadores de aluminio son mucho más sensibles a la corrosión que los de cobre o latón, por eso es conveniente utilizar el tipo de líquido o aditivo recomendado por el fabricante del vehículo, y en todo caso, comprobar por la etiqueta del envase que es apropiado para esos radiadores.

5.2.2 LÍQUIDOS DE REFRIGERACIÓN Y ANTICONGELANTE

El líquido normalmente empleado para la refrigeración es el agua.

El agua para la refrigeración de un motor de automóvil debe ser limpia; no contendrá sustancias corrosivas o ácidas que darían lugar a la oxidación y corrosión de las partes que toca; ni sales de calcio o calcáreas que ocasionarían la formación de incrustaciones calcáreas en el bloque y demás elementos refrigerados, tampoco debe tener otros elementos como barro, lodo, etc.

El principal problema del empleo del agua como refrigerante, a pesar de su idoneidad como tal, puede darse a temperaturas por debajo de 0 grados, pues su congelación y consiguiente aumento de volumen pueden agrietar y romper la camisa del bloque y la culata. los elementos del radiador, etc.

Para subsanar estos inconvenientes se suele añadir al agua del circuito de refrigeración un líquido de efecto anticongelante y que se denomina precisamente así, anticongelante.

Este líquido, al tener un punto de congelación inferior al del agua, consigue que las temperaturas por debajo de 0 °C que puedan darse en países no extremadamente fríos, no alcancen el punto crítico de congelación de la mezcla agua-anticongelante.

Los automóviles modernos emplean el circuito cerrado de refrigeración, que se consigue con un líquido anticongelante adecuado y recomendado por él mismo fabricante.

Dependiendo de la climatología del país, las soluciones de anticongelante podrán ser más o menos graduadas, llegando incluso a concentraciones que no congelan hasta los - 65 °C.

El anticongelante que más se emplea es el etilenglicol, como los anticongelantes llevan aditivos que protegen de la corrosión en el interior del bloque, también es aconsejable utilizarlo en las épocas calurosas.

De todos modos los fabricantes de automóviles aconsejan, y con razón, el cambio del líquido refrigerante completo al menos una vez al año.

Con ello se pueden evitar sorpresas desagradables como que se formen en los puntos bajos ciertas incrustaciones que dificulten el paso del agua y mermen así la correcta refrigeración.

5.3. VENTAJAS DE LOS RADIADORES

Las ventajas de los radiadores son innumerables, de todas maneras vamos a mencionar alguna de ellas a fin de que Ud. se cerciore de su estructura calidad y posterior rendimiento:

- A)** Soldaduras uniendo los tanques superiores e inferiores con sus respectivos colectores, utilizando en las mismas aleaciones de soldaduras de primerísima calidad, de esta manera se evitan fugas en los laterales y esquinas de los tanques, mayormente en aquellos vehículos que funcionan en carreteras no pavimentadas, y en general en aquellos vehículos que constantemente estén sometidos a vibraciones que no sean normales

- B)** Tubos de agua sobresalientes en el interior de los tanques del radiador, principalmente en el tanque superior, esto acarrea la gran ventaja de que el radiador difícilmente se tapa, debido a que todo residuo (óxido extraído del bloque del motor, sedimento de agua turbia u otras impurezas) se deposita en el fondo del tanque superior sin llegar a entrar por los tubos y obstruirlos.

- C) Tubos de cobre amarillo (latón) de espesores sumamente rigurosos, revisados continuamente, tanto estos últimos como los mismos tubos en lo que se refiere a construcción y posibles escapes de agua; las partes internas de estos tubos están protegidas con antioxidantes.
- D) Enfriadores de aceite para cajas automáticas, se los utiliza en algunos casos
- E) Todos los radiadores son probados a 25 libras de presión c/u., y controlados al 100%, en consecuencia se garantiza el producto en su totalidad.

5.3.1 CONSECUENCIAS DE UNA REFRIGERACIÓN DEFICIENTE O DE SOBRECALENTAMIENTOS

No debemos perder de vista que la temperatura en el interior de la cámara de combustión puede llegar a 900/1000 °C, las cabezas de las válvulas de escape pueden llegar a ponerse al rojo y, si bajo estas condiciones, suspendemos el flujo de enfriamiento, en muy poco tiempo podemos llegar a fundir los metales más cercanos a la cámara de combustión.

Por ejemplo, un sobrecalentamiento puede generar una aceleración en la velocidad de oxidación del aceite lubricante, provocando de esta manera una deficiente lubricación, formación de depósitos carbonosos y desgaste metálico con todas las consecuencias que esto significa.



Si ponemos mayor atención a lo que ocurre en los cilindros, veremos que cualquier incremento de temperatura por encima del valor de diseño, provocará una disminución de la viscosidad de la película de lubricante sobre las paredes del cilindro, provocando el roce de metales con el consiguiente desgaste de las piezas. Este daño es de tipo irreversible, ya que si de manera inmediata mejoramos el enfriamiento, el desgaste producido no se podrá solucionar.

Pero también se puede generar otro tipo de fallas como picaduras por corrosión, cavitación, erosión, agrietamiento de culatas, agarre de aros en los pistones o taponamiento de radiadores, por lo tanto resulta imprescindible que el sistema de refrigeración de nuestro equipo siempre funcione perfectamente de no ser así, la vida útil del motor disminuirá drásticamente, cuidando de que no se produzcan fallas en el sistema de refrigeración.

Con el fin de estar atentos a las fallas, consideramos importante detallar el origen de las mismas para que usted pueda prevenirlas:

- Falla en el flujo refrigerante: A) Mala calidad en el líquido refrigerante; B) Una deficiente concentración del aditivo refrigerante; C) Una deficiente calidad del agua (alta concentración de dureza)
- Fallas mecánicas del sistema
- Fallas en la bomba del sistema
- Fallas en el termostato, que regula un mayor o menor flujo de agua por el sistema
- Falla en la válvula de presión (tapa del radiador), normalmente el sistema de refrigeración trabaja presurizado aproximadamente 1,2 Kg/cm².
- Falla en la válvula de alivio (tapa del radiador), esta falla disminuye la presión del sistema y elimina el fluido refrigerante

Las fallas del líquido refrigerante por lo general están en nuestras manos, ya que depende del tipo de agua que utilicemos y del líquido que elijamos.

5.3.2 Principales características:

- El Anticongelante / Refrigerante es de alto desempeño y se recomienda su uso para sistemas de enfriamiento de motores diesel, gasolina y gas natural.
- Protege contra la oxidación y corrosión las superficies internas y los componentes metálicos del motor.
- Otorga la protección balanceada que su sistema de refrigeración necesita al trabajar bajo condiciones de presión extrema y altas temperaturas.
- Provee una excelente protección contra el congelamiento y propiedades de transferencia de calor.

- Puesto que no necesita rebajarse con agua.
- Evita radiadores tapados, formación de gelatinas que obstruyen el sistema de enfriamiento, herrumbre y corrosión, bombas de agua con pérdidas o desgastes y fallas o cilindros erosionados por cavitación.
- Resistencia a la formación de espuma.

5.4 SUGERENCIAS DE MANTENIMIENTO DE SU RADIADOR

1. Cuando el agua de enfriamiento de su radiador está muy sucia o amarilla por el óxido, se aconseja lavar el sistema de enfriamiento sin sacar los tapones del motor en la siguiente forma:

- A) Se desmonta el TERMOSTATO (válvula reguladora del paso del fluido refrigerante al radiador), generalmente dicha válvula se encuentra en la parte superior del motor en la conexión con la manguera superior que lleva el agua desde el motor al radiador.
- B) Se desconecta la manguera de agua del tanque superior del radiador y a la entrada del mismo (tanque superior) se le coloca un tapón.
- C) Se vacía el radiador y se le quita la tapa de la boca de alimentación de agua, luego se hace circular agua por el sistema de enfriamiento hasta que salga por la manguera superior desconectada inicialmente, limpia y sin dificultad.

2. Otro sistema más simple para lavar el motor y radiador de su vehículo sería el siguiente:

- A) Vacíe el radiador aflojando el grifo o llave que dicho radiador trae en el tanque inferior.

- B) Dejando abierto el grifo coloque una manguera abastecedora de agua en la boca de alimentación, encienda el vehículo y deje que el agua cumpla la función de pasar por el motor arrastrando sus impurezas, entrar en la parte superior del radiador y salir parte de ella por el grifo dejado abierto, desde luego que habrá que controlar la entrada constante de agua por medio de la manguera abastecedora de acuerdo a la salida por el tanque inferior, dejar que esto se efectúe hasta que el agua que sale del grifo sea totalmente limpia, generalmente este sistema de lavado es más latoso y largo que el otro; pero no se tienen problemas de desconectar mangueras, únicamente, vigilar que el vehículo no se apague.
- C) Se aconseja no lavar frecuentemente el sistema de enfriamiento de su vehículo, ya que como es sabido toda agua contiene sales de calcio, magnesio, etc., que constituye lo que se llama o conoce por dureza de las aguas, las cuales se sitúan en el bloque del motor y paredes de los tubos del radiador obstruyendo el libre paso a la misma; Para evitar que se continúe formando óxido en el bloque del motor de su vehículo, aconsejamos luego de haberlo lavado perfectamente, agrega **UNICAMENTE** dos (2) cucharadas de aceite emulsionante, aceite que se vuelve color de la leche al contacto con el agua, esto sirve también para que la bomba de agua trabaje mejor lubricada.
- D) En caso de EMERGENCIA, si su radiador tiene alguna pequeña fuga, le aconsejamos como curiosidad que vacíe primero el radiador mediante el grifo o llave que se encuentra en el tanque inferior, luego se consiga Ud., un "Cambur o Banano" VERDE, se pele y se restriegue sobre la fuga, tratando que la pasta del "Cambur o "Banano"

penetre en la misma, espere un rato a que se seque dicha pasta y luego llene nuevamente el radiador, momentáneamente habrá Ud., solucionado la emergencia, por lo menos por dos o tres días, tiempo suficiente para terminar cualquier viaje y visitar posteriormente su taller de radiadores de confianza, a fin de que le aconsejen concienzudamente sobre su radiador.

- E) Procure que la tapa de la boca de alimentación del radiador esté bien apretada, ya que en ésta forma se crea una sobre presión de 6 a 14 libras/pulg. o más, según las características del motor; mientras mayor sea la presión en el interior del sistema de enfriamiento más elevado será el punto de ebullición del refrigerante, y más altas serán las temperaturas funcionales permisibles sin riesgo de evaporación del líquido enfriador.

Las causas de un calentamiento anormal del motor son las siguientes:

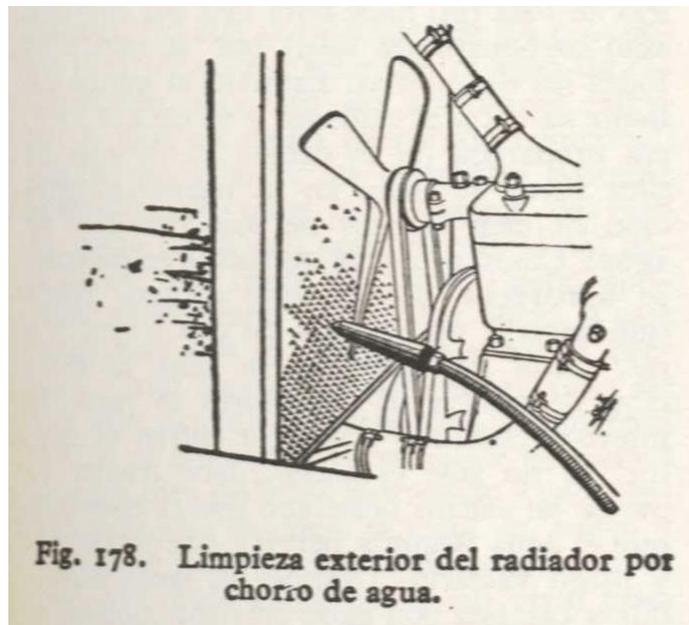
1. POCA AGUA.

Descuido imperdonable, pues debe mirarse con frecuencia el nivel del radiador. Para esto es fácil: se añade agua, pero con la precaución de echarla muy poco a poco y teniendo el motor en marcha, para evitar que una entrada repentina de agua fría en las camisas muy caliente del bloque produzca un enfriamiento brusco y se rajen los cilindros o la culata. El nivel de agua debe ser hasta la boca del tubito de descarga, y si éste no se viera, no es perjudicial el llenar del todo el radiador.

Conviene tener presente que el agua se dilata al calentarse, de modo que si un coche, con cabida para unos 15 litros, al salir del garaje tiene el agua a 5°, al llegar a los 85° aumenta de volumen como medio litro, a causa también del vapor que se forma en los puntos más calientes del bloque; ese cuartillo se habrá vertido por el tubo de desagüe, sin que signifique avería.

2. RADIADOR SUCIO POR EL EXTERIOR.

Cuando sea preciso limpiar el radiador por habersele adherido suciedades, barro, insectos, etc., se puede lavar con la manga de riego (fig. 178) de dentro hacia afuera. Para evitar que se moje el motor conviene cubrirlo con una tela impermeable.



Nunca debe lavarse con petróleo, porque tarda mucho en secarse y con el polvo forma una grasilla que impide el enfriamiento del agua del interior.

En cualquier caso, hasta que esté seco no debe ponerse en marcha el motor y salir con el coche a la calle.

El uso de faros suplementarios, placas, emblemas, etc., delante del radiador, le quita superficie de refrigeración al impedir el paso del aire, y puede ser causa de recalentamientos.

- Revise en forma periódica que las mangueras y abrazaderas se encuentren en buenas condiciones y correctamente ensambladas y ajustadas. Ajuste las abrazaderas en el caso de que haya indicios de fugas y cambie las mangueras si tienen grietas.



La forma recomendada para agregar refrigerante al sistema de enfriamiento del motor es a través del tanque de recuperación, removiendo el tapón “A”.



CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- En el proyecto realizado se construyó el intercambiador agua-aire el mismo que tiene como propósito mantener estable la temperatura a altos regímenes de funcionamiento del motor,
- El software no va a permitir calcular los diferentes parámetros para el diseño como los flujos máxicos del agua – aire, los coeficientes de convección, la temperatura de e ingreso al motor o salida del intercambiador, etc. También nos va a apermitirnos escoger el tipo de aleta
- Para la conexión de cañerías de agua que ingresen al intercambiador, se utilizo mangueras para alta presión con recubrimiento de malla de acero en su interior, lo que ayuda a mantener la confiabilidad en cuanto a seguridad del sistema instalado
- El Intercambiado de Calor (radiador) se construyó de cobre y latón, ya que estos materiales se pueden encontrar sin problemas en el mercado.
- Una ventaja de utilizar este tipo de material es el de encontrar acoples de conexión del mismo material, que pueden ser soldados al intercambiador proporcionando mayor fiabilidad a las instalaciones realizadas.

- Con este procedimiento se puede reducir eficientemente el tamaño y peso de los radiadores, debido a que se incluyen numerosas variables que frecuentemente son ignoradas en el diseño de los intercambiadores de calor compactos.
- La temperatura de salida del intercambiador de calor satisface las necesidades de funcionamiento del motor ya que esta temperatura se mantiene en su rango de funcionamiento que va ser de 90 a 95 °C

6.2 RECOMENDACIONES

- Uno de los parámetros más importantes en el diseño del intercambiador, es sin duda la determinación del flujo aire que atravesará por él, al ser este factor tan determinante, se recomienda la utilización de un anemómetro para la medición de este para los cálculos respectivos en futuros diseños.
- Antes de dar comienzo a la fase experimental de una investigación, se debe contar con todos los datos necesarios, con el fin de evitar problemas en los diferentes cálculos.
- Debe observarse a menudo el nivel del líquido refrigerante en el depósito de expansión, que deberá estar a un nivel máximo y mínimo.
- Revise en forma periódica que las mangueras y abrazaderas se encuentren en buenas condiciones y correctamente ensambladas Ajuste las abrazaderas en el caso que haya indicios de fugas y cambie las mangueras si tienen grietas
- Si se va a poner en funcionamiento el Intercambiador de Calor (radiador) se debe tener en cuenta que no existan fugas, de lo contrario existiría una baja de presión en su interior y causaría problemas de calentamiento.

- Nunca trate de abrir la tapa del radiador o del depósito de agua estando el motor caliente o en marcha. Se producirá un descenso brusco de la presión interna y podrá causarle graves quemaduras a las personas cercanas
- Se recomienda que los datos ingresados en el software o programa para el diseño de intercambiadores de calor se los ingrese con el valor solo en metros y se lo grave en el disco duro para que no tenga problemas de funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- MANUAL DE AUTOMÓVILES, ARIAS PAZ 43° EDICIÓN 1979 – 1980
- TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL: J THONON
- FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR INCROPERA CUARTA ED.
- REFRIGERACIÓN DEL AUTOMÓVIL, WILLIAM H. CROUSE
- PROCESO DE TRANSFERENCIA DE CALOR, DONALD Q KERN
- TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL, GERSCHLER, HELLMUT
- MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL, ALONSO PEREZ, JOSE MANUEL
- TRANSFERENCIA DE CALOR APLICADA A LA INGENIERÍA, WELTY JAMES
- TRANSFERENCIA DE CALOR, MILLS. F
- TRANSFERENCIA DE CALOR, HOLMAN.

ANEXOS

TABLA 1

Propiedades del agua (líquido saturado)*.

Nota: $Gr, Pr = \left(\frac{g\beta\rho^2c_p}{\mu k} \right) x^3 \Delta T$

ANEXO 1

°F	°C	$c_p, \text{J/kg} \cdot \text{°C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	$k, \text{W/m} \cdot \text{°C}$	Pr	$\frac{g\beta\rho^2c_p}{\mu k}, 1/\text{m}^3 \cdot \text{°C}$
32	0	4,225	999,8	$1,79 \times 10^{-3}$	0,566	13,25	
40	4,44	4,208	999,8	1,55	0,575	11,35	$1,91 \times 10^9$
50	10	4,195	999,2	1,31	0,585	9,40	$6,34 \times 10^9$
60	15,56	4,186	998,6	1,12	0,595	7,88	$1,08 \times 10^{10}$
70	21,11	4,179	997,4	$9,8 \times 10^{-4}$	0,604	6,78	$1,46 \times 10^{10}$
80	26,67	4,179	995,8	8,6	0,614	5,85	$1,91 \times 10^{10}$
90	32,22	4,174	994,9	7,65	0,623	5,12	$2,48 \times 10^{10}$
100	37,78	4,174	993,0	6,82	0,630	4,53	$3,3 \times 10^{10}$
110	43,33	4,174	990,6	6,16	0,637	4,04	$4,19 \times 10^{10}$
120	48,89	4,174	988,8	5,62	0,644	3,64	$4,89 \times 10^{10}$
130	54,44	4,179	985,7	5,13	0,649	3,30	$5,66 \times 10^{10}$
140	60	4,179	983,3	4,71	0,654	3,01	$6,48 \times 10^{10}$
150	65,55	4,183	980,3	4,3	0,659	2,73	$7,62 \times 10^{10}$
160	71,11	4,186	977,3	4,01	0,665	2,53	$8,84 \times 10^{10}$
170	76,67	4,191	973,7	3,72	0,668	2,33	$9,85 \times 10^{10}$
180	82,22	4,195	970,2	3,47	0,673	2,16	$1,09 \times 10^{11}$
190	87,78	4,199	966,7	3,27	0,675	2,03	
200	93,33	4,204	963,2	3,06	0,678	1,90	
220	104,4	4,216	955,1	2,67	0,684	1,66	
240	115,6	4,229	946,7	2,44	0,685	1,51	
260	126,7	4,250	937,2	2,19	0,685	1,36	
280	137,8	4,271	928,1	1,98	0,685	1,24	
300	148,9	4,296	918,0	1,86	0,684	1,17	
350	176,7	4,371	890,4	1,57	0,677	1,02	
400	204,4	4,467	859,4	1,36	0,665	1,00	
450	232,2	4,585	825,7	1,20	0,646	0,85	
500	260	4,731	785,2	1,07	0,616	0,83	
550	287,7	5,024	735,5	$9,51 \times 10^{-5}$			
600	315,6	5,703	678,7	8,68			

* Adaptado al SI de A. I. Brown y S. M. Marco: *Introduction to Heat Transfer*, 3.^a ed., McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1958.

Propiedades del aire a la presión atmosférica*.

Los valores de μ , k , c_p y Pr dependen poco de la presión y se pueden utilizar en un intervalo bastante amplio de presiones

ANEXO 2

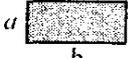
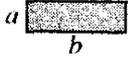
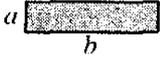
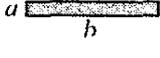
T, K	$\rho, \text{kg/m}^3$	$c_p, \text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ <small>$\times 1000$</small>	$\mu \times 10^5, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	$\nu \times 10^6, \text{m}^2/\text{s}$	$k, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$	$\alpha \times 10^4, \text{m}^2/\text{s}$	Pr
100	3,6010	1,0266	0,6924	1,923	0,009246	0,02501	0,770
150	2,3675	1,0699	1,0283	4,343	0,013735	0,05745	0,753
200	1,7684	1,0061	1,3289	7,490	0,01809	0,10165	0,739
250	1,4128	1,0053	1,5990	11,31	0,02227	0,15675	0,722
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,69	0,02624	0,22160	0,708
350	0,9980	1,0090	2,075	20,76	0,03003	0,2983	0,697
400	0,8826	1,0140	2,286	25,90	0,03365	0,3760	0,689
450	0,7833	1,0207	2,484	31,71	0,03707	0,4222	0,683
500	0,7048	1,0295	2,671	37,90	0,04038	0,5564	0,680
550	0,6423	1,0392	2,848	44,34	0,04360	0,6532	0,680
600	0,5879	1,0551	3,018	51,34	0,04659	0,7512	0,680
650	0,5430	1,0635	3,177	58,51	0,04953	0,8578	0,682
700	0,5030	1,0752	3,332	66,25	0,05230	0,9672	0,684
750	0,4709	1,0856	3,481	73,91	0,05509	1,0774	0,686
800	0,4405	1,0978	3,625	82,29	0,05779	1,1951	0,689
850	0,4149	1,1095	3,765	90,75	0,06028	1,3097	0,692
900	0,3925	1,1212	3,899	99,3	0,06279	1,4271	0,696
950	0,3716	1,1321	4,023	108,2	0,06525	1,5510	0,699
1000	0,3524	1,1417	4,152	117,8	0,06752	1,6779	0,702
1100	0,3204	1,160	4,44	138,6	0,0732	1,969	0,704
1200	0,2947	1,179	4,69	159,1	0,0782	2,251	0,707
1300	0,2707	1,197	4,93	182,1	0,0837	2,583	0,705
1400	0,2515	1,214	5,17	205,5	0,0891	2,920	0,705
1500	0,2355	1,230	5,40	229,1	0,0946	3,262	0,705
1600	0,2211	1,248	5,63	254,5	0,100	3,609	0,705
1700	0,2082	1,267	5,85	280,5	0,105	3,977	0,705
1800	0,1970	1,287	6,07	308,1	0,111	4,379	0,704
1900	0,1858	1,309	6,29	338,5	0,117	4,811	0,704
2000	0,1762	1,338	6,50	369,0	0,124	5,260	0,702
2100	0,1682	1,372	6,72	399,6	0,131	5,715	0,700
2200	0,1602	1,410	6,93	432,6	0,139	6,120	0,707
2300	0,1538	1,482	7,14	464,0	0,149	6,540	0,710
2400	0,1458	1,574	7,35	504,0	0,161	7,020	0,718
2500	0,1394	1,688	7,57	543,5	0,175	7,441	0,730

* De Natl. Bur. Stand. (U.S.) Circ. 564, 1955.

ANEXO 3

TABLA 3

Números de Nusselt y factores de fricción para flujo laminar con desarrollado en tubos de diferente sección transversal

Sección transversal	$\frac{b}{a}$	$Nu_D \equiv \frac{hD_h}{k}$	
		$(q_s'' \text{ uniforme})$	$(T_s \text{ uniforme})$
	—	4.36	3.66
	1.0	3.61	2.98
	1.43	3.73	3.08
	2.0	4.12	3.39
	3.0	4.79	3.96
	4.0	5.33	4.44
	8.0	6.49	5.60
	∞	8.23	7.54
	—	3.11	2.47

Usada con permiso de W. M. Kays y M. E. Crawford, *Convection Heat and Mass Transfer* McGraw-Hill, N.

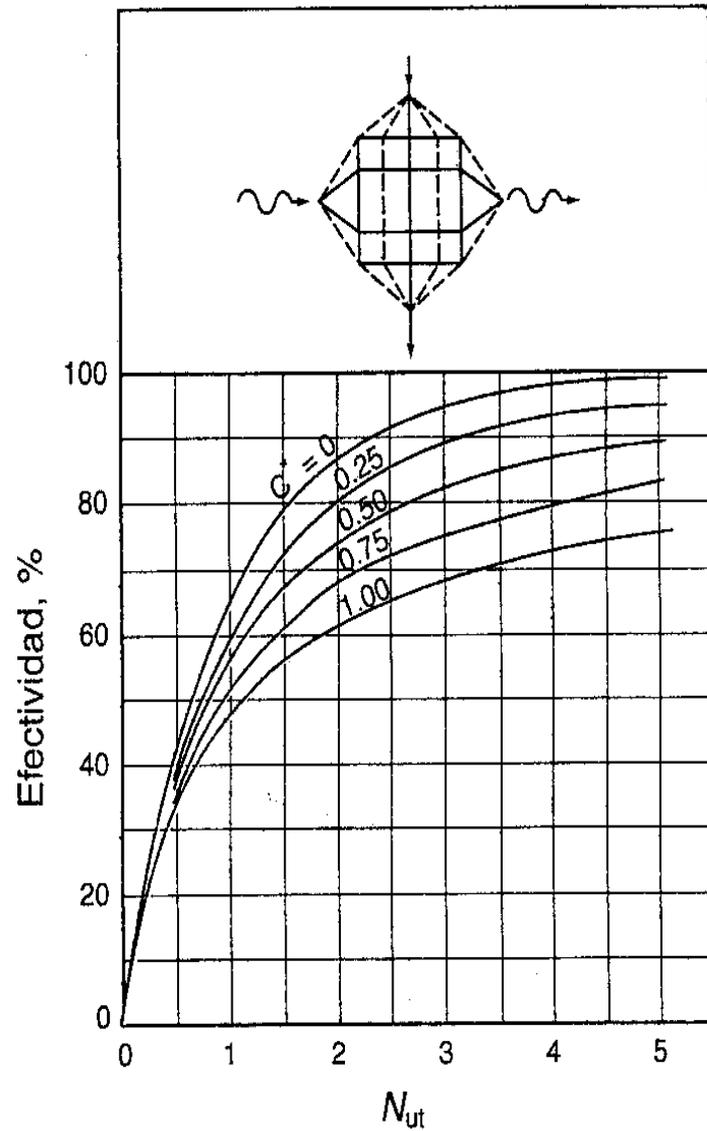
ANEXO 4

TABLA 4

Valores representativos del coeficiente global
de transferencia de calor

Combinación de fluidos	$U(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Agua con agua	850 -1700
Agua con aceite	110-350
Condensador de vapor (agua en tubos)	1000-6000
Condensador de amoníaco (agua en tubos)	800-1400
Condensador de alcohol (agua en tubos)	250-700
Intercambiador de calor de tubos con aletas (agua en tubos, aire en flujo cruzado)	25-75

ANEXO 5



Efectividad para un intercambiador de calor de flujos transversales con fluidos sin mezclar.

FIGURA 1

