

CONDUCTIVIDAD TERMICA:

INDICE:

OBJETIVOS.1

CONSIDERACIONES TEORICAS.1

DESCRIPCION DETALLADA DEL EQUIPO.5

INSTRUMENTOS UTILIZADOS.8

DESARROLLO DE LA PRACTICA.9

CRITERIO DE OPERACIÓN.10

ECUACIONES.15

EJEMPLO DE CALCULO.16

RESULTADOS.17

GRAFICAS.18

APARATOS PARA EXPERIMENTOS DE CONDUCTIVIDAD TERMICA I.

OBJETIVOS:

- A).- Determinar experimentalmente el coeficiente de conductividad térmica de un metal.
- B).- Observar la metodología implícita en el experimento.
- C).- Entender las ecuaciones implicadas en el experimento.
- D).- Conocer el funcionamiento del aparato para experimentos de conductividad térmica M-23 e identificar los elementos más importantes que lo componen.

APARATOS PARA EXPERIMENTOS DE CONDUCTIVIDAD TERMICA:

II.- CONSIDERACIONES TEORICAS.

INTRODUCCION A LA TRANSMISION DE CALOR:

Las leyes de transmisión del calor tienen primordial importancia en el diseño y funcionamiento de múltiples formas de generadores de vapor hornos, precalentadores, cambiadores, refrigeradores, evaporadores y condensadores, en innumerables industrias de todo tipo.

En muchos casos, el objetivo principal es obtener máximas velocidades de transmisión de calor por unidad de superficie, compatible con los factores económicos. En otros casos, como en los cambiadores, recuperadores y generadores, el objeto es el aprovechamiento y recuperación del calor. Finalmente, muchas veces interesa hacer mínimas las pérdidas de calor mediante aislamiento. Frecuentemente, en el problema dado, las tres modalidades anteriores son importantes.

FORMAS DE TRANSMISION DE CALOR:

1.- CONDUCCION: Conducción es un sólido opaco homogénea, es la transferencia de calor de una parte a otra, debido a la gradiente de temperatura, sin desplazamiento apreciable de partículas. La conducción implica la transferencia de energía cinética de una molécula a otra adyacente, siendo este el único mecanismo de flujo calorífico en un sólido opaco. En algunos sólidos transparentes, como el vidrio y el cuarzo, parte de la energía es transmitida por radiación y parte por conducción. En gases y en líquidos, la conducción puede ser suplemental con convección y radiación. En la masa de fluidos en flujo laminar, la transferencia de calor se realiza en dirección perpendicular al movimiento del fluido.

2.- CONVECCION: La convección lleva consigo la transferencia de calor por mezcla de una parte del fluido con otra. El movimiento del líquido o gas puede producirse por diferencia de densidades causadas por diferencia de temperaturas, como en la convección natural o bien engendrarse por medios mecánicos, como en la convección forzada. La energía se transfiere también simultáneamente por conducción molecular y en medios transparentes, por radiación. En la medida de conductividades técnicas de gases y líquidos se emplean frecuentemente flujos de calor hacia abajo para evitar la transferencia por convección. En gases transparentes se ha de restar la energía transferida por radiación desde la fuente calorífica al sumidero.

3.- RADIACION: Un cuerpo caliente emite energía radiante en todas las direcciones. Cuando esta energía alcanza a otro cuerpo, parte de ella puede reflejarse. Otra parte puede ser transmitida a través del cuerpo, diciéndose entonces que el cuerpo es diatérmico. La energía restante es absorbida en calor. Si dos cuerpos, uno más caliente que otro, se encierran en una cavidad hay un intercambio continuo de energía entre ellos. El más caliente emite más calor que absorbe; el más frío absorbe más calor que radia. A un después de alcanzarse el equilibrio térmico, continua el proceso, radiando y absorbiendo energía cada cuerpo. Ciertos gases, lo mismo que los fríos son capaces de absorber y radiar energía técnica.

Como en la mayoría de los casos el calor se transfiere simultáneamente en varias de las formas antes dichas, es preferible reservar el término transmisión para designar el proceso global, utilizando las palabras radiación,

convección y conducción para denominar la parte del calor transmitido por el mecanismo designado. El termino radiación es: probablemente, el que mas a menudo se utiliza incorrectamente, siendo corrientes expresiones tales como radiación a través de las paredes del horno, etc.

LEYES DE TRANSFERENCIA DE CALOR:

CONDUCCION: La ley de Fourier para la conducción unidireccional del calor establece que la velocidad instantáneas de flujo calorífico $dQ/d\theta$, es igual al producto de tres factores: al área A de la sección considerada, normal al flujo de calor; el gradiente de temperatura $-dt/dx$, que representa la relación del incremento de temperatura, al de longitud en dirección del flujo; y la conductividad térmica K, que es una propiedad física del material. La expresión matemática de la ley de Fourier es :

$$\frac{dQ}{d\theta} = -K * A * \frac{dt}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

Las conductividades térmicas de las diversas sustancias varían en un intervalo total de unos diez millares.

La forma diferencial dada a la ecuación 1, es general para la conducción unidireccional, siendo valida para los casos en que el gradiente de temperatura $-dt/dx$, varia con el tiempo y con la posición del punto figurativo. En todos los casos en que se presenta un flujo calorífico por conducción, tiene que existir un

Gradiente de temperatura. Sí la temperatura de un punto dado varia con el tiempo, la velocidad del flujo calorífico varían también, con el tiempo. Se dice que la conducción de calor representa un estado “no estacionario” cuando al temperatura varia con la posición del punto y con el tiempo.

Cuando en el flujo estacionario, la temperatura en cada punto no depende del tiempo, siendo por tanto el gradiente de temperatura, y por tanto, la velocidad del flujo calorífico es también independiente del tiempo. Así, pues, $dQ/d\theta$ será igual a Q/θ designándose por q. Al considerar una superficie diferencial, la ecuación 1, se convierte en:

$$\frac{dQ}{dA} = -K * \frac{dt}{dx} \dots\dots\dots(2)$$

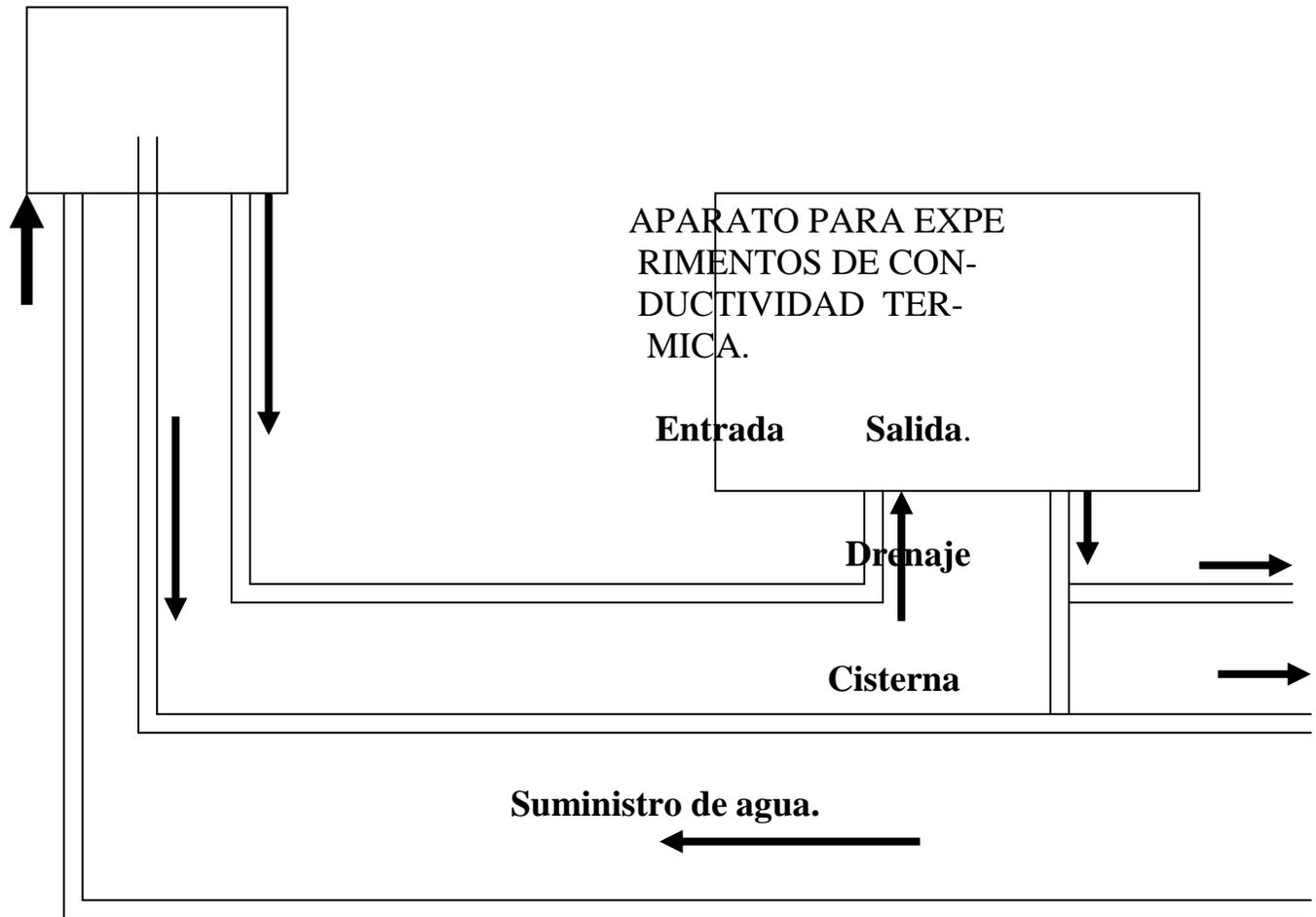
La ecuación básica de conducción de Fourier, es el punto de partida para el estudio de numerosos problemas distintos del de la conducción en sólidos.

Entre estos problemas están, el de transferencia de calor a fluidos en flujo laminar, por el interior de tubos, elementos de calefacción para agua caliente y transferencia de calor a fluidos que se mueven por convección natural. Son problemas adicionales de aplicación de la ecuación 1 a flujos estacionarios, los de conducción a lo largo de aletas y de transferencia calorífica por condensación de vapores.

En la mayoría de los problemas que se presentan en la practica de ingeniería, el calor fluye desde un medio hacia la pared sólida, atraviesa esta y sale penetrando en otro medio. El flujo a través de cada medio es, por tanto, una etapa en un proceso mas complicado, en la resistencia al paso del calor en la pared que separa los medios es solo una serie de resistencia. Una comprensión clara del mecanismo de transferencia de calor `por conducción a través de sólidos homogéneos es esencial para la solución de problemas más complejos.

III. DIAGRAMA DE FLUJO.

Tanque de agua refrigerante.



IV.- DESCRIPCION DETALLADA DEL EQUIPO:

EQUIPO: APARATO PARA EXPERIMENTOS DE CONDUCTIVIDAD TERMICA.

MODELO No: P 5687

FABRICANTE: G. CUSSONS LTD

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES:

Los voltajes de mas de 30 voltios pueden resultar fatales. No opere el sistema sin cubiertas eléctricas.

Tenga cuidado al quitar el recipiente DEWAR de la parte superior del aparato, puesto que el equipo que esta dentro del área del recipiente puede estar a una temperatura hasta de 200 °C máxima.

Cerciorarse de que este apagado.

LISTA DE ABREVIATURAS:

mm. Milímetros
Kg. Kilogramo.
V. Voltios.
CA. Corriente Alterna.
A. Amperes.
W. Watt.
mK. Metro Kelvin.
°C. Grados Celcius.
Min. Minutos.
Seg. Segundos.

HOJA DE INFORMACION:

Aparato de experimentos de conductividad térmica.

Tipo de Unidad. P5687.

DIMENCIONES:

Altura: 750 mm (30pulg)
Ancho: 500 mm (20 pulg)
Profundidad: 210 mm (10 pulg)

SUMINISTRO DE ENERGIA REQUERIDA: 127.50 /60 Hz.
Monofasico 2A

Masa: 26 Kg. (57lb).
Muestras: Cobre y Aluminio.
Area de corte transversal: $4.9 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Longitud del cobre: 38 mm
Longitud del aluminio: 64 mm.
Otros materiales

MEDICION DE TEMPERATURA:

Bimetalico de carátula -20° + 120° C
Mercurio en vidrio. -15° +150°C x 0.2°C
Termopares. Ni. Cr./Ni.Al.

DESCRIPCION:

Este aparato ha sido diseñado para determinar el coeficiente de conductividad térmica en un buen conductor. El aparato consiste en una unidad de autosujecion que apila muestras y que cuenta con una fuente de calentamiento electrico, una base calorimetrica y un recipiente DEWAR para garantizar que habrá una perdida insignificante de calor y un tanque de suministro de una columna de agua refrigerante constante. El interruptor de Termopares de puntos múltiples esta montado sobre la base de acero del gabinete y se incluyen dos termómetros de mercurio y vidrio para tomar las lecturas de la temperatura del agua de alimentación y de salida. Tiene cuatro Termopares de Ni. Cr/ Ni.Al y se incluyen las conexiones correspondientes para un pirometro analógico, que permite obtener lecturas exactas de la temperatura del metal. Se incluyen dos muestras de metal: una corta de cobre y una larga de aluminio. Las superficies extremas de estas muestras se han

elaborado cuidadosamente, puliéndolas, y de ninguna manera deben dañarse. Cada muestra tiene dos orificios en los que se insertan los Termopares.

Los valores aproximados, que se indican en los libros de texto, para la conductividad térmica de los especímenes que incluyen son:

Aluminio	209 W/mK
Cobre	386 W/mK.

Sin embargo, los valores actuales de las muestras difieren de los valores dados en los libros de texto, puesto que cualquier variación de la composición del material los afecta. Aun cuando la conductividad térmica se cita en unidades del sistema internacional, o W/mK, los termómetros que se usan en este aparato están marcados en grados Celcius. Las unidades de intervalo de temperaturas en Kelvin y en Celcius son idénticas.

V.- INSTRUMENTOS UTILIZADOS:

1. - Medidor de corriente analógica 0-1.0 A
2. - Pirometro analógico (escala de 0-1000⁰C) con rangos de 20 ⁰C
3. - Termómetro de cristal con mercurio -15 a 150 ⁰C
Termómetro bimetalico de carátula -20 a 120⁰C
4. - Baso de medición de precipitados con rango de medición en mililitros.
De 10-250 mL.

DESARROLLO DE LA PRACTICA:

Antes de proceder a manejar los equipos de conductividad térmica M-23, de transferencia de calor aire –aire M- 14 y de transferencia de calor aire – agua M-13; se dividió al grupo en dos secciones, las cuales a su vez fueron divididas en equipos; para proseguir con la explicación del método de operación de cada uno de los equipos anteriormente mencionados. Después de haber escuchado y entendido las indicaciones adecuadas para el manejo de los equipos, se procedió a trabajar en cada uno de ellos, de tal manera que cada grupo de alumnos trabajara en cada sesión con equipo diferente y al termino de tres clases haber trabajado con todos los aparatos.

Para el caso del equipo de conductividad térmica M-23; las recomendaciones más importantes fueron las siguientes.

1. Encender la pastilla No 11.
2. Suministrar un flujo de x ml en x segundos.
3. Cuidar que el suministro sea constante en cada una de las lecturas.
4. Tener un amperaje de 0.38 Amperes.
5. Colocar los Termopares del mas largo al mas corto en los orificios correspondientes de las probetas. el mas corto es el 4.
6. Tener sumo cuidado con el uso de los termómetros y de no tirar o enfriar en agua las probetas, para no cambiar su estructura y propiedades de cada una de ellas
7. Apagar él a parato y regresar el reóstato a 0% A ya que al encenderlo nuevamente con él en % en el se afecta la resistencia y la protección del reóstato.

Después de haber tomado en cuenta todas las precauciones, se procedió a encender el equipo de acuerdo al siguiente criterio de operación, para que en el transcurso de la sección se tomaran las lecturas correspondientes.

VII. CRITERIO DE OPERACION:

1. El aparato se ensambla con la muestra larga de aluminio, es decir de un material de baja conductividad, en la posición inferior y la muestra corta de cobre, es decir, de un material de alta conductividad, en la parte superior.(esta apreciación solo es de ejemplo a lo que en realidad se trabajara con los materiales y los arreglos que el alumno quiera pero se ara siempre al empezar). Después de seleccionar las muestras que se van a usar en la prueba, cerciórese que estén completamente libres de polvo.
2. Opere la mordaza moviendo la palanca saliente, que esta colocada en el frente del aparato, a una posición mas abajo y coloque las muestras entre el elemento calentador y la mordaza. Cerciórese de que los orificios para los termopares estén accesibles. Suelte la palanca y las muestras quedaran fijas en esa posición. Inserte los termopares en los orificios correspondientes.
Al cambiar el material tener cuidado de no tocar la resistencia por que estará muy caliente, sujetando la palanca de la mordaza, y empujando el material con las pinzas fuera del área de sujeción proceder a retirarlas con las pinzas y con cuidado de no quemarse con el material caliente.
3. Coloque el recipiente DEWAR en la posición que debe tener sobre las muestras.
4. Ajuste los termómetros el de carátula para entrada y el de bulbo para la salida así como las roscas en las conexiones especiales a prueba de fugas, que se encuentran sobre la base calorimetrica.
5. A) Conecte la tubería de agua desde el suministro de agua al tanque colector, el tanque colector a la entrada del aparato, el derrame del tanque colector al desagüe y la salida del aparato al desagüe.(cerciorarse que la válvula de medición no este abierta).

B). Abra el suministro de agua: ajuste la velocidad del flujo a través del aparato por medio de la válvula de flujo de salida que esta posesionada sobre la tubería de salida de la unidad (no en la tubería de derrame). La velocidad del flujo real no es critica, pero debe buscarse una diferencia de temperatura de (X) aproximadamente. Si la velocidad de flujo es irregular y si hay

una cantidad suficiente de agua en el tanque colector, puede atraparse aire en la tubería de entrada que va del tanque colector a la unidad. Este aire debe eliminarse de la tubería sopleteando la tubería de salida de la unidad y forzando el aire hacia fuera de la tubería de entrada. usar la válvula de medición para medir el caudal de trabajo que se tomara con él baso de precipitados en ml. Contra tiempo de lectura en seg. Serrar la válvula al final

6. Conecte el instrumento pirometro a las dos terminales que están en la parte frontal del aparato con el cable conector que tiene.
7. Conecte la caja de control al enchufe que esta a lado derecho del aparato para experimentos de conductividad térmica y conecte la caja de control a un conductor principal de C. A. Monofasico. Compruebe que el voltaje de suministro sea el adecuado.
8. Conecte el aparato y revise que los focos indicadores tanto de la caja de control, como de la base calorimétrica estén operando.
9. Para que se queda obtener lecturas del aparato, el flujo de calor debe haber llegado a una condición estable. Esto se puede lograr de la manera siguiente.

A) Ajuste la entrada de corriente al máximo, aproximadamente a 0.38 amperes por el tiempo que le será señalado a cada equipo (mínimo 10 minutos máximo 15),

Nota: el agua debe estar fluyendo en forma continua.

10. Una vez que se hayan logrado las condiciones estables, se pueden tomar lecturas. Deben tomarse y registrarse las siguientes lecturas En la hoja de toma de lecturas, de la que dejaran una llena.

W1 = TEMEPERATURA DE ENTRADA DEL AGUA.

W2 = Temperatura de salida del agua.

T1= temperatura del termopar (extremo frío).muestra pequeña.

T2= temperatura del termopar (extremo caliente)muestra pequeña.

T3= temperatura del termopar (extremo fijo) muestra larga.

T4= t4emperatura del termopar (extremo caliente) muestra larga

11. A partir de estos resultados se puede determinar la conductividad térmica de la muestra y el flujo de calor a través de la muestra
12. Para determinar la conductividad térmica de cada muestra use la siguiente formula.

DONDE:

K= CONDUCTIVIDAD TERMICA.

J = Factor de conversión de calor (4186 joules /kcal)

M = Masa del agua (kilogramos).

W1 = Temperatura de entrada del agua (++++)

W2 = Temperatura de salida de agua (+++)

A = Area de la muestra (metros cuadrados).

T= Tiempo para el flujo de agua (segundos)

T3 = Temperatura del termopar (extremo frío) (++)

T4 = Temperatura del termopar (extremo caliente)

L = Distancia entre los dos termopares (m)

13. Para determinar el flujo de calor a través de la muestra, se efectúa la gráfica del gradiente de temperatura. Las líneas de la gráfica se extrapolaron para determinar las temperaturas en las superficies extremas. Estas temperaturas reciben el nombre de X1 Y X2. Una vez que se hayan encontrado estos valores, aplíquelos a la formula.

DONDE:

X1= Temperatura en el extremo del elemento (++)

X2= Temperatura en el extremo del agua (++)

L1= Longitud de la muestra larga (m)

A= Area de la muestra larga (++)

K1= Conductividad térmica del espécimen del aluminio (espécimen largo).

L_2 =Longitud de la muestra corta (++)

K_2 = Conductividad térmica de la muestra de cobre (muestra corta W/mK).

Q = Flujo de calor a través de la muestra.

PUESTA EN SERVICIO:

Antes de ensamblar el aparato, cerciőrese que no queden trozos de empaque que pudieran contaminar el agua que pasa a travės del aparato y que podría bloquear la tubería que se usa. Debe tenerse sumo cuidado de no dañar los termómetros al colocarlos dentro del portatermometros, que esta en la parte superior de la unidad.

MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD:

Se necesita muy poco mantenimiento, excepto alguna limpieza ocasional y la inspección visual periódica. Los puntos que se deben revisar durante la inspección visual son: cualquier indicio de daño o corrosión en las,muestras o de daño o deterioro de la tubería de hule que entra y sale del tanque colector. Si se observa algűn deterioro, debe cambiarse la tubería de hule. La muestra de prueba de acero dulce, esta totalmente plateada para evitar la corrosión y debe mantenerse limpio recurriendo lo menos posible a abrasivos. El aparato se debe mantener alejado de las áreas donde haya compuestos de azufre.

A continuación se enlista una tabla de las lecturas a tomar.

Se tomara una lectura inicial en cada caso y una final y en el tiempo que se tendrá encendida la resistencia para las diferentes muestras deberá de ser el mismo (diferente para cada equipo de trabajo).

LECRURA.	1 INICIAL	2 FINAL	3 INICIAL	4 FINAL	5 INICIAL	6 FINAL	7 INICIAL	8 FINAL
T. ENTRADA AGUA								
T. SALIDA AGUA.								
T. AMBIENTE								
T1								
T2								
T3								
T4								
AMPERAJE	0.0	0.38	0.0	0.38	0.0	0.38	0.0	0.38
REOSTATO								
MATERIAL ARRIBA ABAJO								
FLUJO DE AGUA								
TIEMPO								

IX ECUACIONES:

$$Q = k \left(\frac{A}{\Delta x} \right) \Delta t \left(\frac{BTU}{hr} \right)$$

$Q =$ FLUJO....DE....CALOR.

$K =$ Coeficiente de conductividad térmica $\left(\frac{BTU}{hr \cdot pie \cdot ^\circ F} \right)$

$A =$ Área de transferencia de calor pie^2

$\Delta x =$ espesor de la pared en pie.

$\Delta t =$ Diferencia de temperaturas a través de la pared en $^\circ F$

$$Q'' = m'' c (\Delta t)_a \left(\frac{kcal}{s} \right)$$

$Q'' =$ Flujo de calor.

$m'' =$ Flujo masico del agua en Kg./s.

$c'' =$ Calor especifico del agua = Kcal./kg $^\circ C$

$(\Delta t)_a =$ Elevación de temperatura del agua en $^\circ C$

BTU = 0.252 Kcal.

CON LOS DATOS TOMADOS Y LAS ECUACIONES ECHAS
RESOLBER LA PRACTICA SEGÚN EL EJEMPLO DE CALCULO
QUE A CONTINUACION SE PRESENTA

X. EJEMPLOS DE CALCULOS:

COBRE (Experimento 3).

$$D_{CU} = 25 \text{ mm} = 1/12 \text{ pie}$$

$$(\Delta x)_{CU} = 25 \text{ mm} = 1/12 \text{ pie}$$

$$(\Delta t)_i = 37 - 30 = 7^{\circ}\text{C}$$

$$(\Delta t)_a = 17 - 14 = 3^{\circ}\text{C}$$

$$m'' = 240 \text{ ml/min.} \cdot (1/1000 \cdot 60) = 0.004 \text{ kg./seg.}$$

$$Q = 0.004 \cdot 1 \cdot 3 = 0.012 \text{ kcal/seg.}$$

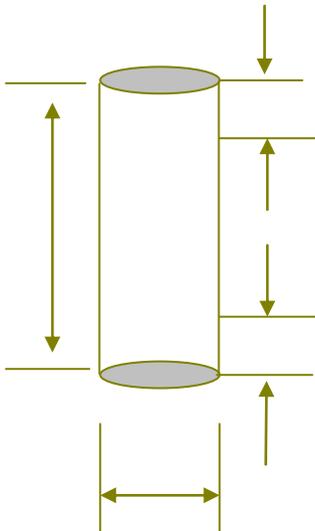
$$Q = 0.012 \cdot 3600 / 0.252 = 171.42 \text{ BTU/hr.}$$

$$K_{CU} = 0.012 \cdot 3600 \cdot 144 \cdot 4 / (0.252 \cdot 12 \cdot 1.8 \cdot \pi \cdot 7) = 171.42 \text{ BTU/hr.}$$

$$K_{CU} = 171.42 \text{ BTU/hr.} \cdot 0.04 / 0.022 = 377 \text{ W/m}^{\circ}\text{K.}$$

$$K_{AC} = 0.008 \cdot 3600 \cdot 144 \cdot 4 / (0.252 \cdot 12 \cdot 1.8 \cdot \pi \cdot 7) = 32.33 \text{ BTU/hr.}$$

$$K_{AC} = 32.33 \text{ BTU/hr.} \cdot 0.04 / 0.022 = 58.79 \text{ W/m}^{\circ}\text{K.}$$



XI.- RESULTADOS:

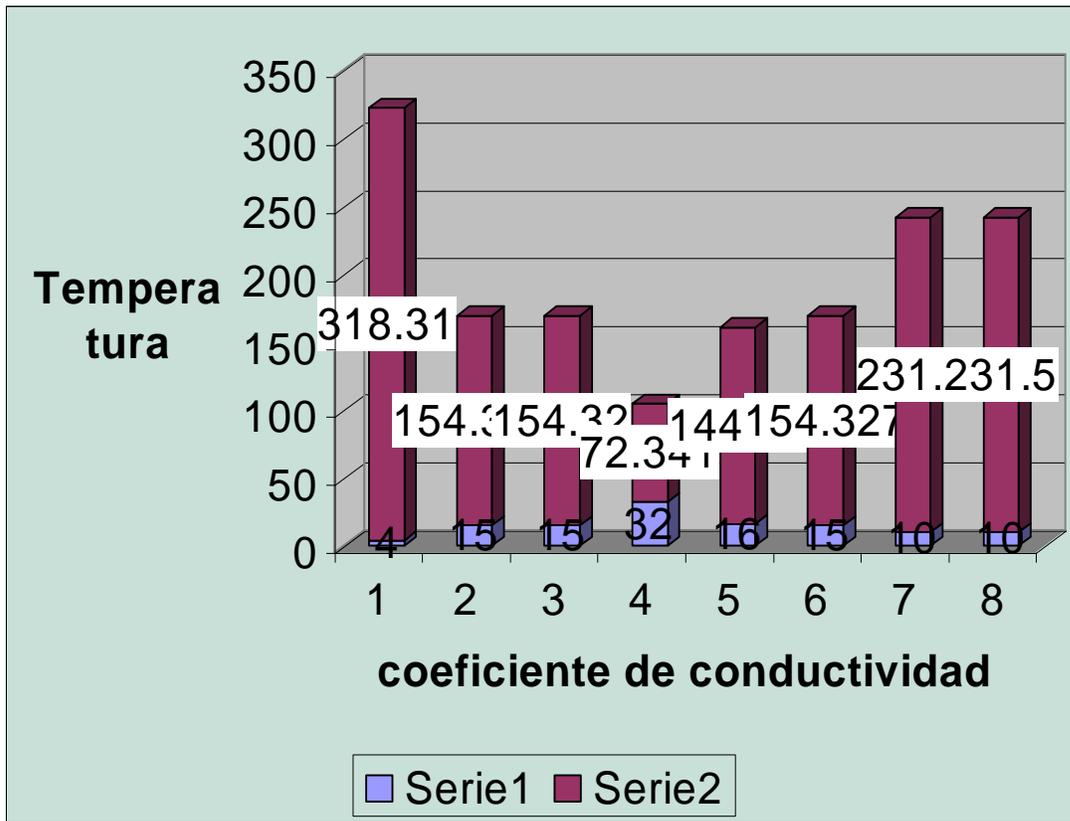
De acuerdo a los cálculos obtenidos en la sección anterior se observa que los coeficientes de conductividad térmica obtenidos en ellos, se aproximan a los dados en teoría, los cuales se muestran en la siguiente comparación:

MATERIAL	TEORIA	CALCULO
COBRE	386 W / M ⁰ k	377 W / M ⁰ k
ACERO	53.6 W / M ⁰ k	58.79 W / M ⁰ k
ALUMINIO	209 W / M ⁰ k	220.47 W / M ⁰ k

Por los datos obtenidos en la tabla anterior podemos concluir que los coeficientes experimentalmente son muy aproximados a los valores teóricos y que dicha variación, puede ser causada por un descuido al manejar las probetas y haberles realizado algún tratamiento térmico, dando como consecuencia un cambio en sus propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, etc.

Además, por la definición de aleta; la cual nos dice que una aleta se usa con el fin de incrementar la razón de transferencia de calor de una superficie, se toma en cuenta para su diseño el gradiente de temperatura y el área transversal disponible para el flujo de calor en la base de la aleta y después, se determina el número de aletas requerido: dependiendo de la cantidad de calor que se requiera disipar; por todo lo anterior, concluimos que el cobre, es un material que se puede comportar como aleta, ya que tiene un mayor coeficiente de conductividad térmica y por lo tanto disipa una mayor cantidad de calor

COBRE	TEMPERATURA	ACERO	TEMPERATURA	ALUMINIO	TEMPERATURA
0	0	0	0	0	0
377 W/ m ⁰ K	37 W/ m ⁰ K	58.79 W/ m ⁰ K	145 W/ m ⁰ K	220.47 W/ m ⁰ K	99 W/ m ⁰ K



REPORTE

El reporte contendra lo siguiente

- 1.- hoja de toma de datos.
- 2.- ecuaciones correspondientes
- 3.- resultados obtenidos.
- 4.- graficas obtenidas
- 5.- conclusiones y comparación con el ejemplo resuelto que se presento.

Los resultados se presentaran a los 8 días de que se tomaron los datos para su revisión