

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**COMPORTAMIENTO DE UNA ALETA RECTA DE SECCION
TRANSVERSAL CONSTANTE**

CURSO : FENÓMENOS DE TRANSPORTE

CATEDRÁTICO : ING. VILCA MORENO, Orlando

INTEGRANTES : GARCIA INGA, Emerzon Yensen IQA

PACHECO ALLASI, Yeraldin Mirella IQA

ROJAS ESTRADA, Juan Manuel IQA

ROJAS MOYA, Mayruth Estefany IQGNE

SANABRIA MAGRO, Gabi Luz IQA

SUELDO SANTOS, Christian IQA

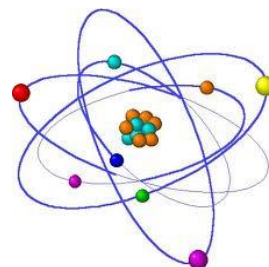
SULLCA ROMERO, Yesenia Nelly IQA

TAIPE SEDANO, Jesabel IQA

SEMESTRE :

V

**HUANCAYO-PERU
2017**



INTRODUCCIÓN

Es posible aumentar la transferencia de calor de un sistema aumentando su área superficial por medio de aletas. Las aletas se usan cuando los coeficientes de transferencia de calor por convecciones bajo lo cual sucede a menudo en gases como el aire especialmente en condiciones de convección natural.

Las superficies extendidas tienen amplias aplicaciones industriales como aletas fijadas o anexadas a las paredes del equipo de transferencia de calor, como por ejemplo: en radiadores de automóviles, enfriamiento de equipos eléctricos y electrónicos, en motores de combustión interna enfriados por el aire, en intercambiadores de calor, etc., con el fin de incrementar la rapidez del calentamiento o enfriamiento.

Los tipos de aletas que se desarrollaran en el presente laboratorio son: aletas de superficies extendidas de forma cónica o cilíndrica (tipo aguja).

RESUMEN

En el presente informe experimental, estudiamos el comportamiento de una aleta tipo rectangular lineal de sección transversal y de área constante, sometida a conducción y convección, para esto se utilizó el módulo de una aleta de aluminio.

Se dejó permanecer 5 minutos encendido el módulo (tiempo aproximado para que la aleta alcance el estado estacionario), luego se pasó a medir con un termómetro las diferentes temperaturas a lo largo de la longitud de la aleta.

Se contrastó los resultados observados con los analíticos, y se observó que las medidas no difieren mucho y tienen gran precisión, se calculó posteriormente la eficiencia y el flujo de calor respectivo a la aleta demostrando también su convergencia al estado estacionario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar el comportamiento de la temperatura en la aleta recta de sección transversal sometida a calor por Conducción.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estimar el perfil de temperaturas longitudinal de la aleta para los experimentos que se desarrollaran.
- Calcular el flujo de calor promedio disipado por la aleta.
- Calcular la eficiencia promedio de la aleta.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
RESUMEN	3
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
FUNDAMENTO TEÓRICO	6
1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN SUPERFICIE EXTENDIDAS.....	6
1.1. TIPOS DE ALETAS	6
1.2. TRANSFERENCIA DE CALOR EN ALETAS LONGITUDINALES DE SECCIÓN TRANSVERSAL CONSTANTE.....	7
1.3. COEFICIENTE DE PELÍCULA CONVECTIVA:	9
PARTE PROCEDIMENTAL.....	11
1. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO	11
1.1. MATERIALES- EQUIPOS UTILIZADOS.....	11
1.2. PROCEDIMIENTO	11
2. RESULTADOS Y CALCULOS:	12
2.1. DATOS EXPERIMENTALES:	12
2.2. DATOS BIBLIOGRÁFICOS:	12
2.3. CALCULOS:.....	13
2.4. RESULTADOS	15
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	18
CONCLUSIONES.....	21
RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXOS	24

FUNDAMENTO TEÓRICO

1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN SUPERFICIES EXTENDIDAS

En el diseño y construcción de equipos de transferencia de calor se utilizan formas simples como cilindros, placas planas y barras, las cuales son utilizadas para promover el flujo de calor entre una fuente y el medio, por medio de la absorción o disipación de calor, estas superficies son conocidas como superficies primarias o principales. Cuando a una superficie primaria se le agregan superficies adicionales, estas son conocidas como superficies extendidas o aletas.

Las aletas son sólidos que transfieren calor por conducción a lo largo de su geometría y por convección a través de su entorno, con sistemas con conducción convección.

1.1. TIPOS DE ALETAS

Las formas que adoptan las aletas son muy variadas, y dependen en gran medida de la morfología del sólido al que son adicionales y de la aplicación concreta. La aleta se denomina “aguja” cuando la superficie extendida tiene forma cónica o cilíndrica.

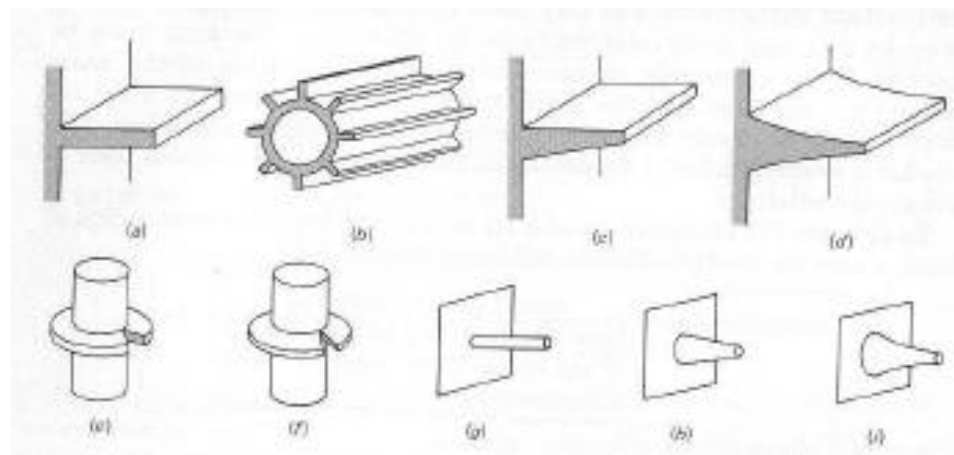


Ilustración 1 Tipos de aletas

La expresión “aleta longitudinal” se aplica a las superficies adicionales unidas a paredes planas o cilíndricas. Las “aletas radiales” van una coaxialmente a superficies cilíndricas.

1.2. TRANSFERENCIA DE CALOR EN ALETAS LONGITUDINALES DE SECCIÓN TRANSVERSAL CONSTANTE

Los perfiles rectangulares sobre superficies planas constituyen el caso más simple de superficies ampliadas. Se pueden disponer en una pared plana, o sobre la longitud axial de un tubo en dirección longitudinal, con hélices de paso elevado o sobre superficies arbitrarias de gran radio de curvatura. El conjunto constituido con aletas longitudinales rectangulares es de fácil fabricación por extrusión, fundición, colada continua, etc.

En casos especiales, las aletas longitudinales se mecanizan sobre el material de aleación de la base. Las aletas unidas a la base sin discontinuidades, mediante soldadura o presión, no tienen resistencias térmicas de contacto y son adecuadas para temperaturas elevadas dado que la base no se altera por dilataciones térmicas diferenciales siempre que no sufran efectos corrosivos o una excesiva deformación.

En régimen estacionario, el calor que se conduce a través de un sistema de aletas se elimina al exterior mediante un proceso de convección, siendo la energía disipada, en la unidad de tiempo, proporcional a su área superficial.

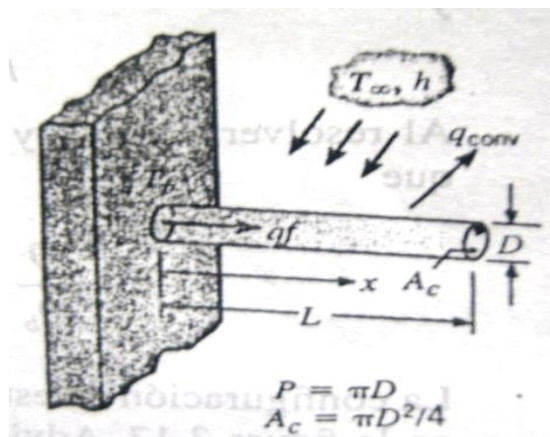


Ilustración 2 Transferencia de calor

Balance de energía:

$$q_x|_x - q_x|_{x+\Delta x} - q_x|_x = 0$$

Ecuación general

$$\frac{dA_k}{dx} \cdot \frac{dT}{dx} + A_k \frac{d^2T}{dx^2} - \frac{h}{k} (T - T_\infty) \frac{dA_k}{dx} = 0$$

Ecuación general para una aleta de sección transversal constante

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{hp}{A_k k} (T - T_\infty) = 0$$

$$M^2 = \frac{hp}{A_k k}$$

Solución general para una aleta de sección transversal constante

$$\frac{d^2T}{dx^2} - M^2 (T - T_\infty) = 0$$

$$T - T_\infty = C_1 e^{Mx} + C_2 e^{-Mx}$$

Si se aplica las siguientes condiciones límites

$$CASO I \begin{cases} x = 0 & T = T_\infty \\ x = L & \rightarrow \frac{dT}{dx} = 0 \end{cases}$$

Reemplazando se obtiene la solución particular:

- Distribución de temperatura:

$$\frac{T - T_\infty}{T_b - T_\infty} = \frac{\cosh[M(L - x)]}{\cosh[ML]}$$

- Ecuación de flujo de calor disipado por la aleta:

$$q = \sqrt{PhKA_k} (T_w - T_\infty) \tanh(ML)$$

- Eficiencia de una aleta:

$$n_f = \frac{\tanh(ML)}{ML}$$

Donde:

$$M = \sqrt{\frac{hP}{kA_K}}$$

Si se aplica las siguientes condiciones límites

$$CASO II \begin{cases} x = 0 \rightarrow T = T_{\infty} \\ x = L \rightarrow \infty T = 0 \end{cases}$$

Reemplazando se obtiene la solución particular:

- **Distribución de temperatura:**

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} = e^{-Mx}$$

- **Ecuación de flujo de calor disipado por la aleta:**

$$q = \sqrt{PhKA_K}(T_b - T_{\infty})$$

- **Eficiencia de una aleta:**

$$nf = \frac{1}{ML}$$

Donde:

$$M = \sqrt{\frac{hP}{kA_K}}$$

1.3. COEFICIENTE DE PELÍCULA CONVECTIVA:

Existiendo una transferencia de calor por convección natural del cilindro horizontal hacia el fluido (aire), se tiene:

- **Número de Nusselt:**

Es el coeficiente básico de la transferencia de calor por convección.

$$Nu = \frac{hD_l}{k}$$

- **Número de Rayleigh:**
Se utiliza en problemas de convección libre

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

- **Número de Grashof:**
Es el cociente entre las fuerzas de flotación y las fuerzas de viscosidad.

$$Gr = \left(\frac{g\beta\rho}{\mu^2} \right) D_l^3 (T_b - T_\infty)$$

Número de Grashof la temperatura de película:

$$T_p = \frac{T_b - T_\infty}{2}$$

- **Número de Prandtl:**
Es el cociente entre el impulso y la difusividad térmica.

$$Pr = \frac{c_p \mu}{k}$$

Ecuación para determinar h:

$$Nu = C Ra^n$$

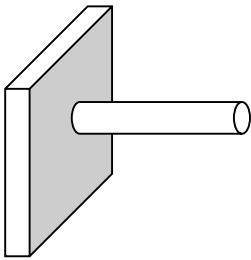



Donde tenemos que:

$$h = \frac{k}{D_l} C Ra^n$$

PARTE PROCEDIMENTAL

1. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

1.1. MATERIALES- EQUIPOS UTILIZADOS

Aleta tipo aguja de aluminio	Cocinilla eléctrica
	
Termómetro.	Cronómetro
	

1.2. PROCEDIMIENTO

- ❖ Conectar la cocinilla en la posición correcta para el calentamiento
- ❖ Dejar transcurrir el tiempo necesario hasta que todas las temperaturas sean estables, es decir hasta que alcance el régimen permanente en la transmisión de calor

- ❖ Anotar las temperaturas en los distintos puntos de la aleta y la temperatura ambiental con el termómetro.

2. RESULTADOS Y CALCULOS:

2.1. DATOS EXPERIMENTALES:

Tabla 1 Datos de la superficie extendida

MATERIAL	Aluminio
DIÁMETRO (cm)	1.3
LONGITUD (cm)	38.2
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/(m·K)	237

Tabla 2 Datos calculados en la pared

x(m)	T (°K) fluido	T en la pared 1	T en la pared 2
0	292	382	383
		Experimento 1	Experimento 2
0.027	292	367	363
0.132	292	343	341
0.191	292	327	325
0.254	292	317	315
0.314	292	313	311
0.382	292	305	309

2.2. DATOS BIBLIOGRÁFICOS:

Propiedades termofísicas del aire a 292 K:

$$T=292 \text{ K}$$

$$\mu = 184,6 \cdot 10^{-7} \text{ N.s/m}^2$$

$$\rho = 1,1614 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu = 15,86 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 26,3 \cdot 10^{-3} \text{ W/(m·K)}$$

$$Pr=0.707$$

Valores de las constantes de la ecuación de Nusselt por convección natural en un cilindro horizontal

$$105 < Ra < 107$$

$$C = 0,54$$

$$n = 0,25$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 1/292 = 0,00342$$

2.3. CALCULOS:

Hallando h (para $T_w = 382$):

- **Número de Grashof:**

$$G_r = \left(\frac{g\beta\rho}{\mu^2} \right) D_l^3 (T_w - T_\infty)$$

$$G_r = \left(\frac{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,00342 \frac{1}{\text{K}} \times 1,1614 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{\left(184,6 \cdot 10^{-7} \frac{\text{N.s}}{\text{m}^2} \right)^2} \right) 0,013 \text{ m}^3 (382 \text{ K} - 292 \text{ K})$$

$$G_r = 2467.10789$$

- **Número de Prandtl:**

$$P_r = \frac{c_p \mu}{k} = 0.707$$

- **Número de Rayleigh:**

$$R_a = G_r \cdot P_r = 2467.10789 \times 0.707$$

$$R_a = 1744.2453$$

Determinación de “h”

$$h = \frac{k}{D_l} C R_a^n$$

$$h = \frac{26,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}}{0.013 \text{ m}} \times 0,54 \times 1744.2453^{0,25}$$

$$h = 7.060 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Determinación de “N”

$$N = \sqrt{\frac{hP}{kA_K}}$$

$$P = \pi D = 3.1416 \times 0.013 \text{ m} = 0.0408 \text{ m}$$

$$A_K = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.013 \text{ m})^2}{4} = 0.000133 \text{ m}^2$$

$$N = \sqrt{\frac{7.060 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \times 0.0408 \text{ m}}{237 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \times 0.000133 \text{ m}^2}}$$

$$N = 3.0230$$

Para el caso II:

$$\text{CASO II} \begin{cases} x = 0 & T = T_{\infty} \\ x = L & \rightarrow \frac{dT}{dx} = 0 \end{cases}$$

Perfil de temperatura:

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_w - T_{\infty}} = \frac{\cosh[N(L - x)]}{\cosh[NL]}$$

$$\frac{T - 292}{382 - 292} = \frac{\cosh[3.0230(0.382 - x)]}{\cosh[3.0230 * 0.382]}$$

$$T = \frac{90 \times \cosh[3.0230(0.382 - x)]}{\cosh[3.0230 * 0.382]} + 292$$

Calor disipado por la aleta:

$$q = \sqrt{PhKA_K} \tanh(NL)(T_w - T_\infty)$$

$$q = \sqrt{0.0408 \text{ m} \times 7.060 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \times 237 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \times 0.000133 \text{ m}^2 \tanh(3.0230 * 0.382 \text{ m})} \\ \times (382 \text{ K} - 292 \text{ K})$$

$$q = 0.4564 \text{ Watts}$$

Eficiencia de la aleta:

$$n_{T_w=382} = \frac{\tanh(NL)}{NL}$$

$$n_{T_w=382} = \frac{\tanh(3.0230 * 0.382 \text{ m})}{3.0230 * 0.382 \text{ m}}$$

$$n_{T_w=382} = 0.7095$$

2.4. RESULTADOS

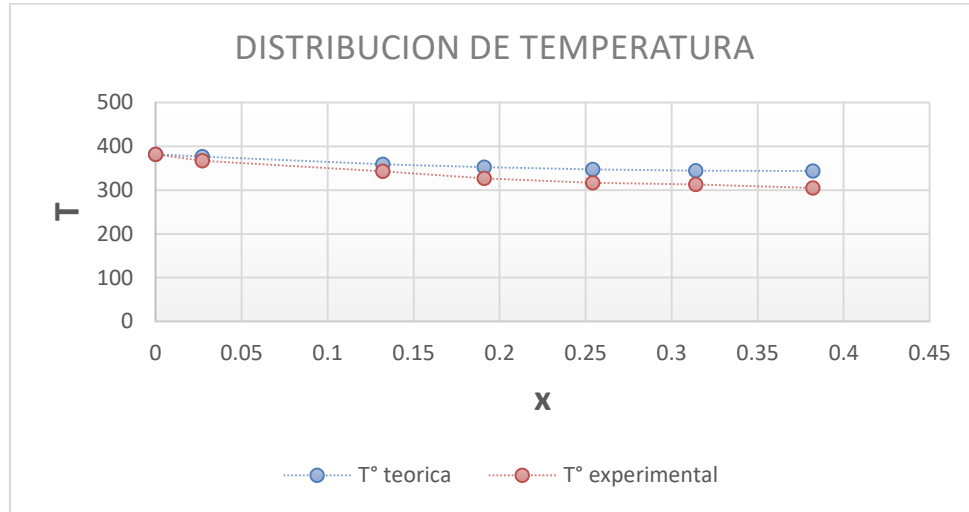
$$T_w = 382^\circ \text{K}$$

Tabla 3 Comparación de los datos obtenidos y teóricos

Experimento 1	x (m)	T(°K) teorica	T(°K) experimental
	0	382	382
	0.027	376.274538	367
	0.132	359.0488778	343
	0.191	352.4412212	327
	0.254	347.5098159	317

0.314	344.6925966	313
0.382	343.5985634	305

Grafico 1 Distribución de la temperatura con respecto a x

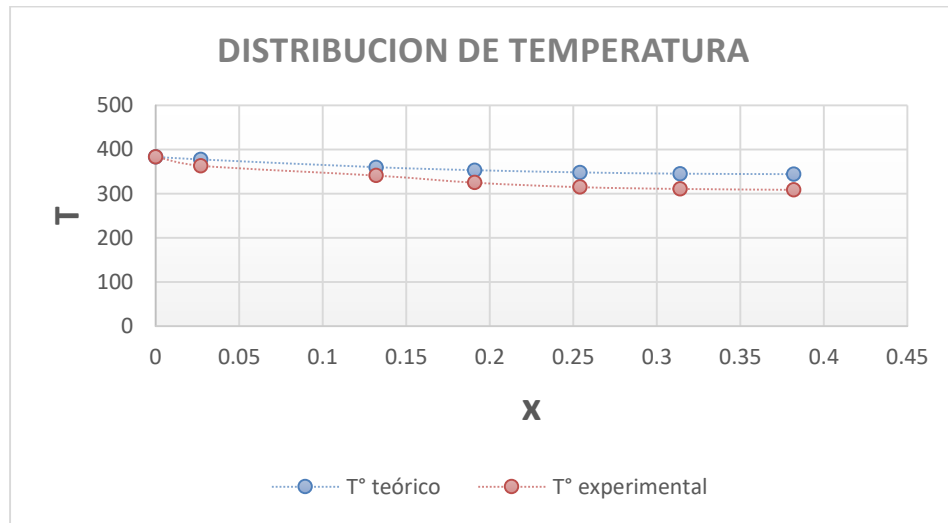


$$T_w = 383^{\circ}K$$

Tabla 4 Comparación de los datos experimentales y teóricos

x(m)	T(°K) teórica	T(°K) experimental
0	383	383
0.027	377.1993607	363
0.132	359.7502107	341
0.191	353.0579988	325
0.254	348.0639551	315
0.314	345.2111401	311
0.382	344.1033219	309

Grafico 2 Distribución de temperatura con respecto a x



Perfil de temperatura:

$$T = \frac{90 \times \cosh[3.0230(0.382 - x)]}{\cosh[3.0230 * 0.382]} + 292$$

Calor disipado por la aleta:

$$q = 0.4564 \text{ Watts}$$

Eficiencia de la aleta:

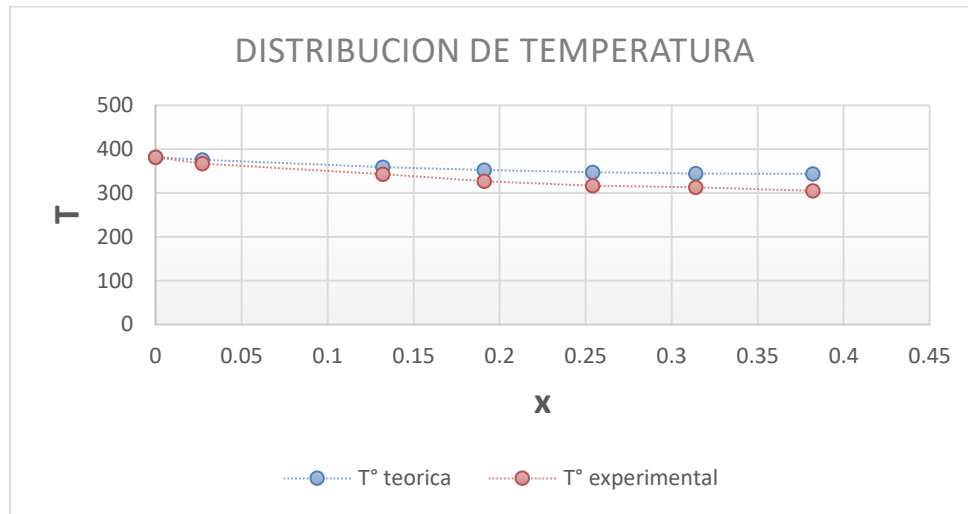
$$n_{T_{W=382}} = 0.7095$$

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 5 Comparación de los datos obtenidos y teóricos

Experimento 1	x (m)	T(°K) teorica	T(°K) experimental
	0	382	382
	0.027	376.274538	367
	0.132	359.0488778	343
	0.191	352.4412212	327
	0.254	347.5098159	317
	0.314	344.6925966	313
	0.382	343.5985634	305

Grafico 3 Distribución de la temperatura con respecto a x

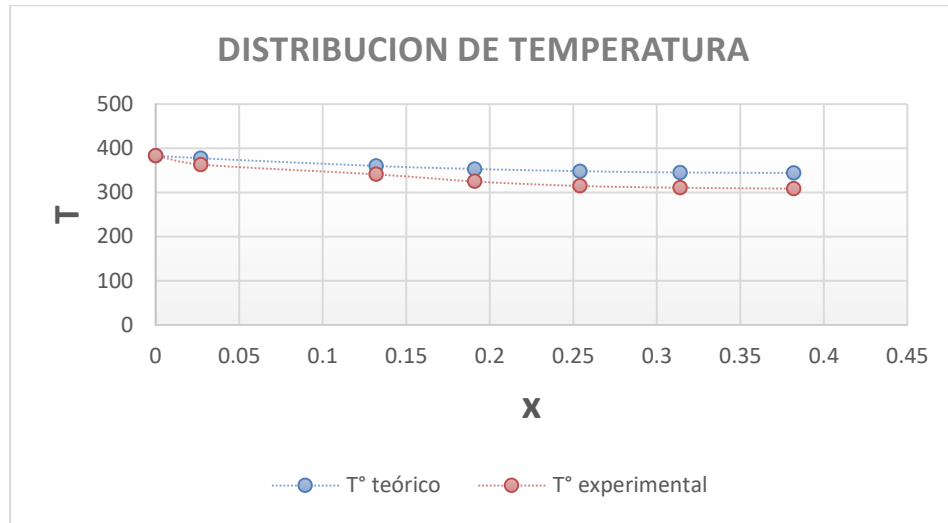


$$T_w = 383^\circ K$$

Tabla 6 Comparación de los datos experimentales y teóricos

Experimento 2	x(m)	T(°K) teorica	T(°K) experimental
	0	383	383
	0.027	377.1993607	363
	0.132	359.7502107	341
	0.191	353.0579988	325
	0.254	348.0639551	315
	0.314	345.2111401	311
	0.382	344.1033219	309

Grafico 4 Distribución de temperatura con respecto a x



Perfil de temperatura:

$$T = \frac{90 \times \cosh[3.0230(0.382 - x)]}{\cosh[3.0230 * 0.382]} + 292$$

Calor disipado por la aleta:

$$q = 0.4564 \text{ Watts}$$

Eficiencia de la aleta:

$$n_{T_w=382} = 0.7095$$

- Los resultados obtenidos para los valores usados en la parte experimental fueron:

Constantes	Magnitud
Temperatura base	443.15 K
Temperatura en el extremo de la aleta	292.15 K
Densidad del fluido	$\rho = 1.2144 \frac{kg}{m^3}$
Viscosidad del fluido	$\mu = 1.905 \times 10^{-5} \frac{kg}{m.s}$

- ❖ También se determinó los valores siguientes:

Número de Grashof

$$Gr = 16.37 \times 10^3$$

Hallando C_p (J/kg.k)

$$X = C_p = 1.0056 \times 10^3$$

Hallando K: (w/mk)

$$X = K = 0.0256$$

Número de Prandtl:

$$Pr = 0.748$$

Número de Rayleigt:

$$Ra = 12.24 \times 10^3$$

- ❖ Calculamos el coeficiente de conductividad:

$$h = 15.68 \frac{w}{m^2.k}$$

- ❖ Hallamos el valor de M:

$$M = 31.29m^{-1}$$

- ❖ Calculamos la eficiencia de la aleta

$$n_f = 6.52 \times 10^{-2}$$

CONCLUSIONES

- ❖ Se analizó el comportamiento de la temperatura en la aleta en la cual se pudo obtener temperaturas diferentes respecto al alejamiento de la pared que en este caso se pudo ver valores diferentes en cada distancia “x” variable.
- ❖ Se logró obtener el perfil longitudinal de la aleta para los 2 experimentos:

$$T_1 = \frac{90 \times \cosh[3.0230(0.382 - x)]}{\cosh[3.0230 * 0.382]} + 292$$

$$T_2 = \frac{91 \times \cosh[3.0272(0.382 - x)]}{\cosh[3.0272 * 0.382]} + 292$$

- ❖ Se logró calcular el calor promedio disipado.

$$q = Watts$$

- ❖ La eficiencia promedio calculada en la aleta fue:

$$n =$$

RECOMENDACIONES

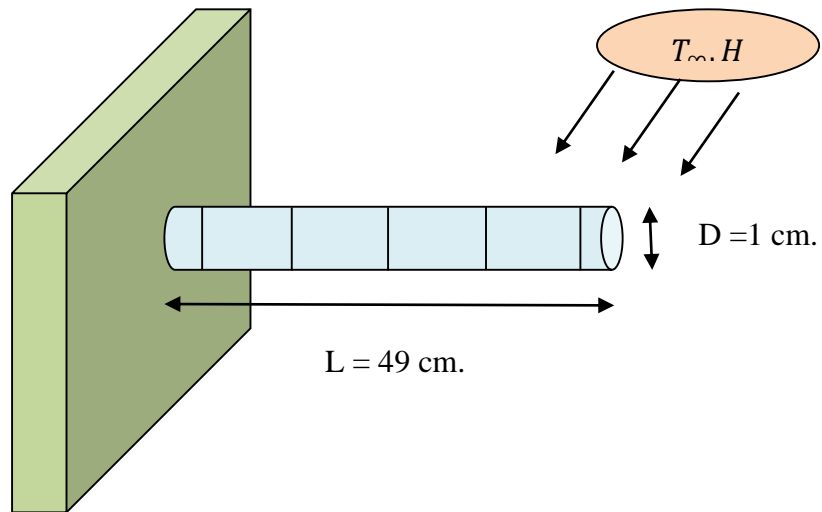
- ❖ Para el desarrollo de este trabajo experimental de superficies extendidas se recomienda tener presente que la forma como se suministra el calor a la pared debe de ser uniforme.
- ❖ Para hallar los cálculos y comparar con los ya establecidos teóricamente se tendrán un margen de error, puesto que no se cuentan con tablas de las propiedades termofísicas del aire a las condiciones de Huancayo.
- ❖ Se pone en conocimiento que en la realización del laboratorio se debe de controlar la temperatura a un tiempo establecido para no tener errores en los cálculos.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Bird. R.B, Stewart ,W .E y LigthFott,E.N “Fenómenos de Transporte”, Editorial Reverte, 3ª Edición. Impreso en España 1982, Pags 10-18.
- ❖ Enzo Levi, Elementos de Mecanica del Medio Continuo. México: Editorial Limusa-Wiley, 1968. Pág. 180.
- ❖ Bennett C.D. Myers. Transferencia de cantidad de movimiento Calor y Materia. Madrid McGRRAW HILL Interamericana de España S.A., 1996. Pág. 227, 368-381, 405-408.
- ❖ [www.visco/des/org/com](http://www.visco.des.org/com)

ANEXOS

ALETA TIPO AGUJA USADO EN EL EXPERIMENTO



CALCULO DE M EN EXCEL:

Tw	T infinita	Tw-Tinfinita	M	L	x	M(L-x)	ML	T
292.15	443.15	151	29.837828	0.49	0	14.620536	14.620536	443.15
292.15	443.15	151	29.857541	0.49	0.05	13.137318	14.630195	326.0835
292.15	443.15	151	29.857541	0.49	0.15	10.151564	14.630195	293.86369
292.15	443.15	151	29.857541	0.49	0.25	7.1658098	14.630195	292.23654
292.15	443.15	151	29.857541	0.49	0.35	4.1800557	14.630195	292.15437
292.15	443.15	151	29.857541	0.49	0.45	1.1943016	14.630195	292.15024
292.15	443.15	151	29.857541	0.49	0.49	0	14.630195	292.15013
292.15	442.15	150	29.857541	0.49	0	14.630195	14.630195	442.15
292.15	442.15	150	29.857541	0.49	0.05	13.137318	14.630195	325.85878
292.15	442.15	150	29.857541	0.49	0.15	10.151564	14.630195	293.85234
292.15	442.15	150	29.857541	0.49	0.25	7.1658098	14.630195	292.23597
292.15	442.15	150	29.857541	0.49	0.35	4.1800557	14.630195	292.15434
292.15	442.15	150	29.857541	0.49	0.45	1.1943016	14.630195	292.15024
292.15	442.15	150	29.857541	0.49	0.49	0	14.630195	292.15013