

Calculo del Coeficiente de Transferencia de Calor por Convección y Nu , para un ambiente controlado.

Carlos A. Cedeño D., Ms.c.¹, Fernando Osorio, IV año Electromecánica², y Sundar Singh, IV año Electromecánica¹
¹Universidad Tecnológica de Panamá, República de Panamá, carlos.cedeno@utp.ac.pa, sundar.singh@utp.ac.pa and
² Universidad Tecnológica de Panamá, República de Panamá, fernando.osorio@utp.ac.pa

Abstract - The convective heat transfer is the transfer mechanism more complex variables because of their dependence variables (fluid properties). In particular it depends on the speed caused by the massive movement of the fluid. This mechanism is proportional to the temperature difference and is expressed by Newton's law of cooling and whose variable studied in this experiment is the coefficient of convective heat transfer (h). The experiment tells us that "h" under a non-slip condition ($V \equiv 0$ m/s) and controlled environment, due to normal standards and constant environmental conditions will not change, which leads to maximize the efficiency of the equipment air conditioning for human comfort in an enclosure, and increase energy efficiency due to the reduction of energy losses, and having less convection, conduction predominate.

Keywords-- heat transfer, Nusselt Number, convection coefficient.

I. INTRODUCCION.

La convección es el modo de transferencia de energía, en forma de calor, entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos [1]. La misma se puede dar de forma natural o forzada. Es de interés tratar en este trabajo la convección natural (o libre), la cual ocurre cuando el movimiento del fluido es causado por fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a las variación de la temperatura de ese fluido [1]. En una convección natural o libre no es fácil notar el movimiento de un fluido debido a las bajas velocidades (V), menores de 1 m/s, que intervienen., por lo que *coeficiente de transferencia de calor por convección* (h) depende en gran medida de la velocidad, ya que entre más alta sea ésta, más alto será h . En el caso de la convección natural el h será más bajo que para la convección forzada, por efectos de la V . La conceptualización antes planteada nos lleva a deducir que la convección natural dependerá en mayor parte de las

propiedades del fluido, como son la viscosidad dinámica (μ), la conductividad térmica (k), la densidad (ρ), y el calor específico (C_p); la configuración geométrica y la aspereza de la superficie sólida, y en especial depende de la velocidad que tenga el fluido y el tipo, ya sea laminar o turbulento [2]. Una forma de representar el mecanismo de transferencia calor por convección es mediante la ley de Newton de enfriamiento la cual es

$$\dot{Q} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (1)$$

Donde, h =Coeficiente de transferencia de calor por convección, $W/m^2\text{C}$; A_s =Área superficial de transferencia de calor, m^2 ; T_s =Temperatura de la superficie, $^\circ\text{C}$; T_∞ = Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie, $^\circ\text{C}$.

Para un ambiente en donde estas propiedades son bastante constantes, como es el área delimitada, en este caso la región conocida como el Arco Seco, República de Panamá, la variación del valor del h , bajo condiciones naturales, es probable sea mínimo. Pero en condiciones controladas será posible calcular valores de h representativos y diferentes.

El objetivo del presente resultado del trabajo de investigación tiene como finalidad el estudiar el h , bajo la condición de convección natural y en condiciones controladas, para un área delimitada, y su correlación con el *Número de Nusselt* (Nu). El Nu representa el mejoramiento de la transferencia de calor a través de una capa de fluido como resultado de la convección en relación con la conducción a través de la misma capa.

$$Nu = \frac{hL_c}{k} = \frac{\partial T^*}{\partial y^*} \Big|_{y^*=0} = g_2(x^*, Re_L, Pr) \quad (3)$$

donde, k es la conductividad térmica del fluido y L_c es la longitud característica [3]. Entre mayor sea el número de Nusselt, más eficaz es la convección. Un número de Nusselt igual a 1 para una capa de fluido representa transferencia de calor a través de ésta por conducción pura [1].

II. MATERIALES Y METODOS.

La presente investigación es correlacional, al vincular más de una variable en la experimentación. El experimento consistió en aplicar voltaje a una resistencia de potencia, la cual disipará calor cuando la corriente empiece a fluir a través de ella. La potencia de la resistencia es teóricamente igual al flujo de calor que liberará y teniendo el conocimiento del área superficial de la resistencia y midiendo la diferencia de temperatura entre la resistencia y el ambiente, se procedió a realizar el cálculo del h .

Las mediciones de temperatura del ambiente fueron tomadas durante siete (7) días, en verano, a diferentes horas del día; al igual que la de la superficie de la resistencia. Para la experimentación se utilizaron los siguientes equipos y materiales: Multímetro Amprobe AM-570 (para la medición de resistencia, voltaje y temperaturas), resistencias de potencia

de 10ohm 25Watts y 20ohm 25 Watts y un cargador regulable 12/9/6/3 Voltios. Las mediciones se realizaron con un solo termopar para unificar y reducir errores de medida.

III. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Al dejar calentarse la resistencia por unos 15 minutos para que alcanzara la temperatura máxima en su superficie y está ya no variara y se mantuviese constante se procedía a medir la temperatura del ambiente y luego la temperatura de la superficie de la resistencia con el multímetro AM-570 se midió las resistencias las cuales fueron muy próximas al valor nominal en un 9.56 ohm y un 19.5 ohm, luego se medía el voltaje aplicado a la resistencia el cual fue regulado para obtener diferentes valores de potencia.

El multímetro Amprobe AM-570 (de cromo aluminio) brinda una medición por medio de termopares eléctricos para censar temperaturas hasta 400°C, a la vez que nos permitía medir voltajes y resistencias para obtener los valores de potencia por lo tanto era la pieza central del experimento. Las resistencias de potencia permiten que se les aplique una corriente superior a las convencionales y por su forma uniforme facilita en gran manera los cálculos de área y Longitud característica. Las tablas a que a continuación se presentan muestran los datos obtenidos

TABLA 1
REGISTRO DE TEMPERATURAS

Días	Hora	T. Ambiente (°C)	T.Superficie (°C)	Potencia (W)	Area Sup. (m²)	h (W/m²)
29/06/2014	9:16am	27	129	13,47	3,60E-03	36,64
29/06/2014	8:58pm	29	132	13,47	3,60E-03	36,29
30/06/2014	3:10pm	32	137	13,47	3,60E-03	35,60
30/06/2014	8:30pm	30	136	13,47	3,60E-03	35,26
01/07/2014	4:15pm	33	135	13,47	3,60E-03	36,64
01/07/2014	7:50pm	31	127	13,47	3,60E-03	38,93
02/07/2014	3:23pm	32	92	7,89	3,60E-03	36,49
02/07/2014	10:56pm	28	89	7,89	3,60E-03	35,89
03/08/2014	4:41pm	31	93	7,89	3,60E-03	35,31
03/08/2014	8:32pm	29	88	7,89	3,60E-03	37,11
04/07/2014	3:09pm	33	83	6,88	3,60E-03	38,18
04/07/2014	10:01pm	28	80	6,88	3,60E-03	36,71
05/07/2014	9:50am	28	79	6,88	3,60E-03	37,43
05/07/2014	10:49pm	29	81	6,88	3,60E-03	36,71134637

Día	Hora	T. Ambiente (°C)	Lc (m)	h (W/m²)	Kaire (W/m)	Nus
29/06/2014	9:16am	27	3,03E-03	36,64	0,025658	4,33
29/06/2014	8:58pm	29	3,03E-03	36,29	0,025806	4,26
30/06/2014	3:10pm	32	3,03E-03	35,60	0,026028	4,14
30/06/2014	8:30pm	30	3,03E-03	35,26	0,02588	4,13
01/07/2014	4:15pm	33	3,03E-03	36,64	0,026102	4,25
01/07/2014	7:50pm	31	3,03E-03	38,93	0,025954	4,55
02/07/2014	3:23pm	32	3,03E-03	36,49	0,026028	4,25
02/07/2014	10:56pm	28	3,03E-03	35,89	0,025732	4,23
03/08/2014	4:41pm	31	3,03E-03	35,31	0,025954	4,12
03/08/2014	8:32pm	29	3,03E-03	37,11	0,025806	4,36
04/07/2014	3:09pm	33	3,03E-03	38,18	0,026102	4,43
04/07/2014	10:01pm	28	3,03E-03	36,71	0,025732	4,32
05/07/2014	9:50am	28	3,03E-03	37,43	0,025732	4,41
05/07/2014	10:49pm	29	3,03E-03	36,71	0,025806	4,31

Como se puede observar claramente el valor de h se comprende entre los rangos de 35.26 y 38.93 W/m² y los del Nu de 4.13 y 4.55, respectivamente. Los colores representan entre más oscura es la tonalidad más alto el valor y oscila entre azul y rojo para el caso de la temperatura y la conducción

térmica. El valor de h se puede promediar fácilmente a unos 36.66W/m² siendo un valor bajo debido a las altas temperaturas que se dan en la región.

Por otro lado el Nu también se mantiene casi constante a un valor promedio de 4.29. Las fluctuaciones que se observan en la Fig. 1 y Fig. 2 son debido a que puede haber situaciones que hayan influido como corrientes de aire o descalibración del equipo. Pero a pesar de ello no varían en un amplio rango, reduciendo de esta forma el error en la medición.

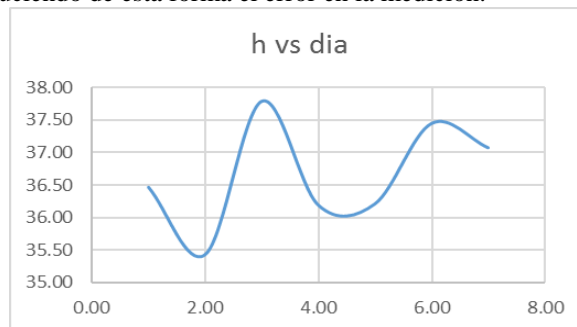


Fig. 1 Grafico de la oscilación en las mediciones del valor promedio diario a través de la semana de toma de datos.

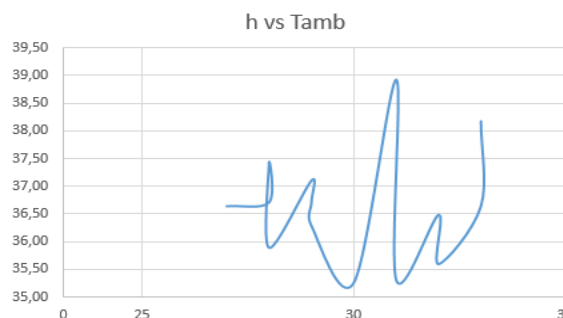


Fig. 2 Grafico de la variación del coeficiente de convección con respecto a la temperatura ambiente donde se puede observar un decaimiento de esta medida que aumenta la temperatura excepto por unos picos que se pueden considerar como errores en la medición o influencia de factores externos a la hora de la medición.

IV. CONCLUSIONES.

En función del objetivo planteado y los resultados obtenidos, podemos decir que, los valores calculados de h y Nu , no varían, respecto al valor más pequeño de los dos, en más de un 10% para ambos casos. Esto es debido a que en la región de estudio las temperaturas, demás propiedades térmicas y fluiditas, son relativamente constantes, dadas hoy en día, por variaciones climáticas, una temporada seca más extendida, que hace 10 años atrás. Además, la velocidad de los vientos es pequeña en esta región, a diferencias de otras regiones dentro del país, ubicadas a más menos 100 km de distancia. La región de Azuero cuenta con un clima muy estable y poco variable por lo tanto los resultados arrojan valores casi constantes. Es probable que la cercanía en los resultados también se halla dado, debido a que el uso de una resistencia eléctrica disipa casi toda su potencia eléctrica en

forma de calor, lo que las hace no aptas por la afectación en la medición de los equipos.

Es un hecho de que los coeficientes locales de transferencia de calor por convección (h) para la zona en estudio y el ambiente controlado y tienden a ser constante y que pudiera variar, dado el caso que existiera una marcada y variable diferencia de temperaturas entre la superficie y el ambiente.

Lo anterior nos lleva a concluir que, la atmosfera de la región, puede considerarse como un ambiente controlado, en donde la condición de *no deslizamiento* tiene aplicación, debido a que la velocidad de las capas del flujo (aire) tienen a cero por aproximación, y por ende, el coeficiente local de transferencia de calor por convección (h) puede ser modelado o promediados mediante la expresión $h = -k_{\text{fluido}}(\partial T/\partial y)_{y=0} / (T_s - T_a)$, en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ [1].

La ventaja de tener el h constante, y un modelo matemático validado que lo represente, es que el acondicionamiento de aire de espacios (ej. Viviendas y otras en Azuero) mediante sistema de refrigeración por compresión de vapor, será más eficiente, debido a que el mecanismo de transferencia de calor predominante será la conducción, reduciendo en gran medida las pérdidas de energía en forma de calor y el aumento de la eficiencia energética, de éstos sistemas.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto fue posible gracias al apoyo de los estudiantes de la asignatura de Transferencia de Calor de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá – Centro Regional de Azuero.

REFERENCIAS

- [1] Y. Cengel, *Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico*. 3^{ra} ed. México: McGraw Hill-interamericana. 2007. pp. 355-359.
- [2] F. Incropera, *Fundamentos de transferencia de calor*. 2^{da} ed. México: Prentice Hall, 1996.
- [3] P. Fernández Díez, *Ingeniería Térmica y de Fluidos*, España: E.T.S. de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Universidad de Cantabria, 2009. <http://es.pfernandezdiez.es/>