



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DETERMINACIÓN DEL FLUJO INICIAL DE CALOR DE LA SUPERFICIE
INTERNA DE UN HORNO APLICANDO LA SEGUNDA LEY DE LA
TERMODINÁMICA

CRUZ ASECIO ROBERT ISAAC
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DETERMINACIÓN DEL FLUJO INICIAL DE CALOR DE LA
SUPERFICIE INTERNA DE UN HORNO APLICANDO LA
SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

CRUZ ASENCIO ROBERT ISAAC
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

DETERMINACIÓN DEL FLUJO INICIAL DE CALOR DE LA SUPERFICIE INTERNA
DE UN HORNO APLICANDO LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

CRUZ ASECIO ROBERT ISAAC
INGENIERO QUÍMICO

MUÑOZ BRAVO GARY HITLER

MACHALA, 24 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
24 de agosto de 2022

Determinación del flujo inicial de calor de la superficie interna de un horno aplicando la Segunda Ley de la Termodinámica

por Robert Isaac Cruz Asencio

Fecha de entrega: 19-ago-2022 08:47a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1884136355

Nombre del archivo: Parte_Practica_-_Complexivo_Final_-_Cruz_Robert_10.pdf (288.67K)

Total de palabras: 3114

Total de caracteres: 15351

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CRUZ ASENCIO ROBERT ISAAC, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Determinación del flujo inicial de calor de la superficie interna de un horno aplicando la Segunda Ley de la Termodinámica, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 24 de agosto de 2022



CRUZ ASENCIO ROBERT ISAAC
0750104325

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de ejercer esta carrera.

A mi Madre: Francia Asencio, que con sus enseñanzas y consejos me han ayudado a ser mejor persona, y que con su amor incondicional me han dado la motivación necesaria para mantenerme firme en todo el transcurso de mi carrera.

A mi familia, por hacerme presente en sus oraciones y brindarme su apoyo.

Robert Isaac Cruz Asencio

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi carrera.

A mi madre por día a día hacerme presente en sus oraciones, y por todo lo que hizo por mí durante todos estos años.

A mi familia por prestarme su ayuda durante todo el transcurso de la carrera, en momentos en que los necesitaba.

A mis amigos por los buenos momentos pasados.

Robert Isaac Cruz Asencio

RESUMEN

La segunda ley de la termodinámica manifiesta que el calor únicamente puede fluir de un cuerpo caliente a un cuerpo frío, solo si existe una diferencia de temperaturas, bajo este principio se ha desarrollado el enunciado. El presente trabajo tiene como objetivo determinar las velocidades iniciales de flujo de calor en cada superficie interna presentada en un horno, bajo condiciones y parámetros establecidos en el caso. Se determinó el área de cada una de las placas y la temperatura fue convertida a grados Rankine. Mediante la aplicación de la Segunda Ley de la Termodinámica, y por medio de la ecuación de radiación a un objeto circundante, se pudo determinar las velocidades iniciales de transferencia de calor de cada superficie interna. El sistema inglés ha sido el sistema de unidades empleado. Los resultados obtenidos: $q_{A1} = 280113.71$, $q_{A3} = 560227.42$, $q_{A5} = 2147887.057$, $q_{A6} = 752879.27$, expresados en $\frac{btu}{h}$, siendo cada uno de estos valores el flujo de pérdida de calor de cada placa con relación al agua de la tubería, siendo el área 5 el flujo inicial de pérdida de calor más alto.

Palabras clave: segunda ley termodinámica, transferencia de calor, flujo de calor, superficie interna

ABSTRACT

The second law of thermodynamics states that heat can only flow from a hot body to a cold body, only if there is a temperature difference, under this principle the statement has been developed. The objective of this work is to determine the initial speeds of heat flow in each internal surface presented in an oven, under conditions and parameters established in the case. The area of each of the plates was determined and the temperature was converted to Rankine degrees. By applying the Second Law of Thermodynamics, and by means of the radiation equation to a surrounding object, the initial heat transfer rates of each internal surface could be determined. The English system has been the system of units used. The results obtained: $q_{A1} = 280113.71$, $q_{A3} = 560227.42$, $q_{A5} = 2147887.057$, $q_{A6} = 752879.27$ expressed in btu/h, each of these values being the heat loss flux of each plate in relation to the water in the pipe, with area 5 being the highest initial heat loss flux.

Keywords: second thermodynamic law, heat transfer, heat flux, internal surface

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Fabricación de plástico	3
1.2 Horno mezclador	3
1.3 Segunda Ley de la Termodinámica	4
1.4 Constante de Boltzmann	5
1.5 Energía radiante	5
1.6 Fuentes de radiación	5
1.7 Ecuación de radiación para un objeto circundante	6
1.8 Superficie de emitancia	6
1.9 Transferencia de calor	6
1.9.1 Conducción	7
1.9.2 Convección	7
1.9.3 Radiación	8
2. METODOLOGÍA	9
3. CONCLUSIONES	12
BIBLIOGRAFÍA	13

INTRODUCCIÓN

La segunda ley de la termodinámica revela las propiedades de reversibilidad/estabilidad o irreversibilidad/inestabilidad de un proceso de interacción de uno u otro grado de libertad o de otra forma de intercambio de energía. Revela la reacción del sistema, describe una interacción macroscópica como una forma de cambiar el desequilibrio y destaca el estado especial del grado de libertad térmica como el más equilibrado (estable), seleccionando así la energía térmica, tanto cualitativa como cuantitativamente. La segunda ley subraya la irreversibilidad crucial de la termodinámica de todos los procesos de conversión de energía y dirige esta irreversibilidad al grado de libertad térmica como la forma de energía más sostenible.¹

Greene manifiesta que: “La Segunda Ley de la Termodinámica” requiere que la energía se transfiera de un cuerpo a otro solo si los dos cuerpos están a diferentes temperaturas, y que el calor fluya del cuerpo a la temperatura más alta al cuerpo a la temperatura más baja, en esencia, esta es una afirmación de que debe existir un gradiente térmico en el sólido y que el calor fluye a favor del gradiente térmico.²

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo aplicar los principios básicos de la Segunda Ley de la Termodinámica, para determinar la velocidad del flujo de calor de cada superficie interna presente en un horno, hallar el área de cada una de las placas presentes, bajo los parámetros y datos establecidos en el enunciado.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la velocidad inicial de transferencia de calor para cada superficie interna de un horno aplicando la segunda ley de la termodinámica

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular cada una de las áreas de la superficie interna del horno
- Interpretar las velocidades iniciales de transferencia de calor obtenidas en cada superficie del horno.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Fabricación de plástico

El poli tereftalato de etileno, polietileno tereftalato es el compuesto que se usa para elaborar piezas plásticas³. El nivel de complejidad de degradación del plástico se debe a que es creado a base de químicos de origen petrolero.⁴ El uso de los polímeros naturales como matrices poliméricas y el proceso en la obtención de una pieza plástica, es la causa principal para la creación de los biopolímeros plásticos, al usar polisacáridos y proteínas en la creación de esta placa, va a obtener como producto películas transparentes y manifestarán características mecánicas moderadas.⁵ Los plásticos que utilizamos actualmente provienen de fuentes inorgánicas y están formados por carbono, silicatos, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y cloro.⁶

El moldeo por inyección es uno de los principales métodos mediante los cuales se fabrican piezas de plástico. El primer paso en el proceso de moldeo por inyección es introducir gránulos de plástico en la tolva, que luego introduce los gránulos en el barril. El cañón se calienta y contiene un tornillo alternativo o un inyector de ariete. Un tornillo alternativo se encuentra típicamente en máquinas que producen piezas más pequeñas. El tornillo alternativo tritura los gránulos, facilitando la licuación del plástico. Hacia el frente del barril, el tornillo alternativo impulsa el plástico licuado hacia adelante, inyectando así el plástico a través de una boquilla y dentro del molde vacío. A diferencia del barril, el molde se mantiene frío para endurecer el plástico y darle la forma correcta. Las placas del molde se mantienen cerradas por una placa grande (denominada placa móvil). El plato móvil está unido a un pistón hidráulico, que ejerce presión sobre el molde. Cerrar el molde con abrazaderas evita que el plástico se escape, lo que crearía deformidades en las piezas terminadas.⁷

1.2 Horno mezclador

También conocida como: “Unidad de Destilación Atmosférica”, suele ser el primer equipo de procesamiento a través del cual se alimenta el petróleo crudo. El petróleo crudo se compone de una mezcla de hidrocarburos, y el proceso de destilación separa este petróleo crudo en amplias categorías de los hidrocarburos que lo componen, o "fracciones", que sirven como materia prima para todas las demás unidades de procesamiento en la refinería.⁹

Es un equipo constituido por un cerramiento metálico revestido interiormente por una pared refractaria aislante, dentro del cual se dispone de un serpentín tubular por el que circula un producto que se desea calentar y/o evaporar a través del calor liberado por un combustible sólido, líquido o gaseoso que reacciona en el quemador liberando gases de combustión calientes que entregan calor por radiación al serpentín. La utilización de estos equipos puede tener distintos propósitos como precalentamiento de un corriente previo a su fraccionamiento o reacción, evaporar la corriente de fondo de una columna de destilación o disminuir la viscosidad de un fluido para facilitar su manipuleo.¹⁰

1.3 Segunda Ley de la Termodinámica

La Segunda Ley de la Termodinámica se enuncia como la existencia de una función de estado extensiva llamada entropía que solo puede aumentar para un sistema aislado. El equilibrio se alcanza a la máxima entropía. La temperatura absoluta recíproca se define como el cambio de entropía con la energía. La entropía es aditiva para un sistema compuesto. El calor agregado a un sistema químicamente cerrado aumenta la entropía en una cantidad mayor que la relación entre el calor y la temperatura absoluta para un proceso irreversible; la entropía es igual a esa relación para un proceso reversible. Relacionamos la entropía con sus raíces históricas incluyendo otros postulados y el ciclo de Carnot para un gas ideal. La segunda ley más la primera ley establecen una ecuación fundamental para calcular los cambios de entropía en función del estado. Se ilustran las expansiones reversible e irreversible de un gas ideal. Los cambios de entalpía y entropía se calculan para una fusión isobárica de hielo. La entropía está relacionada con los microestados cuánticos de un sistema a través de la probabilidad de un macroestado.¹¹

En la aplicación de flujo de calor por convección la irreversibilidad termodinámica puede separarse en dos componentes: el componente térmico, ocasionado por el mismo flujo de calor por medio de una diferencia finita de temperaturas, y un componente dinámico, cuyo origen es la fricción viscosa y se manifiesta como la resistencia al flujo.¹²

1.4 Constante de Boltzmann

Es una constante que se encarga de relacionar la temperatura con la energía y estudia además el calor con la relación que posee con otros tipos diferentes de energía y se encuentra estrechamente relacionada con la constante del gas ideal, ya que ambas son útiles para la ley del gas ideal para determinar la relación entre la presión, el volumen y el número de moléculas de gas y la temperatura.¹³ La constante lleva el nombre de Ludwig Boltzmann , físico austriaco del siglo XIX, quien contribuyó sustancialmente a la fundación y desarrollo de la mecánica estadística , una rama de la física teórica.¹⁴

1.5 Energía radiante

Es energía distribuida según la longitud de onda y la posición espacial. La introducción de cuerpos grises hace que la radiación de un cuerpo real sea similar a la de un cuerpo negro en la distribución de longitudes de onda, pero la intensidad de la radiación disminuye uniformemente por un factor de emisividad. La distribución espacial y características de la energía radiante se refieren principalmente al hecho de que los rayos de calor están relacionados con la dirección de la superficie. El concepto de reflexión difusa se introduce a continuación para simplificar las dificultades de cálculo inherentes a la distribución espacial no uniforme de la emisión y la radiación térmica reflejada.¹⁵

La energía solar radiante se caracteriza por una baja densidad de energía y su utilización práctica implica colectores solares de gran superficie. Un estanque solar es un colector solar único de gran superficie que utiliza una masa de agua estancada para recoger energía solar y almacenarla como energía térmica”.¹⁶ La energía radiante (julios) es la energía que se propaga desde una fuente y el flujo radiante Φ es la energía radiante por unidad de tiempo (julios/seg o vatios).¹⁷

1.6 Fuentes de radiación

Estamos constantemente expuestos al fenómeno natural de la radiación energética o propagación natural de las ondas electromagnéticas y de las partículas subatómicas a través de medios acuosos o aéreos. En ambientes subterráneos, las exposiciones más comunes son la radiación térmica transmitida por el flujo de fluidos a través de zonas fracturadas de las rocas, y la radiación ionizante producida por los materiales radiactivos constituyentes de los minerales en las rocas o transportados por el flujo de fluidos subterráneos.¹⁸

1.7 Ecuación de radiación para un objeto circundante

La radiación que se logra transmitir a través de un objeto o materia causada por su temperatura. Se le denomina radiación electromagnética y se va a crear por un movimiento térmico de las partículas que se encuentran en dicha materia. Toda materia u objeto (se suprime solo los que posean una temperatura de cero absoluto) va a tener una intensidad que estará ligada a una temperatura y a una longitud de onda. La radiación térmica es uno de los factores considerados importantes para que se dé la transferencia térmica.¹⁹

1.8 Superficie de emitancia

La emitancia ϵ de una superficie se define como la fracción de luz emitida, a una longitud de onda específica, desde la superficie sobre la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura T . La emitancia (ϵ) caracteriza la capacidad de la superficie para reemitir el calor previamente absorbido lejos de sí mismo. Se describe a través de un número que varía entre 0 y 1, representando la emitancia comparativa/relativa con respecto a un cuerpo negro que opera en condiciones similares. En aplicaciones de construcción comunes, la emisión térmica de una superficie suele ser superior a 0.8-0.85, excepto para aquellas capas que se basan en componentes metálicos, por ejemplo, tejas de aluminio. La emitancia térmica de un componente de techo o pared se ve afectada principalmente por las características de la capa que está expuesta a la radiación solar.²⁰

1.9 Transferencia de calor

Existen tres tipos principales de transferencia de calor.

1. Conducción

2. Convección

3. Radiación

La distribución de temperatura en cualquier sistema o medio está controlada por los efectos combinados de estos tres modos de transferencia de calor. En la mayoría de las situaciones, domina un modo y las distribuciones de temperatura y los flujos de calor se pueden obtener con mucha precisión considerando solo ese modo. En general, la transferencia de calor puede ser un fenómeno multidimensional dependiente del tiempo.

Sin embargo, para las máquinas térmicas, los efectos transitorios de transferencia de calor no suelen ser tan importantes como los fenómenos de transferencia de calor en estado estacionario y se ignorarán en la discusión que sigue.²¹

1.9.1 Conducción

La conducción ocurre en materiales estacionarios como resultado de las vibraciones de los átomos o moléculas en los materiales. Se rige por la ley de conducción de calor de Fourier, que en una dimensión se escribe como,

$$Q_x = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \text{ BTU o W}$$

O

$$q_x = \frac{Q_x}{A} = -k \frac{\partial T}{\partial x} \text{ Btu / h / ft}^2 \text{ o W / m}^2$$

En pocas palabras, el flujo de calor por unidad de área es proporcional al negativo del gradiente de temperatura. La constante de proporcionalidad se llama conductividad térmica y tiene unidades de W/m/K o Btus/ft/R. Las conductividades térmicas de los materiales típicos varían ampliamente según el material y también dependen de la temperatura de los materiales.²²

1.9.2 Convección

La transferencia de calor por convección va a producirse por el producto del contacto de un fluido en movimiento con un área específica. El fluido en movimiento transporta el calor y lo deposita en la superficie o lo extrae de la superficie. Hay dos tipos de convección. En la convección forzada, el fluido es impulsado o forzado por algún mecanismo distinto a los gradientes térmicos en la superficie. En la convección libre, el fluido se mueve por gradientes térmicos o diferencias de temperatura en la superficie. La convección obedece la ley de enfriamiento de Newton dada por

$$Q = hA(T_f - T_w)$$

$$q = h(T_f - T_w)$$

En este caso, “q” es el flujo de calor por unidad de área en la pared. El símbolo h se identifica como el coeficiente de transferencia de calor de la película. Tiene unidades de $W/m^2/K$ o $Btu/hr/ft^2/^\circ R$. Aquí, k en la ecuación. (Ec.2), la conductividad térmica, es función únicamente del material y su temperatura, h, el coeficiente de transferencia de calor de la película, depende de las propiedades del fluido, la temperatura del fluido y las características del flujo. Se han determinado múltiples correlaciones para calcular una h adecuada para la mayoría de los materiales y situaciones de flujo.²³

1.9.3 Radiación

Este tipo de flujo de calor tiene lugar por medio de ondas electromagnéticas transmitidas de un cuerpo a otro. No requiere un medio y, por lo tanto, puede transferir calor a través del vacío. Se rige por la ecuación de Stefane Boltzmann:

$$Q = \epsilon \sigma A_{1-2} (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q = \epsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

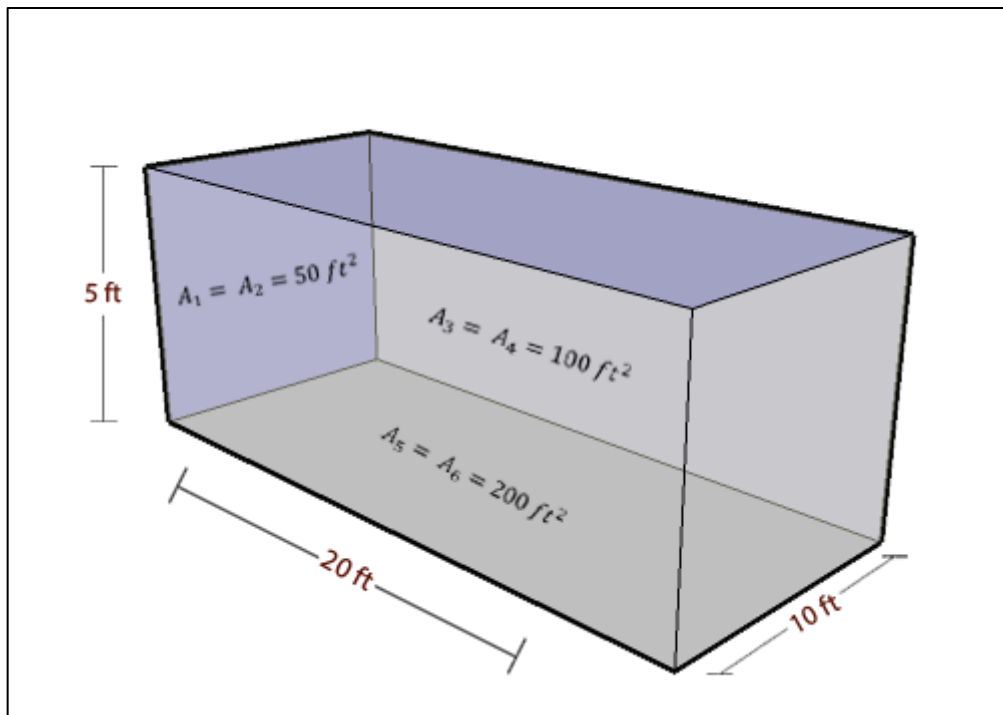
El calor transferido en este caso depende de la diferencia en la cuarta potencia de la temperatura de los dos cuerpos. También depende de una constante universal, σ , llamada constante de Stefane Boltzmann igual a $5.6697 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$. La variable ϵ depende del material superficial de los dos cuerpos y también puede depender de sus temperaturas. Se llama emisividad y varía entre 0,0 y 1,0. El factor de área A_{1-2} es el área vista por el cuerpo 2 del cuerpo 1, y puede resultar bastante difícil de calcular. Tenga en cuenta que debido a que las temperaturas se elevan a la cuarta potencia y luego se diferencian, la transferencia de calor por radiación siempre debe calcularse en función de las temperaturas absolutas (K o $^\circ R$). Tanto la conducción como la convección dependen solo de las diferencias lineales de temperatura, y cualquier escala de temperatura consistente funcionará.

“La transferencia de calor por radiación es la energía que emite la materia en forma de fotones u ondas electromagnéticas. La radiación puede ser importante incluso en situaciones en las que interviene un medio. Un ejemplo es la transferencia de calor que se produce entre un ente vivo con su entorno”.²⁴

2. METODOLOGÍA

En una empresa de fabricación de plásticos a gran volumen, se observa que la caja de fuego de un horno tiene 20 pies de longitud 10 pies de ancho y 5 pies de altura debido a una mezcla rica de combustible y aire, todas las superficies están recubiertas de negro de humo, y en consecuencia actúan como superficies de emitancia virtualmente total de energía radiante: la emitancia es de 0.97. El horno está sobre encendido, es decir, la superficie fría es el piso, compuesto de tubos muy cercanos entre sí por donde fluye agua a 250 grados Fahrenheit, cuando el horno se encuentra en operación la temperatura del piso es de 1150 grados Fahrenheit las paredes laterales están a 920 grados Fahrenheit, y las paredes terminales a aproximadamente 800 grados Fahrenheit. Debido a una emergencia en la planta el horno se apaga repentinamente. Determine la velocidad inicial de transferencia de calor de cada superficie interna si el agua dentro de los tubos permanece a 250 grados Fahrenheit, supóngase que la temperatura del tubo está a la temperatura del agua.

Gráfico. Caja de un horno con las dimensiones y áreas dadas por el caso



Fuente: Elaboración propia

DATOS:

$$L = 20 \text{ ft}$$

$$A = 10 \text{ ft}$$

$$H = 5 \text{ ft}$$

$$\epsilon = 0.97$$

$$T_2 = 250^\circ\text{F}$$

$$T_{A5} = 1150^\circ\text{F}$$

$$T_{A1,A2,A3,A4} = 920^\circ\text{F}$$

$$T_{A6} = 800^\circ\text{F}$$

Desarrollo:

Fórmula área de un rectángulo

$$A = b \cdot h$$

Sustituyendo:

$$A = 5 \text{ ft} \cdot 10 \text{ ft} = 50 \text{ ft}^2$$

En donde:

$$A_1 = A_2 = 50 \text{ ft}^2$$

$$A_3 = A_4 = 100 \text{ ft}^2$$

$$A_5 = A_6 = 200 \text{ ft}^2$$

Fórmula para la conversión de grados Fahrenheit a grados Rankine

$$^\circ\text{F} + 459.67 = ^\circ\text{R}$$

Sustituyendo:

$$T_2 = 250^\circ\text{F} = 709.67 ^\circ\text{R}$$

Convirtiendo a Rankine la temperatura del piso:

$$T_{A5} = 1150^\circ\text{F} = 1609.67 ^\circ\text{R}$$

Las paredes laterales del horno tendrán la misma temperatura. Entonces:

$$T_{A1,A2,A3,A4} = 920^\circ\text{F} = 1379.67 ^\circ\text{R}$$

Convirtiendo a Rankine la temperatura de la pared terminal:

$$T_{A6} = 800^\circ\text{F} = 1259.67 ^\circ\text{R}$$

Constante de Boltzmann

$$\sigma = 0.1714 \times 10^{-8} \frac{\text{btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{R}}$$

Este valor es sacado directamente de tablas, y es un valor que puede ser utilizado tanto en sistema internacional, como en sistema inglés.

Ecuación de Radiación a un objeto circundante

Una vez determinada el área de cada una de las placas, y convirtiendo las temperaturas a grados Rankine, se procede a usar la ecuación de transferencia de calor por radiación a un objeto circundante.

$$q = A \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

En donde:

q = flujo de calor a determinar

A = Área de cada placa interna al horno

ε = Coeficiente de emisividad

σ = Coeficiente de Boltzmann

T_1 = Temperatura de cada una de las áreas

T_2 = Temperatura de la tubería

Sustitución de datos en la Ec. Para el área 1

$$q_{A1} = 50 \text{ ft}^2 \cdot 0.97 \cdot 0.1714 \times 10^{-8} \frac{\text{btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{R}} (1379.67 ^\circ\text{R}^4 - 709.67 ^\circ\text{R}^4)$$

$$q_{A1} = 280113.71 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Sustitución de datos en la Ec. Para el área 3

$$q_{A3} = 100 \text{ ft}^2 \cdot 0.97 \cdot 0.1714 \times 10^{-8} \frac{\text{btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{R}} (1379.67 ^\circ\text{R}^4 - 709.67 ^\circ\text{R}^4)$$

$$q_{A3} = 560227.42 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Sustitución de datos en la Ec. Para el área 5

$$q_{A5} = 200 \text{ ft}^2 \cdot 0.97 \cdot 0.1714 \times 10^{-8} \frac{\text{btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{R}} (1609.67 ^\circ\text{R}^4 - 709.67 ^\circ\text{R}^4)$$

$$q_{A5} = 2147887.057 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Sustitución de datos en la Ec. Para el área 6

$$q_{A6} = 200 \text{ ft}^2 \cdot 0.97 \cdot 0.1714 \times 10^{-8} \frac{\text{btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{R}} (1259.67 ^\circ\text{R}^4 - 709.67 ^\circ\text{R}^4)$$

$$q_{A6} = 752879.27 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

3. CONCLUSIONES

- Aplicando principios básicos de “La Segunda Ley de la Termodinámica” se pudo determinar la velocidad inicial de transferencia de calor de cada superficie interna del horno, en donde: $q_{A1} = 280113.71$, $q_{A3} = 560227.42$, $q_{A5} = 2147887.057$, $q_{A6} = 752879.27$ y respectivamente las unidades de dichos valores: $\frac{btu}{h}$
- El área de cada superficie interna del horno se pudo determinar mediante la fórmula de área de un rectángulo, dando como producto: $A_1 = A_2 = 50 ft^2$, $A_3 = A_4 = 100 ft^2$, $A_5 = A_6 = 200 ft^2$
- Cada flujo inicial de calor obtenido se expresó en el sistema inglés, y los resultados positivos indican que cada placa cede calor a la tubería de agua. Se determinó que el flujo de calor obtenido del área 5 es el valor más alto, debido a que esta placa, está en contacto directo con el piso del horno, por lo que va a transmitir calor a una mayor velocidad que el resto de placas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Moroz, A. Conceptual Aspects of the Common Extrema in Biology and Physics. In *The Common Extremalities in Biology and Physics*; Elsevier, 2012; pp 365–375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385187-1.00006-X>.
- (2) Greene, G. A. Heat Transfer. In *Encyclopedia of Physical Science and Technology*; Elsevier, 2003; pp 279–292. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227410-5/00312-4>.
- (3) Saucedo Rodriguez, J. A.; Atoche Zamora, J. J.; Muñoz Pérez, S. P. Uso de Los Agregados PET En La Elaboración Del Concreto: Revisión de La Literatura. *Avances Investigación en Ingeniería* **2021**, *18* (2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6942>.
- (4) Luque González, A. Implicaciones Ambientales Derivadas Del Petróleo: Caso Del Agua Embotellada. *CIENCIAMATRIA* **2019**, *5* (9), 466–487. <https://doi.org/10.35381/cm.v5i9.144>.
- (5) Villacrés, N.; Herrera, N.; Hernández, W. Depósito de Derivados de Furfural Modificados En Geles de Pectina y La Obtención de Biopolímeros Plásticos. *Cátedra Villarreal* **2018**, *6* (2). <https://doi.org/10.24039/cv201862279>.
- (6) Farrés, A.; Bermudez, E. *Las Cutinasas Como Una Herramienta Valiosa Para La Descontaminación de Residuos Plásticos Heterologous Expression of Enzymes for Industrial Application View Project Copanlisib in Indolent NHL View Project*; 2018.
- (7) Contributor. The Plastic Manufacturing Process. *Sciencing* **2018**.
- (8) Quiminet. Proceso de Producción Del PET. *Todo lo que quería saber del PET*. 2005.
- (9) Inspectioneering. *Overview of Crude Distillation Unit (CDU)*. <https://inspectioneering.com/tag/crude+distillation+unit>.
- (10) Operador Petrolero. Operaciones Petroleras. *hornos y combustion*. 2015.
- (11) Sekerka, R. F. Second Law of Thermodynamics. In *Thermal Physics*; Elsevier, 2015; pp 31–48. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803304-3.00003-X>.
- (12) Baritto, M.; Otero, S.; Suarez, L.; Bracamonte, J. Optimización Termodinámica de La Transferencia de Calor En Flujos Internos de Gases Con Insertos Tipo Anillo Cónico. *Revista UIS Ingenierías* **2020**, *19* (3), 103–116. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n3-2020011>.
- (13) Briceño V. *Constante de Boltzmann*.
- (14) Editors britannica. *Boltzmann constant*. <https://www.britannica.com/science/Boltzmann-constant>.
- (15) Zhang, Y.; Li, Q.; Zhou, H. Theoretical Foundation and Basic Properties of Thermal Radiation. In *Theory and Calculation of Heat Transfer in Furnaces*; Elsevier, 2016; pp 1–43. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800966-6.00001-6>.
- (16) Kaushika, N. D. Solar Ponds. In *Encyclopedia of Energy*; Elsevier, 2004; pp 651–659. <https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00314-4>.
- (17) Bull, D. R.; Zhang, F. The Human Visual System. In *Intelligent Image and Video Compression*; Elsevier, 2021; pp 17–58. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820353-8.00011-6>.

- (18) Salazar, S.; Argüelles, A.; Garzón, G.; Meza, L. F. Radiación Natural Dentro de La Cueva Del Tigre de Yaguará, Huila, Colombia. *Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares* **2020**, No. 4. <https://doi.org/10.32685/2590-7468/invapnuclear.4.2020.560>.
- (19) Olmo Dave. *hyperphysics*.
- (20) Pisello, A. L. High-Albedo Roof Coatings for Reducing Building Cooling Needs. In *Eco-Efficient Materials for Mitigating Building Cooling Needs*; Elsevier, 2015; pp 243–268. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-380-5.00009-1>.
- (21) Zohuri, B. Heat Transfer. In *Physics of Cryogenics*; Elsevier, 2018; pp 259–298. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814519-7.00011-2>.
- (22) Ghassemi, M.; Shahidian, A. Biosystems Heat and Mass Transfer. In *Nano and Bio Heat Transfer and Fluid Flow*; Elsevier, 2017; pp 31–56. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803779-9.00003-0>.
- (23) Wilson, P. R. Thermal Modeling and Analysis of Power Electronic Components and Systems. In *Power Electronics Handbook*; Elsevier, 2018; pp 1441–1450. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811407-0.00052-0>.
- (24) Shahidian, A.; Ghassemi, M.; Mohammadi, J.; Hashemi, M. Introduction. In *Bio-Engineering Approaches to Cancer Diagnosis and Treatment*; Elsevier, 2020; pp 1–22. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817809-6.00001-7>.