

# ESTUDIO DE AISLAMIENTO TÉRMICO EN UN CONTENEDOR DE 55 m<sup>3</sup> PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO MULTIDISCIPLINARIO EN EL ISTSB.

## STUDY OF THERMAL INSULATION IN A 55 m<sup>3</sup> CONTAINER FOR THE IMPLEMENTATION OF A MULTIDISCIPLINARY LABORATORY AT ISTSB.

Edwin Enrique Salas Arteaga<sup>1</sup> Yomira Cecibel Palma Quiñonez<sup>2</sup> Ing. Javier E. Malte (Tutor)<sup>3</sup>

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Guayaquil, Ecuador  
ypalma@istsb.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Guayaquil, Ecuador  
esalas@istsb.edu.ec

Docente, Instituto Tecnológico Superior Simón Bolívar, Guayaquil, Ecuador  
j\_malte@istsb.edu.ec

### RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en la selección de un aislamiento térmico adecuado para un contenedor de 55 m<sup>3</sup> de volumen, el cual será utilizado como laboratorio multidisciplinario en el Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, por medio de este estudio se seleccionará un aislamiento térmico con referencias técnicas, datos específicos, que sea económico y amigable con el medio ambiente, que puede brindar este tipo de materiales obteniendo así el mejor resultado y derivando las fallas que a largo plazo se puedan presentar, teniendo en consideración que el objetivo principal es el aislamiento térmico de una estructura metálica, para que cuando se vaya a climatizar el contenedor de 55 m<sup>3</sup> no se tengan ningún tipo de inconvenientes y se brinde un ambiente adecuado a los estudiantes y docentes que vayan a utilizar el laboratorio multidisciplinario. Actualmente los aislamientos térmicos son utilizados en varias aplicaciones un ejemplo es el utilizado en hospitales y en supermercados permitiendo obtener un clima adecuado para sus usuarios, en este caso el uso de contenedores de

estructura metálica se utiliza en el transporte de medicinas y alimentos que necesitan de un ambiente adecuado y por ende utilizan un aislamiento térmico tradicional este tipo no es el más adecuados para el ambiente ya que en la ciudad de Guayaquil sufre cambios climáticos y muchas veces se sujeta a temperaturas tan elevadas que sobrepasan los 33°C y estos cambios bruscos pueden afectar en gran manera el rendimiento del equipo de climatización que esté instalado en el contenedor, así como también los equipos y a los usuarios como estudiantes y docentes en general.

**PALABRAS CLAVE** – Medio ambiente; Transferencia de Calor; Aislamiento Térmico; Climatización; Selección de Materiales.

### ABSTRAC

This work focuses on the selection of a suitable thermal insulation for a container of 55 m<sup>3</sup> volume, which will be used as a multidisciplinary laboratory at the Higher Institute of Technology Simón Bolívar, through this study will be selected a thermal insulation

with technical references, specific data, which is economical and environmentally friendly, The main objective is the thermal insulation of a metallic structure, so that when the 55 m3 container is going to be air-conditioned, there will be no inconveniences and an adequate environment will be provided for the students and teachers who will use the multidisciplinary laboratory. Currently the thermal insulation is used in various applications, an example is the one used in hospitals and supermarkets allowing to obtain an adequate climate for its users, In this case the use of metal structure containers is used in the transport of medicines and food that need a suitable environment and therefore use a traditional thermal insulation this type is not the most suitable for the environment because in the city of Guayaquil suffers climatic changes and often subject to temperatures so high that exceed 33 ° C and these sudden changes can greatly affect the performance of air conditioning equipment that is installed in the container, as well as equipment and users such as students and teachers in general.

**KEY WORDS** - Environment; Heat Transfer; Thermal Insulation; Air Conditioning; Material Selection.

## INTRODUCCIÓN

Los proyectos finales de titulación han sido considerados uno de los pilares más importantes del Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, es necesario crear un escenario donde participe el estudiante junto con su tutor encargado del proyecto con el fin de llevar a cabo un trabajo técnico basado en implementaciones, el tutor encargado debe promover conocimientos teóricos, prácticos e innovadores de tecnología para que los proyectos finales beneficien aumenten a la institución y a la sociedad en general.

Este proyecto es basado en conocimiento e investigación sobre técnicas de confort ambiental interno mismo que será realizado en Ecuador, en la provincia del Guayas del cantón Guayaquil precisamente en el Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, nos enfocaremos en el estudio técnico, selección del aislamiento térmico más adecuado, para el contenedor de estructura metálica que servirá como laboratorio multidisciplinario donde se realizarán prácticas técnicas.

Este proceso de aislamiento térmico se aplicará en un contenedor de estructura

metálica su selección pasara por una calificación previa, este procedimiento está al margen de la investigación sobre los tipos de aislamientos térmico esto nos llevó a tomar en consideración características fundamentales tal como su valor económico, su disponibilidad en el mercado nacional y que sea amigable con el medio ambiente, además tienen ventajas y desventajas por ende nos ofrecen ciertas características específicas que nos llevan a tomar una decisión importante al momento de seleccionar el más adecuado.

El aislamiento térmico brinda muchas ventajas que nos hace acreedores del ahorro de recursos a largo plazo, al hablar de un laboratorio nos enfocamos en las personas que utilizarán tales como estudiantes y docentes, brindando un ambiente confortable. La ubicación contenedor metálico con aislamiento térmico de 55m<sup>3</sup> de volumen, estará en la parte lateral izquierda de la institución y será utilizado por los estudiantes y docentes, específicamente para realizar clases prácticas – talleres, el trabajo que se realizará será de alto nivel e importancia para la institución y la sociedad en general.

## METODOLOGÍA

El presente documento de investigación es elaborado por los estudiantes de titulación que cuentan con experiencias y capacidades tanto teóricas como técnicas, además de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos durante su proceso de formación profesional, la metodología que

se va a utilizar es Analítico-sintético, Sistémico-Estructural e Inductivo-Deductivo basado en una investigación teórica los métodos que se utiliza en esta investigación son: Estudio bibliográfico y documental, Análisis teórico del fenómeno

Para la instalación del aislamiento térmico se realiza por el método técnico estructural que es un trabajo de forma física y presencial. El principal material de estudio seleccionado para el aislamiento térmico en esta investigación es la lana de vidrio reciclable que

presta excelentes propiedades es económico, fácil de adquirir y amigable con el ambiente. Por razones de investigación se realiza un bosquejo del contenedor con sus respectivas dimensiones esto mediante el uso del software de diseño AutoCAD, con lo cual se tiene

medidas precisas del contenedor de estructura metálica.

## DESARROLLO

La presente investigación de los estudiantes se realiza de forma teórica debido a la actual situación de pandemia que afecta nuestro país, los datos son tomados de las hojas técnicas de los materiales a ser utilizados para la elaboración del Aislamiento Térmico,

La termodinámica se basa en el comportamiento de tres magnitudes físicas que son: temperatura, energía interna y la entropía ya que, gracias a sus características caloríficas estas tres magnitudes van en conjunto con los sistemas termodinámicos. El término (termodinámica) proviene del griego *thermos*, que significa “calor”, y *dinamos*, que significa “fuerza” (López Tome, 2017). No obstante, la termodinámica no determina la velocidad en la cual sucede el proceso de transferencia de calor.

El concepto de temperatura se define como una medida de calor y frío, su concepto no es exacto ya que se puede expresar “de modo cualitativo con palabras como frío helador, frío, tibio, caliente y al rojo vivo; sin embargo, no es posible asignar valores numéricos a

Se le llama transferencia de calor, a la transmisión térmica o al calor emitido que consiste en el traslado de energía calorífica de un cuerpo a otro.

Este fenómeno sucede cuando dos cuerpos que tienen diferentes temperaturas se ponen en contacto uno con el otro, provocado así el flujo de energía entre ellos llegando a un punto de equilibrio hasta alcanzar una temperatura equivalente.

además se utilizara varias fórmulas para el estudio de transferencia de calor, que fueron obtenidas en los libros de los autores Yanus Cengel y Frank Incropera.

### Ley de la Termodinámica.

temperaturas basándose únicamente en las sensaciones” (Termodinámica, Yanus Cengel, pag. 17).

La energía interna de un sistema “es una representación del contenido energético a escala microscópica. Se debe a la suma de las energías cinética y potencial interior, fruto de la disposición e interacción entre las partículas o subsistemas que lo componen.” (Fundamentos de transmisión de calor pag. 10)

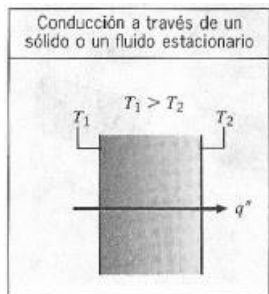
Una vez que hemos revisado conceptos básicos de termodinámica procedemos a un punto muy importante y es analizar el proceso de transferencia de calor, derivando así en nuestra investigación como el principio de Transferencia de Calor.

### Teoría de la transmisión de calor

El desarrollo de la transferencia de calor es inevitable, ya que es un sistema básico de la termodinámica, se puede desacelerar el proceso mediante el uso de Materiales aislantes a cualquiera de los dos cuerpos, pero siempre y cuando exista una diferencia de calor. La transferencia de calor puede realizarse por tres métodos que son: conducción, convección y radiación.

### Transferencia de Calor por Conducción

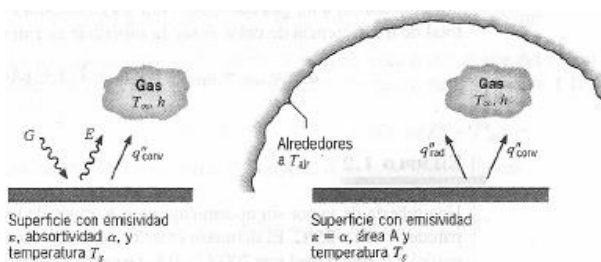
Este método es el más sencillo de comprender, este se basa en la transferencia de calor entre dos puntos de un cuerpo que se



Para la conducción de calor se utiliza la siguiente ecuación que se conoce como Ley de Fourier:

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Se conoce como radiación a la energía calorífica emitida por un cuerpo, sin necesidad de existir contacto entre un elemento de menor temperatura y uno con energía calorífica la emisión de temperatura se dará de forma directa al objeto receptor.



Para el intercambio de calor por radiación se utiliza la siguiente ecuación:

$$q_{rad} = h_r * A(T_s - T_{air})$$

Donde:

Es un fenómeno en el cual interviene un fluido (gas o líquido) en movimiento que

hallan a diferentes temperaturas sin que se provoque un traslado de materia entre los dos puntos de calor.

Imagen 1. Transferencia de calor por conducción  
Fuente:(Frank Incropera, 2000)

Donde:

$q_x''$  es el Flujo de Calor

K es la conductividad térmica

$T_1$  es la temperatura externa

$T_2$  es la temperatura interna

L es el área de la pared

### Transferencia de calor por Radiación

Para que este fenómeno se perciba es necesario que uno de los cuerpos tenga una elevada temperatura ya que la transferencia térmica en este caso depende de la diferencia de temperaturas que tienen cada uno de los cuerpos.

Imagen 2. Radiación en la superficie. Radiación entre una superficie y sus alrededores.

Fuente:( Frank Incropera, 2000)

$q_{rad}$  es el Flujo de calor por radiación

$h_r$  es el coeficiente de transferencia de calor por radiación

$T_s$  es la temperatura superficial

$T_{air}$  es la temperatura ambiente

A es el área del elemento

### Transferencia de Calor por Convección

transporta la energía o temperatura entre dos zonas.

**1. Convección Forzada:** Cuando se produce el fenómeno en un sistema o aplicación a través de otros elementos como

un ventilador, bomba, o movimientos mecánicos que produzcan una circulación artificial de los fluidos.

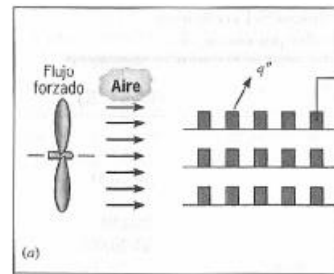


Imagen 3. Convección Forzada.  
Fuente:( Frank Incropera, 2000)

**2. Convección Natural:** El propio fluido realiza la convección a través del intercambio de moléculas que extraen calor de una zona cambiando su densidad y haciendo que se desplace hacía la zona más fría.

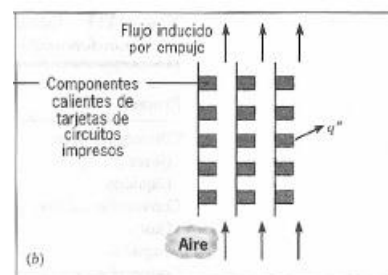


Imagen 4. Convección Natural.  
Fuente:( Frank Incropera, 2000)

El flujo de calor por convección esta expresada mediante la siguiente ecuación:

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

Es un concepto muy importante, existe una analogía entre la difusión de calor y la carga eléctrica de igual manera se asocia una resistencia térmica con la conducción de calor. “Al definir la resistencia como la razón de un potencial de transmisión a la transferencia de calor correspondiente se obtiene la siguiente ecuación que representa la resistencia térmica para la conducción” (Frank Incropera, pag 76)

Donde:

$q''$  es el Flujo de calor por convección  
 $h$  es coeficiente de transferencia de calor por convección

$T_s$  es la temperatura de la superficie.

$T_\infty$  es la temperatura del ambiente.

### Resistencia Térmica

$$R_{t,cond} = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{q''} = \frac{L}{kA}$$

$R_{t,cond}$  : Resistencia térmica por conducción

$T_{s,1}$ : Temperatura superficial fluido caliente

$T_{s,2}$ : Temperatura superficial fluido frio

L: espesor de la pared plana

K: coeficiente de transferencia de calor

A: Área

$$R_{t,conv} = \frac{T_s - T_\infty}{q} = \frac{1}{hA}$$

$R_{t,conv}$  : Resistencia térmica por conducción

**Pared compuesta**

Los circuitos térmicos también se aplican en sistemas compuestos por varios materiales como lo es en nuestro caso, donde “las resistencias térmicas de conducción y

$T_s$ : Temperatura superficial  
 $T_\infty$ : Temperatura del medio ambiente  
 h: coeficiente de transferencia de calor  
 A: Área  
 convección en serie pueden sumarse mediante la siguiente ecuación” (Frank Incropera, pag. 77)

$$R_{tot} = \frac{1}{h_1A} + \frac{1}{kA} + \frac{1}{h_2A}$$

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS AISLAMIENTOS TERMICOS**

Como punto importante antes de realizar los cálculos necesarios se debe comparar tipos de aislantes térmicos.

AISLANTES TÉRMICOS PARA CONTENEDORES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>EMBATUFF:</b> Tipo de Aislante isotérmico estándar que protege los cambios de temperatura, protegiendo del calor por radiación( <a href="http://www.embalex.com/aislantes-isotermicos">www.embalex.com/aislantes-isotermicos</a> )	Excelente en transporte de productos químicos, farmacéuticos, alimentos etc.	Su costo es elevado y no se encuentra en el mercado local.
<b>AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO</b> Material de fibras de lana mineral y aglutinada. ( <a href="http://www.calorcol.com/aislantes-termicos">www.calorcol.com/aislantes-termicos</a> )	Poseen alta resistencia y se adaptan a diversas condiciones climáticas y ambientales	Su costo es variable y no se encuentra en el mercado local
<b>LANA DE VIDRIO:</b> Material aislante compuesto por arena y vidrio reciclado. ( <a href="http://www.cir62.com/blog/35">www.cir62.com/blog/35</a> )	Es 100% reciclable, más económico muy resistente, se adapta a cualquier superficie	Requiere de un recubrimiento adicional para encapsular el material.

Tabla 1: Comparación de los tipos de aislantes

**SELECCIÓN DE ALTERNATIVA ADECUADA**

Se realiza en base al criterio técnico en donde se pondera cada de las alternativas, para lo cual se menciona los siguientes factores: Facilidad de instalación, Factor económico,

vida útil, Facilidad de montaje y desmontaje. Para realizar este análisis se presenta el siguiente cuadro.

FACTORES	EMBATUFF	AISLAMIENTO TERMOACUSTICO	LANA DE VIDRIO
----------	----------	---------------------------	----------------

Facilidad de instalación	OK	OK	OK
Factor económico	NEGATIVO	NEGATIVO	OK
Facilidad de montaje y desmontaje	OK	OK	OK
Vida Útil	NEGATIVO	OK	OK
Disponibilidad en el mercado nacional	NEGATIVO	NEGATIVO	OK

Tabla 2: Selección de alternativa.

Del cuadro anterior se llega a la conclusión que el material más adecuado es la lana de vidrio la cual cumple con todos los factores de selección.

#### Condiciones climáticas y temperatura de la ciudad de Guayaquil

De acuerdo con los datos obtenidos con fecha 18/01/2021 de la página Weather Spark tiene las siguientes variaciones de temperatura:

- Humedad relativa: 60%
- Temperatura de bulbo seco: 33°C
- Temperatura de bulbo húmedo: 24°C
- Medidas y diseño del contenedor

ITEM	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/m <sup>2</sup> K)
Pared frontal		2,99	2,64	0,46
Pared Lateral	6,94		2,64	0,46
Pared Techo	6,94	2,99		0,26
Piso	6,94	2,99		1,24

Tabla 3: Condiciones

#### METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Este proyecto se realiza de acuerdo a la temperatura máxima en verano en la ciudad



de Guayaquil, específicamente el mes de diciembre donde se obtiene los siguientes valores:

- Temperatura máxima: 35°C
- Temperatura mínima: 15°C
- Temperatura de punto de rocío: 19°C
- Velocidad del viento: 14 km/h
- Humedad Máxima: 78%
- Humedad promedio: 61%
- Humedad mínima: 37%

Las paredes, techo y el piso se componen de planchas de gypsum de 20 mm en espesor, lana de vidrio de 40mm y chapa metálica A36 de 2mm en espesor. Las dimensiones generales de cada elemento para el cálculo de su área correspondiente se muestran a continuación:

**Datos:**

**Medidas de techo:**

L= 6.94 m  
Ancho: 2.99m

**Estructura del contenedor**

Espesor de pared: 14mm  
Conductividad: 0,26 w/m<sup>2</sup>k

**Medidas de paredes:**

**Pared frontal:**

AL: 2.64m  
L: 6.94m  
Espesor de pared = 14 mm  
Conductividad = 0,46 w/m<sup>2</sup>k  
Estructura como está constituido el sistema de aislamiento del contenedor

**Parte del piso**

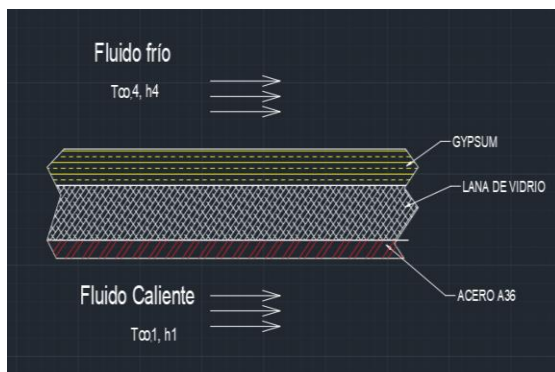


Imagen 5. Esquema del circuito de Resistencia Térmica para inferior

**Parte del techo**

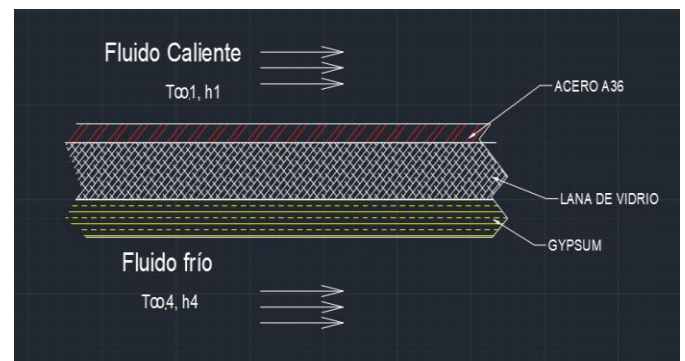


Imagen 6. Esquema del Circuito de Resistencia Térmica parte superior.

**Paredes**

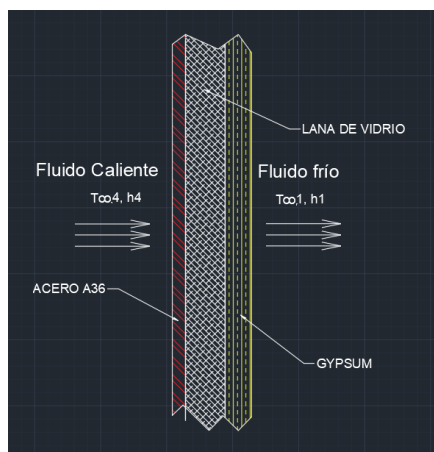


Imagen 7. Esquema del Circuito de Resistencia Térmica para Lateral.

La cantidad de calor transferido a través de cualquier pared, techo de un contenedor se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = U * A * (T_i - T_0)$$

**CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION**

La convección es un mecanismo de transferencia de calor en el cual fluye a través de un fluido cuando existe movimiento masivo, este fenómeno se clasifica en convección libre o natural y convección forzada.

**CALCULO DE COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR**

Donde:

Ti: temperatura interna

T0: Temperatura externa

U: coeficiente global de transferencia

A: área transversal de flujo de calor

**CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Estación	Condiciones externas	Rangos medios diarios
Invierno (diciembre)	T(min)= 15[°C] (59[°F]) HR= 76[%] V= 14 [km/h]	T(min) =12.5[°C] 54.5[°F])
Verano (Junio)	T(max)= 35[°C] (95[°F]) HR= 62[%] V= 16[km/h]	T(max)=36.5[°C] (97.7[°F])

Tabla 4: Condiciones Climáticas de la ciudad de Guayaquil

**CONDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD**

Condiciones fuera de la cámara	Condiciones internas de la cámara
Temperatura máxima T= 25[°C] (77[°F]) HR= 30[%] V=0.30[m/s]	T=22[°C] (71.60[°F]) HR=60[%]
Temperatura mínima T=20[°C] (68[°F]) HR= 30[%] V=0.30[m/s]	

Tabla 5: Condiciones de Temperatura y Humedad

**CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS**

El cálculo de cargas térmicas se realizará de manera individual para verano e invierno, ya que para cada época la temperatura y la humedad varían y para este

caso se tomaron valores aproximados para lograr calcular. Las cargas térmicas en verano se calcularon mediante los valores arrojados en las tablas.

**894**  
**APENDICE I**

**TABLA A-15**

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, ρ, kg/m <sup>3</sup>	Calor específico, c <sub>p</sub> , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α, m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν, m <sup>2</sup> /s	Número de Prand Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158 × 10 <sup>-6</sup>	8.636 × 10 <sup>-6</sup>	3.013 × 10 <sup>-6</sup>	0.7248
-100	2.038	966	0.01582	8.036 × 10 <sup>-6</sup>	1.189 × 10 <sup>-5</sup>	5.837 × 10 <sup>-6</sup>	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252 × 10 <sup>-5</sup>	1.474 × 10 <sup>-5</sup>	9.319 × 10 <sup>-6</sup>	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356 × 10 <sup>-5</sup>	1.527 × 10 <sup>-5</sup>	1.008 × 10 <sup>-5</sup>	0.7438
-30	1.451	1004	0.02134	1.465 × 10 <sup>-5</sup>	1.579 × 10 <sup>-5</sup>	1.087 × 10 <sup>-5</sup>	0.7428
-20	1.394	1005	0.02211	1.578 × 10 <sup>-5</sup>	1.630 × 10 <sup>-5</sup>	1.169 × 10 <sup>-5</sup>	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696 × 10 <sup>-5</sup>	1.680 × 10 <sup>-5</sup>	1.252 × 10 <sup>-5</sup>	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818 × 10 <sup>-5</sup>	1.729 × 10 <sup>-5</sup>	1.338 × 10 <sup>-5</sup>	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880 × 10 <sup>-5</sup>	1.754 × 10 <sup>-5</sup>	1.382 × 10 <sup>-5</sup>	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944 × 10 <sup>-5</sup>	1.778 × 10 <sup>-5</sup>	1.426 × 10 <sup>-5</sup>	0.7338
15	1.225	1007	0.02476	2.009 × 10 <sup>-5</sup>	1.802 × 10 <sup>-5</sup>	1.470 × 10 <sup>-5</sup>	0.7328
20	1.204	1007	0.02514	2.074 × 10 <sup>-5</sup>	1.825 × 10 <sup>-5</sup>	1.516 × 10 <sup>-5</sup>	0.7308
25	1.184	1007	0.02551	2.141 × 10 <sup>-5</sup>	1.849 × 10 <sup>-5</sup>	1.562 × 10 <sup>-5</sup>	0.7290
30	1.164	1007	0.02588	2.208 × 10 <sup>-5</sup>	1.872 × 10 <sup>-5</sup>	1.608 × 10 <sup>-5</sup>	0.7280
35	1.145	1007	0.02625	2.277 × 10 <sup>-5</sup>	1.895 × 10 <sup>-5</sup>	1.655 × 10 <sup>-5</sup>	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346 × 10 <sup>-5</sup>	1.918 × 10 <sup>-5</sup>	1.702 × 10 <sup>-5</sup>	0.7258
45	1.109	1007	0.02699	2.416 × 10 <sup>-5</sup>	1.941 × 10 <sup>-5</sup>	1.750 × 10 <sup>-5</sup>	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487 × 10 <sup>-5</sup>	1.963 × 10 <sup>-5</sup>	1.798 × 10 <sup>-5</sup>	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632 × 10 <sup>-5</sup>	2.008 × 10 <sup>-5</sup>	1.896 × 10 <sup>-5</sup>	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780 × 10 <sup>-5</sup>	2.052 × 10 <sup>-5</sup>	1.995 × 10 <sup>-5</sup>	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931 × 10 <sup>-5</sup>	2.096 × 10 <sup>-5</sup>	2.097 × 10 <sup>-5</sup>	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086 × 10 <sup>-5</sup>	2.139 × 10 <sup>-5</sup>	2.201 × 10 <sup>-5</sup>	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243 × 10 <sup>-5</sup>	2.181 × 10 <sup>-5</sup>	2.306 × 10 <sup>-5</sup>	0.7111

Imagen 8. Tabla de propiedades del Aire para distintas temperaturas

El cálculo de esta carga se determinó con el coeficiente global de transferencia de

**CARGA TÉRMICA DE TODO EL CONTORNO DEL CONTENEDOR**

calor para el techo y el coeficiente de transferencia de calor por convección.

Es muy importante calcular el área del techo, para esta investigación se tomó como valores de temperaturas máxima y mínima.

**Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección**

Para el cálculo de la transferencia de calor por convección utilizaremos la siguiente formula:

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\sum R_t}$$

- $q_x$ : Coeficiente global de transferencia de calor
- $R_t$  : Resistencia térmica total
- $T_{\infty,1}$ : Temperatura fluido caliente
- $T_{\infty,2}$ : Temperatura fluido frio

Procedemos a calcular cada característica que requiere dicha fórmula:

**VERANO**

Propiedades y condiciones iniciales
T= 308° k – 35 °C
Propiedades de aires a 308 °k
$\rho = 1.145 \frac{kg}{m^3}$
$u = 1.895 \times 10 \text{ kg/m. s}$
$Pr=0,7268$
$K = 0,02625$
Velocidad del viento: 14 km/h= 3.8 m/s
Longitud característica
$C = \frac{A}{P} = \frac{46.96m^2}{50.28m} = 0.933$

Tabla 6: Condiciones iniciales de estudio

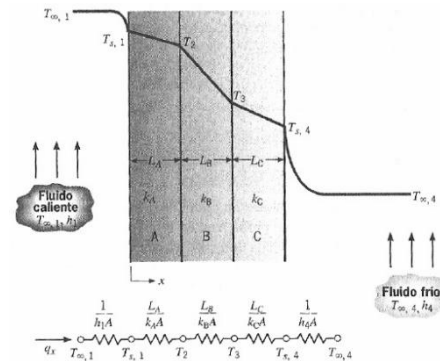


Imagen 9. Circuito térmico equivalente para una pared compuesta en serie. Fuente:( Frank Incropera, 2000)

Número de Reynolds y número de Nusselt
Número de Reynolds
$Re = \frac{\rho * U * c}{\mu} = \frac{1.145 * 3.8 * 0.933}{1.895 * 10^{-5}} = 213531.93$
Número de nusselt
$Nu = 0.664 * Re^{1/2} * Pr^{1/3} = 0.664 * (213531.93)^{1/2} * (0.7268)^{1/3} = 17147.91$
Coefficiente de transferencia de calor por convección
$h = \frac{Nu * K}{L} = \frac{17147.91 * 0.02625}{0.933} = 484.78 \text{ W/mk}$
$R_1 = \frac{1}{h} = \frac{1}{484.78} = 0.0020 \text{ W/mk}$

Tabla 7: Cálculo del número de Reynold

**INVIERNO**

Propiedades y condiciones iniciales	
$T(\text{min}) = 15^\circ\text{C}$ $p = 1.225 \text{ kg/m}^3$ $u = 1.802 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ $Pr = 0.7323$ $K (10^3) = 0.02476 \text{ w/m} \cdot \text{k} \quad K(x10^3) = 0.02476 \text{ W/mk}$ <i>velocidad del viento</i> = $3.8 \text{ m/s}$ $Q = U * A * (T_l - T_0) \rightarrow Q = 0.02 * 20.75 * (35 - 15) = 8.30$ $R = \frac{L}{k} \rightarrow R = \frac{14 \text{ mm}}{0.26 \text{ w/m}^2\text{k}} = 53.85$ $U = \frac{1}{R} \rightarrow U = \frac{1}{53.85} = 0.02$	
Longitud característica	
$L_c = 0.933$	
Numero de Reynolds y numero de nusselt	
Numero de Reynolds	
$Re = \frac{p * U * L_c}{u} = \frac{1.225 * 3.8 * 0.933}{1.802 \times 10^{-5}} = 241016.37$	
Numero de nusselt	
$Nu = 0.664 * Re^{1/2} * Pr^{1/3} = 0.664 * (241016.37)^{1/2} * (0.7323)^{1/3} = 269659.50$	
Coeficiente de transferencia de calor por convección	
$h = \frac{Nu * K}{L} = \frac{269659.50 * 0.02476}{0.933} = 71562.3$  $R_4 = \frac{1}{h} = \frac{1}{71562.3} = 0.000013$	

Tabla 8: Cálculos de variables para invierno

### Cálculo de la Resistencia total del Circuito

$$R_{total} = \frac{1}{A} \left[ \frac{1}{h_1} + \frac{L_g}{K_g} + \frac{L_t}{K_t} + \frac{L_{lv}}{L_{lv}} + \frac{1}{h_4} \right]$$

$$R_{total} = \frac{1}{46.96_{m^2}} \left[ \frac{1}{484.78_{m^2k}} + \frac{0,02m}{0.25_{mk}} + \frac{0.002m}{47_{mk}} + \frac{0.04m}{0.035_{mk}} + \frac{1}{71562.3_{mk}} \right]$$

$$R_{total} = 0.026085 \text{ k/w}$$

### Cálculo de Transferencia de Calor

$$Qx(t_1) = \frac{t_i - t_o}{R_{total}} = \frac{35 - 15}{0.026085} = 744.87W$$

$$Qx(t_2) = \frac{t_i - t_o}{R_{total}} = \frac{32 - 20}{0.026085} = 446.92W$$

### RESULTADOS ESPERADOS

Según los objetivos planteados en la presente investigación los resultados antes expuestos para dos distintas condiciones muestran que los valores obtenidos de la

transferencia de calor varían en función de la temperatura tal es el caso de la ciudad de Guayaquil la cual cambia constantemente debido a los cambios climáticos.

De acuerdo con el estudio se estima que los lectores obtengan información clara y puntual, para obtener el conocimiento necesario al momento de seleccionar el tipo de aislante térmico ideal para determinado proyecto.

Los objetivos alcanzados a través de esta propuesta son:

Dar a conocer a los lectores, que nuestros estudiantes del ISTSB en conjunto con nuestro equipo de docentes y con la ayuda de nuestras autoridades que nos permiten trabajar en conjunto para lograr los objetivos, mediante la utilización materiales reciclables como un contenedor. Conocimiento necesario para seleccionar un aislante térmico adecuado.

Ayudar en el proceso que se realizara cuando estructuren el laboratorio multidisciplinario de manera física y presencial.

El presente estudio se lo ha hecho con la finalidad de promover el desarrollo de los conocimientos de los estudiantes formar una cultura investigativa, con el único fin fortalecer proyectos innovadores y con tecnología de punta, para suplir la falta de infraestructura de la institución, mediante la reutilización de contenedores los cuales existen en gran cantidad en el puerto marítimo de la ciudad de Guayaquil, muchos de estos contenedores se encuentran actualmente en pésimas condiciones debido a las condiciones climáticas las cuales deterioran estas

Mediante el trabajo elaborado en este estudio sin duda alguna aportara a otras instituciones, no solo publicas sino también de la empresa privada que, por falta de infraestructura costosas no desarrollan todo su potencial en cuanto al conocimiento y destreza

Crear un ambiente de trabajo en la institución que sea agradable y confortable para los estudiantes, docentes que estén realizando prácticas técnicas en el laboratorio multidisciplinario.

Promover a que este estudio de aislamiento térmico de un contenedor metálico de 55 m3 sea un ejemplo para que la institución realice proyectos innovadores y se utilicé material reciclable de manera estamos aportando con la contaminación ambiental este, con el fin de beneficiar a los estudiantes y docentes a futuro.

## DISCUSIÓN

estructuras metálicas, ya se encuentran afectadas por la corrosión y la falta de un lugar adecuado donde se puedan almacenar.

La reutilización de estos contenedores es aprovechada por algunas empresas constructoras en el sector petrolero ya que equipan estas estructuras metálicas con lo necesario para que sirvan como oficinas y dormitorios del personal operativo en campo.

## CONCLUSIONES

de sus trabajadores, de las cuales pueden ser utilizadas en diferentes áreas de trabajo.

Aquellos Institutos públicos que tengan falta de infraestructura por medio de la reutilización de contenedores metálicos pueden ser económicos al momento de ser acondicionados para ser utilizados como aulas

o laboratorios que brindan un ambiente adecuado donde se puedan desarrollar las actividades académicas de los estudiantes y docentes.

Ayudará en parte al medio ambiente mediante el reciclaje de estas estructuras metálicas que resultan ser económicas al momento de ser

acondicionadas, es primordial conocer los materiales que conforman el contenedor, sus dimensiones exactas tanto de la parte superior e inferior de la misma ya que sin estos datos no se podría calcular las cargas térmicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Yunus A. Cengel, Afshin J, Transferencia de Calor y Masa; Cuarta Edición; Editorial Mc Graw Hill; México 2011.

Frank P. Incropera, David P. DeWitt, Fundamentos de Transferencia de Calor; Cuarta Edición; Editorial Prentice Hall; México 2000.

Carlos F. Ayala, Edgar V. Montenegro, Diseño del sistema de Aire Acondicionado para un Bus Tipo Turismo; Facultad de Ingeniería Mecánica E.P.N; Quito – Ecuador, 2010.