



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA.
INGENIERÍA MECÁNICA.**

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

AUTORES:

Br. José Alfredo Urbina Urbina.

Br. Regie Kent Sanders Wilson.

TUTOR:

Msc. Wilmer José Ramírez Velásquez.

Managua, 13 de Junio de 2022.

ÍNDICE.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.	2
III. JUSTIFICACIÓN.	3
IV. OBJETIVOS.....	4
V. MARCO TEÓRICO.	5
5.1. GENERALIDADES DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR.....	5
5.1.1 Energía.	5
5.1.2 Calor.	5
5.1.3 Primera ley de la termodinámica.....	5
5.1.4 Energía y potencia.	6
5.1.5 Razón de transferencia de calor.	7
5.1.6 Flujo de calor.	8
5.1.7 Conductividad térmica.....	8
5.1.8 Aislamiento térmico.....	9
5.1.9 Difusividad térmica.....	10
5.1.10 Resistencia térmica.....	10
5.2. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.	10
5.2.1 Conducción.....	10
5.2.2 Convección.	12
5.2.3 Radiación.....	13
5.3. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.	14
5.3.1 Métodos del estado estable.	15
5.3.1.1 Método del flujo del calor longitudinal.....	15

5.3.1.2 Método de la barra de Forbes.....	15
5.3.1.3 Métodos del flujo de calor radial.	16
5.3.1.4 Métodos de calentamiento eléctrico directo.....	17
5.3.1.5 Método termoeléctrico.	17
5.3.1.6 Método térmico comparativo.....	17
5.4. MÉTODO NUMÉRICO.	18
5.4.1 Método de las diferencias finitas.....	18
5.4.1.1 Red nodal	19
5.4.1.2 Conducción bidimensional de transferencia de calor.....	21
5.4.1.3 Solución de las ecuaciones de las diferencias finitas.	23
5.5. METODO ESTADÍSTICO.....	23
5.5.1 Variabilidad	23
5.5.2 Las medidas de localización.	24
5.5.3 Medidas de variabilidad.	25
5.6. BLOQUES DE CONCRETO.	26
5.6.1 Mampostería.....	26
5.6.1.1 Tipos de unidades de mampostería.....	27
5.6.1.1.1 Bloques de concreto.....	27
5.6.2 Tipos de bloques.....	28
5.6.3 Materiales para la fabricación.	28
5.6.3.1 Cemento.	28
5.6.3.2 Agregado grueso y fino.....	29
5.6.3.3 Agua.	29
5.6.3.4 Otros Minerales.	29
5.6.4 Fabricación de bloques de concreto.	29

5.6.5 Proceso de fabricación.....	30
5.6.5.1 Almacenamiento del cemento.....	30
5.6.5.2 Dosificación.	30
5.6.5.3 Mezcla.	30
5.6.5.3.1 Mezcla manual.	31
5.6.5.3.2 Mezcla mecánica.....	31
5.6.5.4 Moldeado.....	31
5.6.5.5 Fraguado.	31
5.6.5.6 Curado.....	32
5.6.6 Norma técnica obligatoria nicaragüense. Fabricación de bloques de concreto NTON 12 008-09.....	32
5.6.6.1 Requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto.	32
5.7. NORMAS ASTM.....	35
5.7.1 ASTM C-177. Método de prueba estándar para mediciones de flujo de calor en estado estacionario y propiedades de transmisión térmica por medio del aparato de placa caliente protegida.	35
5.7.2 ASTM C508. Método de prueba estándar para las propiedades de transmisión térmica en estado estacionario por medio del aparato medidor de flujo de calor.....	36
5.7.3 ASTM C332. Especificación estándar para agregados livianos para hormigón aislante.....	37
5.7.4 ASTM C-150. Especificación Normalizada para Cemento Portland. Esta especificación trata sobre los siguientes ocho tipos de cemento portland.....	38
5.7.4.1 Ingredientes.....	39

5.7.5 ASTM C1602. ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA EL AGUA DE MEZCLA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.....	39
5.8. CONSTRUCCIÓN DE LA CAMARA DE MEDICIÓN.....	39
VI. MEMORIA DE CÁLCULO.....	41
VII. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	55
VIII. DISEÑO METODOLÓGICO.....	56
IX. RESULTADOS.....	58
X. CONCLUSIÓN.....	59
XI. RECOMENDACIONES.....	60
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	61
XIII. ACÁPITE.....	63
XIV. ANEXOS.....	111



Handwritten signature or initials in the top right corner.

DECANATURA

Managua, 12 de marzo de 2021

Brs. José Alfredo Urbina Urbina
Regie Kent Sanders Wilson

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6"x8"x16"** utilizados en la construcción civil, para obtener el título de **Ingeniero Mecánico** y que contará con el **Ing Wilmer José Ramírez Velásquez** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura

Cordialmente,




MSc. Lester Antonio Antola Chavarría
Decano

Managua, 20 de abril de 2022.

Msc. Lester Antonio Artola Chavarria.

Decano F.T.I

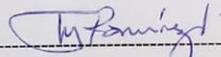
Estimado Msc. Artola.

Me dirijo a usted con el fin de informarle que he revisado como tutor, el trabajo monográfico titulado: "**Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6"x8"x16" utilizados en la construcción civil.**" Presentado por los bachilleres:

Br. José Alfredo Urbina Urbina. 2016-0647 U

Br. Regie Kent Sanders Wilson. 2016-1213U

Después de leer y examinar el contenido del trabajo y tomando en cuenta la calidad del mismo, considero que cumple con los requerimientos especificado para este tipo de estudios. Por lo cual, los bachilleres **Urbina Urbina y Sanders Wilson**, se encuentran en disposición de presentarlo al tribunal examinador, para su respectiva defensa y puedan optar al título de Ingeniero Mecánico.



Msc. Wilmer José Ramírez Velásquez.
Tutor de monografía.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

URBINA URBINA JOSE ALFREDO

Carne: **2016-0647U** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los quince días del mes de febrero del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

SANDERS WILSON REGIE KENT

Carne: **2016-1213U** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los quince días del mes de febrero del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



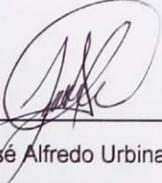
Managua, 12 de Agosto del 2021

Ing. Mary Triny Gutiérrez Mendoza
Jefe del Departamento de Energética
FTI-UNI

Sus manos:

Por este medio le solicitamos su autorización para hacer uso del laboratorio de Turbomáquinas con la finalidad de desarrollar el tema monográfico: **"Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6"x8"x16" utilizados en la construcción civil"** dicha monografía contara además con el **Msc. Wilmer José Ramírez Velásquez** como Tutor. Esto con la finalidad de poder optar al título de **Ingeniero Mecánico**.

Atentamente.



Br. José Alfredo Urbina Urbina
N° carnet 2016-0647U



Br. Regie Kent Sanders Wilson
N° carnet 2016-1213U


12/08/2021

DEDICATORIA.

El presente trabajo monográfico es dedicado primeramente a Dios todopoderoso, quien ha sido nuestra fortaleza y ayuda indispensable en cada uno de nuestros logros, quien ha suplido nuestras necesidades y nos ha dado la sabiduría e inteligencia suficiente para culminar esta etapa de nuestra vida.

A nuestros padres quienes han sido un ejemplo para nosotros, los cuales con su sacrificio y dedicación nos ayudaron a salir adelante, y fueron los pilares que nos sostuvieron durante nuestra formación profesional. Padres esforzados y comprometidos, que fueron nuestra inspiración para dar lo mejor día a día.

Queremos agradecer a nuestra Alma Mater, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), compuesta por un conjunto de profesionales de calidad, con alto sentido de enseñanza, los cuales nos formaron como ingenieros mecánicos, durante toda la carrera. Nos sentimos orgullosos de haber sido parte de ella, y de recibir tutoría con el Msc. Wilmer José Ramírez Velásquez quien nos asesoró y nos ayudó a culminar el proyecto con los estándares requeridos.

A nuestros amigos y compañeros de clase, en especial a Ricardo Ríos que con su buena disposición nos apoyó de manera incondicional en gestiones trascendentes, que la elaboración de la monografía conlleva.

RESUMEN.

El presente estudio plantea los pasos a seguir para calcular la conductividad térmica en bloques de concreto. El estudio se basó en diseñar y construir una cámara adiabática y mediante un bombillo incandescente se logró someter al bloque a una diferencia de temperatura entre ambas caras del bloque. Conociendo la diferencia de temperatura se utilizó la ley de Fourier para la conducción de calor para la obtención del coeficiente de conductividad térmica.

Se programaron sensores de temperatura digital 18B20 para obtener las diferencias de temperaturas a las que estaban sometido los bloques y mediante el programa Tera Term se recopiló y trasladó los datos en una hoja de Excel para su análisis.

Para el cálculo del coeficiente se utilizó el método de las diferencias finitas para encontrar la distribución de temperatura a lo largo del bloque y así tener en cuenta más puntos en estudio que nos permitió realizar un estudio más preciso del fenómeno.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

I. INTRODUCCIÓN.

El presente estudio se refiere sobre la determinación de la conductividad térmica en bloques de concreto, sabemos que la conductividad térmica es una propiedad física que describe la capacidad de un material de transferir calor por conducción. Es una magnitud intensiva que no depende de la cantidad de materia.

La conductividad térmica se da a través de la agitación molecular y contacto. El calor avanza con un gradiente de temperatura, desde un área de alta temperatura y alta energía molecular a un área con temperatura menor y menor energía molecular. Esta transferencia continuará hasta que se alcance el equilibrio térmico. La velocidad a la que se transfiere el calor depende de la magnitud del gradiente de temperatura, y de las características térmicas específicas del material.

En esta investigación se estará aplicando un método de medición de dicha propiedad, el cual está propuesto en las normas internacionales ASTM C-177 y C508, de lo cual se recopilará diferentes valores de conductividad térmica de los bloques de concreto que se usaran en pruebas experimentales. También se aplicará un método matemático para la obtención de resultados de coeficiente de conductividad térmica. Así mismo se comparará esos resultados entre los bloques de concreto puesto a prueba y entre los valores internacionales ya establecidos para dicho material.

Es de importancia mencionar que el estudio de esta propiedad física está meramente relacionado al ahorro energético dado que mientras menor sea su valor tendremos mayor capacidad aislante.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

II. ANTECEDENTES.

En el año 2016 se publicó la investigación de Flórez, Borré Titulada “Investigación del coeficiente de conductividad de bloques fabricados con mortero y olote de maíz (Zea Mays) para aplicaciones en Mampostería”. Se realizaron mediciones de conductividad térmica de bloques fabricados con mortero y olote de maíz donde se modificó en un 10 y 20% el volumen de la arena por olote de maíz.

Los resultados mostraron que la adición de elote de maíz disminuyó los coeficientes de conductividad un 30%, sin embargo, la compresión de los bloques disminuyó en comparación a uno sin fibra (Flórez & Borré, 2016).

En abril del 2018 Leal Quintero, realizó el trabajo, donde se estudiaron los fenómenos de transporte de calor mediante la determinación de la conductividad y resistividad térmica efectiva en cerámicas porosas, a base de caolines y tierras diatomáceas de la región de Boyacá en función de la porosidad, tortuosidad, morfología y estructura de las muestras elaboradas.

En el presente trabajo se reporta el comportamiento de la conductividad y resistividad térmica en función de la porosidad, para las cerámicas porosas elaboradas, y correlacionarlas con los modelos teóricos existentes, dando valor agregado a estos materiales para aplicaciones tecnológicas en procesos de filtración y de aislamiento térmico, entre otros (Leal, 2018).

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

III. JUSTIFICACIÓN.

Esta investigación tendrá como objetivo calcular los coeficientes de conductividad térmica en los bloques distribuidos por los diferentes proveedores, y así demostrar que los bloques de construcción nacional cumplen con los parámetros térmicos internacionales descrito en la ASTM C- 332; permitiéndonos comparar la conductividad térmica entre los diferentes proveedores y así conocer que marca es más recomendable desde el punto energético.

La conductividad térmica en áreas de estudios como la refrigeración es de suma importancia debido a que es primordial la selección de un material con buena resistencia térmica, ya que esto permite una menor carga térmica que los equipos de aire acondicionado tendrían que extraer del recinto, por lo tanto, la tarifa eléctrica por el uso de estos equipos se reducirá.

La realización del proyecto también tendrá como objetivo servir de base para nuevos estudios, porque es un tema de relevante importancia y muy poco abordado, por ende, no es muy conocido por la población en general. Permitirá informar y concientizar a la población de lo crucial que sería el seleccionar un material de baja conductividad térmica para el confort térmico.

Este estudio podrá servir de referencia para nuevos estudios en diversos materiales que podrían ser de interés para la construcción civil y la climatización.

La construcción de la cámara adiabática proporcionaría una opción efectiva para el cálculo del coeficiente de conductividad térmica, permitiendo la pauta para la creación de un laboratorio que tenga la capacidad de medir dicho coeficiente y así tener la certificación de los materiales para su utilización.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

IV. OBJETIVOS.

Objetivo general.

Calcular coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto obtenidos de las empresas INDENICSA, CEDESA y AGRENIC, por medio de método propuesto en norma ASTM C-177 y C508.

Objetivos específicos.

1. Examinar normativas nacionales e internacionales aplicables a la construcción y especificaciones de los bloques de concreto.
2. Construir un sistema experimental de cámara adiabático según norma ASTM C-177 y C508 para determinación experimental de conductividad térmica.
3. Determinar el método matemático más óptimos para la obtención del coeficiente de conductividad térmica de los bloques.
4. Compara los coeficientes resultantes determinados experimentalmente entre los bloques en estudio y entre valores estandarizados.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

V. MARCO TEÓRICO.

5.1. GENERALIDADES DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR.

Con base a la experiencia se sabe que la transferencia de energía siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja y esa transferencia se detiene cuando ambos alcanzan la misma temperatura. (Cengel, 2007)

5.1.1 Energía.

La energía puede existir en numerosas formas, como térmica, mecánica, cinética, potencial, eléctrica, magnética, química y nuclear, y su suma constituye la energía total E . Para nuestro estudio estaremos enfocándonos en la forma térmica. (Cengel, 2007)

5.1.2 Calor.

El calor es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura. (Cengel, 2007)

5.1.3 Primera ley de la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica, también conocida como principio de conservación de la energía, expresa que, en el curso de un proceso, la energía no se puede crear ni destruir; sólo puede cambiar las formas. Por lo tanto, toda pequeña cantidad de energía debe tomarse en cuenta en el curso de un proceso. (Cengel, 2007)

El principio de conservación de la energía (o balance de energía) para cualquier sistema que pasa por cualquier proceso se puede expresar como sigue: El cambio neto (aumento o disminución) en la energía total de un sistema en el curso de un proceso es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale en el desarrollo de ese proceso. Es decir:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{que entra en} \\ \text{el sistema} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{que sale del} \\ \text{sistema} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Cambio en la} \\ \text{energía total} \\ \text{del sistema} \end{array} \right)$$

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Dado que la energía se puede transferir hacia un sistema, o hacia afuera de éste, por medio de calor, trabajo y flujo de masa, y que la energía total de un sistema simple compresible consta de las energías interna, cinética y potencial, el balance de energía para cualquier sistema que pasa por cualquier proceso se puede expresar como:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} \text{ (J)} \quad (1)$$

O bien, en la forma de razones, como:

$$\dot{E}_{entra} - \dot{E}_{sale} = \frac{dE_{sistema}}{dt} \text{ (W)} \quad (2)$$

La energía es una propiedad y el valor de una propiedad no cambia a menos que cambie el estado del sistema. Por lo tanto, el cambio en la energía de un sistema es cero ($\Delta E_{sistema} = 0$); si el estado de ese sistema no cambia durante el proceso, entonces el proceso es estacionario. En este caso, el balance de energía se reduce a: $\dot{E}_{entra} = \dot{E}_{sale}$ (3)

En ausencia de efectos significativos eléctricos, magnéticos, de movimiento, gravitatorios y de tensión superficial (es decir, para sistemas simples compresibles estacionarios), el cambio en la energía total de un sistema durante un proceso es sencillamente el cambio en su energía interna; es decir. $\Delta E_{sistema} = \Delta U_{sistema}$.

En el análisis de la transferencia de calor, es usual tener interés únicamente en las formas de energía que se pueden transferir como resultado de una diferencia de temperatura; es decir, el calor o energía térmica. En esos casos resulta conveniente escribir un balance de calor y tratar la conversión de las energías nuclear, química, mecánica y eléctrica hacia energía térmica como generación de calor. En ese caso, el balance de energía se puede expresar como:

$$Q_{ent} - Q_{sale} + E_{gen} = \Delta Q_{térmica,sistema} \quad (4)$$

5.1.4 Energía y potencia.

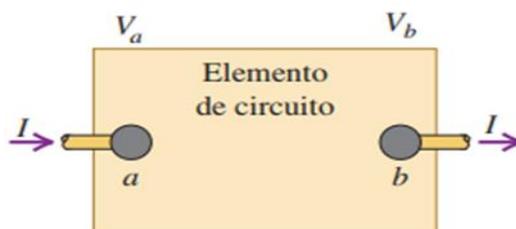


Figura 1. La potencia de alimentación al elemento de circuito entre a y b es $P = (V_a - V_b)I = V_{ab}I$.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

La caja de la figura representa un elemento de circuito con diferencia de potencial $V_a - V_b = V_{ab}$ entre sus terminales y la corriente I que pasa a través suyo en dirección de a hacia b . Conforme la carga pasa por el elemento de circuito, el campo eléctrico realiza trabajo sobre la carga.

Conforme una cantidad de carga q pasa a través del elemento de circuito, hay un cambio en la energía potencial igual a qV_{ab} . Las cargas en movimiento no ganan energía cinética porque la tasa de flujo de carga (es decir, la corriente) que sale del elemento de circuito debe ser igual que la tasa de flujo de carga que entra a éste. En vez de ello, la cantidad qV_{ab} representa energía eléctrica transferida hacia el elemento de circuito. Esta situación ocurre en las bobinas de un tostador o un horno eléctrico, en donde la energía eléctrica se convierte en energía térmica.

En los circuitos eléctricos es más frecuente que interese la rapidez con la que la energía se proporciona a un elemento de circuito o se extrae de él. Si la corriente a través del elemento es I , entonces en un intervalo de tiempo dt pasa una cantidad de carga $dQ = I dt$ a través del elemento. El cambio en la energía potencial para esta cantidad de carga es $V_{ab}dQ = V_{ab}I dt$. Si esta expresión se divide entre dt , se obtiene la rapidez a la que se transfiere la energía hacia fuera o hacia dentro de circuito. (Young, 2009)

$$P = V_{ab}I \quad (5)$$

P: Rapidez con la que se entrega energía a un elemento o se extrae de éste.

5.1.5 Razón de transferencia de calor.

La cantidad de calor transferido durante el proceso se denota por Q . La cantidad de calor transferido por unidad de tiempo se llama razón de transferencia de calor y se denota por \dot{Q} . El punto arriba representa la derivada respecto al tiempo, o “por unidad de tiempo”. La velocidad de transferencia de calor, \dot{Q} tiene la unidad J/s, lo cual es equivalente a W. Cuando se cuenta con la razón de transferencia de calor,

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

\dot{Q} entonces se puede determinar la cantidad total de transferencia de calor Q durante un intervalo de tiempo Δt a partir de:

$$Q = \int_0^{\Delta t} \dot{Q} dt \quad (6)$$

Siempre que se conozca la variación de \dot{Q} con el tiempo. Para el caso especial de $\dot{Q} = \text{constante}$, la ecuación anterior se reduce a: (Cengel, 2007)

$$Q = \dot{Q}\Delta t \quad (7)$$

5.1.6 Flujo de calor.

La razón de transferencia del calor por unidad de área perpendicular a la dirección de esa transferencia se llama flujo de calor y el flujo promedio de calor se expresa como:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} \quad (8)$$

En donde A es el área de transferencia de calor. (Cengel, 2007)

5.1.7 Conductividad térmica.

La conductividad térmica de un material se puede definir como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura casi siempre denotado como K . La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad del material para conducir calor. Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un buen conductor del calor y un valor bajo indica que es un mal conductor o que es un aislante. (Cengel, 2007)

Esta conductividad se evalúa experimentalmente y está básicamente definida por la ecuación:

$$k = -\frac{\dot{Q}\Delta x}{A\Delta T} \quad (9)$$

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

La conductividad térmica de los sólidos tiene un amplio rango de valores numéricos dependiendo de si el sólido es relativamente un buen conductor del calor, tal como un metal, o un mal conductor como el asbesto. Estos últimos sirven como aislante. Aun cuando la conducción de calor se asocia usualmente con la transferencia de calor a través de los sólidos, también es aplicable a gases y líquidos, con sus limitaciones. (Kern, 1999)

5.1.8 Aislamiento térmico.

Los materiales de aislamiento térmico deben tener una conductividad térmica baja. En la mayoría de los casos, esto se logra atrapando aire o algún otro gas dentro de cavidades pequeñas en un sólido, pero en ocasiones se puede producir el mismo efecto llenando el espacio a través del cual se debe reducir el flujo de calor con partículas sólidas y atrapando aire entre las partículas.

Estos tipos de materiales de aislamiento térmico utilizan la conductividad inherentemente baja de un gas para inhibir el flujo de calor. Sin embargo, como los gases son fluidos, el calor también se puede transferir por convección natural dentro de las bolsas de aire y por radiación entre las paredes sólidas del recinto. Por tanto, la conductividad de los materiales aislantes no es en realidad una propiedad del material, sino más bien el resultado de una combinación de mecanismos de flujo de calor. La conductividad térmica del aislamiento es un valor k que cambia no sólo con la temperatura, sino también con la presión y las condiciones ambientales, por ejemplo, la humedad. El cambio de k con la temperatura puede ser muy pronunciado, en especial a temperaturas elevadas cuando la radiación tiene un papel significativo en el proceso global de transferencia de calor. (Kreith, Raj, & Mark, 2012)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.1.9 Difusividad térmica.

La difusividad térmica, la cual representa cuán rápido se difunde el calor por un material y se define como:

$$\alpha = \frac{\text{Calor conducido}}{\text{Calor almacenado}} = \frac{k}{\rho c_p} \left(\frac{m^2}{s} \right) \quad (10)$$

La conductividad térmica K representa lo bien que un material conduce el calor y la capacidad calorífica ρc_p representa cuánta energía almacena un material por unidad de volumen. Por lo tanto, la difusividad térmica de un material se puede concebir como la razón entre el calor conducido a través del material y el calor almacenado por unidad de volumen. (Cengel, 2007)

5.1.10 Resistencia térmica.

Con frecuencia se da la efectividad de un aislamiento en términos de su valor R , la resistencia térmica del material por unidad de área superficial, expresado como:

$$\text{Valor } R = \frac{L}{k} \text{ (aislamiento plano)} \quad (11)$$

Donde L es el espesor y k es la conductividad térmica del material. (Cengel, 2007)

5.2. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación. Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja.

5.2.1 Conducción.

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una retícula y al transporte de energía por parte de los electrones libres.

La rapidez o razón de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que esté hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él.

La razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de ésta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa. Lo cual se puede denotar por la ley de Fourier. (Cengel, 2007)

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} (W) \quad (12)$$

El signo de menos es consecuencia de la segunda ley de la termodinámica, que requiere que el flujo de calor debe fluir en dirección de una temperatura mayor a una menor. El gradiente de temperatura será negativo si la temperatura disminuye al aumentar los valores de x . Por tanto, si el calor transferido en la dirección x positiva debe ser una cantidad positiva, se debe insertar un signo negativo en el lado derecho de la ecuación. (Kreith, Raj, & Mark, 2012)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

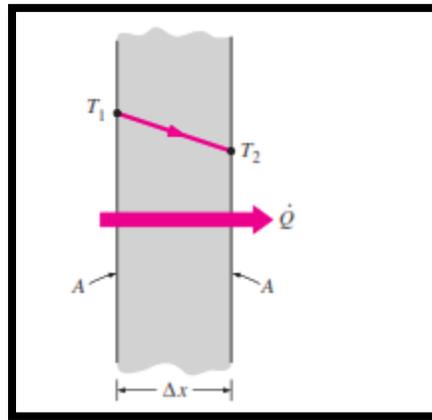


Figura 2. Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor Δx y área A . (Cengel, 2007)

5.2.2 Convección.

La convección es el modo de transferencia de energía 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. La convección recibe el nombre de convección forzada si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento. Como contraste, se dice que es convección natural (o libre) si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido. A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento como:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty) (W) \quad (13)$$

En donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección. El coeficiente de transferencia de calor por convección h no es una propiedad del fluido. Es un parámetro que se determina en forma experimental y cuyo valor depende de todas las variables que influyen sobre la convección, como la

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades de éste y la velocidad masiva del mismo. (Cengel, 2007)

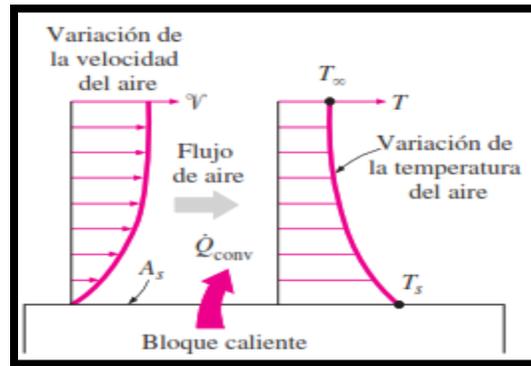


Figura 3. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección. (Cengel, 2007)

5.2.3 Radiación.

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas.

La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo, la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia adentro de dichos sólidos.

La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s (en K o R) es expresada por la ley de Stefan – Boltzmann como:

$$\dot{Q}_{emitida,max} = \sigma A_s T_s^4 \text{ (W)} \quad (14)$$

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Donde $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$, o bien, $0.1714 \times 10^{-8} \frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot R^4}$ es la constante de Stefan-Boltzmann. La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima se llama cuerpo negro y la radiación emitida por éste es la radiación del cuerpo negro. La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura y se expresa como:

$$\dot{Q}_{emitida} = \sigma A_s T_s^4 (W) \quad (15)$$

En donde e es la **emisividad** de la superficie. La **emisividad** cuyo valor está en el intervalo $0 \leq e \leq 1$, es una medida de cuán próxima está una superficie de ser un cuerpo negro, para el cual $e = 1$.

Otra importante propiedad relativa a la radiación de una superficie es su **absortividad** a , la cual es la fracción de la energía de radiación incidente sobre una superficie que es absorbida por ésta. (Cengel, 2007)

5.3. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

Los métodos conocidos para determinar la conductividad térmica, de manera experimental, se dividen en dos grupos: el grupo del estado estable y el del estado inestable.

Al grupo de estado estable pertenecen los métodos de medición donde las muestras de pruebas están sujetas a un perfil de temperatura, el cual es invariante con el tiempo, es decir, para cada punto permanece constante la temperatura en todo momento, así que la conductividad térmica se determina midiendo la velocidad del flujo de calor por unidad de área y la diferencia de temperatura cuando la muestra ha alcanzado el equilibrio. En nuestro caso utilizaremos uno de los métodos de este grupo, el cual le haremos algunas modificaciones en base a las normas ASTM C-177 y C508.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

En el segundo grupo, que corresponde a los métodos del estado inestable, la temperatura en cada punto varía con el tiempo, y en vez de medir la velocidad del flujo de calor se mide la velocidad del cambio de temperatura, el cual determina la difusividad térmica y la conductividad térmica se calcula a partir de este término, conociendo la densidad y el calor específico del material a prueba. (Ríos Soto)

5.3.1 Métodos del estado estable.

5.3.1.1 Método del flujo del calor longitudinal.

En estos métodos, el arreglo experimental es diseñado para que el flujo de calor sea en dirección axial de un espécimen de barra o disco. La pérdida o ganancia de calor radial debe ser prevenida y en caso de haberla se debe evaluar. Cuando se alcanza el estado estable y si no existe pérdida o ganancia de calor, la conductividad térmica se determina por la ecuación lineal de Fourier.

$$k = -\frac{\dot{Q}\Delta x}{A\Delta T} \quad (16)$$

Así \dot{Q} es el flujo de calor, A es el área, Δx es la distancia entre los puntos donde se tomo T_1 y T_2 , ΔT es la diferencia de $T_2 - T_1$ y k es el promedio de la conductividad térmica correspondiente a la temperatura $\frac{(T_2+T_1)}{2}$. (Ríos Soto)

5.3.1.2 Método de la barra de Forbes.

El método original de Forbes consiste en dos experimentos separados. El primero fue denotado por Forbes como el “estático” y el segundo como el “dinámico”. En el experimento estático una barra cuadrada de hierro dulce de 1.25 pulgadas de lado y 8 ft de largo fue calentada en un extremo, por medio de plomo fundido o un soldador, a una temperatura alta fija, y la distribución de temperatura en estado estable a lo largo de la barra fue determinada con la superficie de la barra perdiendo calor por convección y radiación a una temperatura ambiental constante. En el experimento dinámico o de enfriamiento una barra similar, pero de solo 20 pulgadas de longitud, fue enfriada en las mismas condiciones de

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

temperatura ambiental a partir de una temperatura alta uniforme y la pérdida de calor fue determinada. De estos dos experimentos, la conductividad térmica puede ser calculada como:

Remplazando $\Delta x / \Delta T$ en la ecuación del flujo lineal por dx / dT , derivando la ecuación resultante con respecto a x y arreglando:

$$k = \frac{d\dot{Q}}{A dx \frac{d^2T}{dx^2}} \quad (17)$$

El experimento estático nos provee los valores de $\frac{d^2T}{dx^2}$, y la pérdida de calor por unidad de longitud de la barra en el experimento de enfriamiento es:

$$\frac{d\dot{Q}}{dx} = AC \frac{dT}{dt} \quad (18)$$

Donde $\frac{dT}{dt}$ es el valor de enfriamiento medido y C es el calor específico por unidad de volumen. (Ríos Soto)

5.3.1.3 Métodos del flujo de calor radial.

Son muchos los métodos que pertenecen a este tipo de flujo, que como su nombre lo indica, el calor se trasmite radialmente. Cada método es de acuerdo a la geometría del espécimen y tienen características específicas que permiten seleccionarlos de acuerdo al tipo de material que se quiera medir, el rango de temperatura que emplee y la manera en la que se desee aislar el espécimen. Los métodos de flujo calor radial se dividen en métodos absolutos y métodos comparativos; dentro del grupo de los absolutos se encuentra el método esférico y elipsoidal, el de esferas, cilindro concéntrico, el del plato de Sénarmont y el método cilíndrico.

Al grupo comparativo, pertenecen el método de los cilindros concéntricos y método del disco. (Ríos Soto)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.3.1.4 Métodos de calentamiento eléctrico directo.

El calentamiento eléctrico directo ofrece facilidad para alcanzar altas temperaturas, usa técnicas experimentales y aparatos más sencillos que otros métodos a altas temperaturas, usa especímenes relativamente pequeños, requiere poco tiempo para alcanzar el equilibrio y también ofrece la posibilidad de determinar a la vez algunas propiedades físicas al mismo espécimen. De acuerdo con la geometría del espécimen, estos métodos caen dentro de dos categorías principales: barra cilíndrica y barra rectangular. (Ríos Soto)

5.3.1.5 Método termoelectrico.

El método termoelectrico fue desarrollado por Borelius y reportado en 1917. Es aplicable particularmente a mediciones sobre materiales termoelectricos. En este método, el espécimen es tomado entre contactos metálicos a través del cual se pasa una corriente eléctrica directa. La conductividad térmica puede ser calculada a partir de la producción de calor πI donde π es el coeficiente de Peltier y I es el flujo de corriente eléctrica. La diferencia de temperatura entre los extremos ΔT , el área transversal A , y la longitud L , por la expresión. (Ríos Soto)

$$k = \frac{\pi I L}{A \Delta T} \quad (19)$$

5.3.1.6 Método térmico comparativo.

El método térmico comparativo fue desarrollado por Powell y es un método comparativo sencillo, para una rápida y fácil medición de la conductividad térmica. La parte esencial del método comparativo es una provea aislada con una extremidad saliente. Para la probeta es necesaria una reserva térmica tomada a una temperatura cerca de 15 a 20 grados arriba de la temperatura del lugar. Un termopar superficial es colocado en la punta de la probeta y es conectado diferencialmente a la reserva térmica para medir la diferencia de temperatura entre la reserva y la punta saliente. La probeta se coloca en la superficie del material de prueba y pierde calor hasta una temperatura intermedia. (Ríos Soto)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

La diferencia de temperatura es registrada por la fuerza electromotriz (fem), leyéndose del termopar diferencial, después de un corto periodo transiente (1 a 2 segundos). Luego se obtiene una curva de calibración y la conductividad térmica del espécimen desconocido se determina a partir de los fems leídos a través de la curva de calibración. Para este estudio se utilizará como punto de partida este método, el cual se le estarán haciendo unas modificaciones para adaptarlo a las normas internacionales ASTM C-177 y C508.

5.4. MÉTODO NUMÉRICO.

5.4.1 Método de las diferencias finitas.

Recordar que, en cualquier análisis de conducción, hay dos objetivos principales, primero es determinar la distribución de temperaturas en el medio que, para el problema actual, necesita determinar $T(x, y)$. Este objetivo normalmente se logra resolviendo la formula apropiada de la ecuación de calor. Para condiciones de estado estable en dos dimensiones sin generación y con una conductividad térmica constante, esta forma es de la ecuación:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (20)$$

Si la ecuación se resuelve para $T(x, y)$, es entonces asunto sencillo satisfacer el segundo objetivo principal, que es determinar las componentes de flujo de calor y con la aplicación de las ecuaciones de flujo. (Incropera, 1999)

Los métodos para resolver la ecuación, incluyen los enfoques analíticos, gráficos y numéricos (el de diferencias finitas, elemento finito o de elemento de frontera). (Incropera, 1999)

Muchos problemas que se encuentran en la práctica comprenden configuraciones geométricas complicadas, con condiciones de frontera complejas o propiedades variables, y no se pueden resolver analíticamente. En esos casos, se pueden

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

obtener soluciones aproximadas suficientemente exactas utilizando un método numérico. (Cengel, 2007)

Los métodos de resolución analítica se basan en la solución de la ecuación diferencial que rige junto con las condiciones de frontera. Estos métodos conducen a soluciones para la temperatura en cada punto del medio.

Por otra parte, los métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales se basan en el reemplazo de las ecuaciones diferenciales por ecuaciones algebraicas. En el caso del popular método de las diferencias finitas, esto se realiza al reemplazar las derivadas por diferencias. (Cengel, 2007)

Existen varias maneras de obtener la formulación numérica de un problema de conducción de calor, como los métodos de las diferencias finitas, de elementos finitos, de elementos frontera y de balance de energía (o de volumen de control).

En nuestro estudio se usa el método de diferencias finitas, mediante un enfoque de balances de energía en volúmenes de control, por lo que proporciona una mejor sensación física del problema.

5.4.1.1 Red nodal

En contraste con una solución analítica, que permite la determinación de la temperatura en cualquier punto de interés en un medio, una solución numérica permite determinar la temperatura sólo en puntos discretos. El primer paso en cualquier análisis numérico debe ser, por tanto, seleccionar estos puntos, esto se hace al subdividir el medio de interés en un número de pequeñas regiones y asignar a cada una un punto de referencia en su centro. El punto de referencia suele denominarse punto nodal (o simplemente nodo), y el agregado de puntos se conoce como red nodal, malla o rejilla.

Las posiciones x y y se designan con los índices m y n , respectivamente. Cada nodo representa cierta región, y su temperatura es una medida de la temperatura promedio de la región.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

La selección de puntos nodales rara vez es arbitraria y, a menudo, depende de cuestiones como la conveniencia geométrica y la precisión que se desea. La precisión deseada de los cálculos depende en gran medida del número de puntos nodales designados. Si este número es grande (una malla fina) es posible obtener soluciones extremadamente precisas.

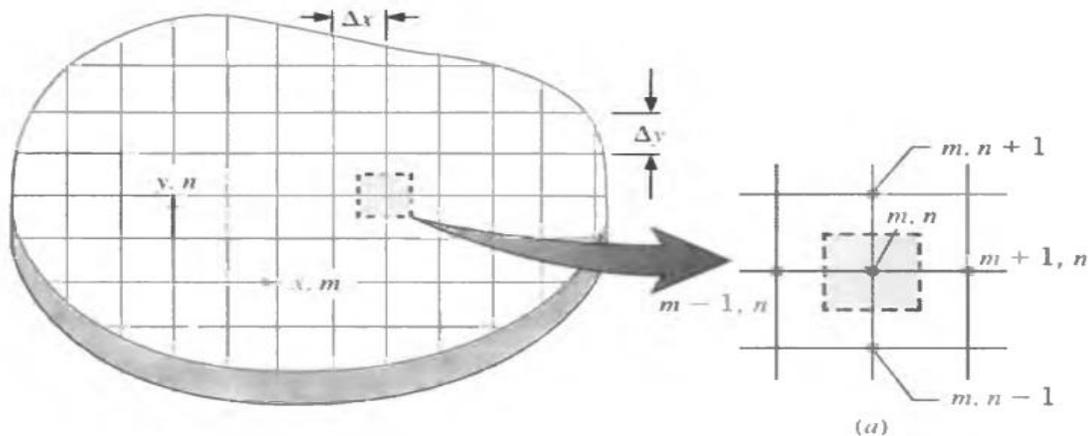


Figura 4. Conducción bidimensional. (a) Red nodal. (Incropera, 1999)

La determinación numérica de la distribución de temperaturas dicta que se escriba ecuación de conservación apropiada para cada uno de los puntos nodales de temperaturas desconocida. El conjunto de ecuaciones resultante se resuelve de manera simultánea para la temperatura en cada nodo. Para cualquier nodo interior de un sistema bidimensional. (Incropera, 1999)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”

5.4.1.2 Conducción bidimensional de transferencia de calor.

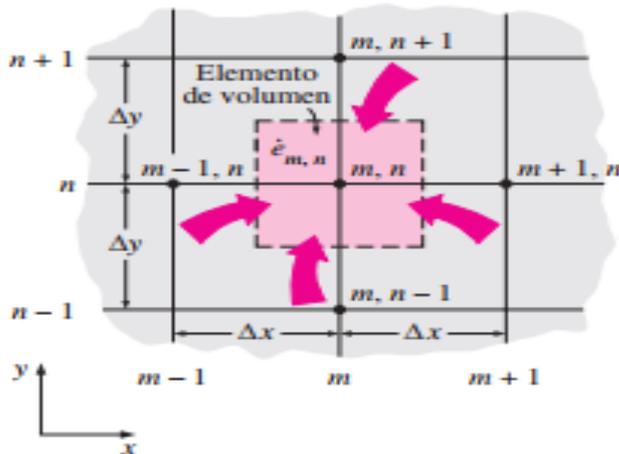


Figura 5. Elemento de volumen de un nodo interior general (m, n) para la conducción bidimensional en coordenadas rectangulares. (Cengel, 2007)

Considere ahora un elemento de volumen de tamaño $\Delta x \times \Delta y \times 1$, con centro en un nodo interior general (m, n), en una región en la que el calor se genera con una razón de \dot{e} y la conductividad térmica k es constante. Si se supone que la dirección de la conducción de calor es hacia el nodo que se está considerando, en todas las superficies, el balance de energía sobre el elemento de volumen se puede expresar como

$$\left(\begin{array}{l} \text{Razon de la conducción de} \\ \text{calor en las superficies izquierdas,} \\ \text{superior, derecha e inferior.} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Razón de la} \\ \text{generación del calor} \\ \text{dentro del elemento} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Razon de cambio} \\ \text{del contenido de} \\ \text{energía del elemento} \end{array} \right)$$

O bien,

$$\dot{Q}_{cond,izquierda} + \dot{Q}_{cond,superior} + \dot{Q}_{cond,derecha} + \dot{Q}_{cond,inferior} + \dot{Q}_{gen,elemento} = \frac{\Delta E_{elemento}}{\Delta t} \quad (21)$$

Para el caso estacionario. De nuevo, si se supone que las temperaturas entre los nodos adyacentes varían linealmente y se nota que el área de transferencia de calor es $A_x = \Delta y \times 1 = \Delta y$, en la dirección x, y $A_y = \Delta x \times 1 = \Delta x$, en la dirección y, la relación de balance de energía antes dada queda

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

$$k\Delta y \frac{T_{m-1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} + k\Delta x \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta y} + k\Delta y \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} + k\Delta x \frac{T_{m,n-1} - T_{m,n}}{\Delta y} + \dot{e}_{m,n} \Delta x \Delta y = 0 \quad (22)$$

Al dividir cada término entre $\Delta x \times \Delta y$ y simplificar da

$$\frac{T_{m-1,n} - 2T_{m,n} + T_{m+1,n}}{\Delta x^2} + \frac{T_{m,n-1} - 2T_{m,n} + T_{m,n+1}}{\Delta y^2} + \frac{\dot{e}_{m,n}}{k} = 0 \quad (23)$$

En el análisis con diferencias finitas por lo común se usa, por sencillez, una malla cuadrada (excepto cuando las magnitudes de los gradientes de temperatura en las direcciones x y y son muy diferentes) y, por lo tanto, x y y se consideran iguales. Entonces $\Delta x = \Delta y = l$ y la relación antes dada se simplifica a

$$T_{m-1,n} + T_{m+1,n} + T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 4T_{m,n} + \frac{\dot{e}_{m,n}l^2}{k} = 0 \quad (24)$$

Es decir, la formulación en diferencias finitas de un nodo interior se obtiene al sumar las temperaturas de los cuatro vecinos más cercanos del nodo, menos el cuádruplo de la temperatura del propio nodo y más el término de generación de calor. También se puede expresar en la forma que sigue, la cual es fácil de recordar:

$$T_{izquierda} + T_{superior} + T_{derecha} + T_{inferior} - 4T_{nodo} + \frac{\dot{e}_{m,n}l^2}{k} \quad (25)$$

Cuando no se tiene generación de calor en el medio, la ecuación en diferencias finitas para un nodo interior todavía se simplifica más a $T_{nodo} = (T_{izquierda} + T_{superior} + T_{derecha} + T_{inferior})/4$, (26). La cual tiene la interpretación interesante de que la temperatura de cada nodo interior es el promedio aritmético de las temperaturas de los cuatro nodos vecinos. Esta proposición también se cumple para los problemas tridimensionales, excepto que, en ese caso, los nodos interiores tendrán seis nodos vecinos en lugar de cuatro. (Incropera, 1999)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.4.1.3 Solución de las ecuaciones de las diferencias finitas.

La formulación en diferencias finitas de los problemas de conducción de calor en estado estacionario suele conducir a un sistema de N ecuaciones algebraicas en N temperaturas nodales desconocidas que es necesario resolver en forma simultánea. Cuando N es pequeño (como 2 o 3), se puede aplicar el método elemental de eliminación, con el fin de desechar todas las incógnitas, excepto una, y a continuación despejar esa incógnita. En seguida, se determinan las otras incógnitas por sustitución hacia atrás. Cuando N es grande, que es el caso más usual, el método de eliminación no resulta práctico y se necesita usar un procedimiento más sistemático.

Se dispone de numerosos procedimientos sistemáticos en la literatura y se clasifican en términos generales como métodos directos e iterativos. Los métodos directos se basan en un número fijo de pasos bien definidos que conducen a la solución de una manera sistemática. Por otra parte, los métodos iterativos se basan en una conjetura inicial para la solución que se refina por iteración hasta que se satisface un criterio específico de convergencia. (Cengel, 2007)

Para nuestro caso seleccionamos el método iterativo debido a la cantidad de ecuaciones que se producen en nuestro sistema, se utilizó el cálculo iterativo de Excel para la obtención de la distribución de temperatura.

5.5. METODO ESTADÍSTICO.

5.5.1 Variabilidad

El uso de métodos estadísticos en la manufactura, el desarrollo de productos alimenticios, el software para computadoras, las fuentes de energía, los productos farmacéuticos y muchas otras áreas implican el acopio de información o datos científicos.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Los datos se han recabado, resumido, reportado y almacenado para su examen cuidadoso. Sin embargo, hay una diferencia profunda entre el acopio de información científica y la estadística inferencial.

La estadística inferencial generó un número enorme de “herramientas” de los métodos estadísticos que utilizan los profesionales de la estadística.

Los métodos estadísticos se diseñan para contribuir al proceso de realizar juicios científicos frente a la incertidumbre y a la variación. Las muestras se reúnen a partir de poblaciones, que son conjuntos de todos los individuos o elementos individuales de un tipo específico. (Walpole, 2012)

5.5.2 Las medidas de localización.

Las medidas de localización están diseñadas para brindar al analista algunos valores cuantitativos de la ubicación central o de otro tipo de los datos en una muestra.

Una medida importante es la mediana de la muestra. El propósito de la mediana de la muestra es reflejar la tendencia central de la muestra de manera que no sea intuida por los valores extremos.

Una medida muy útil es la media de la muestra. La media es simplemente un promedio numérico.

Suponga que las observaciones en una muestra son $x_1 + x_2 + \dots + x_n$. La media de la muestra, que se denota con \bar{x} , es:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (27)$$

En nuestro estudio se utilizara la media de la muestra como medida de localización.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.5.3 Medidas de variabilidad.

La variabilidad de una muestra desempeña un papel importante en el análisis de datos. La variabilidad de procesos y productos es un hecho real en los sistemas científicos y de ingeniería: el control o la reducción de la variabilidad de un proceso a menudo es una fuente de mayores dificultades. (Walpole, 2012)

Incluso en problemas pequeños de análisis de datos el éxito de un método estadístico específico podría depender de la magnitud de la variabilidad entre las observaciones en la muestra. Las medidas de ubicación en una muestra no brindan un resumen adecuado de la naturaleza de un conjunto de datos.

Desviación estándar de la muestra.

Así como hay muchas medidas de tendencia central o de localización, hay muchas medidas de dispersión o variabilidad. Quizá la más simple sea el **rango de la muestra** $X_{max} - X_{min}$. La medida muestral de dispersión que se utiliza más a menudo es la **desviación estándar de la muestra**.

La **varianza de la muestra**, denotada con s^2 , está dada por:

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{x_i - \bar{x}}{n-1} \quad (28)$$

La **desviación estándar de la muestra**, denotada con s , es la raíz cuadrada positiva de s^2 , es decir:

$$s = \sqrt{s^2}. \quad (29)$$

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.6. BLOQUES DE CONCRETO.

5.6.1 Mampostería.

Se conoce como mampostería al sistema de elementos apilados, ensamblados o unidos con un mortero u otro material similar, con el fin de conformar muros que posean, hasta cierto punto, las características de sus elementos.

Según su tamaño, éstas son denominadas ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando es posible ser manipulado con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos.

A nivel internacional, las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que éstos tengan; de la siguiente manera. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.)

- **Unidades solidas o macizas:** Se considera como piezas sólidas, aquellas que tengan en su sección horizontal más desfavorable un área neta por lo menos del 75% del área bruta.
- **Unidades Huecas:** Serán las piezas que presenten en su sección más desfavorable, un área neta por lo menos del 50% del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm/s (Dirección General de Normas de Construcción y Desarrollo Urbano, Ministerio de Transporte e infraestructura, 2007).
- **Unidades Tubulares:** Son las que tienen sus alveolos o perforaciones dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento; en este tipo clasifican los ladrillos panderetas, utilizados en los tabiques (San Bartolome, 1994).

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.6.1.1 Tipos de unidades de mampostería.

Las unidades de mampostería que se utilicen en las construcciones de mampostería estructural pueden ser de concreto, cerámica (arcilla cocida), sílico calcáreas o de piedra. (Comisión Asesora Permanente para el Regimen de Construcción Sismos Resistente, 2010).

Para nuestro estudio abordaremos las unidades de mampostería de bloques de concreto.

5.6.1.1.1 Bloques de concreto.

Los bloques de concreto son “materiales de construcción de forma rectangular, sólidos o huecos, fabricados con cemento Portland y agregados apropiados tales como grava, arena, o piedra triturada”. (Ampié & Pérez, 2017)

Ellos se elaboran con una mezcla relativamente seca de cemento, agregados, agua y, en algunos casos, aditivos. El material se moldea, compacta y cura en condiciones controladas, que garantizan la obtención de las propiedades buscadas y resistencia altas, baja absorción y uniformidad. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.)

La ventaja de las unidades de concreto sobre las anteriores es que dependiendo de la dosificación que se emplee (cemento-arena-confitillo-agua), pueden lograrse unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine. (San Bartolome, 1994)

En primer lugar, aunque los llamamos de concreto, en Nicaragua son en realidad producidos de mortero, sin la presencia de grava.

El mortero es “una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos, prácticamente es hormigón sin el agregado grueso”. (Ampié & Pérez, 2017).

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

5.6.2 Tipos de bloques.

El block al ser un material prefabricado, puede tener tantos modelos que sería imposible listarlos cada uno, pero lo que si podemos hacer es clasificarlos de manera general de acuerdo a los tipos de bloques:

- **De gafa:** Son el modelo más usual. En ocasiones se utiliza con los huecos de forma horizontal para permitir un poco de visión y dar paso al aire con el exterior.
- **Multicámara:** Los huecos internos de este modelo se encuentran compartimentados. Este tipo de blocks se ocupan habitualmente cuando se quiere construir una pared de una sola hoja.
- **De carga:** Suelen ser más macizos y se utilizan para muros que tienen funciones estructurales (BLOQUERAS.ORG, s.f.).



Figura 6: Bloques de Concreto (BLOQUERAS.ORG, s.f.)

5.6.3 Materiales para la fabricación.

“Se requiere para su fabricación: cemento, agregado grueso y fino, agua y otros agregados.” (Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, 2016)

5.6.3.1 Cemento.

Este debe ser cemento portland y debe cumplir con las especificaciones internacionales como la ASTM C150, que establecen las condiciones químicas y físicas del cemento, además refleja la importancia del control de calidad con énfasis en el almacenamiento del cemento. (Ampié & Pérez, 2017).

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.6.3.2 Agregado grueso y fino.

Para la fabricación de bloques de concreto se debe utilizar agregados con granulometría continuas, para poder obtener una mayor densidad en la mezcla y lograr piezas con superficies cerradas, de textura fina.

Si se utilizan agregados con un porcentaje mayor de finos (arena) se obtendrá una superficie con un acabado más cerrado. Con un porcentaje mayor de gruesos (gravilla) se obtendrá una superficie más rugosa, pero se ganará en resistencia. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.)

5.6.3.3 Agua.

El agua que se utilice para la fabricación de bloques de concreto debe ser potable o que cumpla los requisitos de ASTM C 1602.

5.6.3.4 Otros Minerales.

Los bloques de concreto pueden tener otros agregados tales como cal hidratada, pigmentos colorantes, repelentes, sílice natural, entre otros, siempre que no disminuyan la resistencia y durabilidad de los mismos. (Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, 2016)

5.6.4 Fabricación de bloques de concreto.

Los bloques de concreto se elaboran según diferentes modalidades que van desde una producción manual, hasta una fabricación totalmente automatizada.

Los diferentes tipos de equipos que se emplean para la fabricación de bloques de concreto se pueden clasificar, según su rendimiento, rendimiento bajo, para equipos manuales o artesanales; rendimiento medio, para equipos con sistemas mecánicos; y rendimiento alto para grandes plantas con producción de mezcla y manejo integrado de los productos.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Los equipos también se pueden clasificar su funcionamiento, equipo móvil, pudiendo ser moldes individuales o ponedoras; y equipo estático que incluye algunos tipos de máquinas mecánicas.

El proceso de fabricación, aun cuando es variable en función del equipo y de las condiciones del medio, debe permitir obtener productos que tengan las condiciones de calidad aceptable (resistencia, apariencia, durabilidad, etc.), según la norma correspondiente. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.)

5.6.5 Proceso de fabricación.

5.6.5.1 Almacenamiento del cemento.

El cemento se puede almacenar en sacos o a granel, pero siempre protegiéndolo de la humedad. Cuando se usa cemento en sacos, estos se deben almacenar sobre unas tarimas de madera que los aíslen de la humedad del piso, en arrumes con una altura máxima de 15 bultos, cubiertos por plásticos o por telas impermeables. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.).

5.6.5.2 Dosificación.

La dosificación de la mezcla se debe hacer teniendo en cuenta la resistencia que se busca, la textura deseada, la procedencia de los materiales y el factor económico.

En los procesos artesanales la dosificación de los materiales se hace por volumen; mientras que en los procesos industriales se dosifica por peso. En ambos casos, se utiliza una baja cantidad de agua a fin de permitir el desmolde de la unidad sin que se desmorone. (San Bartolome, 1994).

5.6.5.3 Mezcla.

El mezclado de los materiales se hace a mano (artesanal) o a máquina (industrial).

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

5.6.5.3.1 Mezcla manual.

Para iniciar la mezcla manual del concreto se mide la cantidad de arena necesaria que luego se riega o distribuye sobre una superficie limpia, rígida y no absorbente, de concreto o de madera. Una vez lista la arena se le agrega la cantidad de cemento indicada, y se mezcla hasta obtener una uniformidad satisfactoria. Luego se adiciona el agregado grueso, ya medido y se mezcla bien hasta obtener un color uniforme y, por último, se le incorpora poco a poco el agua que sea necesaria, desde el punto de vista de fabricación, mezclando continuamente. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.)

5.6.5.3.2 Mezcla mecánica.

Para utilizar una mezcladora se debe iniciar mezclando en seco el cemento y los agregados hasta obtener una mezcla de color uniforme, se agrega agua y se continua con la mezcla durante 3 a 6 min, se agrega el resto del cemento y agua continuando con la mezcla de 2 a 3 minutos. (Arrieta & Peñaherrera, 2001)

5.6.5.4 Moldeado.

El moldeado se realiza por vibro-compresión (industrial), utilizando máquinas estacionarias o "ponedoras" (en obra), o chuceando la mezcla en moldes artesanales. (San Bartolome, 1994, pág. 111)

5.6.5.5 Fraguado.

Cuando se han desmoldado los bloques, estos deben permanecer en reposo, en un sitio protegido del sol, la lluvia y los vientos fuertes, para evitar la evaporación del agua de la mezcla y su secado prematuro. Si no son desmoldados directamente en este sitio, se deben transportar allí con cuidado, sobre bandejas de madera. Los bloques deben permanecer en reposo un tiempo de aproximadamente 8 horas, de modo que se pueda llevar a cabo su fraguado inicial. ‘Después de esto, los bloques pueden ser retirados de las tablas o tomados del piso y colocados en arrumes. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.) .

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

5.6.5.6 Curado.

La finalidad del curado es garantizar, durante los primeros días después del fraguado, la temperatura y el contenido de humedad necesarios para que se puedan desarrollar la resistencia y demás propiedades deseadas en el concreto. Los bloques deben ser rociados con agua, de manera que no se sequen en ningún momento, o se pueden cubrir con telas de fique o algodón que sean humedecidas permanentemente y que ayuden a conservar la humedad, o con láminas de plástico para crear una cámara hermética que evite que la humedad se escape.

El curado se debe hacer mínimo durante tres días, pero se recomienda extenderlo a siete días y para mejores resultados los bloques deben estar protegidos del sol directo y de los vientos. (Instituto Colombiano de Productores de Concreto, s.f.)

5.6.6 Norma técnica obligatoria nicaragüense. Fabricación de bloques de concreto NTON 12 008-09.

5.6.6.1 Requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto.

- **Requisitos físicos: Dimensiones de los Bloques. Las dimensiones nominales y reales de los bloques son los establecidos en la tabla 1.**

Tipo de bloque	Largo Nominal cm.	Largo Real cm.	Ancho Nominal cm.	Ancho Real cm.	Alto Nominal cm.	Alto Real cm.
BE-1 de 10 cm	40	39	10	10	20	19
BE-1 de 15 cm	40	39	15	15	20	19
BE-1 de 20 cm	40	39	20	20	20	19
BE-1 de 25 cm	40	39	25	25	20	19
BE-1 de 30 cm	40	39	30	30	20	19
BE-2 de 10 cm	40	39	10	10	20	19

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

BE-2 de 15 cm	40	39	15	15	20	19
BE-2 de 20 cm	40	39	20	20	20	19
BE-2 de 25 cm	40	39	25	20	20	19
BE-2 de 30 cm	40	39	30	20	20	19
BNE de 10 cm	40	39	10	10	20	19
BNE de 15 cm	40	39	15	15	20	19

Tabla 1. Dimensiones nominales y reales de los bloques. (Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, 2016)

Ninguna de las dimensiones reales (ancho, alto y largo) podrá diferir por más o menos de 3 mm de las dimensiones reales especificadas. Los espesores mínimos de las paredes externas e internas de los bloques serán los siguientes:

Tipo de bloque	Espesor mínimo de la pared externa (mm)	Espesor mínimo de la pared interna (mm)
BE-1 de 10 cm	25	25
BE-1 de 15 cm	25	25
BE-1 de 20 cm	30	25
BE-1 de 25 cm	35	30
BE-1 de 30 cm	40	30
BE-2 de 10 cm	25	25
BE-2 de 15 cm	25	25
BE-2 de 20 cm	30	25
BE-2 de 25 cm	35	30
BE-2 de 30 cm	40	30
BNE de 10 cm	25	25
BNE de 15 cm	25	25

Tabla 2. Espesores mínimos de las paredes externas e internas de los bloques. (Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, 2016)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Absorción: La absorción es la propiedad del bloque para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Para determinar el porcentaje de absorción se debe realizar ensayo según ASTM C-140. Los bloques de concreto deben cumplir con los requisitos de absorción máxima según la siguiente tabla:

Tipo de bloque	Valor máximo en un bloque (%)
Bloque BE-1	10
Bloque BE-2	12
Bloque BNE	15

Tabla 3. Valores Máximos de absorción según tipo de bloque. (Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, 2016)

Densidad: Es la relación entre el volumen bruto y la masa del bloque. Para determinar la densidad se debe realizar ensayo según ASTM C-140. Los bloques se clasificarán de acuerdo con su densidad según tabla 4.

Tipo de bloque	Bloque de peso ligero (kg/m3)	Bloque de peso mediano (kg/m3)	Bloque de peso normal (kg/m3)
Bloque BE-1	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BE-2	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BNE	Hasta 1680	De 1680 hasta menos de 2000	Más de 2000

Tabla 4. Clasificación de bloques de acuerdo a su densidad. (Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, 2016)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

➤ **Requisitos mecánicos.**

Resistencia a la Compresión. Los bloques deben cumplir con el siguiente requisito de resistencia a la compresión a los 28 días de fabricados.

Tipo	Promedio mínimo de tres unidades	Resistencia mínima a la compresión para una pieza individual
Bloque BE-1	13.65 MPa (1980 psi)	12.19 MPa (1765 psi)
Bloque BE-2	8.41MPa (1220 psi)	7.51 MPa (1090 psi)
Bloque BNE	5.65 MPa (820 psi)	5.04 MPa (732 psi)

Tabla 5. Valores mínimos de resistencia a la compresión de los bloques de concreto. (Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, 2016)

5.7. NORMAS ASTM.

5.7.1 ASTM C-177. Método de prueba estándar para mediciones de flujo de calor en estado estacionario y propiedades de transmisión térmica por medio del aparato de placa caliente protegida.

Este método de prueba establece los criterios para la medición de laboratorio del flujo de calor en estado estacionario a través de especímenes planos y homogéneos cuando sus superficies están en contacto con límites paralelos sólidos mantenidos a temperaturas constantes utilizando el aparato de placa calefactora protegida.

El aparato de prueba diseñado para este propósito se conoce como aparato de placa caliente protegida y es un método primario (o absoluto).

Este método de prueba establece los requisitos generales de diseño necesarios para construir y operar un aparato de placa caliente protegido satisfactorio. Cubre una amplia variedad de construcciones de aparatos, condiciones de prueba y

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

condiciones de operación. No se proporcionan diseños detallados que cumplan con este método de prueba, pero deben desarrollarse dentro de las limitaciones de los requisitos generales.

Este método de prueba abarca los modos de medición de una cara y de dos caras. Se permiten los diseños de placas calefactoras tanto distribuidas como protegidas por fuente de línea.

El aparato de placa calefactora protegida puede funcionar con flujo de calor vertical u horizontal. Sin embargo, se advierte al usuario, ya que los resultados de la prueba de las dos orientaciones pueden ser diferentes si se produce un flujo de calor convectivo dentro de las muestras.

Este método de prueba no especifica todos los detalles necesarios para la operación del aparato. Las decisiones sobre el muestreo, la selección de especímenes, el pre acondicionamiento, el montaje y posicionamiento de especímenes, la elección de las condiciones de prueba y la evaluación de los datos de prueba deben seguir los métodos de prueba, guías, prácticas o especificaciones de productos de ASTM aplicables.

5.7.2 ASTM C508. Método de prueba estándar para las propiedades de transmisión térmica en estado estacionario por medio del aparato medidor de flujo de calor.

Este método de prueba cubre la medición de la transmisión térmica en estado estable a través de especímenes de losa plana utilizando un aparato medidor de flujo de calor.

El aparato medidor de flujo de calor se usa ampliamente porque es relativamente simple en concepto, rápido y aplicable a una amplia gama de especímenes de prueba.

Este es un método de medición comparativo.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

El aparato medidor de flujo de calor establece un flujo de calor unidimensional de estado estacionario a través de una muestra de prueba entre dos placas paralelas a temperaturas constantes pero diferentes.

Este método de prueba es aplicable a la medición de la transmisión térmica a través de una amplia gama de propiedades del espécimen y condiciones ambientales. El método ha sido utilizado en condiciones ambientales de 10 a 40°C con espesores de hasta aproximadamente 250 mm, y con temperaturas de placa de -195°C a 540°C a 25 mm de espesor.

5.7.3 ASTM C332. Especificación estándar para agregados livianos para hormigón aislante.

Esta especificación cubre agregados livianos en destinados al uso en hormigón no expuesto a la intemperie, en el que la consideración principal es la propiedad de aislamiento térmico del hormigón resultante.

Clasificación.

Se cubren dos tipos generales de agregados livianos por esta especificación de la siguiente manera:

Grupo I: Áridos preparados por expansión de productos como perlita o vermiculita.

NOTA 1: estos agregados generalmente producen concreto que pesa desde (15 a 50 libras/pie) 240 a 800 kg/m³, cuya conductividad térmica puede se espera que oscile entre 0,45 y 1,50 Btu•in/h•ft³•°F (0.065 a 0.22W/m•K)

Grupo II: Agregados preparados por expansión, calcinación, o productos de sinterización como escoria de alto horno, arcilla, diatomita, cenizas volantes, esquisto o pizarra; y agregados preparados por procesamiento de materiales naturales, como piedra pómez, escoria o toba.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

NOTA 2: estos agregados generalmente producen concreto que pesa a partir de 45 a 90 libras/pie), cuya conductividad térmica puede se espera que oscile entre 1,05 y 3,00 BTU•in/h•ft³ (720 a 1440 kg/m³• °F (0.15 a 0.43 W/m•K).

5.7.4 ASTM C-150. Especificación Normalizada para Cemento Portland. Esta especificación trata sobre los siguientes ocho tipos de cemento portland.

Tipo I Para usar cuando no se requieran las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

Tipo IA Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo I, donde se desea incorporación de aire.

Tipo II Para uso general, más específicamente cuando se desea resistencia moderada a los sulfatos o calor de hidratación moderado.

Tipo IIA Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo II, donde se desea incorporación de aire.

Tipo III Para usar cuando se desea alta resistencia temprana.

Tipo IIIA Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo III, donde se desea incorporación de aire.

Tipo IV Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Algunos cementos son designados con una clasificación de tipo combinada, tal como Tipo I/II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos indicados y que se ofrece como apropiado para el uso cuando se desea cualquiera de los tipos.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

5.7.4.1 Ingredientes.

El cemento considerado por esta especificación no debe contener ningún ingrediente excepto los siguientes:

1. Clínker de cemento portland.
2. Agua o sulfato de calcio, o ambos, si se agrega, debe ser en cantidades tales que los límites. De trióxido de sulfuro y pérdida por ignición no se excedan.
3. Caliza. La cantidad no debe ser mayor a un 5.0 % en masa, en cantidades tales que los requisitos físicos y químicos de la norma se cumplan.

5.7.5 ASTM C1602. ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA EL AGUA DE MEZCLA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

Esta especificación cubre el agua de mezcla utilizada en la producción de hormigón de cemento hidráulico. Define fuentes de agua y proporciona requisitos y frecuencias de prueba para calificar fuentes de agua individuales o combinadas. El agua de mezcla consistirá en: agua de amasado, hielo, agua agregada por el operador del camión, humedad libre en los agregados y agua introducida en forma de aditivos. Se permite el uso de agua potable y no potable como agua de mezcla en el concreto. Los siguientes son requisitos de desempeño concretos para el agua de mezcla: resistencia a la compresión y tiempo de fraguado. La densidad del agua se probará o controlará con un hidrómetro. Los límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada se dan para: cloruro, sulfato, álcalis y sólidos totales.

5.8. CONSTRUCCIÓN DE LA CAMARA DE MEDICIÓN.

Para la determinación experimental de k , se diseñó y construyó según las especificaciones en las normas ASTM c-177 y c-508 una cámara tipo adiabática (sin pérdidas de calor), con un volumen de 0.144 m^3 donde en forma controlada podamos aplicar un flujo de calor al material a analizar y medir su respuesta

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

térmica, conociendo su geometría. La cámara adiabática se construyó en forma de paralelepípedo usando placas de poliestireno de 10 cm de espesor, 60 cm de ancho y 40 cm de alto recubierta de papel aluminio y gypsun de asbesto con el fin de hermetizar lo más posible.

Una pared vertical de menor área de la cámara fue utilizada para ubicar el bloque de concreto a analizar. Como fuente de calor, se utilizó un foco incandescente de 40 (W) ubicado en el interior de la caja y frente a la pared de la muestra a estudiar. La potencia aplicada a la muestra es controlada usando un Dimmer.

Una pantalla de aluminio colocada sobre el foco evita que la convección y la radiación térmica emitida llegue a la muestra en forma directa. En cada pared interior y exterior del contenedor metálico se colocan cinco sensores de temperatura electrónicos tipo 18B20 con una resolución para temperaturas entre -10°C y 85°C podemos tener $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, para el resto de temperaturas entre -55°C y 125°C el error es de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Para medir los perfiles de calentamiento de la muestra a analizar se colocaron 2 sensores más, uno dentro y otro afuera de la cámara con el fin de obtener temperatura interiores y exteriores.

Se usó una programación de Arduino para sensores digitales, en donde se le asignó un ID a cada sensor con el fin que se nos brindara la temperatura en ese punto en tiempo real, y además se usó un programa TERA TERM con el fin de extraer la información captada por los sensores y mandarla a un archivo de Excel.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

VI. MEMORIA DE CÁLCULO.

Debido que para cada bloque se realizaron 3 mediciones, se tomó como muestra en el documento la primera medición del bloque de Indenicsa.

Datos

$$V = 70 \text{ V}$$

$$I = 0.4 \text{ A}$$

$$L_{\text{bloque}} = 0.153 \text{ m}$$

$$L_{\text{paredes}} = 0.1 \text{ m}$$

$$A_{\text{bloque}} = 0.08 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{paredes}} = 0.04964 \text{ m}^2$$

Balance de Energía

Realizando el balance de energía en el sistema mediante:

$$\dot{Q}_{\text{Entra}} - \dot{Q}_{\text{Sale}} = \Delta \dot{Q}_{\text{Sistema}} \text{ (Ecuación 1)}$$

Debido a que el estado del sistema no cambia durante el proceso, la variación de energía es cero ($\Delta \dot{Q}_{\text{Sistema}} = 0$), por lo tanto, el balance se reduce a

$$\dot{Q}_{\text{Entra}} = \dot{Q}_{\text{Sale}}$$

Ya que las superficies del bloque y de las paredes de poliestireno están recubiertas afuera como adentro con las láminas de aluminio, en el sistema solo habrá transferencia de calor por conducción en el bloque y en las paredes de poliestireno; así también el bombillo será lo único que genere calor en el sistema, por lo cual el balance queda:

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

$$\dot{Q}_{\text{Bombillo}} = \dot{Q}_{\text{Paredes}} + \dot{Q}_{\text{Bloque}}$$

Generación de calor.

La cantidad de calor que el bombillo cede al sistema en forma de calor está dada por:

$$\dot{Q}_{\text{Lampara}} = V \cdot I \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde:

V= Voltaje.

I= Intensidad de la corriente.

$$= (70 \text{ V}) (0.4 \text{ A}) =$$

Por lo tanto, el calor que el bombillo entrega al sistema es:

$$\dot{Q}_{\text{Lampara}} = 28 \text{ w}$$

Transferencia de calor por conducción.

Ya que solo habrá transferencia de calor por conducción en las paredes y en el bloque se utiliza:

$$\dot{Q}_{\text{Conducción}} = K * A * \frac{T_1 - T_2}{L} \text{ (Ecuación 12)}$$

Flujo de calor en las paredes de poliestireno:

La cantidad de calor que se transfiere por conducción a través de las paredes de poliestireno se calcula:

$$\dot{Q}_{\text{Paredes}} = K_{\text{pared}} * A_{\text{paredes}} * \frac{T_i - T_e}{L_{\text{pared}}}$$

Donde:

K_{pared} : Coeficiente de conductividad térmica del poliestireno.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

$A_{paredes}$: Área superficial de la pared de poliestireno.

T_i : Temperatura interior de la pared de poliestireno.

T_e : Temperatura exterior de la pared de poliestireno.

L_{pared} : Espesor de la pared de poliestireno.

$$R_p = \frac{L}{K} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

R_p : resistencia térmica del poliestireno por pulgada.

$$K = \frac{L}{R_p}$$

$$R_p = 3.1 \frac{hft^2 \circ F}{BTU} \quad (\text{ver figura 20})$$

$$L = 10 \text{ Cm} = 0.328084 \text{ ft}$$

$$K = \frac{0.328084 \text{ ft}}{3.1 \frac{hft^2 \circ F}{Btu}} = 0.106 \frac{BTU}{hft \circ F} \left(\frac{1 \frac{W}{m \circ C}}{0.57782 \frac{BTU}{hft \circ F}} \right) = \mathbf{0.1832 \frac{W}{m \circ C}}$$

Flujo de calor en el bloque.

La cantidad de calor que atraviesa el bloque por conducción lo calculamos:

$$\dot{Q}_{Bloque} = K_{Bloque} * A_{Bloque} * \frac{T_1 - T_2}{L_{Bloque}}$$

Donde:

K_{Bloque} : Coeficiente de conductividad térmica del bloque.

A_{Bloque} : Área superficial del bloque.

T_1 : Temperatura exterior del bloque.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

T_2 : Temperatura exterior del bloque.

L_{Bloque} : Espesor del bloque.

Sustituyendo en el balance obtenemos:

$$V \cdot I = K_{pared} \cdot A_{paredes} \cdot \frac{T_i - T_e}{L_{pared}} + K_{Bloque} \cdot A_{Bloque} \cdot \frac{T_1 - T_2}{L_{Bloque}}$$

Despejando el coeficiente de conductividad térmica nos queda:

$$K_{Bloque} = \frac{L_{Bloque}}{A_{Bloque} \cdot (T_1 - T_2)} \cdot (V \cdot I - K_{pared} \cdot A_{paredes} \cdot \frac{T_i - T_e}{L_{pared}})$$

Método de diferencias finitas.

Temperatura.

Teniendo en cuenta que el calor fluye del punto más caliente (superficie interna) al punto más frío (superficie externa), utilizamos sensores 18b20 que nos permitieron medir las temperaturas entre ambas caras del bloque.

Se utilizaron 10 sensores de temperatura de los cuales 8 se ubicaron de forma simétrica en ambas caras del bloque.

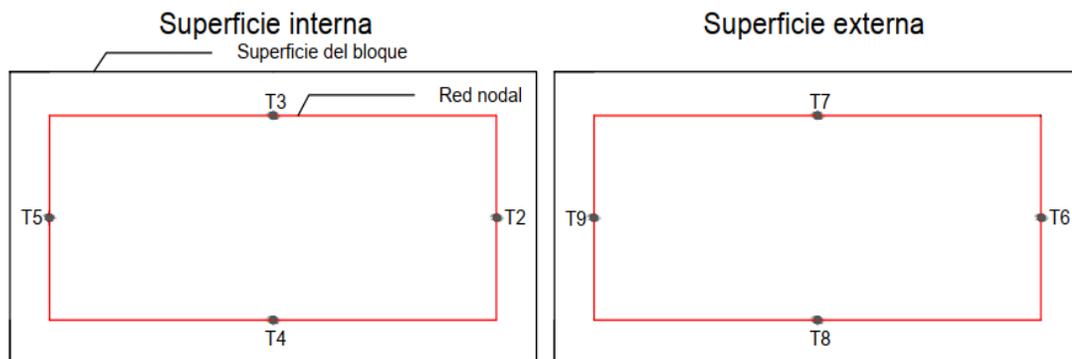


Figura 7. Puntos de ubicación de los sensores parte interna y externa. Fuente propia.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Los otros 2 sensores se ubicaron en las paredes de poliestireno. De los sensores de temperatura se obtienen las siguientes mediciones:

$$T_1 = 62.38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 64.62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_5 = 59.88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_6 = 36.88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_7 = 38.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_8 = 36.88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_9 = 36.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{10} = 33.38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde:

T_1 y T_{10} indican las temperaturas en las paredes internas como externas del sistema.

T_2, T_3, T_4, T_5 indican las temperaturas internas a las que esta sometida el bloque.

T_6, T_7, T_8, T_9 indican las temperaturas externas a las que esta sometida el bloque.

Suponiendo:

- Condiciones de estado estable.
- Conducción bidimensional.
- Ninguna generación interna de calor dentro del bloque.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Red nodal.

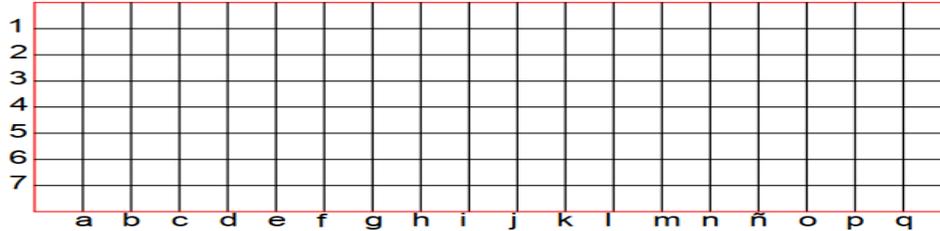


Figura 8. Red nodal cada 2 cm. Fuente propia.

Para encontrar la distribución de temperatura se aplica el método de las diferencias finitas mediante la ecuación.

$$T_{nodo} = \frac{T_{izquierda} + T_{superior} + T_{derecha} + T_{inferior}}{4} \text{ (Ecuación 26)}$$

Para plantear la ecuación en cada nodo se utiliza coordenadas cartesianas para ubicar cada punto en el enmallado, es por ello que a cada punto se le asigna una letra del abecedario para nombrar las columnas y números para contabilizar las fila. Para este estudio se establece una malla cuadra ($\Delta x = \Delta y = 2 \text{ cm}$) que está formada de 126 puntos nodales en los que se desconocen las temperaturas.

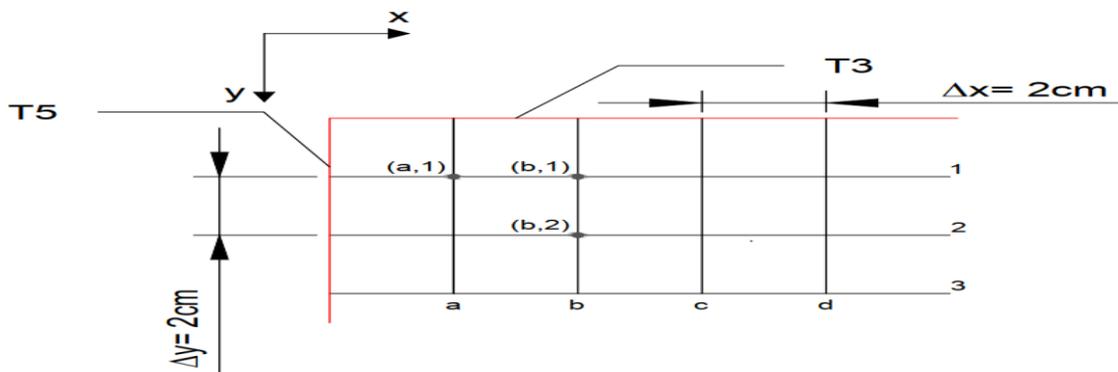


Figura 9. Puntos coordenados en la red nodal. Fuente propia.

Para encontrar $T_{a,1}$ de la ecuación:

$$T_{a,1} = \frac{T_5 + T_3 + T_{b,1} + T_{a,2}}{4}$$

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Sustituyendo T_3 y T_5 obtenemos

$$\frac{59.88 + 64.62 + T_{b,1} + T_{a,2}}{4}$$

Quedando:

$$T_{a,1} = \frac{T_{a,2} + T_{b,1} + 124.5}{4}$$

De la misma forma obtenemos $T_{b,1}$:

$$T_{b,1} = \frac{T_{a,1} + T_3 + T_{c,3} + T_{b,2}}{4}$$

Sustituyendo T_3 obtenemos:

$$T_{b,1} = \frac{T_{a,1} + T_{b,2} + T_{c,3} + 64.62}{4}$$

De la misma forma se plantea la ecuación para puntos nodales que no esté limitando con ninguna de las temperaturas conocidas, ejemplo de ello sería la obtención de:

$$T_{b,2} = \frac{T_{a,2} + T_{b,1} + T_{b,3} + T_{c,2}}{4}$$

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Ecuaciones en los puntos nodales.

Debido a que se tienen 126 puntos nodales en el enmallado del bloque, se tendrá la misma cantidad de ecuaciones lineales:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - T_{a,1} = \frac{T_{a,2} + T_{a,2}124.5}{4} \\ 2 - T_{b,1} = \frac{T_{a,1} + T_{b,2} + T_{c,3} + 64.62}{4} \\ 3 - T_{b,2} = \frac{T_{a,2} + T_{b,1} + T_{b,3} + T_{c,2}}{4} \\ \vdots \\ \vdots \\ 126 - T_{q,7} = \frac{T_{q,7} + T_{q,6} + 119}{4} \end{array} \right.$$

Dichas ecuaciones serán resueltas mediante el cálculo iterativo que nos proporciona Excel.

Mediciones internas del bloque Indenicsa, medición 1.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62	64.62		
1	59.88	62.21	63.11	63.52	63.72	63.84	63.91	63.94	63.96	63.97	63.97	63.95	63.92	63.87	63.78	63.63	63.37	62.88	61.79	59
2	59.88	61.24	62.10	62.62	62.92	63.11	63.22	63.29	63.32	63.34	63.33	63.30	63.24	63.15	63.00	62.75	62.36	61.72	60.66	59
3	59.88	60.76	61.44	61.92	62.24	62.44	62.58	62.66	62.70	62.72	62.71	62.67	62.60	62.48	62.30	62.02	61.61	60.99	60.12	59
4	59.88	60.48	60.99	61.38	61.66	61.86	61.99	62.07	62.11	62.13	62.12	62.08	62.01	61.89	61.70	61.44	61.05	60.52	59.82	59
5	59.88	60.30	60.66	60.95	61.18	61.33	61.44	61.51	61.55	61.57	61.56	61.52	61.46	61.35	61.19	60.96	60.64	60.21	59.65	59
6	59.88	60.16	60.40	60.60	60.75	60.86	60.94	60.99	61.02	61.03	61.02	61.00	60.95	60.87	60.75	60.58	60.35	60.02	59.58	59
7	59.88	60.06	60.19	60.29	60.36	60.42	60.46	60.49	60.51	60.51	60.51	60.49	60.47	60.42	60.36	60.27	60.14	59.95	59.63	59
	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	

Tabla 6. Temperaturas internas en (°C) obtenidas por iteración del bloque Indenicsa, medición 1. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”

Mediciones externas del bloque Indenicsa, medición 1.

	a	b	c	d	e	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5		
1	36.5	37.49	37.88	38.06	38.15	38.20	38.23	38.25	38.27	38.27	38.27	38.26	38.25	38.23	38.19	38.12	37.98	37.68	36.88	
2	36.5	37.09	37.47	37.70	37.84	37.93	37.98	38.02	38.04	38.05	38.05	38.05	38.03	38.01	37.97	37.91	37.81	37.64	37.34	36.88
3	36.5	36.90	37.21	37.43	37.58	37.68	37.75	37.79	37.82	37.83	37.83	37.83	37.82	37.79	37.74	37.67	37.57	37.41	37.18	36.88
4	36.5	36.80	37.05	37.24	37.38	37.47	37.54	37.58	37.61	37.62	37.63	37.62	37.61	37.58	37.54	37.47	37.38	37.25	37.08	36.88
5	36.5	36.74	36.94	37.09	37.21	37.29	37.35	37.39	37.41	37.43	37.43	37.43	37.41	37.39	37.35	37.30	37.23	37.13	37.01	36.88
6	36.5	36.71	36.87	36.99	37.08	37.14	37.18	37.21	37.23	37.24	37.24	37.24	37.23	37.21	37.19	37.15	37.10	37.04	36.96	36.88
7	36.5	36.74	36.85	36.92	36.97	37.00	37.03	37.04	37.05	37.06	37.06	37.06	37.05	37.04	37.03	37.01	36.99	36.96	36.92	36.88
	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	

Tabla 7. Temperaturas externas en (°C) obtenidas por iteración del bloque Indenicsa, medición 1. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Método estadístico.

Media.

Mediante la fórmula encontramos la media de la conductividad térmica a lo largo de todos los puntos nodales del bloque.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \text{ (Ecuación 27)}$$

Entonces:

$$\bar{x} = \frac{0.0887+0.1007+0.1002+\dots+0.1012}{130}$$

Se obtiene un promedio de:

$$=12.4552/130= 0.0958 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

Varianza de la muestra.

La varianza de la muestra se calcula mediante la ecuación

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \text{ (Ecuación 28)}$$

$$\frac{(0.0887-0.0958)^2+(0.1007-0.0958)^2+(0.1002-0.0958)^2+\dots+(0.1012-0.0958)^2}{130-1} = \frac{0.001324}{129} = 0.0001026$$

Desviación estándar de la muestra

Mediante la ecuación obtenemos el error estándar de la media:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{0.0001026} =$$

Se obtiene una variación en los datos de:

$$=0.032 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición uno del bloque Indenicsa, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	K	Error absoluto	Desviación
26.1200	0.0887	-0.0071	0.000051
23.0000	0.1007	0.0049	0.000024
23.1200	0.1002	0.0044	0.000019
23.1200	0.1002	0.0044	0.000019
24.5369	0.0944	-0.0014	0.000002
23.8970	0.0969	0.0011	0.000001
23.5837	0.0982	0.0024	0.000006
23.4015	0.0990	0.0032	0.000010
23.2809	0.0995	0.0037	0.000014
23.1947	0.0999	0.0041	0.000016
23.1360	0.1001	0.0043	0.000019
25.1305	0.0922	-0.0036	0.000013
24.4675	0.0947	-0.0011	0.000001
24.0361	0.0964	0.0006	0.000000
23.7416	0.0976	0.0018	0.000003
23.5272	0.0985	0.0026	0.000007
23.3619	0.0991	0.0033	0.000011
23.2293	0.0997	0.0039	0.000015
25.3977	0.0912	-0.0046	0.000021
24.8063	0.0934	-0.0024	0.000006
24.3516	0.0951	-0.0007	0.000000
24.0016	0.0965	0.0007	0.000000
23.7245	0.0976	0.0018	0.000003
23.4962	0.0986	0.0028	0.000008
23.2995	0.0994	0.0036	0.000013
25.5340	0.0907	-0.0051	0.000026
25.0084	0.0926	-0.0032	0.000010
24.5623	0.0943	-0.0015	0.000002
24.1888	0.0958	-0.0001	0.000000
23.8730	0.0970	0.0012	0.000001
23.5990	0.0982	0.0023	0.000005
23.3525	0.0992	0.0034	0.000011
25.6098	0.0904	-0.0054	0.000029
25.1312	0.0922	-0.0036	0.000013

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

24.7002	0.0938	-0.0020	0.000004
24.3185	0.0952	-0.0006	0.000000
23.9797	0.0966	0.0008	0.000001
23.6742	0.0978	0.0020	0.000004
23.3914	0.0990	0.0032	0.000010
25.6540	0.0903	-0.0055	0.000030
25.2064	0.0919	-0.0039	0.000015
24.7889	0.0934	-0.0024	0.000006
24.4052	0.0949	-0.0009	0.000001
24.0531	0.0963	0.0005	0.000000
23.7269	0.0976	0.0018	0.000003
23.4188	0.0989	0.0031	0.000010
25.6798	0.0902	-0.0056	0.000031
25.2515	0.0917	-0.0041	0.000017
24.8437	0.0932	-0.0026	0.000007
24.4602	0.0947	-0.0011	0.000001
24.1006	0.0961	0.0003	0.000000
23.7614	0.0975	0.0017	0.000003
23.4369	0.0988	0.0030	0.000009
25.6938	0.0902	-0.0057	0.000032
25.2762	0.0916	-0.0042	0.000017
24.8742	0.0931	-0.0027	0.000007
24.4912	0.0946	-0.0012	0.000002
24.1278	0.0960	0.0002	0.000000
23.7813	0.0974	0.0016	0.000003
23.4474	0.0988	0.0030	0.000009
25.6990	0.0901	-0.0057	0.000032
25.2855	0.0916	-0.0042	0.000018
24.8856	0.0931	-0.0027	0.000007
24.5029	0.0945	-0.0013	0.000002
24.1379	0.0960	0.0002	0.000000
23.7887	0.0974	0.0016	0.000002
23.4512	0.0988	0.0030	0.000009
25.6966	0.0901	-0.0057	0.000032
25.2811	0.0916	-0.0042	0.000018
24.8799	0.0931	-0.0027	0.000007
24.4967	0.0946	-0.0013	0.000002
24.1322	0.0960	0.0002	0.000000

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

23.7843	0.0974	0.0016	0.000002
23.4489	0.0988	0.0030	0.000009
25.6863	0.0902	-0.0056	0.000032
25.2625	0.0917	-0.0041	0.000017
24.8563	0.0932	-0.0026	0.000007
24.4718	0.0947	-0.0012	0.000001
24.1098	0.0961	0.0003	0.000000
23.7675	0.0975	0.0016	0.000003
23.4399	0.0988	0.0030	0.000009
25.6661	0.0902	-0.0056	0.000031
25.2262	0.0918	-0.0040	0.000016
24.8108	0.0934	-0.0025	0.000006
24.4246	0.0948	-0.0010	0.000001
24.0677	0.0962	0.0004	0.000000
23.7361	0.0976	0.0018	0.000003
23.4231	0.0989	0.0031	0.000009
25.6318	0.0904	-0.0054	0.000030
25.1657	0.0920	-0.0038	0.000014
24.7360	0.0936	-0.0022	0.000005
24.3481	0.0951	-0.0007	0.000000
24.0002	0.0965	0.0007	0.000000
23.6861	0.0978	0.0020	0.000004
23.3965	0.0990	0.0032	0.000010
25.5753	0.0906	-0.0052	0.000027
25.0686	0.0924	-0.0034	0.000012
24.6195	0.0941	-0.0017	0.000003
24.2317	0.0956	-0.0002	0.000000
23.8990	0.0969	0.0011	0.000001
23.6116	0.0981	0.0023	0.000005
23.3569	0.0992	0.0034	0.000011
25.4810	0.0909	-0.0049	0.000024
24.9137	0.0930	-0.0028	0.000008
24.4419	0.0948	-0.0010	0.000001
24.0599	0.0963	0.0005	0.000000
23.7526	0.0975	0.0017	0.000003
23.5043	0.0985	0.0027	0.000008
23.2995	0.0994	0.0036	0.000013
25.3149	0.0915	-0.0043	0.000019

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

24.6635	0.0939	-0.0019	0.000004
24.1744	0.0958	0.0000	0.000000
23.8134	0.0973	0.0015	0.000002
23.5474	0.0984	0.0026	0.000007
23.3534	0.0992	0.0034	0.000011
23.2168	0.0998	0.0040	0.000016
24.9953	0.0927	-0.0031	0.000010
24.2509	0.0955	-0.0003	0.000000
23.7788	0.0974	0.0016	0.000003
23.4721	0.0987	0.0029	0.000008
23.2699	0.0995	0.0037	0.000014
23.1453	0.1001	0.0043	0.000018
23.0941	0.1003	0.0045	0.000020
24.2953	0.0953	-0.0005	0.000000
23.5660	0.0983	0.0025	0.000006
23.2177	0.0998	0.0040	0.000016
23.0262	0.1006	0.0048	0.000023
22.9149	0.1011	0.0053	0.000028
22.8637	0.1013	0.0055	0.000030
22.8944	0.1012	0.0054	0.000029
	0.0958	Incertidumbre	0.0032

Tabla 8. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

El resto de memoria de cálculo para cada bloque y mediciones que se realizó se estará plasmando en la sección de acápite.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

VII. HIPÓTESIS Y VARIABLES.

Hipótesis: Si se llevara a cabo esta investigación, siguiendo el modelo descrito en la norma ASTM C-177 y C508, se podrá demostrar que los bloques de concretos fabricados nacionalmente cumplen con los valores de conductividad térmica establecidos entre los rangos especificados en normas internacionales para materiales de construcción.

Variable.

➤ **Independiente**

Voltaje: Es una de las variables más importantes en nuestra investigación debido a que esta será manipulada por una resistencia variable y de esa manera estaremos controlando la razón de calor al que estaremos sometiendo los bloques.

Intensidad eléctrica: Es la rapidez con que fluyen los electrones a través de un conductor y es directamente proporcional al voltaje.

Coefficiente de conductividad térmica: Sabemos es una magnitud intensiva, ya que dependerá de la dosificación de los componentes de los bloques que los proveedores utilicen en su proceso de elaboración.

➤ **Dependiente:**

Flujo de calor: Dependerá de la variación que se le dará al voltaje, que a través de un bombillo incandescente convertirá la energía eléctrica a energía lumínica y de esta última se transformará en calor.

Temperatura: Para este estudio la temperatura se relacionará con el flujo de calor que será proporcionado por el bombillo incandescente. Sabemos que la dirección de la razón de calor siempre estará dada del punto más caliente al punto más frío, por lo cual será necesario medir la diferencia de temperatura en ambas caras del bloque, para así obtener el coeficiente conductivo.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO.

Área de estudio

Laboratorios de Plantas Hidroeléctrica, Facultad Tecnología de la Industria (FTI), Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP), de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Alcance

Dada la singularidad de esta investigación será de carácter exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo; es un tema muy poco abordado y conocido en Nicaragua por la población en general.

La investigación tendrá un alcance exploratorio ya que en nuestro país se tiene poca información sobre la propiedad en estudio y de qué manera esta se puede medir.

Sera un estudio descriptivo porque buscamos especificar propiedades y características del material en estudio y de los fenómenos que se estarán efectuando en nuestra investigación.

Tendrá un alcance correlacional porque existirá un grado de asociación entre las variables en estudio; ya que al variar el voltaje o la corriente eléctrica las condiciones a las que estará sometida el bloque también cambiarán.

Explicativo debido a que buscaremos desarrollar una serie de pasos que nos permitan calcular el coeficiente de conductividad térmica.

Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es experimental, ya que se manipularán intencionalmente las variables independientes (voltaje), donde se analizará el efecto que esto puede producir sobre las variables dependientes. Dicho experimento estará sustentado por la normal ASTM C-177 y C508, las cuales

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

proporcionan un modelo experimental que nos permite la determinación del coeficiente de conductividad térmica del material en estudio.

Tipo de enfoque

Esta investigación que tiene como tema “Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”, será de tipo cuantitativo debido a que se tomarán en cuenta variables como: temperatura que será medida mediante un sensor, voltaje e intensidad que se medirán a través de equipos de medición (tester). Una vez obtenido y recopilado dichos resultados se utilizarán modelos matemáticos para la determinación del flujo de calor en la cámara y la conductividad térmica del bloque.

Técnica de recopilación de datos

Experimento

Documentos (revistas, tesis)

Libros

Sitios web.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

IX. RESULTADOS.

En el estudio para calcular la conductividad térmica en bloques de concreto de INDENICSA, CEDESA y AGRENIC, se realizó el experimento para cada bloque en distintos días, horas y condiciones ambientales variando la intensidad de la luz que emite la bujía incandescente mediante la variación de voltaje que se realizó a través de un dimmer, se obtuvo en los mismos puntos nodales distintos deltas de temperaturas por lo cual se promedió la conductividad térmica obtenidos en cada uno de los bloques.

De acuerdo a la ASTM C 332 los valores de la conductividad térmica agregado liviano de concreto oscilan entre $0.22 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$ y $0.43 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$ siendo el bloque de INDENICSA con la menor conductividad térmica calculada con $0.63 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$ y una variabilidad en los resultados de $0.03 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$; seguida del bloque de CEDESA con una conductividad térmica de $1.35 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$ y una variabilidad de $0.07 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$ y por último el bloque de AGRENIC con una conductividad térmica de $1.63 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$ y una variabilidad de $0.05 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

X. CONCLUSIÓN.

1. Se examinó la NTON 12 008-09 y la ASTM C-332 para el estudio de las propiedades físicas, mecánicas y térmicas de los bloques de concreto.
2. Se construyó un sistema experimental de cámara adiabática según la normativa C- 177 y C-508 para determinar la conductividad térmica de los bloques.
3. Se seleccionó el método de las diferencias finitas como el procedimiento más óptimo para el cálculo de k , por su simplicidad para la obtención del coeficiente de conductividad térmica de los bloques.
4. Al comparar los coeficientes resultantes en el experimento realizado se logró determinar que ninguno de los bloques cumple con los valores estandarizados en la ASTM C-332, siendo el bloque de INDENICSA el más aproximado a los valores establecidos, seguido del bloque de CEDESA y finalmente el bloque de AGRENIC.

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

XI. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda utilizar el método de la cámara adiabática según la norma ASTM C-177 y C-508 ya que proporciona un método sencillo y práctico para la elaboración del mismo. Al igual la fabricación se puede realizar sin equipos especializados y con materiales que se encuentran al alcance de la mano. Por las dimensiones de nuestra cámara se recomienda utilizar una bujía incandescente de baja potencia que en nuestro caso es de 40 w, debido a que el conductor 24 awg de los sensores no soporta más de 75 grados de temperatura y así evitar algunos daños en el traslado de la información entre los sensores y el Arduino.
2. Debido a la capacidad que tiene la cámara adiabática de almacenar calor, se recomienda recubrir las paredes de poliestireno que para nuestra investigación fue recubierta con gypsun, y así evitar cualquier tipo de daño por derretimiento del poliestireno.
3. Para una mayor precisión en las mediciones se recomienda realizarlas en laboratorios con ambientes controlados para tener aproximadas condiciones ambientales y así obtener una mayor exactitud en los resultados.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Ampié, C., & Pérez, M. (Noviembre de 2017). *Evaluacion de la conformidad segun la norma tecnica obligatoria Nicaraguense*. Obtenido de Evaluacion de la conformidad segun la norma tecnica obligatoria Nicaraguense:
file:///C:/Users/perez/Downloads/UCANI5246%20(2).pdf
- Arrieta, J., & Peñaherrera, E. (11 de Enero de 2001). *FABRICACION DE BLOQUES DE CONCRETO*. Obtenido de FABRICACION DE BLOQUES DE CONCRETO:
file:///C:/Users/perez/Downloads/docdownloader.com-pdf-fabricacion-bloques-de-cemento-dd_c82f56bab4faf145272d66c520b55848%20(3).pdf
- BLOQUERAS.ORG. (s.f.). *Bloques de Concreto*. Obtenido de Bloques de Concreto:
<https://bloqueras.org/bloques-concreto/>
- Cengel, Y. A. (2007). *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA*. México: Mc Grall Will.
- Comisión Asesora Permanente para el Regimen de Construcción Sismos Resistente. (12 de Enero de 2010). *RegLamento Colombiano de la Construcción Sismo Resistente*. Obtenido de Mamposteria Estructural: file:///C:/Users/perez/Downloads/NSR-10_Titulo_D%20(1).pdf
- Comision Nacional de Normalizacion Tecnica Y Calidad, M. d. (29 de Noviembre de 2016). *Materiales de Construcción. Bloque Hueco y Sólido a Base de Cemento y Agregado Pétreos, NTON 12 008- 16*. Obtenido de Materiales de Construcción. Bloque Hueco y Sólido a Base de Cemento y Agregado Pétreos, NTON 12 008- 16:
file:///C:/Users/perez/Downloads/nic150_t-1%20(2).pdf
- Dirección General de Normas de Construcción y Desarrollo Urbano, Ministerio de Transporte e infraestructura. (Marzo de 2007). *Reglamento Nacional de Construcción*. Obtenido de Reglamento Nacional de Construcción: file:///C:/Users/perez/Downloads/rnc-2007%20(1).pdf
- Hernández Sampieri, R. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. México: MC GRAW HILL.
- Incropera, F. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de Calor. 4a. ed.* mexico: PRENTICES HALL.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Instituto Colombiano de Productores de Concreto. (s.f.). *Fabricacion de Bloques de Concreto*.

Obtenido de Fabricacion de Bloques de Concreto:

file:///C:/Users/perez/Downloads/docdownloader.com-pdf-4-fabricacion-de-bloques-de-concreto-dd_fbfea41e2bd5941f7c2832f5f0ff65e1%20(1).pdf

Kern, D. Q. (1999). *PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR*. México: Contiental, S.A.

Kreith, F., Raj, M., & Mark, B. (2012). *PRINCIPIOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR*. México: Cengage Learning.

Ríos Soto, T. G. (s.f.). *BIBLIOTECA DIGITAL*. Obtenido de BIBLIOTECA DIGITAL:

<http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=7609>

San Bartolome, A. (1994). *Construcciones de Albañilería*. Perú: Fondo Editorial.

Walpole, R. E. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias Novena edición*.

México: PEARSON EDUCACIÓN.

Young, H. D. (2009). *Física universitaria, con física moderna volumen 2. Decimosegunda edición*.

México: PEARSON EDUCACIÓN.

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”

XIII. ACÁPITE.

Mediciones internas del bloque INDENICSA, medición 2.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13	63.13		
1	58.38	60.72	61.61	62.02	62.22	62.34	62.40	62.44	62.46	62.47	62.46	62.45	62.42	62.36	62.28	62.13	61.87	61.38	60.29	57.5
2	58.38	59.74	60.60	61.10	61.41	61.59	61.70	61.77	61.80	61.82	61.81	61.78	61.72	61.63	61.48	61.24	60.85	60.21	59.15	57.5
3	58.38	59.25	59.93	60.40	60.71	60.91	61.04	61.12	61.17	61.18	61.17	61.14	61.07	60.95	60.77	60.50	60.09	59.48	58.61	57.5
4	58.38	58.97	59.47	59.85	60.12	60.31	60.44	60.52	60.56	60.58	60.57	60.53	60.46	60.34	60.16	59.90	59.52	58.99	58.31	57.5
5	58.38	58.77	59.12	59.41	59.62	59.77	59.88	59.95	59.99	60.00	59.99	59.96	59.89	59.79	59.63	59.41	59.09	58.67	58.13	57.5
6	58.38	58.62	58.85	59.03	59.18	59.28	59.36	59.41	59.44	59.45	59.44	59.41	59.36	59.29	59.17	59.01	58.78	58.46	58.04	57.5
7	58.38	58.50	58.60	58.70	58.77	58.82	58.86	58.89	58.90	58.91	58.90	58.89	58.86	58.82	58.76	58.68	58.55	58.37	58.07	57.5
	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	58.38	

Tabla 9. Temperaturas en (°C) obtenidas de la medición 2 del bloque INDENICSA parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.2	m
Ancho	0.153	m
Base	0.4	m
Área	0.08	m ²

V	80	V
I	0.4	A
Q	32	W

Datos poliestireno		
Alto	0.2	m
Ancho	0.347	m
Largo	0.4	m
Espesor	0.1	
A pared	0.4964	m ²
Ti	61.13	C
Te	34.63	C
k	0.1861	

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones externas del bloque INDENICSA, medición 2.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q	
	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	38.88	
1	37	37.93	38.29	38.45	38.53	38.58	38.61	38.62	38.63	38.63	38.63	38.62	38.60	38.57	38.52	38.43	38.25	37.87	36.88
2	37	37.54	37.89	38.10	38.22	38.30	38.34	38.37	38.39	38.39	38.38	38.36	38.33	38.28	38.20	38.06	37.84	37.46	36.88
3	37	37.36	37.63	37.83	37.96	38.04	38.10	38.13	38.15	38.16	38.16	38.15	38.12	38.08	38.02	37.93	37.78	37.57	37.27
4	37	37.25	37.46	37.62	37.74	37.82	37.87	37.91	37.93	37.94	37.94	37.92	37.90	37.86	37.80	37.71	37.58	37.40	37.16
5	37	37.18	37.34	37.46	37.55	37.62	37.67	37.70	37.72	37.72	37.72	37.71	37.69	37.66	37.60	37.53	37.42	37.27	37.09
6	37	37.13	37.25	37.33	37.40	37.45	37.48	37.50	37.51	37.52	37.52	37.51	37.50	37.47	37.43	37.38	37.30	37.19	37.05
7	37	37.11	37.18	37.22	37.26	37.28	37.30	37.31	37.32	37.32	37.32	37.32	37.31	37.30	37.28	37.25	37.20	37.15	37.05
	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13

Tabla 10. Temperaturas en (°C) obtenidas de la medición 2 del bloque INDENICSA parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 2 del bloque Indenicsa, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
24.2500	0.5931	-0.0509	0.002594
21.5000	0.6690	0.0249	0.000622
21.2500	0.6768	0.0328	0.001076
21.2500	0.6768	0.0328	0.001076
22.8457	0.6296	-0.0145	0.000209
22.2721	0.6458	0.0017	0.000003
21.9846	0.6542	0.0102	0.000104
21.8094	0.6595	0.0154	0.000238
21.6818	0.6634	0.0193	0.000373
21.5697	0.6668	0.0228	0.000518
21.4448	0.6707	0.0267	0.000710
23.3607	0.6157	-0.0284	0.000804
22.7580	0.6320	-0.0120	0.000145
22.3568	0.6433	-0.0007	0.000000
22.0714	0.6517	0.0076	0.000058
21.8479	0.6583	0.0143	0.000204
21.6524	0.6643	0.0202	0.000409
21.4595	0.6702	0.0262	0.000686
23.5891	0.6097	-0.0343	0.001178
23.0424	0.6242	-0.0198	0.000394
22.6132	0.6360	-0.0080	0.000064
22.2715	0.6458	0.0018	0.000003
21.9861	0.6542	0.0101	0.000103
21.7323	0.6618	0.0178	0.000316
21.4910	0.6693	0.0252	0.000636
23.7035	0.6068	-0.0373	0.001388
23.2091	0.6197	-0.0243	0.000592
22.7821	0.6313	-0.0127	0.000162
22.4151	0.6417	-0.0024	0.000006
22.0929	0.6510	0.0070	0.000049
21.7997	0.6598	0.0157	0.000248
21.5220	0.6683	0.0242	0.000588
23.7658	0.6052	-0.0388	0.001509

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

23.3085	0.6171	-0.0270	0.000728
22.8911	0.6283	-0.0157	0.000247
22.5140	0.6388	-0.0052	0.000027
22.1706	0.6487	0.0047	0.000022
21.8515	0.6582	0.0142	0.000201
21.5474	0.6675	0.0235	0.000550
23.8012	0.6043	-0.0397	0.001580
23.3679	0.6155	-0.0285	0.000815
22.9598	0.6264	-0.0176	0.000310
22.5793	0.6370	-0.0070	0.000050
22.2240	0.6472	0.0031	0.000010
21.8884	0.6571	0.0131	0.000171
21.5660	0.6669	0.0229	0.000524
23.8211	0.6038	-0.0403	0.001620
23.4023	0.6146	-0.0294	0.000867
23.0007	0.6253	-0.0187	0.000350
22.6194	0.6359	-0.0082	0.000067
22.2576	0.6462	0.0022	0.000005
21.9122	0.6564	0.0123	0.000152
21.5782	0.6666	0.0225	0.000507
23.8309	0.6035	-0.0405	0.001640
23.4194	0.6141	-0.0299	0.000894
23.0214	0.6248	-0.0193	0.000372
22.6398	0.6353	-0.0087	0.000077
22.2749	0.6457	0.0017	0.000003
21.9245	0.6560	0.0120	0.000143
21.5845	0.6664	0.0223	0.000498
23.8331	0.6035	-0.0406	0.001645
23.4231	0.6141	-0.0300	0.000900
23.0256	0.6247	-0.0194	0.000376
22.6437	0.6352	-0.0089	0.000078
22.2778	0.6456	0.0016	0.000002
21.9263	0.6560	0.0119	0.000142
21.5854	0.6663	0.0223	0.000497
23.8284	0.6036	-0.0404	0.001635
23.4144	0.6143	-0.0298	0.000886
23.0142	0.6250	-0.0191	0.000364
22.6313	0.6355	-0.0085	0.000072

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

22.2665	0.6459	0.0019	0.000004
21.9176	0.6562	0.0122	0.000148
21.5806	0.6665	0.0224	0.000503
23.8160	0.6039	-0.0401	0.001610
23.3919	0.6149	-0.0292	0.000851
22.9855	0.6257	-0.0183	0.000335
22.6010	0.6364	-0.0077	0.000059
22.2391	0.6467	0.0027	0.000007
21.8969	0.6568	0.0128	0.000164
21.5696	0.6668	0.0228	0.000519
23.7936	0.6045	-0.0396	0.001565
23.3517	0.6159	-0.0281	0.000791
22.9349	0.6271	-0.0169	0.000286
22.5482	0.6379	-0.0062	0.000038
22.1918	0.6481	0.0041	0.000017
21.8616	0.6579	0.0139	0.000192
21.5507	0.6674	0.0234	0.000546
23.7567	0.6054	-0.0386	0.001491
23.2864	0.6177	-0.0264	0.000696
22.8541	0.6293	-0.0147	0.000216
22.4652	0.6402	-0.0038	0.000015
22.1183	0.6503	0.0062	0.000039
21.8069	0.6596	0.0155	0.000241
21.5215	0.6683	0.0243	0.000589
23.6969	0.6070	-0.0371	0.001375
23.1832	0.6204	-0.0236	0.000559
22.7298	0.6328	-0.0113	0.000127
22.3404	0.6438	-0.0002	0.000000
22.0093	0.6535	0.0095	0.000089
21.7262	0.6620	0.0180	0.000323
21.4784	0.6696	0.0256	0.000656
23.5976	0.6095	-0.0345	0.001193
23.0197	0.6248	-0.0192	0.000370
22.5414	0.6381	-0.0060	0.000036
22.1572	0.6491	0.0051	0.000026
21.8521	0.6582	0.0142	0.000200
21.6103	0.6656	0.0215	0.000463
21.4160	0.6716	0.0276	0.000759

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

23.4236	0.6140	-0.0300	0.000900
22.7568	0.6320	-0.0120	0.000144
22.2588	0.6462	0.0021	0.000005
21.8951	0.6569	0.0129	0.000165
21.6318	0.6649	0.0209	0.000435
21.4467	0.6706	0.0266	0.000707
21.3255	0.6745	0.0304	0.000925
23.0903	0.6229	-0.0211	0.000447
22.3248	0.6443	0.0002	0.000000
21.8422	0.6585	0.0145	0.000209
21.5323	0.6680	0.0239	0.000573
21.3333	0.6742	0.0302	0.000910
21.2192	0.6778	0.0338	0.001141
21.1891	0.6788	0.0347	0.001207
22.3626	0.6432	-0.0009	0.000001
21.6100	0.6656	0.0215	0.000463
21.2527	0.6768	0.0327	0.001070
21.0588	0.6830	0.0389	0.001517
20.9499	0.6865	0.0425	0.001806
20.9077	0.6879	0.0439	0.001926
20.9617	0.6862	0.0421	0.001773
	0.6440	Incertidumbre	0.0232

Tabla 11. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Mediciones internas del bloque INDENICSA, medición 3.

	A	b	c	d	e	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88	61.88		
1	56.25	59.02	60.08	60.56	60.80	60.94	61.02	61.06	61.09	61.10	61.09	61.08	61.04	60.98	60.89	60.73	60.44	59.88	58.66	55.5
2	56.25	57.86	58.88	59.48	59.84	60.06	60.19	60.27	60.31	60.33	60.32	60.29	60.23	60.13	59.96	59.70	59.27	58.55	57.36	55.5
3	56.25	57.29	58.09	58.64	59.01	59.26	59.41	59.51	59.56	59.58	59.57	59.53	59.46	59.33	59.13	58.83	58.38	57.70	56.74	55.5
4	56.25	56.95	57.54	57.99	58.32	58.54	58.69	58.79	58.84	58.86	58.86	58.81	58.74	58.61	58.41	58.12	57.71	57.13	56.38	55.5
5	56.25	56.72	57.13	57.47	57.72	57.90	58.03	58.11	58.16	58.18	58.17	58.13	58.06	57.95	57.78	57.54	57.20	56.74	56.17	55.5
6	56.25	56.54	56.80	57.02	57.19	57.32	57.41	57.47	57.51	57.52	57.51	57.48	57.43	57.35	57.23	57.05	56.81	56.48	56.04	55.5
7	56.25	56.39	56.52	56.62	56.71	56.78	56.82	56.85	56.87	56.88	56.88	56.86	56.83	56.79	56.72	56.63	56.50	56.31	56.03	55.5
	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25

Tabla 12. Temperaturas en (°C) obtenidas de la medición 3 del bloque INDENICSA parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.2	m
Ancho	0.153	m
Base	0.4	m
Área	0.08	m ²

V	90	V
I	0.4	A
Q	36	W

Datos poliestireno		
Alto	0.2	m
Ancho	0.347	m
Largo	0.4	m
Espesor	0.1	m
Apared	0.4964	m ²
Ti	60.5	C
Te	35.63	C
k	0.1861	

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”

Mediciones externas del bloque INDENICSA, medición 3.

	A	B	c	d	E	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25		
1	36.38	36.80	36.96	37.03	37.06	37.08	37.09	37.10	37.10	37.10	37.10	37.10	37.09	37.09	37.07	37.05	37.01	36.93	36.74	36.25
2	36.38	36.62	36.76	36.84	36.89	36.92	36.94	36.95	36.95	36.95	36.95	36.95	36.94	36.93	36.90	36.87	36.81	36.71	36.53	36.25
3	36.38	36.52	36.62	36.70	36.74	36.77	36.79	36.80	36.81	36.81	36.81	36.80	36.79	36.78	36.75	36.71	36.65	36.56	36.42	36.25
4	36.38	36.46	36.52	36.57	36.61	36.63	36.65	36.66	36.66	36.67	36.67	36.66	36.65	36.63	36.61	36.57	36.52	36.45	36.36	36.25
5	36.38	36.41	36.43	36.46	36.48	36.50	36.51	36.52	36.53	36.53	36.52	36.51	36.50	36.48	36.45	36.42	36.37	36.31		36.25
6	36.38	36.35	36.35	36.36	36.37	36.38	36.38	36.39	36.39	36.39	36.39	36.38	36.37	36.36	36.34	36.32	36.29	36.27		36.25
7	36.38	36.28	36.25	36.25	36.25	36.25	36.26	36.26	36.26	36.26	36.26	36.26	36.25	36.24	36.24	36.22	36.22	36.22		36.25
	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	36.13	

Tabla 13. Temperaturas en (°C) obtenidas de la medición 3 del bloque INDENICSA parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 3 del bloque INDENICSA, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
24.6300	1.0115	-0.1376	0.018939
20.0000	1.2456	0.0965	0.009320
20.1200	1.2382	0.0891	0.007940
20.1200	1.2382	0.0891	0.007940
22.2792	1.1182	-0.0309	0.000954
21.3281	1.1681	0.0190	0.000360
20.8612	1.1942	0.0451	0.002035
20.5886	1.2100	0.0609	0.003712
20.4060	1.2209	0.0718	0.005149
20.2722	1.2289	0.0798	0.006370
20.1732	1.2349	0.0858	0.007369
23.1588	1.0757	-0.0734	0.005382
22.1718	1.1236	-0.0255	0.000649
21.5282	1.1572	0.0081	0.000066
21.0870	1.1814	0.0323	0.001045
20.7632	1.1998	0.0508	0.002576
20.5097	1.2147	0.0656	0.004301
20.3007	1.2272	0.0781	0.006098
23.5541	1.0577	-0.0914	0.008357
22.6723	1.0988	-0.0503	0.002528
21.9928	1.1328	-0.0163	0.000267
21.4681	1.1605	0.0114	0.000129
21.0502	1.1835	0.0344	0.001183
20.7028	1.2033	0.0543	0.002943
20.3998	1.2212	0.0721	0.005202
23.7554	1.0487	-0.1004	0.010076
22.9704	1.0846	-0.0645	0.004165
22.3027	1.1170	-0.0321	0.001028
21.7424	1.1458	-0.0033	0.000011
21.2665	1.1715	0.0224	0.000500
20.8515	1.1948	0.0457	0.002086
20.4759	1.2167	0.0676	0.004568
23.8671	1.0438	-0.1053	0.011086
23.1510	1.0761	-0.0730	0.005329

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

22.5052	1.1070	-0.0421	0.001774
21.9321	1.1359	-0.0132	0.000174
21.4221	1.1629	0.0138	0.000192
20.9607	1.1885	0.0394	0.001556
20.5321	1.2134	0.0643	0.004129
23.9321	1.0410	-0.1081	0.011690
23.2614	1.0710	-0.0781	0.006101
22.6352	1.1006	-0.0485	0.002350
22.0588	1.1294	-0.0197	0.000389
21.5290	1.1572	0.0081	0.000065
21.0372	1.1842	0.0351	0.001234
20.5718	1.2110	0.0619	0.003833
23.9699	1.0393	-0.1098	0.012048
23.3274	1.0680	-0.0811	0.006583
22.7151	1.0967	-0.0524	0.002741
22.1389	1.1253	-0.0238	0.000567
21.5980	1.1535	0.0044	0.000019
21.0872	1.1814	0.0323	0.001044
20.5980	1.2095	0.0604	0.003645
23.9901	1.0385	-0.1106	0.012240
23.3631	1.0663	-0.0828	0.006851
22.7592	1.0946	-0.0545	0.002967
22.1836	1.1230	-0.0261	0.000680
21.6370	1.1514	0.0023	0.000005
21.1157	1.1798	0.0307	0.000944
20.6130	1.2086	0.0595	0.003540
23.9972	1.0381	-0.1109	0.012309
23.3758	1.0657	-0.0833	0.006947
22.7748	1.0939	-0.0552	0.003050
22.1994	1.1222	-0.0269	0.000722
21.6507	1.1507	0.0016	0.000002
21.1256	1.1793	0.0302	0.000910
20.6181	1.2083	0.0592	0.003504
23.9931	1.0383	-0.1108	0.012269
23.3681	1.0661	-0.0830	0.006889
22.7648	1.0944	-0.0547	0.002997
22.1886	1.1228	-0.0263	0.000693
21.6406	1.1512	0.0021	0.000004

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

21.1179	1.1797	0.0306	0.000936
20.6140	1.2085	0.0594	0.003533
23.9769	1.0390	-0.1101	0.012115
23.3389	1.0674	-0.0817	0.006669
22.7276	1.0961	-0.0530	0.002804
22.1495	1.1248	-0.0243	0.000593
21.6054	1.1531	0.0040	0.000016
21.0915	1.1812	0.0321	0.001029
20.5998	1.2094	0.0603	0.003632
23.9457	1.0404	-0.1087	0.011818
23.2829	1.0700	-0.0791	0.006256
22.6572	1.0995	-0.0495	0.002455
22.0763	1.1285	-0.0206	0.000425
21.5401	1.1566	0.0075	0.000056
21.0427	1.1839	0.0348	0.001212
20.5738	1.2109	0.0618	0.003819
23.8930	1.0427	-0.1064	0.011325
23.1897	1.0743	-0.0748	0.005594
22.5422	1.1052	-0.0439	0.001930
21.9585	1.1345	-0.0146	0.000212
21.4360	1.1622	0.0131	0.000171
20.9655	1.1883	0.0392	0.001535
20.5327	1.2133	0.0642	0.004125
23.8065	1.0465	-0.1026	0.010533
23.0408	1.0812	-0.0679	0.004604
22.3633	1.1140	-0.0351	0.001232
21.7793	1.1439	-0.0052	0.000027
21.2801	1.1707	0.0216	0.000467
20.8505	1.1948	0.0457	0.002091
20.4714	1.2169	0.0679	0.004604
23.6622	1.0528	-0.0962	0.009263
22.8037	1.0925	-0.0566	0.003205
22.0909	1.1277	-0.0214	0.000456
21.5154	1.1579	0.0088	0.000077
21.0547	1.1832	0.0341	0.001166
20.6848	1.2044	0.0553	0.003058
20.3826	1.2223	0.0732	0.005352
23.4085	1.0643	-0.0848	0.007197

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

22.4210	1.1111	-0.0380	0.001441
21.6810	1.1491	0.0000	0.000000
21.1369	1.1786	0.0295	0.000873
20.7384	1.2013	0.0522	0.002724
20.4515	1.2181	0.0690	0.004767
20.2542	1.2300	0.0809	0.006546
22.9208	1.0869	-0.0622	0.003868
21.7907	1.1433	-0.0058	0.000034
21.0754	1.1821	0.0330	0.001088
20.6127	1.2086	0.0595	0.003542
20.3104	1.2266	0.0775	0.006007
20.1286	1.2377	0.0886	0.007847
20.0627	1.2417	0.0926	0.008583
21.8541	1.1400	-0.0091	0.000084
20.7455	1.2009	0.0518	0.002681
20.2172	1.2323	0.0832	0.006915
19.9280	1.2501	0.1010	0.010209
19.7620	1.2606	0.1115	0.012441
19.6897	1.2653	0.1162	0.013496
19.7481	1.2615	0.1124	0.012640
	1.1491	Incertidumbre	0.0640

Tabla 14. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones internas del bloque CEDESA, medición 1.

	A	B	c	d	e	F	g	h	i	J	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13	51.13		
1	47.88	49.47	50.08	50.35	50.49	50.56	50.61	50.63	50.64	50.65	50.64	50.63	50.61	50.58	50.52	50.42	50.25	49.91	49.17	47.25
2	47.88	48.80	49.37	49.71	49.91	50.03	50.10	50.14	50.17	50.17	50.17	50.15	50.11	50.05	49.95	49.79	49.53	49.10	48.38	47.25
3	47.88	48.46	48.90	49.21	49.41	49.54	49.62	49.67	49.70	49.71	49.70	49.68	49.63	49.56	49.44	49.26	48.98	48.58	48.00	47.25
4	47.88	48.25	48.57	48.81	48.98	49.10	49.18	49.23	49.26	49.27	49.26	49.23	49.19	49.11	48.99	48.82	48.57	48.23	47.78	47.25
5	47.88	48.10	48.31	48.48	48.60	48.70	48.77	48.81	48.83	48.84	48.83	48.81	48.77	48.70	48.60	48.45	48.25	47.98	47.64	47.25
6	47.88	47.98	48.08	48.18	48.26	48.33	48.37	48.40	48.42	48.43	48.42	48.40	48.37	48.32	48.25	48.15	48.00	47.81	47.56	47.25
7	47.88	47.84	47.86	47.90	47.94	47.98	48.00	48.01	48.02	48.03	48.02	48.01	48.00	47.97	47.93	47.88	47.80	47.69	47.53	47.25
	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63	47.63

Tabla 15. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 1 del bloque CEDESA parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.199	m
Ancho	0.14	m
Base	0.389	m
Área	0.077411	m ²

V	70	V
I	0.4	A
Q	28	W

Datos poliestireno		
Alto	0.199	m
Ancho	0.36	m
Largo	0.389	m
Espesor	0.1	m
Apared	0.50077	m ²
Ti	51.38	C
Te	37	C
k	0.18609	

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones externas del bloque CEDESA, medición 1.

	A	b	c	d	E	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q	
	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	
1	36.63	36.81	36.88	36.90	36.92	36.93	36.93	36.93	36.94	36.94	36.94	36.94	36.94	36.93	36.93	36.92	36.91	36.87	36.75
2	36.63	36.73	36.79	36.82	36.84	36.86	36.86	36.87	36.87	36.87	36.87	36.87	36.87	36.87	36.87	36.86	36.84	36.81	36.75
3	36.63	36.69	36.73	36.76	36.78	36.79	36.80	36.80	36.81	36.81	36.81	36.81	36.81	36.81	36.81	36.80	36.79	36.78	36.75
4	36.63	36.66	36.69	36.70	36.72	36.73	36.74	36.74	36.74	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75
5	36.63	36.64	36.65	36.65	36.66	36.67	36.68	36.68	36.68	36.68	36.69	36.69	36.69	36.69	36.69	36.70	36.71	36.72	36.75
6	36.63	36.61	36.61	36.61	36.61	36.62	36.62	36.62	36.62	36.62	36.62	36.62	36.63	36.63	36.63	36.64	36.66	36.69	36.75
7	36.63	36.58	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.56	36.57	36.58	36.59	36.63	36.75
	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5

Tabla 16. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 1 del bloque CEDESA parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 1 del bloque CEDESA, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
14.1300	1.8686	-0.2980	0.088790
11.1300	2.3723	0.2057	0.042310
11.1300	2.3723	0.2057	0.042310
11.1300	2.3723	0.2057	0.042310
12.6049	2.0947	-0.0719	0.005168
11.9865	2.2028	0.0362	0.001308
11.6816	2.2603	0.0937	0.008775
11.5018	2.2956	0.1290	0.016645
11.3788	2.3204	0.1538	0.023661
11.2842	2.3399	0.1733	0.030023
11.2040	2.3566	0.1900	0.036107
13.1731	2.0044	-0.1622	0.026321
12.5297	2.1073	-0.0593	0.003518
12.1081	2.1806	0.0141	0.000198
11.8166	2.2344	0.0678	0.004604
11.5993	2.2763	0.1097	0.012039
11.4241	2.3112	0.1446	0.020917
11.2719	2.3424	0.1758	0.030915
13.4278	1.9663	-0.2003	0.040101
12.8509	2.0546	-0.1120	0.012542
12.4046	2.1285	-0.0381	0.001449
12.0573	2.1898	0.0232	0.000540
11.7775	2.2419	0.0753	0.005665
11.5409	2.2878	0.1212	0.014699
11.3296	2.3305	0.1639	0.026865
13.5570	1.9476	-0.2190	0.047961
13.0418	2.0245	-0.1421	0.020179
12.6019	2.0952	-0.0714	0.005097
12.2306	2.1588	-0.0078	0.000061
11.9127	2.2164	0.0498	0.002483
11.6323	2.2698	0.1033	0.010662
11.3755	2.3211	0.1545	0.023869
13.6286	1.9374	-0.2292	0.052543
13.1571	2.0068	-0.1598	0.025538

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

12.7307	2.0740	-0.0926	0.008573
12.3506	2.1378	-0.0288	0.000827
12.0102	2.1984	0.0318	0.001013
11.7002	2.2567	0.0901	0.008117
11.4101	2.3140	0.1475	0.021743
13.6701	1.9315	-0.2351	0.055274
13.2275	1.9961	-0.1705	0.029064
12.8133	2.0606	-0.1059	0.011225
12.4307	2.1241	-0.0425	0.001809
12.0775	2.1862	0.0196	0.000384
11.7480	2.2475	0.0809	0.006546
11.4348	2.3090	0.1425	0.020293
13.6942	1.9281	-0.2385	0.056886
13.2696	1.9898	-0.1768	0.031261
12.8641	2.0525	-0.1141	0.013019
12.4815	2.1154	-0.0512	0.002618
12.1210	2.1783	0.0117	0.000138
11.7794	2.2415	0.0749	0.005610
11.4512	2.3057	0.1391	0.019361
13.7071	1.9263	-0.2403	0.057756
13.2924	1.9864	-0.1802	0.032483
12.8923	2.0480	-0.1186	0.014060
12.5100	2.1106	-0.0560	0.003135
12.1458	2.1739	0.0073	0.000053
11.7975	2.2381	0.0715	0.005109
11.4607	2.3038	0.1372	0.018835
13.7118	1.9256	-0.2410	0.058075
13.3008	1.9851	-0.1815	0.032934
12.9025	2.0464	-0.1202	0.014449
12.5203	2.1089	-0.0577	0.003333
12.1548	2.1723	0.0057	0.000032
11.8039	2.2368	0.0702	0.004935
11.4641	2.3032	0.1366	0.018649
13.7094	1.9259	-0.2406	0.057911
13.2963	1.9858	-0.1808	0.032693
12.8967	2.0473	-0.1193	0.014228
12.5140	2.1099	-0.0567	0.003212
12.1489	2.1733	0.0067	0.000045

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

11.7995	2.2377	0.0711	0.005054
11.4617	2.3036	0.1370	0.018782
13.6995	1.9273	-0.2393	0.057242
13.2784	1.9885	-0.1781	0.031730
12.8740	2.0509	-0.1157	0.013378
12.4902	2.1139	-0.0526	0.002772
12.1275	2.1772	0.0106	0.000112
11.7834	2.2407	0.0741	0.005497
11.4531	2.3054	0.1388	0.019258
13.6802	1.9301	-0.2365	0.055946
13.2438	1.9937	-0.1729	0.029906
12.8306	2.0579	-0.1087	0.011822
12.4452	2.1216	-0.0450	0.002025
12.0875	2.1844	0.0178	0.000316
11.7536	2.2464	0.0798	0.006372
11.4372	2.3086	0.1420	0.020156
13.6474	1.9347	-0.2319	0.053775
13.1859	2.0024	-0.1642	0.026958
12.7594	2.0693	-0.0972	0.009457
12.3725	2.1340	-0.0325	0.001059
12.0236	2.1960	0.0294	0.000864
11.7064	2.2555	0.0889	0.007901
11.4121	2.3136	0.1470	0.021622
13.5934	1.9424	-0.2242	0.050271
13.0932	2.0166	-0.1500	0.022504
12.6484	2.0875	-0.0791	0.006256
12.2620	2.1533	-0.0133	0.000177
11.9279	2.2136	0.0470	0.002209
11.6362	2.2691	0.1025	0.010503
11.3750	2.3212	0.1546	0.023903
13.5030	1.9554	-0.2112	0.044608
12.9452	2.0396	-0.1269	0.016115
12.4791	2.1158	-0.0508	0.002578
12.0991	2.1823	0.0157	0.000246
11.7899	2.2395	0.0729	0.005317
11.5357	2.2889	0.1223	0.014948
11.3215	2.3322	0.1656	0.027415
13.3434	1.9788	-0.1878	0.035274

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

12.7053	2.0782	-0.0884	0.007821
12.2239	2.1600	-0.0066	0.000043
11.8654	2.2253	0.0587	0.003442
11.5968	2.2768	0.1102	0.012144
11.3952	2.3171	0.1505	0.022645
11.2452	2.3480	0.1814	0.032906
13.0352	2.0256	-0.1410	0.019889
12.3088	2.1451	-0.0215	0.000462
11.8457	2.2290	0.0624	0.003890
11.5417	2.2877	0.1211	0.014659
11.3368	2.3290	0.1624	0.026380
11.2031	2.3568	0.1902	0.036178
11.1340	2.3714	0.2048	0.041961
12.3585	2.1365	-0.0301	0.000908
11.6489	2.2666	0.1000	0.010004
11.3084	2.3349	0.1683	0.028316
11.1189	2.3747	0.2081	0.043289
11.0056	2.3991	0.2325	0.054062
10.9466	2.4120	0.2454	0.060241
10.9576	2.4096	0.2430	0.059053
	2.1666	Incertidumbre	0.1402

Tabla 17. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”

Mediciones internas del bloque CEDESA, medición 2.

	A	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5		
1	54.75	56.58	57.29	57.60	57.75	57.84	57.89	57.92	57.93	57.94	57.93	57.92	57.90	57.87	57.80	57.70	57.51	57.15	56.34	54.25
2	54.75	55.80	56.46	56.85	57.08	57.21	57.30	57.34	57.37	57.38	57.38	57.36	57.32	57.26	57.15	56.98	56.71	56.25	55.47	54.25
3	54.75	55.41	55.91	56.26	56.49	56.64	56.74	56.80	56.83	56.84	56.84	56.81	56.76	56.68	56.56	56.37	56.09	55.66	55.04	54.25
4	54.75	55.17	55.52	55.79	55.99	56.13	56.22	56.27	56.31	56.32	56.31	56.29	56.24	56.16	56.04	55.86	55.61	55.25	54.79	54.25
5	54.75	54.99	55.22	55.40	55.55	55.65	55.73	55.78	55.80	55.81	55.81	55.79	55.74	55.67	55.57	55.43	55.23	54.96	54.63	54.25
6	54.75	54.84	54.95	55.05	55.14	55.21	55.26	55.30	55.32	55.33	55.32	55.30	55.27	55.22	55.15	55.05	54.91	54.73	54.51	54.25
7	54.75	54.66	54.68	54.72	54.76	54.79	54.82	54.84	54.85	54.85	54.85	54.84	54.82	54.80	54.76	54.70	54.63	54.54	54.42	54.25
	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38	54.38

Tabla 18. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 2 del bloque CEDESA parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.199	m
Ancho	0.14	m
Base	0.389	m
Área	0.077411	m ²

V	80	V
I	0.4	A
Q	32	W

Datos poliestireno		
Alto	0.199	m
Ancho	0.36	m
Largo	0.389	m
Espesor	0.1	m
Apared	0.5008	m ²
Ti	58.13	C
Te	36.88	C
k	0.1861	

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones externas del bloque CEDESA, medición 2.

	a	B	c	d	E	f	G	H	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63		
1	37.63	38.12	38.31	38.39	38.43	38.45	38.46	38.47	38.48	38.48	38.48	38.48	38.48	38.47	38.46	38.43	38.37	38.24	37.88	
2	37.63	37.91	38.08	38.19	38.25	38.28	38.30	38.32	38.33	38.33	38.33	38.33	38.33	38.33	38.31	38.29	38.26	38.19	38.07	37.88
3	37.63	37.80	37.94	38.03	38.09	38.13	38.15	38.17	38.18	38.19	38.19	38.19	38.19	38.18	38.17	38.15	38.12	38.06	37.99	37.88
4	37.63	37.74	37.83	37.90	37.95	37.99	38.01	38.03	38.04	38.04	38.05	38.05	38.04	38.04	38.03	38.02	37.99	37.96	37.93	37.88
5	37.63	37.69	37.74	37.79	37.83	37.86	37.88	37.89	37.90	37.90	37.91	37.91	37.91	37.90	37.90	37.89	37.88	37.87	37.87	37.88
6	37.63	37.64	37.67	37.69	37.72	37.73	37.75	37.76	37.76	37.77	37.77	37.77	37.77	37.77	37.77	37.76	37.76	37.78	37.81	37.88
7	37.63	37.59	37.59	37.60	37.61	37.62	37.62	37.63	37.63	37.63	37.63	37.63	37.63	37.63	37.63	37.63	37.64	37.66	37.71	37.88
	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5

Tabla 19. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 2 del bloque CEDESA parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 2 del bloque CEDESA, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
19.8700	1.1102	-0.1170	0.013689
16.8700	1.3076	0.0804	0.006468
16.8800	1.3068	0.0796	0.006344
16.8800	1.3068	0.0796	0.006344
18.3452	1.2025	-0.0247	0.000611
17.7272	1.2444	0.0172	0.000296
17.4226	1.2661	0.0390	0.001517
17.2432	1.2793	0.0521	0.002717
17.1208	1.2885	0.0613	0.003754
17.0272	1.2955	0.0684	0.004672
16.9490	1.3015	0.0743	0.005525
18.9137	1.1663	-0.0609	0.003705
18.2709	1.2073	-0.0198	0.000393
17.8500	1.2358	0.0086	0.000075
17.5593	1.2563	0.0291	0.000847
17.3428	1.2720	0.0448	0.002005
17.1690	1.2848	0.0577	0.003324
17.0189	1.2962	0.0690	0.004759
19.1687	1.1508	-0.0764	0.005834
18.5927	1.1864	-0.0407	0.001659
18.1473	1.2156	-0.0116	0.000135
17.8010	1.2392	0.0120	0.000145
17.5223	1.2589	0.0317	0.001008
17.2870	1.2761	0.0489	0.002389
17.0775	1.2917	0.0645	0.004165
19.2982	1.1431	-0.0841	0.007074
18.7841	1.1744	-0.0528	0.002790
18.3454	1.2024	-0.0247	0.000612
17.9752	1.2272	0.0000	0.000000
17.6584	1.2492	0.0220	0.000486
17.3793	1.2693	0.0421	0.001773
17.1239	1.2882	0.0610	0.003725
19.3700	1.1388	-0.0883	0.007805
18.9000	1.1672	-0.0600	0.003603

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

18.4750	1.1940	-0.0332	0.001100
18.0960	1.2190	-0.0082	0.000067
17.7569	1.2423	0.0151	0.000229
17.4479	1.2643	0.0371	0.001377
17.1590	1.2856	0.0584	0.003411
19.4119	1.1364	-0.0908	0.008245
18.9711	1.1628	-0.0644	0.004147
18.5584	1.1886	-0.0385	0.001485
18.1771	1.2136	-0.0136	0.000185
17.8250	1.2375	0.0104	0.000107
17.4965	1.2608	0.0336	0.001129
17.1841	1.2837	0.0565	0.003195
19.4364	1.1349	-0.0922	0.008507
19.0139	1.1602	-0.0670	0.004491
18.6103	1.1853	-0.0419	0.001752
18.2291	1.2101	-0.0171	0.000291
17.8697	1.2345	0.0073	0.000053
17.5288	1.2585	0.0313	0.000979
17.2010	1.2824	0.0553	0.003054
19.4500	1.1342	-0.0930	0.008654
19.0379	1.1587	-0.0685	0.004689
18.6399	1.1834	-0.0437	0.001913
18.2592	1.2081	-0.0191	0.000363
17.8959	1.2326	0.0055	0.000030
17.5479	1.2571	0.0299	0.000894
17.2111	1.2817	0.0545	0.002972
19.4555	1.1338	-0.0933	0.008714
19.0478	1.1581	-0.0691	0.004772
18.6522	1.1827	-0.0445	0.001982
18.2717	1.2073	-0.0199	0.000396
17.9069	1.2319	0.0047	0.000022
17.5560	1.2565	0.0293	0.000860
17.2153	1.2814	0.0542	0.002937
19.4544	1.1339	-0.0933	0.008701
19.0456	1.1582	-0.0689	0.004754
18.6494	1.1828	-0.0443	0.001966
18.2687	1.2075	-0.0197	0.000388
17.9041	1.2321	0.0049	0.000024

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

17.5538	1.2567	0.0295	0.000869
17.2141	1.2815	0.0543	0.002947
19.4462	1.1344	-0.0928	0.008613
19.0310	1.1591	-0.0681	0.004632
18.6309	1.1840	-0.0432	0.001863
18.2495	1.2088	-0.0184	0.000339
17.8870	1.2333	0.0061	0.000037
17.5411	1.2576	0.0304	0.000924
17.2073	1.2820	0.0548	0.003002
19.4296	1.1353	-0.0918	0.008433
19.0013	1.1609	-0.0662	0.004388
18.5939	1.1864	-0.0408	0.001665
18.2113	1.2113	-0.0159	0.000252
17.8533	1.2356	0.0084	0.000071
17.5161	1.2594	0.0322	0.001036
17.1941	1.2830	0.0558	0.003111
19.4008	1.1370	-0.0901	0.008127
18.9507	1.1640	-0.0631	0.003987
18.5319	1.1903	-0.0368	0.001357
18.1486	1.2155	-0.0117	0.000137
17.7986	1.2394	0.0122	0.000149
17.4761	1.2623	0.0351	0.001230
17.1730	1.2845	0.0574	0.003290
19.3528	1.1399	-0.0873	0.007626
18.8687	1.1691	-0.0581	0.003374
18.4346	1.1966	-0.0306	0.000934
18.0526	1.2219	-0.0052	0.000027
17.7165	1.2451	0.0179	0.000322
17.4166	1.2666	0.0394	0.001551
17.1418	1.2869	0.0597	0.003563
19.2717	1.1446	-0.0825	0.006812
18.7367	1.1773	-0.0499	0.002485
18.2852	1.2064	-0.0208	0.000432
17.9108	1.2316	0.0044	0.000020
17.5982	1.2535	0.0263	0.000692
17.3320	1.2728	0.0456	0.002077
17.0975	1.2902	0.0630	0.003973
19.1273	1.1533	-0.0739	0.005460

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

18.5213	1.1910	-0.0362	0.001308
18.0587	1.2215	-0.0056	0.000032
17.7069	1.2458	0.0186	0.000347
17.4337	1.2653	0.0381	0.001455
17.2156	1.2814	0.0542	0.002935
17.0361	1.2949	0.0677	0.004580
18.8461	1.1705	-0.0567	0.003213
18.1626	1.2145	-0.0126	0.000160
17.7214	1.2448	0.0176	0.000310
17.4245	1.2660	0.0388	0.001506
17.2142	1.2815	0.0543	0.002946
17.0607	1.2930	0.0658	0.004331
16.9513	1.3013	0.0742	0.005499
18.2244	1.2104	-0.0168	0.000281
17.5617	1.2561	0.0289	0.000837
17.2396	1.2796	0.0524	0.002745
17.0555	1.2934	0.0662	0.004383
16.9378	1.3024	0.0752	0.005653
16.8617	1.3083	0.0811	0.006572
16.8282	1.3109	0.0837	0.007001
	1.2272	Incertidumbre	0.0532

Tabla 20. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones internas del bloque CEDESA, medición 3.

	A	b	c	d	e	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75	64.75		
1	60.25	62.46	63.31	63.70	63.89	64.00	64.06	64.10	64.12	64.13	64.12	64.11	64.09	64.04	63.97	63.85	63.64	63.21	62.28	59.88
2	60.25	61.53	62.35	62.83	63.12	63.29	63.40	63.46	63.50	63.51	63.51	63.49	63.44	63.37	63.25	63.05	62.73	62.19	61.29	59.88
3	60.25	61.08	61.72	62.16	62.46	62.65	62.78	62.86	62.90	62.92	62.91	62.89	62.83	62.74	62.59	62.37	62.03	61.53	60.81	59.88
4	60.25	60.81	61.28	61.64	61.90	62.08	62.20	62.28	62.33	62.35	62.34	62.31	62.26	62.16	62.02	61.81	61.50	61.08	60.53	59.88
5	60.25	60.62	60.95	61.22	61.43	61.57	61.67	61.74	61.78	61.80	61.79	61.77	61.72	61.64	61.51	61.34	61.09	60.76	60.35	59.88
6	60.25	60.48	60.69	60.87	61.00	61.11	61.18	61.23	61.26	61.27	61.26	61.25	61.21	61.15	61.06	60.93	60.76	60.53	60.24	59.88
7	60.25	60.36	60.46	60.55	60.62	60.67	60.71	60.73	60.75	60.76	60.75	60.74	60.72	60.69	60.65	60.58	60.49	60.36	60.18	59.88
	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	60.25	

Tabla 21. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 3 del bloque CEDESA parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.199	M
Ancho	0.14	M
Base	0.389	M
Área	0.077411	m ²

V	90	V
I	0.4	A
Q	36	W

Datos poliestireno		
Alto	0.199	m
Ancho	0.36	m
Largo	0.389	m
Espesor	0.1	m
Apared	0.501	m ²
Ti	63.25	C
Te	33.88	C
k	0.186	

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”

Mediciones externas del bloque CEDESA, medición 3.

	A	b	c	d	E	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63	38.63		
1	37.25	37.93	38.19	38.31	38.37	38.40	38.42	38.43	38.44	38.44	38.45	38.45	38.44	38.44	38.43	38.41	38.37	38.29	38.11	37.63
2	37.25	37.64	37.89	38.04	38.13	38.18	38.22	38.24	38.25	38.26	38.26	38.26	38.25	38.23	38.20	38.15	38.06	37.90	37.63	
3	37.25	37.50	37.70	37.84	37.93	37.99	38.03	38.05	38.07	38.08	38.08	38.08	38.07	38.05	38.02	37.97	37.90	37.78	37.63	
4	37.25	37.42	37.57	37.68	37.76	37.81	37.85	37.88	37.90	37.91	37.91	37.91	37.91	37.90	37.88	37.86	37.82	37.77	37.71	37.63
5	37.25	37.36	37.47	37.55	37.61	37.66	37.69	37.71	37.73	37.74	37.74	37.74	37.73	37.72	37.70	37.68	37.66	37.64	37.63	
6	37.25	37.32	37.39	37.44	37.48	37.51	37.54	37.55	37.56	37.57	37.57	37.57	37.57	37.56	37.55	37.55	37.55	37.55	37.57	37.63
7	37.25	37.28	37.32	37.34	37.36	37.38	37.39	37.40	37.41	37.41	37.41	37.41	37.41	37.41	37.41	37.40	37.41	37.42	37.47	37.63
	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25	

Tabla 22. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 3 del bloque CEDESA parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 3 del bloque CEDESA, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
26.1200	0.5976	-0.0502	0.002516
22.6200	0.6900	0.0423	0.001790
23.0000	0.6786	0.0309	0.000955
23.0000	0.6786	0.0309	0.000955
24.3503	0.6410	-0.0067	0.000045
23.6391	0.6603	0.0126	0.000158
23.2954	0.6700	0.0223	0.000497
23.1012	0.6757	0.0279	0.000780
22.9805	0.6792	0.0315	0.000991
22.9087	0.6813	0.0336	0.001130
22.8934	0.6818	0.0341	0.001160
25.0219	0.6238	-0.0239	0.000573
24.2908	0.6426	-0.0052	0.000027
23.8214	0.6552	0.0075	0.000056
23.5089	0.6639	0.0162	0.000263
23.2922	0.6701	0.0224	0.000501
23.1410	0.6745	0.0268	0.000717
23.0447	0.6773	0.0296	0.000875
25.3266	0.6163	-0.0314	0.000988
24.6809	0.6324	-0.0153	0.000234
24.1904	0.6452	-0.0025	0.000006
23.8209	0.6552	0.0075	0.000057
23.5383	0.6631	0.0154	0.000237
23.3184	0.6694	0.0216	0.000468
23.1445	0.6744	0.0267	0.000711
25.4835	0.6125	-0.0352	0.001241
24.9157	0.6264	-0.0213	0.000453
24.4386	0.6387	-0.0090	0.000082
24.0459	0.6491	0.0014	0.000002
23.7218	0.6580	0.0103	0.000105
23.4499	0.6656	0.0179	0.000320
23.2148	0.6723	0.0246	0.000606
25.5718	0.6104	-0.0373	0.001395
25.0598	0.6228	-0.0249	0.000619

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

24.6023	0.6344	-0.0133	0.000177
24.2022	0.6449	-0.0028	0.000008
23.8530	0.6544	0.0066	0.000044
23.5445	0.6629	0.0152	0.000231
23.2647	0.6709	0.0232	0.000538
25.6241	0.6091	-0.0386	0.001489
25.1492	0.6206	-0.0271	0.000734
24.7088	0.6317	-0.0160	0.000257
24.3076	0.6421	-0.0056	0.000031
23.9436	0.6519	0.0042	0.000017
23.6105	0.6611	0.0134	0.000178
23.2994	0.6699	0.0222	0.000492
25.6553	0.6084	-0.0393	0.001547
25.2041	0.6193	-0.0284	0.000809
24.7761	0.6300	-0.0177	0.000315
24.3759	0.6403	-0.0074	0.000055
24.0033	0.6503	0.0025	0.000006
23.6543	0.6599	0.0121	0.000147
23.3226	0.6692	0.0215	0.000463
25.6730	0.6080	-0.0398	0.001580
25.2357	0.6185	-0.0292	0.000854
24.8155	0.6290	-0.0187	0.000351
24.4165	0.6393	-0.0085	0.000072
24.0392	0.6493	0.0016	0.000002
23.6810	0.6591	0.0114	0.000130
23.3368	0.6688	0.0211	0.000446
25.6811	0.6078	-0.0399	0.001596
25.2502	0.6181	-0.0296	0.000875
24.8338	0.6285	-0.0192	0.000369
24.4355	0.6388	-0.0090	0.000080
24.0561	0.6488	0.0011	0.000001
23.6936	0.6588	0.0110	0.000122
23.3435	0.6686	0.0209	0.000438
25.6812	0.6078	-0.0399	0.001596
25.2503	0.6181	-0.0296	0.000875
24.8339	0.6285	-0.0192	0.000369
24.4357	0.6388	-0.0090	0.000080
24.0563	0.6488	0.0011	0.000001

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

23.6936	0.6588	0.0110	0.000122
23.3435	0.6686	0.0209	0.000438
25.6732	0.6080	-0.0398	0.001581
25.2360	0.6185	-0.0292	0.000854
24.8159	0.6290	-0.0188	0.000352
24.4169	0.6392	-0.0085	0.000072
24.0396	0.6493	0.0016	0.000002
23.6812	0.6591	0.0114	0.000130
23.3369	0.6688	0.0211	0.000446
25.6556	0.6084	-0.0393	0.001548
25.2046	0.6193	-0.0285	0.000810
24.7767	0.6300	-0.0178	0.000315
24.3766	0.6403	-0.0074	0.000055
24.0039	0.6502	0.0025	0.000006
23.6548	0.6598	0.0121	0.000147
23.3229	0.6692	0.0215	0.000463
25.6245	0.6091	-0.0386	0.001490
25.1500	0.6206	-0.0271	0.000735
24.7099	0.6317	-0.0161	0.000258
24.3088	0.6421	-0.0056	0.000032
23.9446	0.6519	0.0041	0.000017
23.6113	0.6611	0.0133	0.000178
23.2999	0.6699	0.0222	0.000492
25.5725	0.6104	-0.0374	0.001396
25.0610	0.6228	-0.0249	0.000620
24.6040	0.6344	-0.0133	0.000178
24.2039	0.6449	-0.0029	0.000008
23.8546	0.6543	0.0066	0.000043
23.5458	0.6629	0.0152	0.000230
23.2654	0.6709	0.0232	0.000537
25.4846	0.6125	-0.0353	0.001243
24.9176	0.6264	-0.0213	0.000455
24.4410	0.6386	-0.0091	0.000083
24.0484	0.6490	0.0013	0.000002
23.7242	0.6579	0.0102	0.000104
23.4518	0.6656	0.0178	0.000318
23.2158	0.6723	0.0246	0.000605
25.3282	0.6162	-0.0315	0.000991

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

24.6837	0.6323	-0.0154	0.000237
24.1940	0.6451	-0.0026	0.000007
23.8247	0.6551	0.0074	0.000055
23.5419	0.6630	0.0153	0.000234
23.3213	0.6693	0.0216	0.000465
23.1461	0.6743	0.0266	0.000709
25.0246	0.6237	-0.0240	0.000576
24.2952	0.6424	-0.0053	0.000028
23.8266	0.6551	0.0074	0.000054
23.5143	0.6638	0.0161	0.000258
23.2973	0.6700	0.0222	0.000495
23.1453	0.6744	0.0266	0.000710
23.0474	0.6772	0.0295	0.000871
24.3551	0.6409	-0.0069	0.000047
23.6458	0.6601	0.0124	0.000153
23.3028	0.6698	0.0221	0.000488
23.1087	0.6754	0.0277	0.000768
22.9879	0.6790	0.0313	0.000977
22.9153	0.6811	0.0334	0.001116
22.8982	0.6816	0.0339	0.001151
	0.6477	Incertidumbre	0.0226

Tabla 23. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones internas del bloque AGRENIC, medición 1.

	a	B	c	d	e	f	G	H	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75		
1	44.25	45.47	45.94	46.14	46.24	46.30	46.33	46.35	46.36	46.36	46.36	46.35	46.34	46.31	46.27	46.20	46.08	45.83	45.29	43.88
2	44.25	44.94	45.38	45.63	45.78	45.87	45.92	45.95	45.97	45.98	45.97	45.96	45.93	45.89	45.82	45.71	45.53	45.22	44.70	43.88
3	44.25	44.68	45.01	45.23	45.38	45.48	45.54	45.57	45.59	45.60	45.60	45.58	45.55	45.50	45.42	45.29	45.10	44.82	44.41	43.88
4	44.25	44.51	44.74	44.91	45.03	45.12	45.17	45.21	45.23	45.24	45.23	45.22	45.18	45.13	45.05	44.94	44.77	44.54	44.24	43.88
5	44.25	44.39	44.52	44.63	44.72	44.79	44.83	44.86	44.88	44.89	44.88	44.87	44.84	44.79	44.73	44.63	44.50	44.33	44.12	43.88
6	44.25	44.27	44.32	44.38	44.43	44.48	44.51	44.53	44.54	44.54	44.54	44.53	44.51	44.48	44.43	44.36	44.27	44.16	44.03	43.88
7	44.25	44.13	44.12	44.13	44.16	44.18	44.19	44.20	44.21	44.21	44.21	44.20	44.19	44.17	44.15	44.12	44.07	44.02	43.95	43.88
	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88	43.88

Tabla 24. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 1 del bloque AGRENIC parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.188	m
Ancho	0.138	m
Base	0.387	m
Área	0.072756	m ²

V	70	V
I	0.4	A
Q	28	W

Datos de la caja de Poliestireno		
Alto	0.188	m
Ancho	0.362	m
Largo	0.387	m
Espesor	0.1	m
Apared	0.489	m ²
Ti	47.13	C
Te	34.5	C
k	0.186	

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones externas del bloque AGRENIC, medición 1.

	a	B	c	d	e	f	G	H	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13	34.13		
1	33.75	33.92	33.97	33.99	34.00	34.00	34.00	33.99	33.99	33.99	33.99	33.99	33.99	34.00	34.00	34.00	33.99	33.97	33.92	33.75
2	33.75	33.82	33.85	33.87	33.87	33.86	33.86	33.86	33.86	33.86	33.86	33.86	33.86	33.86	33.86	33.87	33.87	33.85	33.82	33.75
3	33.75	33.76	33.76	33.75	33.74	33.73	33.73	33.72	33.72	33.72	33.72	33.72	33.72	33.73	33.73	33.74	33.75	33.76	33.76	33.75
4	33.75	33.70	33.67	33.64	33.61	33.60	33.59	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58	33.58	33.59	33.60	33.61	33.64	33.67	33.70	33.75
5	33.75	33.64	33.56	33.51	33.48	33.46	33.45	33.44	33.44	33.44	33.44	33.44	33.44	33.45	33.46	33.48	33.51	33.56	33.64	33.75
6	33.75	33.56	33.44	33.37	33.34	33.32	33.30	33.30	33.29	33.29	33.29	33.29	33.30	33.30	33.32	33.34	33.37	33.44	33.56	33.75
7	33.75	33.39	33.26	33.20	33.17	33.16	33.15	33.15	33.15	33.15	33.15	33.15	33.15	33.15	33.16	33.17	33.20	33.26	33.39	33.75
	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Tabla 25. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 1 del bloque AGRENIC parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 1 del bloque AGRENIC, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
12.6200	2.4807	-0.2632	0.069258
10.5000	2.9816	0.2377	0.056504
10.8800	2.8775	0.1336	0.017840
10.8800	2.8775	0.1336	0.017840
11.5517	2.7102	-0.0337	0.001138
11.1249	2.8141	0.0702	0.004933
10.9213	2.8666	0.1227	0.015049
10.8098	2.8962	0.1522	0.023179
10.7457	2.9134	0.1695	0.028738
10.7175	2.9211	0.1772	0.031398
10.7392	2.9152	0.1713	0.029346
11.9618	2.6173	-0.1267	0.016043
11.5264	2.7161	-0.0278	0.000773
11.2507	2.7827	0.0388	0.001502
11.0723	2.8275	0.0836	0.006990
10.9556	2.8576	0.1137	0.012932
10.8852	2.8761	0.1322	0.017478
10.8591	2.8830	0.1391	0.019350
12.1491	2.5769	-0.1670	0.027893
11.7683	2.6603	-0.0836	0.006993
11.4828	2.7264	-0.0175	0.000306
11.2729	2.7772	0.0333	0.001107
11.1192	2.8156	0.0717	0.005138
11.0084	2.8439	0.1000	0.010000
10.9321	2.8638	0.1198	0.014363
12.2463	2.5565	-0.1875	0.035141
11.9147	2.6276	-0.1163	0.013532
11.6395	2.6897	-0.0542	0.002936
11.4174	2.7420	-0.0019	0.000003
11.2397	2.7854	0.0415	0.001720
11.0972	2.8212	0.0772	0.005965
10.9810	2.8510	0.1071	0.011472
12.3012	2.5450	-0.1989	0.039556

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

12.0049	2.6078	-0.1361	0.018515
11.7429	2.6660	-0.0779	0.006066
11.5174	2.7182	-0.0257	0.000660
11.3250	2.7644	0.0205	0.000420
11.1599	2.8053	0.0614	0.003770
11.0145	2.8423	0.0984	0.009686
12.3338	2.5383	-0.2056	0.042270
12.0608	2.5958	-0.1482	0.021950
11.8099	2.6509	-0.0930	0.008651
11.5843	2.7025	-0.0414	0.001713
11.3832	2.7503	0.0064	0.000041
11.2027	2.7946	0.0507	0.002569
11.0373	2.8365	0.0926	0.008566
12.3530	2.5344	-0.2095	0.043908
12.0947	2.5885	-0.1554	0.024156
11.8516	2.6416	-0.1023	0.010471
11.6269	2.6926	-0.0513	0.002629
11.4206	2.7413	-0.0026	0.000007
11.2304	2.7877	0.0438	0.001917
11.0521	2.8327	0.0888	0.007880
12.3634	2.5322	-0.2117	0.044810
12.1133	2.5845	-0.1594	0.025411
11.8749	2.6364	-0.1075	0.011559
11.6509	2.6871	-0.0568	0.003230
11.4420	2.7362	-0.0078	0.000060
11.2463	2.7838	0.0399	0.001588
11.0605	2.8305	0.0866	0.007501
12.3673	2.5314	-0.2125	0.045152
12.1204	2.5830	-0.1609	0.025892
11.8837	2.6345	-0.1095	0.011982
11.6600	2.6850	-0.0589	0.003473
11.4500	2.7342	-0.0097	0.000094
11.2522	2.7823	0.0384	0.001473
11.0637	2.8297	0.0858	0.007362
12.3656	2.5318	-0.2121	0.045000
12.1172	2.5837	-0.1602	0.025671
11.8795	2.6354	-0.1085	0.011779
11.6555	2.6860	-0.0579	0.003350

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

11.4458	2.7352	-0.0087	0.000075
11.2490	2.7831	0.0392	0.001535
11.0619	2.8302	0.0862	0.007439
12.3579	2.5334	-0.2106	0.044332
12.1032	2.5867	-0.1572	0.024722
11.8616	2.6394	-0.1046	0.010933
11.6366	2.6904	-0.0535	0.002864
11.4287	2.7393	-0.0046	0.000021
11.2361	2.7863	0.0424	0.001796
11.0550	2.8319	0.0880	0.007748
12.3428	2.5365	-0.2075	0.043037
12.0760	2.5925	-0.1514	0.022924
11.8272	2.6470	-0.0969	0.009387
11.6006	2.6988	-0.0452	0.002040
11.3962	2.7471	0.0032	0.000010
11.2117	2.7924	0.0484	0.002346
11.0419	2.8353	0.0914	0.008351
12.3173	2.5417	-0.2022	0.040886
12.0307	2.6023	-0.1416	0.020064
11.7708	2.6597	-0.0842	0.007090
11.5422	2.7124	-0.0315	0.000993
11.3441	2.7598	0.0159	0.000251
11.1725	2.8021	0.0582	0.003390
11.0209	2.8407	0.0968	0.009368
12.2757	2.5503	-0.1936	0.037480
11.9586	2.6180	-0.1260	0.015866
11.6832	2.6796	-0.0643	0.004130
11.4532	2.7335	-0.0104	0.000109
11.2654	2.7791	0.0351	0.001235
11.1135	2.8170	0.0731	0.005344
10.9890	2.8489	0.1050	0.011028
12.2071	2.5647	-0.1793	0.032131
11.8447	2.6431	-0.1008	0.010157
11.5504	2.7105	-0.0334	0.001119
11.3220	2.7652	0.0212	0.000451
11.1506	2.8076	0.0637	0.004061
11.0272	2.8391	0.0952	0.009056
10.9418	2.8612	0.1173	0.013764

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

12.0878	2.5900	-0.1540	0.023703
11.6626	2.6844	-0.0595	0.003542
11.3517	2.7579	0.0140	0.000196
11.1336	2.8119	0.0680	0.004626
10.9880	2.8492	0.1053	0.011082
10.9027	2.8715	0.1276	0.016273
10.8709	2.8799	0.1360	0.018490
11.8617	2.6393	-0.1046	0.010938
11.3661	2.7544	0.0105	0.000110
11.0603	2.8306	0.0867	0.007510
10.8728	2.8794	0.1355	0.018353
10.7652	2.9082	0.1643	0.026982
10.7249	2.9191	0.1752	0.030690
10.7590	2.9098	0.1659	0.027529
11.3729	2.7528	0.0089	0.000078
10.8799	2.8775	0.1336	0.017847
10.6506	2.9395	0.1956	0.038241
10.5321	2.9725	0.2286	0.052268
10.4750	2.9887	0.2448	0.059944
10.4726	2.9894	0.2455	0.060279
10.5604	2.9646	0.2207	0.048687
	2.7439	Incertidumbre	0.1224

Tabla 26. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones internas del bloque AGRENIC, medición 2.

	A	b	c	d	e	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25		
1	53.13	54.65	55.24	55.49	55.62	55.69	55.73	55.76	55.77	55.77	55.77	55.75	55.72	55.68	55.60	55.45	55.17	54.53	52.88	
2	53.13	54.00	54.55	54.87	55.06	55.17	55.23	55.27	55.30	55.31	55.30	55.29	55.26	55.21	55.14	55.01	54.80	54.44	53.84	52.88
3	53.13	53.67	54.09	54.37	54.56	54.68	54.76	54.81	54.84	54.85	54.85	54.83	54.79	54.74	54.64	54.50	54.29	53.96	53.49	52.88
4	53.13	53.47	53.76	53.98	54.14	54.25	54.32	54.37	54.39	54.41	54.40	54.38	54.35	54.29	54.20	54.07	53.88	53.62	53.28	52.88
5	53.13	53.32	53.49	53.64	53.76	53.84	53.90	53.94	53.97	53.98	53.97	53.96	53.93	53.88	53.80	53.70	53.55	53.37	53.14	52.88
6	53.13	53.18	53.26	53.34	53.41	53.47	53.51	53.54	53.55	53.56	53.56	53.55	53.52	53.49	53.44	53.36	53.27	53.15	53.02	52.88
7	53.13	53.02	53.02	53.05	53.08	53.11	53.13	53.14	53.15	53.15	53.15	53.15	53.13	53.11	53.09	53.05	53.01	52.95	52.90	52.88
	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	52.75	

Tabla 27. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 2 del bloque AGRENIC parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.188	M
Ancho	0.138	M
Base	0.387	M
Área	0.072756	m ²

V	80	V
I	0.4	A
Q	32	W

Datos poliestireno		
Alto	0.188	m
Ancho	0.362	m
Largo	0.387	m
Espesor	0.1	m
Apared	0.4891	m ²
Ti	55.88	C
Te	34.25	C
k	0.1861	

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones externas del bloque AGRENIC, medición 2.

	A	b	c	d	e	F	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q	
	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	36.88	
1	35.13	35.97	36.29	36.43	36.50	36.53	36.55	36.56	36.57	36.57	36.58	36.58	36.57	36.56	36.55	36.51	36.43	36.22	35.63
2	35.13	35.60	35.89	36.05	36.14	36.20	36.23	36.25	36.26	36.27	36.27	36.27	36.27	36.26	36.24	36.19	36.10	35.93	35.63
3	35.13	35.40	35.60	35.74	35.83	35.88	35.92	35.94	35.96	35.97	35.97	35.97	35.97	35.96	35.95	35.92	35.86	35.77	35.63
4	35.13	35.27	35.39	35.48	35.54	35.59	35.62	35.64	35.66	35.67	35.67	35.68	35.68	35.68	35.67	35.67	35.66	35.64	35.63
5	35.13	35.16	35.20	35.24	35.28	35.31	35.33	35.35	35.36	35.37	35.38	35.38	35.39	35.39	35.40	35.42	35.46	35.53	35.63
6	35.13	35.04	35.01	35.01	35.02	35.04	35.05	35.07	35.07	35.08	35.08	35.09	35.09	35.10	35.12	35.15	35.22	35.37	35.63
7	35.13	34.86	34.78	34.76	34.76	34.77	34.78	34.78	34.79	34.79	34.79	34.80	34.80	34.80	34.82	34.85	34.92	35.11	35.63
	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5

Tabla 28. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 2 del bloque AGRENIC parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 2 del bloque AGRENIC, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
19.3700	1.2059	-0.0540	0.002919
17.5000	1.3348	0.0748	0.005600
18.2500	1.2799	0.0200	0.000399
18.2500	1.2799	0.0200	0.000399
18.4380	1.2668	0.0069	0.000048
18.0728	1.2924	0.0325	0.001058
17.9064	1.3045	0.0445	0.001983
17.8251	1.3104	0.0505	0.002549
17.7934	1.3127	0.0528	0.002790
17.8106	1.3115	0.0516	0.002658
17.9150	1.3038	0.0439	0.001928
18.8094	1.2418	-0.0181	0.000327
18.4466	1.2663	0.0063	0.000040
18.2279	1.2815	0.0215	0.000464
18.1006	1.2905	0.0305	0.000933
18.0379	1.2949	0.0350	0.001227
18.0339	1.2952	0.0353	0.001247
18.0996	1.2905	0.0306	0.000937
18.9828	1.2305	-0.0294	0.000866
18.6766	1.2507	-0.0093	0.000086
18.4578	1.2655	0.0056	0.000031
18.3115	1.2756	0.0157	0.000246
18.2237	1.2817	0.0218	0.000476
18.1875	1.2843	0.0244	0.000594
18.1994	1.2835	0.0235	0.000554
19.0752	1.2245	-0.0354	0.001252
18.8190	1.2412	-0.0187	0.000350
18.6155	1.2548	-0.0051	0.000026
18.4637	1.2651	0.0052	0.000027
18.3581	1.2724	0.0124	0.000155
18.2928	1.2769	0.0170	0.000289
18.2607	1.2791	0.0192	0.000370
19.1289	1.2211	-0.0388	0.001507

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

18.9088	1.2353	-0.0246	0.000606
18.7213	1.2477	-0.0122	0.000150
18.5697	1.2579	-0.0021	0.000004
18.4523	1.2659	0.0059	0.000035
18.3648	1.2719	0.0120	0.000143
18.3007	1.2764	0.0164	0.000270
19.1617	1.2190	-0.0409	0.001674
18.9659	1.2316	-0.0283	0.000803
18.7913	1.2430	-0.0169	0.000285
18.6415	1.2530	-0.0069	0.000048
18.5166	1.2615	0.0016	0.000002
18.4135	1.2685	0.0086	0.000074
18.3272	1.2745	0.0146	0.000213
19.1818	1.2177	-0.0422	0.001780
19.0019	1.2293	-0.0307	0.000940
18.8364	1.2401	-0.0199	0.000395
18.6886	1.2499	-0.0101	0.000101
18.5589	1.2586	-0.0013	0.000002
18.4456	1.2663	0.0064	0.000041
18.3445	1.2733	0.0134	0.000179
19.1938	1.2170	-0.0430	0.001845
19.0234	1.2279	-0.0321	0.001028
18.8637	1.2383	-0.0217	0.000469
18.7174	1.2479	-0.0120	0.000144
18.5851	1.2568	-0.0031	0.000010
18.4653	1.2650	0.0051	0.000026
18.3551	1.2726	0.0127	0.000160
19.1998	1.2166	-0.0433	0.001878
19.0344	1.2272	-0.0328	0.001073
18.8778	1.2373	-0.0226	0.000510
18.7323	1.2469	-0.0130	0.000168
18.5986	1.2559	-0.0040	0.000016
18.4756	1.2643	0.0044	0.000019
18.3606	1.2722	0.0123	0.000151
19.2010	1.2165	-0.0434	0.001884
19.0366	1.2270	-0.0329	0.001083
18.8806	1.2371	-0.0228	0.000518
18.7354	1.2467	-0.0132	0.000174

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

18.6014	1.2557	-0.0042	0.000018
18.4778	1.2641	0.0042	0.000018
18.3618	1.2721	0.0122	0.000149
19.1975	1.2167	-0.0432	0.001865
19.0303	1.2274	-0.0325	0.001056
18.8727	1.2377	-0.0223	0.000495
18.7271	1.2473	-0.0126	0.000159
18.5940	1.2562	-0.0037	0.000014
18.4722	1.2645	0.0046	0.000021
18.3588	1.2723	0.0124	0.000154
19.1887	1.2173	-0.0426	0.001817
19.0145	1.2284	-0.0315	0.000991
18.8528	1.2390	-0.0209	0.000439
18.7063	1.2487	-0.0112	0.000126
18.5754	1.2575	-0.0024	0.000006
18.4582	1.2655	0.0055	0.000031
18.3513	1.2728	0.0129	0.000167
19.1728	1.2183	-0.0416	0.001732
18.9863	1.2303	-0.0297	0.000879
18.8177	1.2413	-0.0186	0.000347
18.6700	1.2511	-0.0088	0.000078
18.5430	1.2597	-0.0002	0.000000
18.4339	1.2671	0.0072	0.000052
18.3383	1.2737	0.0138	0.000191
19.1461	1.2200	-0.0399	0.001594
18.9401	1.2333	-0.0267	0.000710
18.7616	1.2450	-0.0149	0.000223
18.6131	1.2549	-0.0050	0.000025
18.4927	1.2631	0.0032	0.000010
18.3962	1.2697	0.0098	0.000096
18.3179	1.2752	0.0152	0.000232
19.1017	1.2228	-0.0371	0.001375
18.8663	1.2381	-0.0218	0.000477
18.6756	1.2507	-0.0092	0.000084
18.5282	1.2607	0.0008	0.000001
18.4183	1.2682	0.0083	0.000069
18.3401	1.2736	0.0137	0.000187
18.2872	1.2773	0.0174	0.000302

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

19.0241	1.2278	-0.0321	0.001031
18.7480	1.2459	-0.0140	0.000196
18.5464	1.2594	-0.0005	0.000000
18.4056	1.2691	0.0092	0.000084
18.3123	1.2755	0.0156	0.000244
18.2589	1.2793	0.0194	0.000375
18.2408	1.2805	0.0206	0.000425
18.8770	1.2374	-0.0225	0.000508
18.5549	1.2589	-0.0011	0.000001
18.3565	1.2725	0.0126	0.000158
18.2354	1.2809	0.0210	0.000441
18.1666	1.2858	0.0259	0.000669
18.1422	1.2875	0.0276	0.000761
18.1672	1.2857	0.0258	0.000666
18.5588	1.2586	-0.0013	0.000002
18.2383	1.2807	0.0208	0.000433
18.0894	1.2913	0.0313	0.000982
18.0128	1.2968	0.0368	0.001357
17.9764	1.2994	0.0395	0.001557
17.9761	1.2994	0.0395	0.001559
18.0358	1.2951	0.0352	0.001238
	1.2599	Incertidumbre	0.0252

Tabla 29. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Mediciones internas del bloque AGRENIC, medición 3.

	a	B	c	d	e	f	G	H	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38	62.38		
1	58.75	60.54	61.23	61.54	61.70	61.79	61.84	61.87	61.89	61.89	61.89	61.88	61.86	61.83	61.77	61.67	61.50	61.16	60.42	58.5
2	58.75	59.79	60.46	60.85	61.09	61.23	61.32	61.37	61.40	61.41	61.41	61.39	61.36	61.30	61.20	61.04	60.78	60.35	59.63	58.5
3	58.75	59.43	59.95	60.32	60.57	60.73	60.83	60.90	60.93	60.95	60.95	60.92	60.88	60.80	60.69	60.51	60.23	59.83	59.25	58.5
4	58.75	59.22	59.61	59.91	60.13	60.28	60.38	60.45	60.49	60.50	60.50	60.48	60.43	60.35	60.24	60.07	59.82	59.48	59.03	58.5
5	58.75	59.08	59.36	59.59	59.76	59.89	59.97	60.03	60.06	60.08	60.07	60.05	60.01	59.95	59.85	59.70	59.50	59.23	58.89	58.5
6	58.75	58.97	59.17	59.32	59.44	59.53	59.59	59.63	59.66	59.67	59.66	59.65	59.62	59.57	59.50	59.39	59.25	59.06	58.81	58.5
7	58.75	58.90	59.01	59.09	59.15	59.20	59.23	59.25	59.26	59.27	59.27	59.26	59.24	59.22	59.18	59.13	59.05	58.94	58.78	58.5
	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	58.88	

Tabla 30. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 3 del bloque AGRENIC parte interna y distribución de calor. (fuente propia)

Datos bloque		
Alto	0.188	m
Ancho	0.138	m
Base	0.387	m
Área	0.072756	m ²

V	90	V
I	0.4	A
Q	36	W

Datos poliestireno		
Alto	0.188	m
Ancho	0.362	m
Largo	0.387	m
Espesor	0.1	m
Apared	0.4891	m ²
Ti	61	C
Te	34.63	C
k	0.1861	

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Mediciones externas del bloque AGRENIC, medición 3.

	a	B	c	d	e	f	G	H	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p	q		
	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38		
1	33.13	34.72	35.33	35.60	35.73	35.80	35.85	35.87	35.89	35.90	35.90	35.90	35.90	35.89	35.87	35.84	35.76	35.60	35.20	34.13
2	33.13	34.04	34.61	34.94	35.14	35.26	35.33	35.38	35.41	35.42	35.43	35.43	35.43	35.41	35.38	35.33	35.23	35.04	34.70	34.13
3	33.13	33.70	34.13	34.43	34.63	34.76	34.84	34.90	34.93	34.96	34.97	34.97	34.97	34.95	34.92	34.87	34.79	34.65	34.43	34.13
4	33.13	33.49	33.79	34.02	34.19	34.31	34.39	34.44	34.48	34.50	34.51	34.52	34.51	34.50	34.48	34.45	34.40	34.33	34.24	34.13
5	33.13	33.33	33.52	33.67	33.80	33.89	33.95	34.00	34.03	34.05	34.06	34.07	34.07	34.06	34.05	34.04	34.03	34.03	34.06	34.13
6	33.13	33.19	33.27	33.36	33.44	33.50	33.54	33.58	33.60	33.61	33.62	33.63	33.63	33.62	33.62	33.63	33.65	33.71	33.85	34.13
7	33.13	33.02	33.03	33.06	33.09	33.12	33.14	33.16	33.17	33.18	33.18	33.19	33.19	33.19	33.19	33.20	33.22	33.30	33.51	34.13
	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75	

Tabla 31. Temperaturas obtenidas en (°C) de la medición 3 del bloque AGRENIC parte externa y distribución de calor. (fuente propia)

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

Valores obtenidos de la medición 3 del bloque AGRENIC, en donde se reportan los valores promedios de k ya las incertidumbres.

DT	k	Error absoluto	Desviación
26.0000	0.8755	-0.0059	0.000034
24.6200	0.9246	0.0432	0.001867
26.1300	0.8711	-0.0102	0.000105
26.1300	0.8711	-0.0102	0.000105
25.3360	0.8984	0.0171	0.000292
25.0922	0.9072	0.0258	0.000666
24.9997	0.9105	0.0292	0.000850
24.9789	0.9113	0.0299	0.000895
25.0128	0.9100	0.0287	0.000823
25.1226	0.9061	0.0247	0.000610
25.3967	0.8963	0.0149	0.000223
25.6319	0.8881	0.0067	0.000045
25.4131	0.8957	0.0144	0.000206
25.3077	0.8994	0.0181	0.000327
25.2831	0.9003	0.0190	0.000359
25.3297	0.8987	0.0173	0.000299
25.4610	0.8940	0.0127	0.000160
25.7143	0.8852	0.0039	0.000015
25.7785	0.8830	0.0017	0.000003
25.6204	0.8885	0.0071	0.000050
25.5349	0.8914	0.0101	0.000102
25.5162	0.8921	0.0107	0.000115
25.5620	0.8905	0.0091	0.000083
25.6772	0.8865	0.0051	0.000026
25.8694	0.8799	-0.0014	0.000002
25.8617	0.8802	-0.0012	0.000001
25.7554	0.8838	0.0024	0.000006
25.6951	0.8859	0.0045	0.000020
25.6847	0.8862	0.0049	0.000024
25.7250	0.8849	0.0035	0.000012
25.8164	0.8817	0.0004	0.000000
25.9562	0.8770	-0.0044	0.000019
25.9129	0.8784	-0.0029	0.000009
25.8442	0.8808	-0.0006	0.000000

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

25.8056	0.8821	0.0007	0.000001
25.8025	0.8822	0.0008	0.000001
25.8368	0.8810	-0.0003	0.000000
25.9073	0.8786	-0.0027	0.000007
26.0090	0.8752	-0.0062	0.000038
25.9457	0.8773	-0.0040	0.000016
25.9030	0.8788	-0.0026	0.000007
25.8804	0.8795	-0.0018	0.000003
25.8830	0.8795	-0.0019	0.000004
25.9123	0.8785	-0.0029	0.000008
25.9671	0.8766	-0.0048	0.000023
26.0425	0.8741	-0.0073	0.000053
25.9669	0.8766	-0.0048	0.000023
25.9415	0.8775	-0.0039	0.000015
25.9302	0.8779	-0.0035	0.000012
25.9367	0.8776	-0.0037	0.000014
25.9624	0.8768	-0.0046	0.000021
26.0061	0.8753	-0.0061	0.000037
26.0641	0.8733	-0.0080	0.000064
25.9803	0.8762	-0.0052	0.000027
25.9661	0.8766	-0.0047	0.000022
25.9621	0.8768	-0.0046	0.000021
25.9712	0.8765	-0.0049	0.000024
25.9945	0.8757	-0.0057	0.000032
26.0309	0.8745	-0.0069	0.000048
26.0776	0.8729	-0.0085	0.000072
25.9881	0.8759	-0.0055	0.000030
25.9806	0.8761	-0.0052	0.000027
25.9810	0.8761	-0.0052	0.000027
25.9916	0.8758	-0.0056	0.000031
26.0134	0.8750	-0.0063	0.000040
26.0455	0.8740	-0.0074	0.000055
26.0856	0.8726	-0.0087	0.000076
25.9917	0.8758	-0.0056	0.000031
25.9871	0.8759	-0.0054	0.000030
25.9895	0.8759	-0.0055	0.000030
26.0008	0.8755	-0.0059	0.000035
26.0219	0.8748	-0.0066	0.000044

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

26.0520	0.8737	-0.0076	0.000058
26.0891	0.8725	-0.0089	0.000078
25.9915	0.8758	-0.0056	0.000031
25.9868	0.8759	-0.0054	0.000029
25.9890	0.8759	-0.0055	0.000030
26.0003	0.8755	-0.0059	0.000035
26.0214	0.8748	-0.0066	0.000043
26.0516	0.8738	-0.0076	0.000058
26.0888	0.8725	-0.0088	0.000078
25.9875	0.8759	-0.0054	0.000030
25.9795	0.8762	-0.0052	0.000027
25.9796	0.8762	-0.0052	0.000027
25.9900	0.8758	-0.0055	0.000031
26.0118	0.8751	-0.0063	0.000039
26.0441	0.8740	-0.0073	0.000054
26.0847	0.8727	-0.0087	0.000076
25.9791	0.8762	-0.0052	0.000027
25.9641	0.8767	-0.0047	0.000022
25.9597	0.8769	-0.0045	0.000020
25.9685	0.8766	-0.0048	0.000023
25.9916	0.8758	-0.0056	0.000031
26.0282	0.8745	-0.0068	0.000046
26.0759	0.8729	-0.0084	0.000071
25.9646	0.8767	-0.0047	0.000022
25.9382	0.8776	-0.0038	0.000014
25.9266	0.8780	-0.0034	0.000011
25.9328	0.8778	-0.0036	0.000013
25.9578	0.8769	-0.0044	0.000020
26.0013	0.8755	-0.0059	0.000035
26.0607	0.8735	-0.0079	0.000063
25.9412	0.8775	-0.0039	0.000015
25.8974	0.8790	-0.0024	0.000006
25.8757	0.8797	-0.0017	0.000003
25.8781	0.8796	-0.0017	0.000003
25.9055	0.8787	-0.0027	0.000007
25.9585	0.8769	-0.0045	0.000020
26.0357	0.8743	-0.0071	0.000050
25.9026	0.8788	-0.0026	0.000007

**“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad
térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16”
utilizados en la construcción civil.”**

25.8347	0.8811	-0.0003	0.000000
25.8006	0.8823	0.0009	0.000001
25.7985	0.8823	0.0010	0.000001
25.8278	0.8813	0.0000	0.000000
25.8914	0.8792	-0.0022	0.000005
25.9936	0.8757	-0.0057	0.000032
25.8347	0.8811	-0.0003	0.000000
25.7379	0.8844	0.0030	0.000009
25.6936	0.8859	0.0046	0.000021
25.6874	0.8861	0.0048	0.000023
25.7157	0.8852	0.0038	0.000015
25.7858	0.8828	0.0014	0.000002
25.9171	0.8783	-0.0031	0.000009
25.6984	0.8858	0.0044	0.000019
25.5887	0.8896	0.0082	0.000067
25.5486	0.8910	0.0096	0.000092
25.5419	0.8912	0.0098	0.000097
25.5617	0.8905	0.0091	0.000084
25.6192	0.8885	0.0071	0.000051
25.7591	0.8837	0.0023	0.000005
	0.8814	Incertidumbre	0.0093

Tabla 32. Valores obtenidos por iteración de distribución de calor. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

XIV. ANEXOS.

Dimensiones de la cámara de medición.

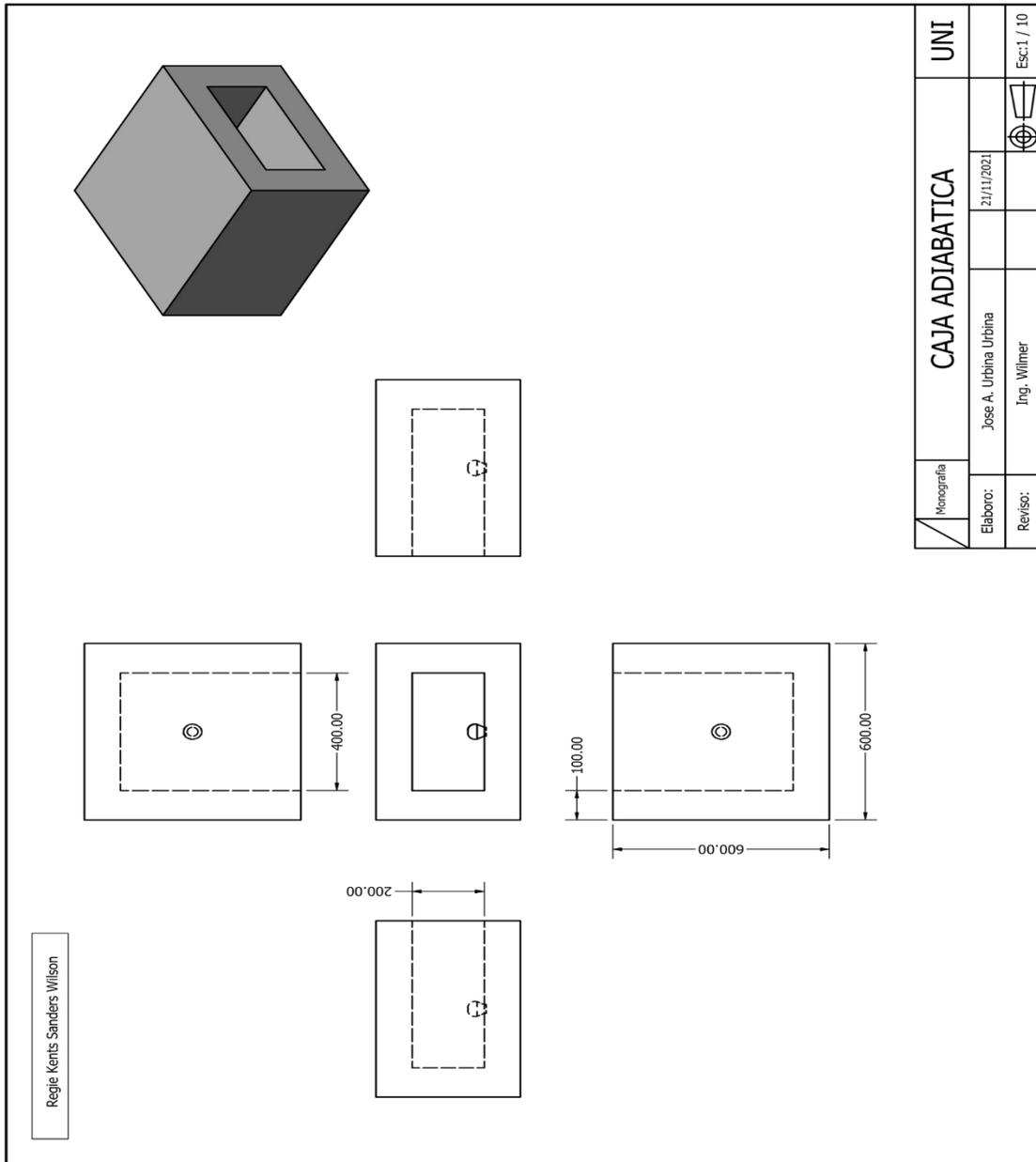


Figura 10. Medidas correspondientes a la cámara de medición de temperaturas en los bloques. (fuente propia).

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Mediciones de voltaje y corriente realizadas antes de cada medición de temperatura.



Figura 11. Medición de voltaje y corriente para las mediciones 1 de cada bloque.
(fuente propia)

Mediciones de voltaje y corriente realizadas antes de cada medición de temperatura.



Figura 12. Medición de voltaje y corriente para las mediciones 2 de cada bloque.
(fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Mediciones de voltaje y corriente realizadas antes de cada medición de temperatura.



Figura 13. Medición de voltaje y corriente para las mediciones 3 de cada bloque. (fuente propia)

Elaboración de la cámara de medición.



Figura 14. Elaboración de la cámara de medición en poliestireno expandido. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

Forraje en aluminio de cámara de medición.



Figura 15. Proceso de forraje en aluminio por dentro y fuera de la cámara de medición para evitar proceso de transferencia por radiación. (fuente propia)

Proceso de prueba de medición.



Figura 16. Prueba de medición de temperaturas interna y externas. (fuente propia)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

INVERSIONES Y NEGOCIOS DE NICARAGUA, S. A.

Oficinas y Planta: Km. 22 1/2 Carretera Norte,
Tipitapa, Managua PBX.: 22953211 - Telefax: 2295-3295 / 2295-3172
RUC: J0310000005397
www.indenicsa.com

FACTURA No. 0055454
Serie "A"

CONTADO CREDITO

DIA	MES	AÑO
10	02	2021

CLIENTE: JOSE ALFREDO URBINA URBINA - NULL CODIGO NI-VARIOS TEL.: 2494224

DIRECCION: NICARAGUA FECHA VENC.: 10/02/2021

Vendedor: Darling Estrada

CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	P. UNIT.	TOTAL
2.00	034010005	Bloque 6 x 8 x 16	34.69 Kg	1.32

INDENICSA
IN PERSA

INDENICSA
BASCULA

10/02/21

Jahan

INDENICSA
TIPITAPA

09 FEB 2021

PAGADO
CAJA

INDENICSA

PLANTA TIPITAPA - TIPITAPA

Lic. 02/02/2021

<p>ESTAMOS EXENTOS DEL 2% I.R. ARTO. 81 DECRETO No. 46-2003 ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE INDENICSA SE APLICARA RECARGO DEL 2% MENSUAL, SI CANCELA DESPUES DE SU FECHA DE VENCIMIENTO.</p>	SUB-TOTAL	\$ 1.32
<p style="text-align: center;">PAGARE</p> <p>YO, JOSE ALFREDO URBINA URBINA POR ESTE PAGARE, PAGARE A LA ORDEN, A INDENICSA LA SUMA DE (US 1.52)</p> <p>INCURRIR EN MORA POR INCUMPLIMIENTO DE PAGO EN SU FECHA DE VENCIMIENTO Y RECONOZCO LOS INTERESES PERMITIDOS POR LA LEY, RENUNCIO A MI DOMICILIO SUJETANDOME AL QUE ELIJA EL ACREEDOR, RECONOZCO Y PAGARE LOS GASTOS Y HONORARIOS DE COBRANZA, RECONOZCO LAS DIFERENCIAS CAMBIARIAS AL MOMENTO DE SU CANCELACION CON RESPECTO AL DOLAR USA DE ACUERDO A LA LEY MONETARIA VIGENTE.</p>		
ELABORADO POR <i>[Signature]</i>	AUTORIZADO POR <i>[Signature]</i>	RECIBI CONF-ORME
		TOTAL
		\$ 1.52

BLANCO: CLIENTE - AMARILLO: CONTABILIDAD - ROSADO: FINANZAS - VERDE: CRONOLOGICO - AZUL: CLIENTE

Figura 17. Facturación de bloque INDENICSA. (INVERSIONES Y NEGOCIOS DE NICARAGUA S.A.)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

CEDESA
 KM 14 CARRETERA MASAYA. 8 KM AL ESTE, HACIA VERACRUZ
 VERACRUZ, NINDIRI, MASAYA.
 TEL.: 2279-2055 / 2279-2066 / 2279-2077
 correo: info.cedesa@yahoo.com
 RUC No. J0310000086001

47042

FACTURA CONTADO
 CREDITO

FECHA: 10/02/2021

CLIENTE: JOSE ALFREDO URBINA

DIRECCION:

CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	SUB-TOTAL
2.00	BLOQUE CONVENCIONAL 14X19X39CM BE-1 N	16.071	32.14
<p align="center">Las Medidas de los Bloques son Nominales (4.00) Difieren 10mm de las Medidas de las Normas</p>			
<p align="center">FACTURADO POR</p>			
<p align="center">RECIDIDO POR</p>			
Monto U\$		1.06	
RETENCION 1%			
SUB-TOTAL			32.14
DESCUENTO			
I.V.A. 15%			4.82
TOTAL			36.96

IMPRESO EN NICARAGUA

Figura 18. Facturación de bloque CEDESA. (CEMENTOS Y DERIVADOS S.A.)

AGRENIC COMPLEJO INDUSTRIAL NINDIRI, S.A.
 KM. 14 CARRETERA MASAYA, ENTRADA A VERACRUZ 8.5 Kms. AL ESTE
 TELS.: (505) 2279-2050 Ventas: (505) 2279-2062 Fax: (505) 2279-2054
 MASAYA, NICARAGUA. • E-MAIL: ventas@agrenic.com • www.agrenic.com
 RUC: J031000004889

FACTURA Serie "C"
 No. 239597 0239597

20648 No. Orden: 0

CREDITO CONTADO

CLIENTE: JOSE ALFREDO URBINA URBINA

FECHA: 10/02/2021

DIRECCION:

VENDEDOR: Comercializacio

CANTIDAD	DESCRIPCION	U/M	PRECIO UNIT.	TOTAL
2.00	110 (02) Bloque NTON de 14 x 19 x 39 cm		.46	0.92
<p align="center">NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES</p> <p>Por el presente PAGARE A LA ORDEN cancelaremos por nuestra cuenta y riesgo y por igual valor recibido en materiales a nuestra entera satisfacción, la cantidad facturada por el monto de esta CREDITO a la tasa de cambio oficial de esta fecha correspondiente a la cantidad del total de esta factura en los términos de pago establecido. Todo Crédito vencido pagará intereses moratorios del 3% mensual.</p> <p>Forma de Pago: Efectivo, Cheque Certificado ó Tarjeta de Crédito (VISA O MASTERCARD).</p> <p>Plazo de Entrega: - Agregados y prefabricados de acuerdo a existencia en inventarios o conforme a programación de entrega acordada con AGRENIC. - La mezcla asfáltica se despacha 4 días hábiles después de realizada la cancelación del pago.</p> <p>NOTAS: - Después de facturar un producto no aceptamos anulación de factura o devolución del dinero. Una vez realizada la entrega AGRENIC no se hace responsable por daños que deriven de resultados de laboratorio externos diferentes a los nuestros, por lo que solicitamos que los ensayos se hagan antes de retirar el producto en presencia de nuestro personal. - El tiempo máximo de retiro es de 30 días, posterior a este tiempo nos reservamos el derecho de cobrar el retiro. - Exija a su transportista la boleta de remisión de materiales para el control de salidas pendientes de entrega. - Esta factura será cancelada al tipo de cambio oficial vigente según el Art. 6 de la Ley Monetaria.</p> <p>Estamos exentos de retención del I.R. Aceptamos Tarjetas de Crédito</p>				
SUB-TOTAL				0.92
DESCUENTO				0.00
SUB-TOTAL				0.92
TRANSPORTE				
I.V.A.				0.14
TOTAL U\$				1.06

C\$ 36.9300 T/C 34.9020

IMPRESO EN NICARAGUA

Figura 19. Facturación de bloque AGRENIC. (AGRENIC)

“Cálculo y determinación experimental del coeficiente de conductividad térmica en bloques de concreto nacionales de dimensiones 6”x8”x16” utilizados en la construcción civil.”

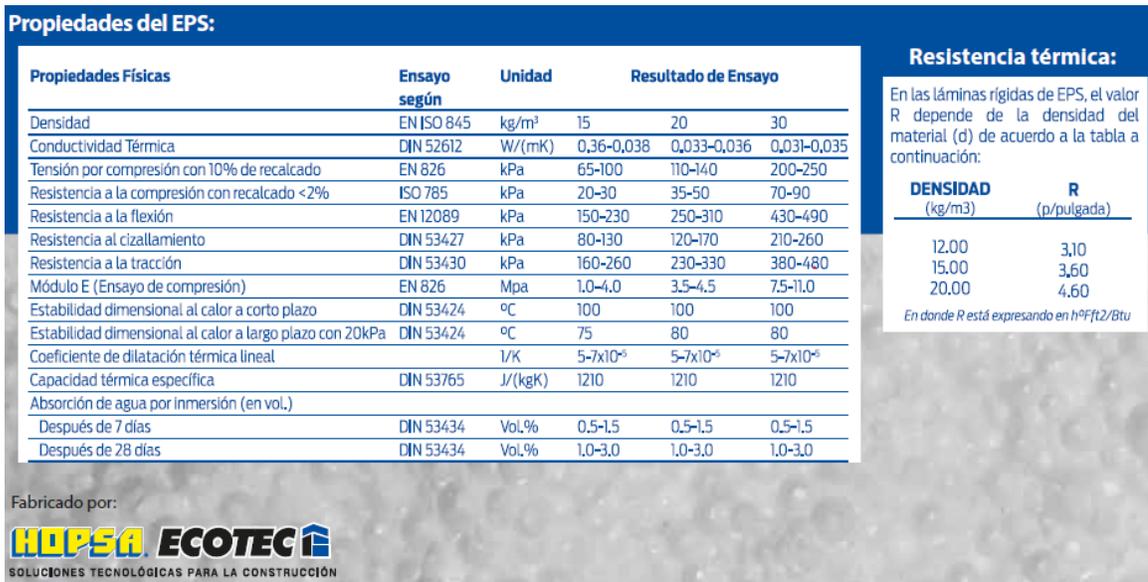


Figura 20. Propiedades físicas del poliestireno expandido. (ECOTEC)