

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA PARAGUAYO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**PROYECTO CONACYT – FIUNA**

**PINV15-1000**



**“DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA  
DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN  
EN PARAGUAY”**

**PARAGUAY**

**2020**

## EQUIPO INVESTIGADOR

- **Prof. Msc. Ing. Diógenes Sartorio**  
Director del proyecto  
[dsartorio@ing.una.py](mailto:dsartorio@ing.una.py)
- **Prof. Dr. Jorge Molina**  
Investigador Asociado  
[jmolina@ing.una.py](mailto:jmolina@ing.una.py)
- **Prof. Ing. Justo Javier Fernández Arguello**  
Investigador en formación  
[just\\_nandez@hotmail.com](mailto:just_nandez@hotmail.com)
- **Est. Gricelda Catalina Brítez Gaona**  
Estudiante  
[griceldabritez25@hotmail.com](mailto:griceldabritez25@hotmail.com)

## CONTENIDO

INTRODUCCION

---

CONCEPTOS

---

METODO DE MEDICION

---

CALORIMETRO y ADECUACION DEL LABORATORIO

---

MEDICIONES

---

APLICACIÓN DE RESULTADOS

---

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

## INTRODUCCION

- La realización de este trabajo surge como necesidad de obtener el valor de la transmitancia de los materiales utilizados en la construcción en Paraguay, el cual es imprescindible para la determinación de la carga térmica de un establecimiento y por ende en la selección de la unidad Acondicionador de Aire, el cual influye de forma directa en el consumo de energía eléctrica.
- Así como el calorímetro, el espacio físico dentro del laboratorio fue remodelado y adecuado para la practica segura y cómoda de las mediciones.
- Se utiliza un aparato, calorímetro, del laboratorio de mecánica y energía perteneciente a la institución, utilizado anteriormente en varios trabajos finales de grado, el cual fue remodelado, mejorado y puesto nuevamente en funcionamiento en el marco del proyecto de referencia.
- Este trabajo establece los criterios y métodos de medición sobre la base de la normativa norma ASTM C177 – 13

# INTRODUCCION

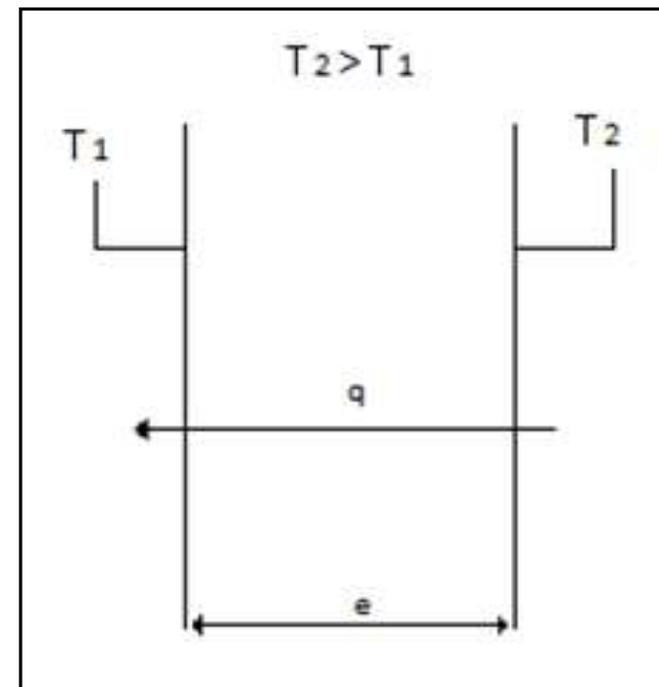
## ANTECEDENTE

El Prototipo de calorímetro fue desarrollado en el Laboratorio de Mecánica y Energía de la Facultad de Ingeniería en los siguientes trabajos:

- Suárez, R. (2012). *Diseño, Elaboración y Calibración de un Prototipo de Equipo de Placa Caliente Guardada* (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería UNA, San Lorenzo, Paraguay.
- Agüero, J., Delgado, A. (2014). *Determinación de la Transmitancia Térmica en Diversos Materiales de Construcción* (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería UNA, San Lorenzo, Paraguay.
- Vázquez, I., Bóveda, G. (2015). *Influencia de la Humedad en la Transmitancia Térmica en Diversos Materiales de Construcción* (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería UNA, San Lorenzo, Paraguay.

## CONCEPTOS

- **Transferencia de Calor:** Siempre que exista un gradiente de temperatura en el interior de un sistema, habrá una transferencia de energía. [01]
- **Conducción:** un proceso por el cual el calor fluye de una región de temperatura más alta para otra de temperatura más baja.



## CONCEPTOS

- **Conductividad Térmica ( $\lambda$ ):**

$$\lambda = \frac{q \cdot e}{\Delta T}$$

- **Transmitancia Térmica ( $U$ ):**

$$U = \frac{\lambda}{e}$$

- **Resistencia Térmica ( $R$ ):**

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$\lambda$ : conductividad térmica del material  
[W/(m · K)]

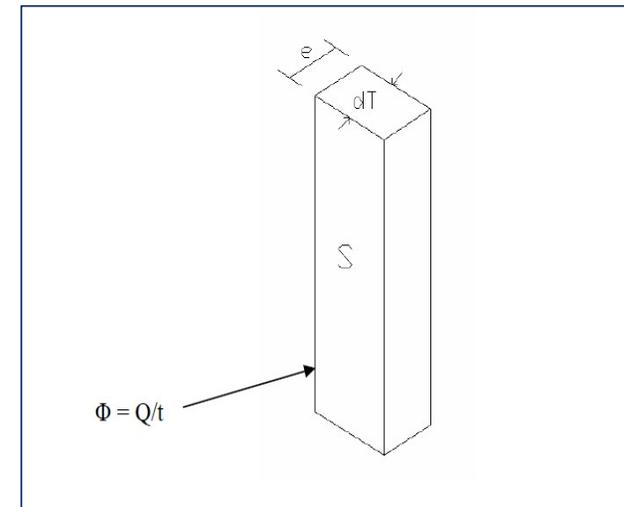
$q$ : flujo de calor. [w/m<sup>2</sup>].

$e$ : espesor de la muestra . [m].

$\Delta T$ : diferencia de temp. [K]

$U$ : transmitancia térmica[W/m<sup>2</sup>.K]

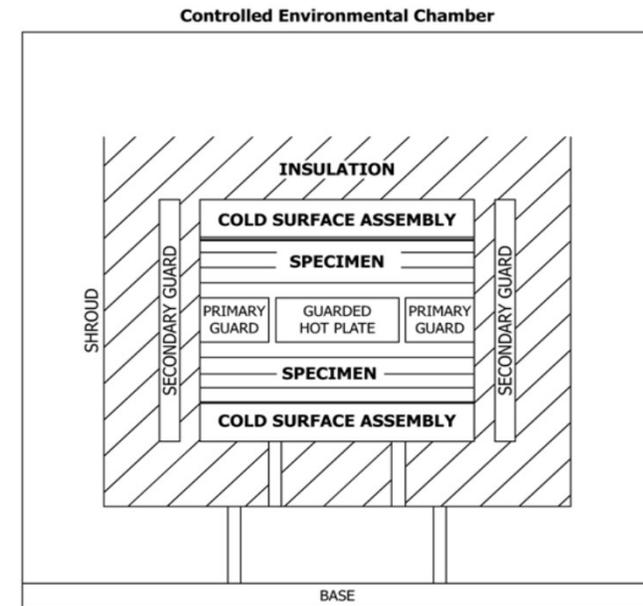
$R$ : resistencia térmica de la muestra  
[m<sup>2</sup>.K/W].



## METODO DE MEDICIÓN

### Método de la Placa caliente protegida

El método de la placa caliente protegida es utilizado para determinar la conductividad térmica de muestras planas de materiales homogéneos. De modo general, este método es usado para ensayar muestras de materiales aislantes o con conductividad térmica baja.



- Disposición general de los componentes mecánicos del aparato de placa caliente protegida .

## CALORIMETRO Y ESPACIO FISICO PARA LA MEDICIÓN

ESTADO DEL CALORIMETRO Y LUGAR DE MEDICION,  
PREVIO AL DESARROLLO DE ESTE PROYECTO. [04]



[04] Fotografias in-situ

# CALORIMETRO Y ESPACIO FISICO PARA LA MEDICIÓN

- LICITACION PUBLICA NACIONAL: ADQUISICION DE EQUIPAMIENTOS PARA LABORATORIOS INFORMATICOS, SOFTWARE, MOBILIARIOS Y HERRAMIENTAS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA FIUNA - CONACYT. ID: 346881 [05] – ADJUDICACION POR ITEM

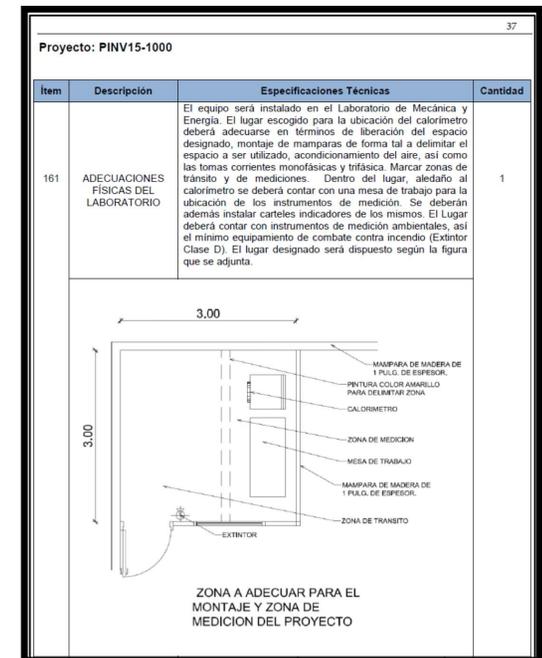
Datos de la Convocatoria			
ID de Licitación:	346881	Nombre de la Licitación:	ADQUISICION DE EQUIPAMIENTOS PARA LABORATORIOS INFORMATICOS, SOFTWARE, MOBILIARIOS Y HERRAMIENTAS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA FIUNA - CONACYT
Convocante:	Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional de Asunción	Categoría:	22 - Maquinarias, Equipos y herramientas mayores - Equipos de transporte
Unidad de Contratación:	Facultad de Ingeniería	Tipo de Procedimiento:	LPN - Licitación Pública Nacional
Monto Estimado:	Q 1.409.874.788	Fecha de Publicación:	02-08-2018 - 16:56
Estado:	En Evaluación (Cerrada)		

Etapas y Plazos			
Lugar para Realizar Consultas:	CAMPUS DE LA UNA, SAN LORENZO, FACULTAD DE INGENIERIA, UOC, BLOQUE K	Fecha Limite de Consultas:	lunes, 20 de agosto de 2018 - 10:00
Lugar de Entrega de Ofertas:	CAMPUS DE LA UNA, SAN LORENZO, FACULTAD DE INGENIERIA, UOC, BLOQUE K	Fecha de Entrega de Ofertas:	viernes, 31 de agosto de 2018 - 10:00
Lugar de Apertura de Ofertas:	CAMPUS DE LA UNA, SAN LORENZO, FACULTAD DE INGENIERIA, UOC, BLOQUE K	Fecha de Apertura de Ofertas:	viernes, 31 de agosto de 2018 - 10:15

Adjudicación y Contrato		Datos del Contacto	
Sistema de Adjudicación:	Por Item	Nombre:	Victor Leiva Gómez
Fuente de Financiamiento:	Recursos Institucionales (Fuente 30)	Cargo:	Jefe Interino
Anticipo:	No se otorgará Anticipo	Teléfono:	577016
Vigencia del Contrato:	Hasta Cumplimiento Total de Obligaciones	Correo Electrónico:	llamadosuoc@ing.una.py

162	REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS QUE EXISTEN EN LABORATORIO	<p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN CALORIMETRO, PARA LA MEDICIÓN DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>Método de la Placa caliente protegida.</b> La reparación, mantenimiento y adecuación del calorímetro debe ser realizado según el método de la placa caliente protegida. Este método es utilizado para determinar la conductividad térmica de muestras planas de materiales homogéneos. De modo general, es usado para ensayar muestras de materiales aislantes o con conductividad térmica baja.</p> <p>El principio del método, es el sometimiento de las muestras a un flujo de calor conocido. Midiéndose las temperaturas en las caras de las muestras. Una placa central (placa caliente o núcleo) es calentada, disipando calor por intermedio de una resistencia caliente, alimentada por una fuente de "tensión-corriente". La potencia disipada en la resistencia calentadora debe ser conocida. La placa tiene la función de distribuir uniformemente el calor en toda el área, formando una superficie isotérmica.</p> <p>El equipamiento posee un anillo de protección lateral con el objetivo de minimizar las pérdidas de calor lateral. La</p>	1
-----	--	--	---



## CALORIMETRO Y ESPACIO FISICO PARA LA MEDICIÓN

ESTADO DEL CALORIMETRO Y LUGAR DE MEDICION,  
POSTERIOR AL DESARROLLO DE ESTE PROYECTO. [06]



[06] Fotografías in-situ

## MEDICIONES

### Probeta Padrón

Para la calibración y puesta en funcionamiento del Calorímetro se utilizó una probeta padrão poliestireno expandido, del cual es determinada su conductividad térmica.

$$\lambda_1 = 0,0417 \left( \frac{W}{mK} \right)$$

$$\lambda_2 = 0,0418 \left( \frac{W}{mK} \right)$$

- Valores de la Conductividad térmica de las probetas padrão.



Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas  
Depo de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina  
88040-900 Florianópolis / SC, Brasil  
Fone: (48) 3721-7709 Fax: (48) 3721-7615 www.lmpt.ufsc.br

#### Valores Ensaio Condutividade

Data: 10/09/2012

Cliente: Rocio Carolina Suarez Rolon

Amostra	Espessura (mm)	Condutividade Térmica (W/mK)
EPS - 1	30.2	0.0417
EPS - 2	30.1	0.0418
Madeira	34.7	0.194

Temperatura média do ensaio = 25°C

Diferença de temperatura entre as faces = 10°C

Dimensão amostra = 300 x 300 mm

Saulo Güths

Saulo Güths (email: saulo@Lmpt.ufsc.br)  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Universidade Federal de Santa Catarina  
88040-900 Florianópolis / SC  
Fone: (48) 3721 7709 R17 cel: (48) 9907 5575

## MEDICIONES

### CONFORMACION INTERNA INICIAL DEL CALORIMETRO PARA MEDICION

**Placa fria inferior y probeta padron1**  
**(4 puntos de medición)**



**Placa caliente**  
**(1 punto de medición)**



**Placa fria superior y probeta padron2**  
**(4 puntos de medición)**



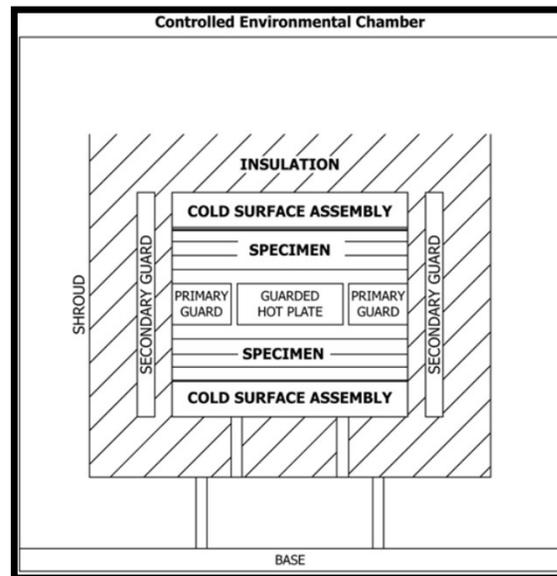
# MEDICIONES

## CONFORMACION DEL CALORIMETRO Y CALIBRACION

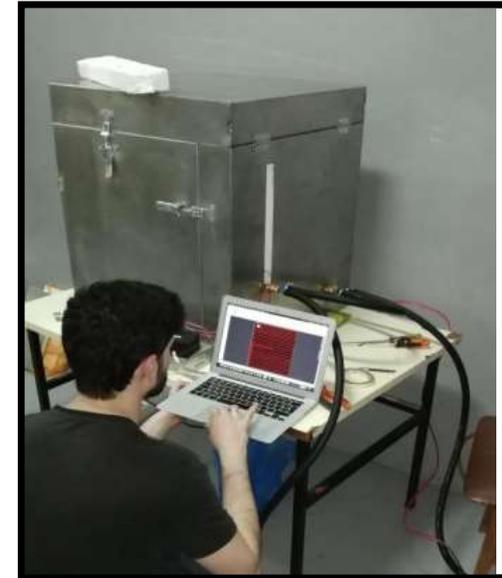
Conformación final del calorímetro



Conformación final del calorímetro



Calibración del calorímetro



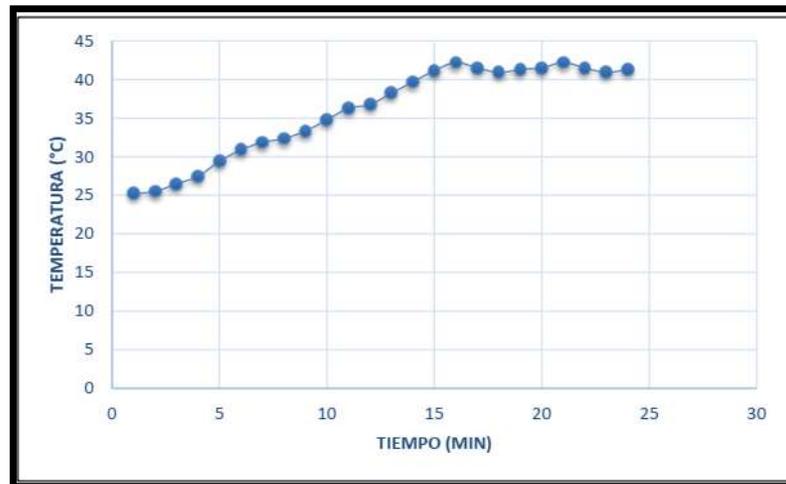
[08] Laboratorio de mecánica y energía, medición de temperaturas con el calorímetro. FIUNA

## MEDICIONES

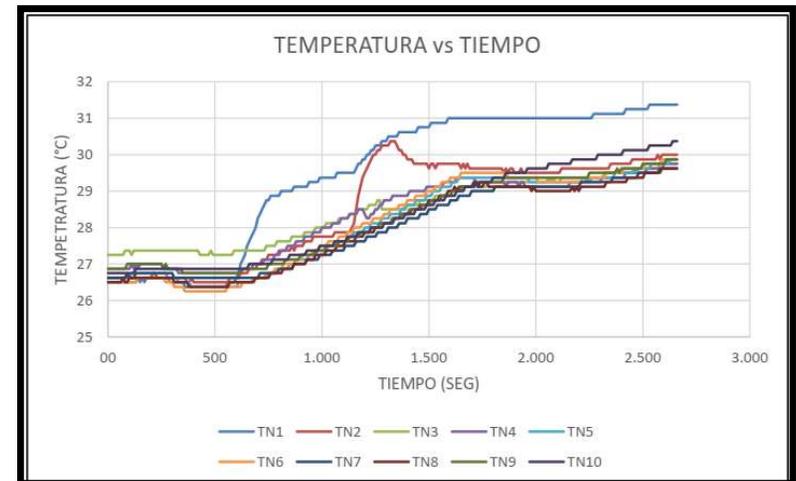
### Probeta Padrón

Con las probetas padrón como espécimen son obtenidos valores de Temperatura vs Tiempo para determinar valores de temperatura primarias así el régimen permanente de los mismo, siguiendo con el proceso de calibración del equipo.

#### Valores de temp. vs tiempo de la placa caliente



#### Valores de temp. vs tiempo de las probetas, en distintos puntos del mismo

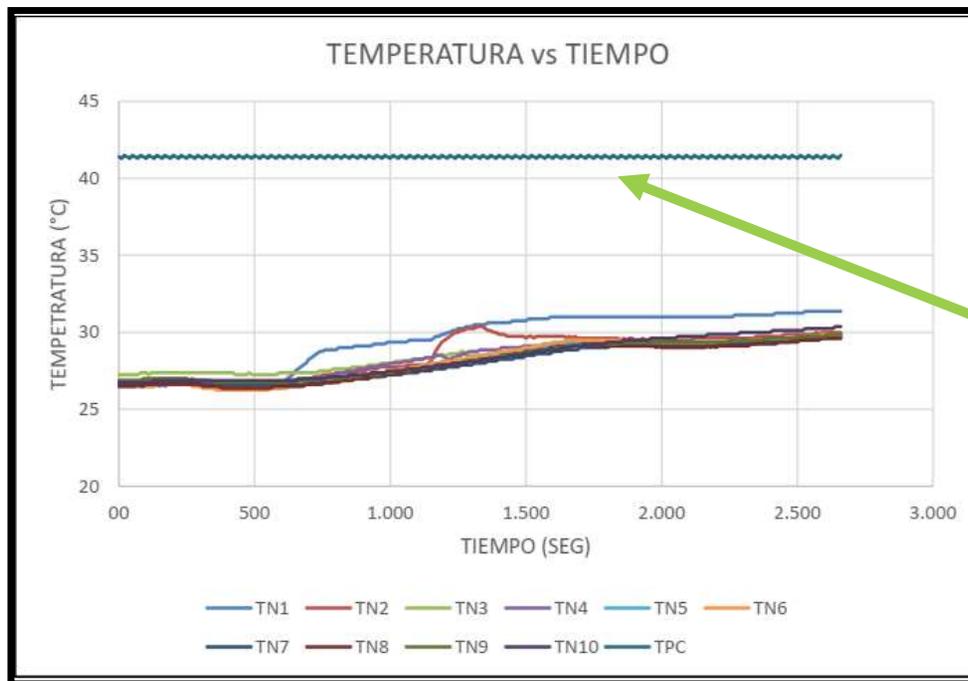


[08] Laboratório de mecânica y energía, medición de temperaturas con el calorímetro. FIUNA

## MEDICIONES

### Probeta Padrón

Grafico obtenido luego de la calibración de la placa caliente



Temperatura de placa caliente estable, llegado a su temp. de medición casi inmediatamente

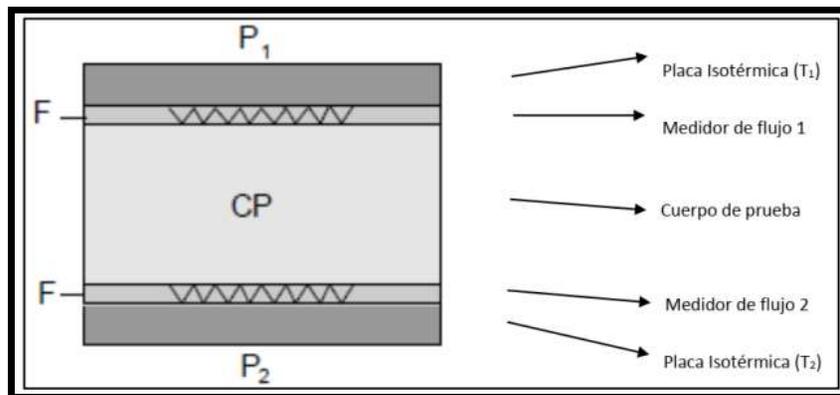
[08] Laboratório de mecánica y energía, medición de temperaturas con el calorímetro. FIUNA

## MEDICIONES

### Probeta Padrón

La probeta patrón utilizada para la comparación de las mediciones, también fueron realizadas de acuerdo a la norma ASTM C518-15.[09], para lo cual se incorpora al método de medición el artefacto “Medidor de resistencia térmica de alta precisión TRSYS01”

EL EQUIPO ES APORTE DE LA FIUNA Y EL LABORATORIO DE MECANICA Y ENERGIA



Equipo utilizado para la medición de flujo de calor y temperatura



[www.hukseflux.com/product/trsys01](http://www.hukseflux.com/product/trsys01).

[09] ASTM C518-15 Standard Test Method For Steady-State Thermal Transmission Properties By Means Of The Heat Flow Meter ApparatusPara la mejor obtención de los valores de Transmitancia térmica

## MEDICIONES

### Medidor de resistencia térmica de alta precisión TRSYS01



**Software LOGGERNET para almacenamiento de datos** El TRSYS 01 posee un software en donde es posible monitorear los datos en tiempo real, recopilar los datos y llevarlos a Excel.

Sensor de flujo de calor HFP1



Equipo utilizado para la medición de flujo de calor y temperatura



[www.hukseflux.com/product/trsys01](http://www.hukseflux.com/product/trsys01).

[09] Standard Test Method For Steady-State Thermal Transmission Properties By Means Of The Heat Flow Meter Apparatus Para la mejor obtención de los valores de Transmitancia térmica

# MEDICIONES RESULTADOS

## PLANILLA DE RESULTADOS

ITEM	MEDICION EN EL LAB. MATERIALES VARIOS				COMPARACION CON EL MISMO MATERIAL EN EL MERCADO			
	MATERIAL	ESPESOR (metros)	TRASMITANCIA TERMICA (W/m <sup>2</sup> *K)	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/m*K)	CONDUCTIVIDAD TERMICA (COMERCIAL) (W/m*K)	REFERENCIA COMERCIAL	COMPARACION %	
1	POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	0,0301	1,3316	0,0401	0,0417	[07] STA CAT 2012	96,1%	
2	POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	0,0520	0,7003	0,0364	0,0460	[10] CTE HE 2018	79,2%	
3	POLIISOCIANURATO (PIR)	0,0320	0,9328	0,0299	0,0220	[11] ISOESTE 2018	73,7%	
4	TEJUELA	0,0300	18,8679	0,5660	0,6978	[12] QUADRI 2012	81,1%	
5	TEJA ESPAÑOLA	0,0150	17,0068	0,2551	0,6978	[12] QUADRI 2012	36,6%	

TABLA INDICADOR DE VARIABLES DE MEDICION

FECHA	3/12/2019	NUMERO DE MEDICION	3 (TERCERO)
OPERADORES	GRISELDA BRITZ	DURACION DE LA MEDICION	8 HORAS
	LEONARDO RAMREZ		
IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	OBS: MISMO ESPECIMEN MEDIDO EN EL LABORATORIO DE SANTA CATALINA EL CUAL TENEMOS LOS VALORES DE TRASMITANCIA TERMICA, MEDICION DE CALIBRACION DEL EQUIPO	
CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN	300x300x30mm		
TEMPERATURA EN EL LAB	24 °C		
APARATO DE MEDICION	CALORIMETRO		

TABULACION DE MEDICIONES Y RESULTADOS

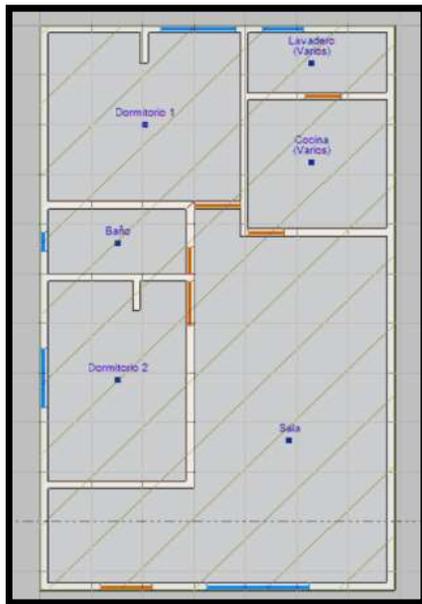
FORMULAS	
VARIABLES A INGRESAR EN CADA MEDICION	q (FLUJO DE CALOR) = 11,699 (W/m <sup>2</sup> ) delta T (DIF. DE TEMP.) = 8,781 (K)
FOMULACION DE RESULTADOS	e (ESPEJOR) = 0,0301 (m) R (RESIST. TERMICA) = delta T / q (m <sup>2</sup> xK/W) CONduc. T = e / R (W/mxK)
R =	delta T / q = $\frac{8,78}{11,70} = 0,751$ (m <sup>2</sup> xK/W)
R =	0,751 (m <sup>2</sup> xK/W)
CONduc. T =	e / R = $\frac{0,0301}{0,751} = 0,0401$ (W/mxK)
CONduc. T =	0,0401 (W/mxK)
CONduc. T =	0,0417 (W/mxK) MEDIDO EN LAB DE SANTA CATARINA

- [10] Biblioteca, Software de estimación de carga térmica CYPETHERM LOADS  
 [11] Catalogo comercial, Productores de Isópaneles marca comercial Kingspan ISOESTE, Sao Paulo, Brasil  
 [12] Quadri, N. (2012). *Manual de aire acondicionado y calefacción*. Alsina

## APLICACIÓN DE RESULTADOS

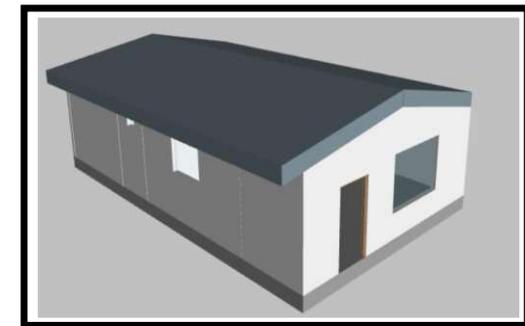
### MODELADO EN 3D – IFC DUILDER Y SIMULACION DE CARGA TERMICA EN CYPETHERM LOADS

Los resultados de Transmitancia térmica son utilizados para la determinación de la carga térmica, ingresado los valores al software CypeTherm Loads, previo modelado de una edificación en 3D a través del software IFC Builder.



Área total	73 m <sup>2</sup>
Orientación fachada	Oeste
Nº de personas	4
Techo	Materiales estudiados
Paredes externas	Ladrillos comunes de 15 cm, con revoque en sala y cocina
Paredes externas	Ladrillos comunes de 15 cm, con revoque interno en dormitorios
Tabiques	Ladrillos comunes de 15 cm, con revoque entre sala y cocina
Tabiques	Ladrillos comunes de 15 cm, con revoque entre dormitorios y sala/cocina
Medianera	Doble ladrillos comunes de 15 cm, con revoque.
Piso	Layotas de arcilla
Equipos	Cocina, lavarropa, heladera, ventiladores de techo, televisión, radio, computadoras.
Área de aberturas	6.71 m <sup>2</sup>

Modelado en 3D



[11] Ramirez, L., Torres, A. (2019) *Análisis de la carga térmica causada por la irradiación solar para distintos tipos de techos* (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería UNA, San Lorenzo, Paraguay.

## APLICACIÓN DE RESULTADOS

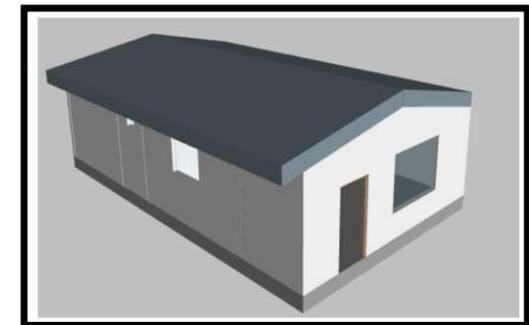
### MODELADO EN 3D – IFC BUILDER Y SIMULACION DE CARGA TERMICA EN CYPETHERM LOADS

A un mismo modelado en 3D fueron reemplazados 3 tipos de techos con los valores de transmitancia térmica obtenidos en las mediciones del laboratorio, determinándose de esta manera valores de Carga térmica según el tipo de techo:

- TECHO1: Teja y tejuela
- TECHO3: Panel tipo sándwich con aislación de Poliisocianurato (PIR)
- TECHO2: Panel tipo sándwich con aislación de Poliestireno Expandido (EPS)

CARGA TERMICA (W)		
TECHO1	TECHO2	TECHO3
14.243	10.512	10.867

Modelado en 3D



[11] Ramirez, L., Torres, A. (2019) *Análisis de la carga térmica causada por la irradiación solar para distintos tipos de techos* (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería UNA, San Lorenzo, Paraguay.

## CONCLUSIONES

- La primera medición en la cual se utilizó el mismo espécimen utilizado en el laboratorio de Santa Catarina del cual tenemos los valores de transmitancia térmica, comparando los valores mencionados, la coincidencia es del 96,16%.
- Se han determinados los Valores transmitancia térmica de 5 materiales, los cuales son utilizados normalmente en techos de las viviendas en el Paraguay
- El calorímetro y los elementos que componen el conjunto de medición pueden ser utilizado para las Normativas: ASTM C117 y ASTM C518.
- De acuerdo a las simulaciones realizadas con los valores de la transmitancia térmica medida en este trabajo se pudo observar que la composición del Panel tipo sándwich con aislación de Poliisocianurato (PIR) es la mas favorable para la utilización en los techos a que aporta menor carga térmica.

## RECOMENDACIONES

- Continuar con la línea de investigación de tal forma a obtener una biblioteca con todos los valores de transmitancia térmica de los materiales utilizados en la construcción en el Paraguay.
- Utilizar el laboratorio y los equipos de medición, los cuales se encuentran disponibles en el laboratorio de mecánica y energía en FIUNA, para los profesionales que requieran conocer el valor de transmitancia térmica de los materiales a utilizar en su construcción.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN