



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN – TESIS DE GRADO

**AUTORES:** MAYRA ALEJANDRA GÓMEZ TOVAR  
JEFFERSON YESID PEÑA QUINTERO

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DIRECTOR: GABRIEL PEÑA RODRIGUEZ**

**TITULO DE LA TESIS: DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EFECTIVA Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CONDUCCIÓN DE CALOR EN BLOQUES DE ARCILLA Nº 5 FABRICADOS EN CÚCUTA Y SU ÁREA METROPOLITANA**

### **RESUMEN**

Se reporta por primera vez el cálculo experimental de la conductividad térmica efectiva en los bloques, en función de la geometría de los huecos u orificios, la masa aparente, la densidad aparente, la porosidad y fracción de aire presente en los bloques. La técnica experimental usada fue la cámara de aislamiento térmico que funciona con el principio físico de la placa caliente. Se simuló a partir de un modelo unidimensional, usando software ANSYS V10. También se encontró mediante el ajuste a los datos experimentales usando software ORIGIN 6.1 que el comportamiento de la conductividad térmica efectiva en función de la fracción total de aire presente en los bloques, de la conductividad térmica de la arcilla sólida y de la conductividad térmica del aire

### **CARACTERISTICAS**

**PAGINAS** 151    **PLANOS**       **ILUSTRACIONES**       **CD-ROM**   1

**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA  
EFECTIVA Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CONDUCCIÓN DE CALOR EN  
BLOQUES DE ARCILLA Nº 5 FABRICADOS EN CÚCUTA Y SU ÁREA  
METROPOLITANA**

**MAYRA ALEJANDRA GÓMEZ TOVAR  
JEFFERSON YESID PEÑA QUINTERO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2009**

**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA  
EFECTIVA Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CONDUCCIÓN DE CALOR EN  
BLOQUES DE ARCILLA Nº 5 FABRICADOS EN CÚCUTA Y SU ÁREA  
METROPOLITANA**

**MAYRA ALEJANDRA GÓMEZ TOVAR  
JEFFERSON YESID PEÑA QUINTERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Mecánico**

**Director  
GABRIEL PEÑA RODRIGUEZ  
Doctor en Ingeniería de Materiales**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2009**



UNIVERSIDAD  
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO**

FECHA: Cúcuta, 4 de Junio de 2009  
HORA: 4:00 P.M.  
LUGAR: AULA DE CAPACITACION LABORATORIO CERAMICOS UFPS  
Plan de Estudios: INGENIERIA MECANICA

Título de la Tesis: "DETERMINACION EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA EFECTIVA Y SIMULACION NUMERICA DE LA CONDUCCION DE CALOR EN BLOQUES DE ARCILLA Nº 5 FABRICADOS EN CUCUTA Y SU AREA METROPOLITANA"

Jurados: Ing. ALBERTO FALLA ARIAS  
Ing. JESUS PEDROZA ROJAS  
Lic. ANA MILENA GOMEZ SOTO

Director: Ing. GABRIEL PEÑA RODRIGUEZ

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
MAYRA ALEJANDRA GOMEZ TOVAR	0122923	Cuatro, Seis	4,6
JEFFERSON YESID PEÑA QUINTERO	0122940	Cuatro, Seis	4,6

**MERITORIA**

  
ALBERTO FALLA ARIAS

  
JESUS PEDROZA ROJAS

  
ANA MILENA GOMEZ SOTO

  
Vo.Bo. GONZALO ROMERO GARCIA  
Coordinador Comité Curricular

Al alcanzar la meta que me propuse con la culminación de mi carrera, dedico con todo mi amor y cariño esta tesis a quienes con fe, esfuerzo y dedicación contribuyeron en su realización, en especial...

A mi madre, Maria del Transito Tovar, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido lograr mis metas, pero más que nada, por su amor.

A mi padre, Carlos Arturo Gómez, le agradezco la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional, por aconsejarme y preocuparse por darme educación.

A mis hermanos Claudia Liliana Gómez y Andres Alexander Tovar, por su confianza y apoyo incondicional, gracias por estar siempre conmigo.

A Jefferson Yesid Peña Quintero, que ha sido el soporte diario para llenar estas páginas que marcan el fin de una etapa y el comienzo de otra. Por su cariño, amor, comprensión, tolerancia, por su apoyo moral y emocional, por compartir conmigo los momentos agradables de mi existencia y por su invaluable compromiso con este trabajo de grado.

Mayra Alejandra Gómez Tovar.

Es muy satisfactorio la finalización de mi carrera, para lograrlo ha sido fundamental el apoyo recibido; razón por la cual dedico este documento a esos seres maravillosos que han contribuido esencialmente en su realización, especialmente...

A mis padres Maria Cristina Quintero y Alejandro Peña, por todo el apoyo brindado en el transcurso de la carrera, por el cariño, compañía, enseñanza y consejos, para así lograr las diferentes metas propuestas en el transcurrir de mi vida.

A mis hermanos Freddy Alejandro Peña Quintero y Edwin Vladimir Peña Quintero por los consejos y enseñanzas otorgadas para el desarrollo del proyecto.

A mi compañera Mayra Alejandra Gomez Tovar por su paciencia, alegría, amor y serenidad para dar solución a los inconvenientes presentados en el desarrollo del proyecto.

Jefferson Yesid Peña Quintero.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos,

A Gabriel Peña Rodríguez, Dr. en Ingeniería de Materiales, por su incondicional apoyo, dedicación e invaluable aporte como director del proyecto, por todas sus enseñanzas y consejos, especialmente por ser una excelente persona.

A Jesús Pedroza Rojas, Ingeniero Mecánico jurado evaluador, por ser un excelente profesor, ingeniero y persona, por su colaboración y guía durante el desarrollo del proyecto y en el transcurso de nuestra carrera.

A Alberto Falla Arias, Ingeniero jurado evaluador por su colaboración y valiosas asesorías durante la ejecución de este proyecto. A Ana Milena Gómez Soto, por su importantísima asesoría metodológica, por valorar nuestro trabajo de investigación y estimar el aporte que éste hace a la Universidad. A Dr. Jaime Dulcé Moreno, Luís Emilio Vera Duarte MsC. en Ingeniería Mecánica y Luz Marina Herrera por su invaluable colaboración y asesorías durante el desarrollo del proyecto.

A David Martínez Rodríguez, por sus valiosos aportes técnicos, su apoyo incondicional y por la colaboración brindada durante el desarrollo y ejecución de las mejoras efectuadas al equipo empleado en el proyecto.

A Mery y a los Ingenieros del Departamento de Diseño Mecánico, Materiales y Procesos, por la paciencia y por la compañía durante el desarrollo del proyecto.

A la Universidad Francisco de Paula Santander, por prestar sus instalaciones, en especial al Centro de Investigación de Materiales Cerámicos CIMAC y sus Laboratorios para la ejecución del proyecto. Además los agradecimientos al Fondo de Investigaciones Universitarias FINU, por financiar económicamente parte del proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. TRANSMISIÓN DEL CALOR	27
1.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN	28
1.1.1 Conductividad térmica (k )	29
2. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EFECTIVA DE LOS BLOQUES DE ARCILLA N°5 UTILIZANDO LA TÉCNICA EXPERIMENTAL DE LA PLACA CALIENTE	35
2.1 METODO DE LA PLACA CALIENTE	36
2.2 EQUIPO DE MEDIDA, CÁMARA DE AISLAMIENTO TÉRMICO	37
2.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZACION DE LA PRUEBA	41
2.3.1 Población	42
2.3.2 Selección de la muestra	43
2.3.3 Cálculo y medición de las variables que influyen en la conductividad térmica	46



2.4 CÁLCULO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EFECTIVA	53
3. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN NÚMÉRICA USANDO SOFTWARE ANSYS V10	56
3.1 MODELADO DEL DOMINIO	58
3.2 DISCRETIZACIÓN EN ELEMENTOS FINITOS	61
3.2.1 Selección del tipo de elemento	61
3.2.2 Características del elemento	61
3.2.3 Número de nodos y elementos	63
3.3 PROPIEDADES DEL MATERIAL	66
3.3.1 Arcilla	67
3.3.2 Aire	69
3.4 CONDICIONES DE FRONTERA	70
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	74
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	74

4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES PARA LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	83
4.3 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA Y FLUJO DE CALOR OBTENIDOS EN LA SIMULACION NUMERICA	86
4.3.1 Influencia de la geometría en el flujo de calor y en la temperatura a través de los orificios	89
4.3.2 Influencia de la geometría en el flujo de calor a través de la parte sólida (arcilla)	92
4.3.3 Análisis de la variable temperatura	94
5. CONCLUSIONES	98
6. RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFIA	102
ANEXOS	106