



### RESUMEN TESIS DE GRADO

**AUTOR (ES):**

**NOMBRE (S):** BREINER REYNALDO **APELLIDOS:** SIERRA SANTOS

**NOMBRE (S):** \_\_\_\_\_ **APELLIDOS:** \_\_\_\_\_

**FACULTAD:** \_\_\_\_\_ INGENIERÍA \_\_\_\_\_

**PLAN DE ESTUDIOS:** \_\_\_\_\_ INGENIERÍA CIVIL \_\_\_\_\_

**DIRECTOR:**

**NOMBRE (S):** ALVARO **APELLIDOS:** ORTEGA SIERRA

**TITULO DE LA TESIS:** EXPLORACIÓN Y APLICACIÓN DE MÉTODO DE HOMOTOPÍA  
O CONTINUACIÓN EN EL DISEÑO BIAXIAL DE COLUMNAS CORTAS DE CONCRETO  
REFORZADO DE SECCIÓN TRANSVERSAL CUADRADA

#### RESUMEN:

Se aplicó el Método de Continuación al problema de resolver el sistema de ecuaciones que rigen el diseño biaxial de columnas cortas de sección transversal cuadrada elaborando como instrumento de medición del error numérico una hoja de cálculo en Excel con Visual Basic en la que se automatizó la aplicación. Igualmente, se definió una población de 178 diseños correspondientes a columnas de sección cuadrada sujetas a diversas condiciones de carga a las que se les aplicó el instrumento de medición del error, con el cual se cuantificó en la población objeto de estudio el error numérico en función del tamaño de paso y del número de iteraciones. Se determinó la efectividad del método en función de la tolerancia preestablecida para el error numérico, contrastando los resultados de diseño obtenidos del programa con los que arrojan las gráficas de diseño de Row y Paulay.

Palabras clave: exploración, aplicación, método, homotopía, biaxial.

#### CARACTERÍSTICAS:

**PAGINAS:** 426

**PLANOS:**

**ILUSTRACIONES:**

**CD-ROM:** 1

EXPLORACIÓN Y APLICACIÓN DE MÉTODO DE HOMOTOPÍA O  
CONTINUACIÓN EN EL DISEÑO BIAXIAL DE COLUMNAS CORTAS DE  
CONCRETO REFORZADO DE SECCIÓN TRANSVERSAL CUADRADA

BREINER REYNALDO SIERRA SANTOS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2013

EXPLORACIÓN Y APLICACIÓN DE MÉTODO DE HOMOTOPÍA O  
CONTINUACIÓN EN EL DISEÑO BIAXIAL DE COLUMNAS CORTAS DE  
CONCRETO REFORZADO DE SECCIÓN TRANSVERSAL CUADRADA

BREINER REYNALDO SIERRA SANTOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Civil

Director  
ALVARO ORTEGA SIERRA  
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2013

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 31 DE ENERO DE 2013 **HORA:** 4:40 p. m.

**LUGAR:** DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES CIVILES, VIAS Y TRANSPORTES - UFPS

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA CIVIL

**TITULO DE LA TESIS:** "EXPLORACION Y APLICACIÓN DE METODO DE HOMOTOPIA O CONTINUACION EN EL DISEÑO BIAXIAL DE COLUMNAS CORTAS DE CONCRETO REFORZADO DE SECCION TRANSVERSAL CUADRADA".

**JURADOS:** ING. FIDEL ERNESTO CUBEROS CUBEROS  
ING. SAMUEL MEDINA JAIMES

**DIRECTOR:** INGENIERO ALVARO ORTEGA SIERRA.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	NUMERO	CALIFICACION
BREINER REYNALDO SIERRA SANTOS	0113808	5,0	LETRA CINCO, CERO

# LAUREADA

FIRMA DE LOS JURADOS

  
ING. FIDEL ERNESTO CUBEROS CUBEROS

  
ING. SAMUEL MEDINA JAIMES

Vo. Bo.   
JAVIER ANDRES ZAMBRANO GALVIS  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

A mi madre, Aida Stella Santos Suárez, especialmente por creer en mí, por brindarme su amor y apoyo incondicional, por la formación y exigencia brindada, por enseñarme a ver lejos, a trazarme y alcanzar metas, por tenerme paciencia y por su entrega. Gracias mamá por ayudarme a lograr esta meta.

A mi padre Reinaldo Omar Sierra Cáceres y a mi abuela Olga María Suárez, quienes creyeron en mí y que con su esfuerzo me ayudaron y acompañaron a hacer posible este sueño. Gracias por el apoyo, el cariño y el amor brindado, por sus consejos y entusiasmo.

A mis hermanos Renzon Fabriany Sierra Santos y Luis Eduardo Sierra Santos, ustedes son la razón que me motiva a seguir triunfando, los llevo en mi corazón.

A mi tío Luis Geovanny Santos Suárez, que a pesar de tu temprana partida de este mundo hacia Dios Padre creíste en mí y me viste llegar lejos un día. Agradezco en parte a mi abuela Olga María por haber ayudado a hacer tu sueño realidad. Gracias tío por las pocas, pero inolvidables alegrías que nos brindaste, quien con tu sencillez te ganaste el corazón de todos nosotros. Te llevaré por siempre en mi corazón tío.

**Breiner**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

A Álvaro Ortega Sierra, Ingeniero Civil por todo el apoyo demostrado durante la realización de mi proyecto de grado. Por ser un excelente profesor, ingeniero y persona, quien con su rigor y exigencia me enseñó a tener disciplina y alcanzar mis metas. Por todas sus enseñanzas y consejos. Realmente sin su ayuda y sus ideas no habría podido realizar este trabajo.

Deseo también agradecer al licenciado Raúl Prada Núñez y al ingeniero Carlos Humberto Flórez Góngora por la amistad brindada, por las ideas y sugerencias aportadas durante la realización del presente proyecto.

Al ingeniero Alonso Oliveros Borrero, por brindarme parte de su conocimiento, por apoyarme, aconsejarme y brindarme apoyo moral cuando más lo necesité en la carrera.

A la Universidad Francisco de Paula Santander por brindarme a través de su cuerpo docente la calidad académica y humana en mi formación como profesional.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	13
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	20
2. REFERENTES TEÓRICOS	21
2.1 ANTECEDENTES	21
2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Fundamentación teórica	23
2.3 MARCO LEGAL	47
3. METODOLOGÍA	49
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.2 POBLACIÓN	49
3.3 INSTRUMENTO DE MEDIDA	52
3.3.1 Descripción	52
3.3.2 Verificación del instrumento de medida	53
4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	57
4.1 OBTENCIÓN DE DATOS	57

4.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	57
4.2.1 Medias y varianzas poblacionales de los errores numéricos para diferentes tamaños de paso con una iteración	57
4.2.2 Tamaño de paso óptimo con una iteración	57
4.2.3 Efectividad del Método de Continuación en función de la tolerancia en el error y del número de iteraciones con un tamaño de paso óptimo $\Delta t = \Delta t_{op} = 1/7$	59
4.2.4 Distribución del error numérico $\varepsilon^{(i)}(\Delta t)$ en cada una de las cinco primeras iteraciones del Método de Continuación para un tamaño de paso $\Delta t = 1/7$	60
4.2.5 Media y varianza poblacional del error numérico al final de cada una de las cinco primeras iteraciones del Método de Continuación para un tamaño de paso $\Delta t = 1/7$	63
4.3 ANÁLISIS CUASIEXPERIMENTAL	64
4.3.1 Contraste de resultados de diseño obtenidos mediante el Método de Continuación y el de las gráficas de diseño de Row y Paulay	65
4.3.2 Comparación de medias del error en dos iteraciones consecutivas	71
5. CONCLUSIONES	73
6. RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	77