



RESUMEN – TESIS DE GRADO

**AUTORES:**

**NOMBRES** ÁNDERSON OSWALDO **APELLIDOS:** FLOREZ VARGAS  
**NOMBRES** GABRIEL EDUARDO **APELLIDOS:** MALDONADO MONTES

**FACULTAD:** INGENIERÍAS

---

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA DE MINAS

---

**DIRECTOR:**

**NOMBRES:** JOSE AGUSTIN **APELLIDOS** VARGAS ROSAS

---

**TITULO DE LAS TESIS** ANÁLISIS DE ESFUERZOS TENSIONALES IN - SITU EN UNA VÍA DE ACCESO A UNA MINA SUBTERRÁNEA DE CARBÓN (MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN)

RESUMEN

El presente estudio trató de aplicar conceptos sobre esfuerzos tensionales in situ ofrecidos en la literatura existente en la mecánica de rocas, lo cual fue verificado con datos obtenidos del sitio de estudio durante la investigación, fundamentando así el análisis de los esfuerzos actuantes. De esta manera se estableció un modelo geológico y geomecánico propio para el sector del inclinado de acceso, posteriormente se evaluó la estabilidad de la sección actual de la excavación a partir del software phase en función del diagrama de contornos del factor de seguridad, así mismo se propuso un prototipo de sección con herradura para subsanar la distribución de esfuerzos en la sección actual del inclinado de acceso a una mina subterránea de carbón, caso práctico: Inclinado 1 Mina La Fortaleza. Por otra parte el objetivo es proporcionar una propuesta metodológica de evaluación de esfuerzos in situ, que posibilite el desarrollo de futuros trabajos ingenieriles que se prospecten a desarrollar en el inclinado de la mina subterránea de carbón.

**Palabras claves:** Esfuerzos tensionales, rocas, geomecanico.

CARACTERÍSTICAS

PAGINAS: 311 PLANOS \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES \_\_\_\_\_ CD ROM 1

ANÁLISIS DE ESFUERZOS TENSIONALES IN - SITU EN UNA VÍA DE ACCESO A UNA  
MINA SUBTERRÁNEA DE CARBÓN (MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN)

ÁNDERSON OSWALDO FLOREZ VARGAS

GABRIEL EDUARDO MALDONADO MONTES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MINAS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015

ANÁLISIS DE ESFUERZOS TENSIONALES IN - SITU EN UNA VÍA DE ACCESO A UNA  
MINA SUBTERRÁNEA DE CARBÓN (MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN)

ÁNDERSON OSWALDO FLOREZ VARGAS

GABRIEL EDUARDO MALDONADO MONTES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al

Título de Ingeniero de Minas

Director:

JOSÉ AGUSTÍN VARGAS ROSAS

M.Sc. Ingeniero de Minas

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MINAS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 12 DE MARZO DE 2015 LUGAR: SLA DE AUDIENCIA FU107 HORA: 4:00 P.M.

JURADOS: JOSE RICARDO PINEDA RODRIGUEZ

JUAN FERNANDO ARIAS

LUIS EDUARDO TRUJILLO TOSCANO

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: ANALISIS DE ESFUERZOS TENSIONALES IN -  
SITU EN UNA VIA DE ACCESO A UNA MINA SUBTERRANEA DE CARBON

DIRECTOR: JOSE AGUSTIN VARGAS ROSAS

ESTUDIANTES: ANDERSON OSWALDO FLÓREZ VARGAS CODIGO: 1180279  
GABRIEL EDUARDO MALDONADO MONTES CODIGO: 1180185  
CODIGO: \_\_\_\_\_

NOTA: REPROBADO:  RECHAZADO:  APROBADO:

MERITORIO:  LAUREADO:

FIRMA DE LOS JURADOS: Jose Ricardo Pineda R NOTA: 4.2  
Juan Fernando Arias NOTA: 4.2  
Luis Eduardo Trujillo Toscano NOTA: 4.2

NOTA DEFINITIVA (PROMEDIO): \_\_\_\_\_

LETRAS CUATRO DOS NUMERO: CUATRO DOS

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Vo. Bo: \_\_\_\_\_

[Signature]  
Coordinador Comité Curricular

*A Dios por darme las condiciones físicas y emocionales de poder conducir mi vida y permitir alcanzar mis metas.*

*A mi madre Gloria Vargas Rodríguez por su amor, dedicación, sacrificio y apoyo incondicional, valores que dieron constancia a mis objetivos. Mis infinitas gracias mamá por toda la entrega que tuvo para que yo lograra culminar este logro.*

*A mi padre José Edgar Flórez por su amor, comprensión y apoyo en las decisiones que tomo, confiando siempre en que será lo mejor para mí.*

*A mi hermana Jessica Flórez por su cariño y apoyo en momentos oportunos.*

*A mi amigo y coautor del proyecto, Gabriel Maldonado por su compromiso y compañerismo en alcanzar un mismo objetivo, haciendo un excelente equipo de trabajo.*

**Anderson**

*A Dios por haberme brindado la fortaleza y persistencia suficiente para culminar este sueño.*

*A mis Padres Carmen Mireya y Luis Eduardo, por inculcarme la educación y el estudio como parte importante de la vida y así mismo a través de ese legado se pueden cumplir las metas y sueños trazados.*

*A mi esposa Laura Lucía por ser mi compañera fiel y apoyo en todo momento, pero especialmente, por su paciencia, acompañamiento y amor.*

*A mi hijo Luciano que ha sido mi motor y mi motivación para siempre mirar hacia adelante y alcanzar mis objetivos.*

*A mi hermano David por su incondicional apoyo y colaboración.*

*A mi compañero Anderson Oswaldo, amigo de fórmula en la ejecución de esta meta y hacerme saber que todo se puede lograr con constancia y dedicación.*

**Gabriel**

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A Dios por habernos brindado buena salud y de esa forma alcanzar los objetivos propuestos para lograr este sueño, así mismo por hacernos saber que con esfuerzo, constancia, paciencia y dedicación se obtienen los mejores resultados

Ingeniero de Minas José Agustín Vargas Rosas, director del trabajo de grado, por su colaboración y asesorías oportunas en el desarrollo del proyecto de investigación.

Geólogo Javier Zafra Velandia, por su colaboración en asesorías acerca de la geología del área de estudio

Jairo Pupo Zapateiro, Doctor de ciencias en Ingeniería civil por sus constantes asesorías, apoyo y entusiasmo en el desarrollo de la investigación.

COOPSUMIN, empresa que brindó el apoyo económico para la realización de los ensayos de laboratorio, y así mismo por el buen trato recibido durante el trabajo de campo en la unidad de trabajo Mina La Fortaleza.

Al alma mater por la formación recibida dentro de ella y por habernos brindado los recursos económicos, materiales y de talento humano que fueron de vital importancia para la investigación, así mismo por todo el apoyo recibido durante la formación académica.

## CONTENIDO

	Pág.
1. Descripción del Problema	22
1.1 Planteamiento del Problema	22
1.2 Formulación del Problema	24
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo general.	24
1.3.2. Objetivos específicos.	24
1.4 Justificación	25
1.5 Delimitaciones	26
1.5.1 Delimitación conceptual.	26
1.5.2 Delimitación espacial.	26
1.5.3 Delimitación temporal.	26
1.6 Limitaciones	27
2. Referentes Teóricos	28
2.1 Antecedentes	28
2.2 Marco Conceptual	31
2.3 Marco Teórico	35
2.4 Marco contextual	50
2.5 Marco Legal	50
3. Diseño Metodológico	52



3.1 Tipo de Investigación	52
3.2 Población y Muestra	53
3.2.1 Población.	53
3.2.2 Muestra.	53
3.3 Instrumentos para la Recolección de Información	53
3.3.1 Fuentes primarias.	53
3.3.2 Fuentes secundarias.	53
3.4 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos	54
4. Generalidades	55
4.1 Área de Estudio	55
4.2 Identificación, Localización y Vías de Acceso	55
4.3 Clima y Vegetación	55
4.4 Rasgos Hidrológicos	56
5. Modelo Geológico del Macizo Rocoso en el Sector de la vía de Acceso a una Mina Subterránea de Carbón	57
5.1 Geología Regional	57
5.2 Geología Local	60
5.3. Geología Económica	63
5.4 Geología Estructural	65
6. Modelo Geomecánico del Macizo Rocoso en el Sector de la vía de Acceso a una Mina Subterránea de Carbón	74
6.1 Sistema de Clasificación Geomecánica MRMR, Laubscher 1990	76
6.1.1 Parámetros de clasificación del MRMR, Laubscher.	76
6.1.2 Ajustes del sistema MRMR, Laubscher.	84
6.1.3 Resistencia del Macizo Rocoso (RMS).	89
6.2 Aplicación del Método de Caracterización MRMR de Laubscher	89

6.2.1 Resistencia de la Roca Intacta (IRS) de las capas litológicas que componen el Modelo Geomecánico.	90
6.2.2 Frecuencia de Fracturamiento por metro (FF/m) de las capas litológicas que componen el Modelo Geomecánico.	93
6.2.3 Condición de la Junta y Agua de las capas litológicas que componen el Modelo Geomecánico.	96
6.2.4 Calificación de la Masa Rocosa RMR según Laubscher de las capas litológicas que componen el Modelo Geomecánico.	98
6.2.5 Cálculo de la Resistencia del Macizo Rocoso RMS para las capas litológicas que componen el Modelo Geomecánico.	101
6.2.6 Deducción del Techo Principal y de la zona influenciada por la Excavación.	102
6.2.7 Ajustes al RMR para las capas litológicas que componen el Modelo Geomecánico teniendo en cuenta los parámetros considerados por Laubscher.	105
6.3. Clasificación del Macizo Rocoso para Minería MRMR de la Zona de Influencia a la Excavación en el Inclinado de acceso que Compone el Modelo Geomecánico	113
7. Análisis de Esfuerzos Presentes en el Inclinado de Acceso a una Mina Subterránea de Carbón	115
7.1 Estimación de los Esfuerzos in Situ Sobre la Labor Objeto de Estudio	115
7.1.1 Esfuerzo vertical	117
7.1.2 Calculo de la Constante de empuje lateral (K).	127
7.1.3 Esfuerzo horizontal.	137
7.2 Análisis de la Dirección de los Esfuerzos Principales de las Capas que Conforman el techo Inmediato de la Excavación con Respecto al eje del Inclinado de Acceso de una mina Subterránea de Carbón	138
7.2.1 Determinación de la dirección de los esfuerzos principales de los estratos que componen el techo inmediato de la excavación.	142
7.3 Análisis del techo Inmediato y Principal bajo las Condiciones de Esfuerzos Gravitacionales e Inducidos en la Sección actual del Inclinado de acceso a la mina Subterránea de Carbón	154
7.3.1. Modelamiento del macizo rocoso en el frente del inclinado con una relación de esfuerzos $K=0.36$	158

7.3.2. Modelamiento del macizo rocoso en el frente del inclinado con una relación de esfuerzos $K=0.22$	160
7.3.3. Modelamiento del macizo rocoso en el frente del inclinado con una relación de esfuerzos $K=0.5$	162
7.3.4. Modelamiento del macizo rocoso a una profundidad de 72,3 con una relación de esfuerzos $K=0,5$ .	164
7.3.5. Modelamiento del macizo rocoso a una profundidad de 72,3 con una relación de esfuerzos $K=0.25$ .	165
7.3.6. Modelamiento del macizo rocoso a una profundidad de 72,3 con una relación de esfuerzos $K=0.75$ .	167
7.3.7. Modelamiento del macizo rocoso a una profundidad de 15,57 metros con una relación de esfuerzos $K=1$	169
7.3.8. Modelamiento del macizo rocoso a una profundidad de 15,57 con una relación de esfuerzos $K=1,26$	170
7.3.9. Modelamiento del macizo rocoso a una profundidad de 15,57 con una relación de esfuerzos $K=1,5$	172
7.4 Optimización del Tamaño y forma de la Sección del Inclinado de acceso a la mina Subterránea de Carbón	173
7.4.1 Aplicación del software phase 2 sobre los prototipos de secciones para la ampliación del inclinado de acceso de una mina subterránea de carbón.	175
7.4.2 Análisis de los dos prototipos de secciones para la mina subterránea de carbón.	177
7.5 Áreametro para la Ampliación de la Sección actual del Inclinado de Acceso a la Mina Subterránea de Carbón	183
8. Conclusiones	186
9. Recomendaciones	189
Bibliografía	191
Anexos	194