



RESUMEN – TESIS DE GRADO

AUTORES _____ EDER ALONSO DALLOS GALVIS
_____ JOHN JADER PALACIO RUA

FACULTAD _____ DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS _____ DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR _____ JESUS BETHSAID PEDROZA ROJAS

TITULO DE LA TESIS _____ ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MOLEDORES
_____ DE UN MOLINO DE MARTILLO PARA ROCA FOSFÓRICA
_____ EN LA EMPRESA FOSFONORTE S.A.

RESUMEN

El proyecto propone el estudio y diseño de los elementos moledores de un molino de martillo para roca fosfórica en la empresa de fosfatos de Norte de Santander (FOSFONORTE), la cual la empresa viendo la necesidad de falla que se presenta en los martillos, optó por el estudio de éstos; para tal fin se realizaron ensayos de compresión, impacto, dureza y desgaste. Los resultados fueron realizados uno a uno para observar realmente cuál era la falla.

CARACTERÍSTICAS

PAGINAS 162 PLANOS _____ ILUSTRACIONES _____ CD-ROM 1

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MOLEDORES DE UN MOLINO DE
MARTILLO PARA ROCA FOSFÓRICA EN LA EMPRESA FOSFONORTE S.A.**

**EDER ALONSO DALLOS GALVIS
JOHN JADER PALACIO RUA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2007**

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MOLEDORES DE UN MOLINO DE
MARTILLO PARA ROCA FOSFÓRICA EN LA EMPRESA FOSFONORTE S.A.**

**EDER ALONSO DALLOS GALVIS
JOHN JADER PALACIO RUA**

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

**Director:
JESUS BETHSAID PEDROZA ROJAS
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2007**



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 14 de noviembre de 2007
HORA: 14:00
LUGAR: SALON DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS
Plan de Estudios: INGENIERIA MECANICA

Título de la Tesis: "ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MOLEDORES DE UN MOLINO DE MARTILLO PARA ROCA FOSFORICA EN LA EMPRESA FOSFONORTE S.A."

Jurados: Ing. ISMAEL GARCIA PAEZ
Ing. JHON BARBOSA JAIMES

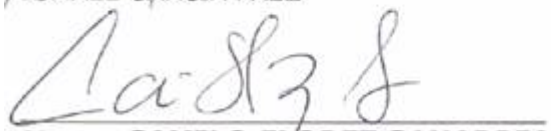
Director: Ing. JESUS BETHSAID PEDROZA ROJAS

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
JOHN JADER PALACIO RUA	0122451	Cuatro, Dos	4,2
EDER ALONSO DALLOS GALVIS	0122647	Cuatro, Dos	4,2

A P R O B A D A


ISMAEL GARCIA PAEZ


JHON BARBOSA JAIMES


Vo.Bo. CAMILO FLOREZ SANABRIA
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Mecánica

Martha A

Av. Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag- Teléfonos: 5776655 ext: 115-116 Fax: 5771988
Cúcuta - Colombia

Gracias a Dios Todopoderoso, a mis padres Luz Stella Galvis Jaimes y Lino Antonio Dallos Torres y a mi hermana Dorley Alejandra; por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

A Diana Carolina, por su apoyo incondicional en los momentos difíciles y a todos mis amigos, compañeros y demás personas que estuvieron conmigo.

Eder Alonso

Gracias a Dios por darme la oportunidad de obtener este título.

A mis padres, Marlenis Amparo Rúa García y Luis Palacio Rúa y a mis hermanos por haberme brindado apoyo incondicional en todo momento.

A mi novia Oxiris Quevedo Lozada, por estar siempre a mi lado dándome fuerzas y ganas de seguir luchando y a todos mis amigos y compañeros.

John Jader

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ingeniero Mecánico, Jesús B. Pedroza Rojas, Director del Proyecto de Grado y Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander, por habernos brindado todo su conocimiento y tiempo para el desarrollo del proyecto.

Tecnólogo Electromecánico, David Martínez, Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander, por su colaboración y experiencia en el desarrollo del proyecto.

Ingeniero Metalúrgico, Otoniel Cáceres, Docente del SENA Seccional Cúcuta, por brindarnos su colaboración y conocimiento en el desarrollo del proyecto.

Ingeniero Metalúrgico, Ismael García Paez, Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander, por brindarnos su conocimiento y experiencia en el desarrollo del proyecto.

A la Empresa de Fosfatos de Norte de Santander - FOSFONORTE S.A., por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestro proyecto.

A la Universidad Francisco de Paula Santander, por brindarnos la oportunidad de formarnos como personas y profesionales.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MOLEDORES DE UN MOLINO DE MARTILLO PARA ROCA FOSFÓRICA EN LA EMPRESA FOSFONORTE S.A.	21
1.1 TEORIAS	21
1.2 TRITURACIÓN Y MOLIENDA	22
1.3 REDUCCIÓN DEL TAMAÑO	23
1.3.1 Técnicas de reducción de tamaño	23
1.3.2 Variables de la reducción de tamaño	24
1.4 SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN	25
1.5 VARIABLES DE OPERACIÓN	25
1.6 RENDIMIENTO DE TRITURACIÓN	26
1.6.1 Rendimiento mecánico	26
1.6.2 Teoría de la energía de la distorsión	27

1.6.3 Ley de Rittinger	27
1.6.4 Ley de Bond	28
2. ESTUDIO DEL ELEMENTO MOLEDOR	30
2.1 ANÁLISIS METALOGRAFICO	30
2.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN	34
2.2.1 Cálculos para el ensayo de compresión	35
2.3 ENSAYO DE IMPACTO	39
2.4 ENSAYO DE DUREZA	43
2.5 ENSAYO DE DESGASTE	44
3. DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE MOLIENDA	47
3.1 CÁLCULO DEL MOMENTO DE INERCIA PARA CADA UNO DE LOS ELEMENTOS SUJETOS AL EJE PRINCIPAL	47
3.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA	58
3.3 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR MEDIO DE BANDAS V	60
3.4 DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DEL MOLEDOR	67
3.4.1 Martillos	68

3.4.2 Eje portamasos	77
3.4.3 Bujes separadores de martillos	84
3.4.4 Eje principal	84
4. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA TOLVA	115
5. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL CLASIFICADOR POR TAMAÑO	119
6. EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO	122
6.1. COSTO PARA EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR MEDIO DE BANDAS EN V	122
7. NORMAS DE SEGURIDAD	124
8. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO	125
8.1 PRECAUCIONES	125
8.2 INSTALACIÓN DEL EQUIPO	126
9. MANUAL DE MANTENIMIENTO	127
9.1 PRECAUCIONES	128
9.2 PROBLEMA FRECUENTE Y SUS SOLUCIONES	130
10. CONCLUSIONES	131

11. RECOMENDACIONES	132
BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS	134