

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		VERSIÓN	02	
			FECHA	03/04/2017	
			PÁGINA	1 de 160	
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JAVIER DAVID APELLIDOS: JIMÉNEZ PLATA

NOMBRE(S): SHIRLEY ESTEFANÍA APELLIDOS: CRISTANCHO RODRIGUEZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JESUS BETHSAID APELLIDOS: PEDROZA ROJAS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UNA MÁQUINA PULVERIZADORA DE PASTILLAS DE CARBURO DE TUNGSTENO PARA LA EMPRESA METROLOGIA Y SOLUCIONES S.A.S DE CÚCUTA

RESUMEN

El carburo de tungsteno es un material muy utilizado, que se puede encontrar en cualquier entorno de trabajo, desde dientes para sierras circulares, cuchillas, perforadoras, brocas, buriles hasta en las armas de guerra. A pesar de ser un material muy abundante y contar con excelentes propiedades, cuenta con una vida útil limitada, cómo cualquier material. En el caso de los talleres mecánicos, en el momento de culminar su ciclo de vida, tan sólo se desperdicia, olvidando sus excelentes propiedades y que puede ser un material totalmente reciclable. Se planteó como objetivo principal diseñar una máquina pulverizadora de pastillas de carburo de tungsteno para la empresa Metrología y Soluciones S.A.S de Cúcuta. Con este trabajo de grado se realizó el diseño un molino de bolas para la pulverización de pastillas de tungsteno, para llevar a cabo una reducción de tamaño de dicho material. Se determinó los parámetros de diseño requeridos para la molienda, se elaboró los planos de construcción y montaje junto con sus respectivos. Se llegó a la conclusión se elaboraron los respectivos planos de construcción y montaje, y la ficha técnica correspondiente al molino de bolas para la correcta identificación de cada uno de sus piezas y/o elementos requeridos.

PALABRAS CLAVE: Tungsteno, Molino de bolas, dureza, tamaño de grano, diseño, planos.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 160 PLANOS: \_0\_ ILUSTRACIONES: \_31\_ CD ROOM: \_1\_

\*\*Copia No Controlada\*\*

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PULVERIZADORA DE PASTILLAS DE CARBURO DE  
TUNGSTENO PARA LA EMPRESA METROLOGIA Y SOLUCIONES S.A.S DE CÚCUTA

JAVIER DAVID JIMÉNEZ PLATA

SHIRLEY ESTEFANÍA CRISTANCHO RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSE DE CUCUTA

2020

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PULVERIZADORA DE PASTILLAS DE CARBURO DE  
TUNGSTENO PARA LA EMPRESA METROLOGIA Y SOLUCIONES S.A.S DE CÚCUTA

JAVIER DAVID JIMÉNEZ PLATA

SHIRLEY ESTEFANÍA CRISTANCHO RODRIGUEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de

Ingeniero Mecánico

DIRECTOR

ING. JESUS BETHSAID PEDROZA ROJAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSE DE CUCUTA

2020



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** CÚCUTA, 22 DE OCTUBRE DE 2020      **HORA:** 4:00 PM

**LUGAR:** CONFERENCIA VIRTUAL POR MEDIO DE GOOGLE MEET

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA MECÁNICA

**TÍTULO DEL PROYECTO:** "DISEÑO DE UNA MÁQUINA PULVERIZADORA DE PASTILLAS DE CARBURO DE TUNGSTENIO PARA LA EMPRESA METROLOGÍA Y SOLUCIONES S.A.S. DE CÚCUTA"

**JURADOS:** ING. JORGE EDUARDO GRANADOS GRANADOS  
ING. CARLOS HUMBERTO ACEVEDO PEÑALOZA

**DIRECTOR:** ING. JESÚS BETHSAID PEDROZA ROJAS

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
JAVIER DAVID JIMÉNEZ PLATA	1120951	CUATRO, DOS	4,2
SHIRLEY E. CRISTANCHO RODRÍGUEZ	1121453	CUATRO, DOS	4,2

### APROBADO

FIRMA DE LOS JURADOS

ING. JORGE E. GRANADOS G.

ING. CARLOS H. ACEVEDO P.

Vo.Bo   
GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCIA  
Coordinador Comité  
Curricular

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción	16
1. Problema	19
1.1 Título del proyecto	19
1.2 Planteamiento del problema	19
1.3 Formulación del problema	20
1.4 Justificación	20
1.5 Objetivos	22
1.5.1 Objetivo general	22
1.5.2 Objetivo específico.	22
1.6 Alcances y limitaciones	22
1.6.1 Alcance.	22
1.6.2 Limitación.	23
1.7 Delimitaciones	23
1.7.1 Delimitación espacial.	23
1.7.2 Delimitación teórica.	23
1.7.3 Delimitación temporal.	24
2. Marco referencial	25
2.1 Antecedentes	25

2.2 Marco teórico	26
2.2.1 El tungsteno.	26
2.2.2 Reducción de tamaño.	27
2.2.3 Pulverización	27
2.2.4 Pulvimetalurgia	28
2.2.5 Molienda	28
2.2.6 Tipos de molienda: Molienda húmeda y molienda seca	28
2.2.7 Variables operativas de un molino.	29
2.2.8 Movimiento de carga de los molinos	30
2.2.9 Partes principales de un molino	31
2.2.10 Factores que afectan el proceso de molienda	32
2.2.11 Tiempo de molienda.	33
2.3 Tipos de molinos	33
2.3.1 Molinos de martillos	33
2.3.2 Molinos ultra finos.	34
2.3.2.1 Molinos de Martillos con Clasificación Interna	35
2.3.2.2 Molinos de martillos sin clasificadores de aire internos	36
2.4 Molinos de bolas	36
2.4.1 Principios de funcionamiento.	37
2.4.2 Tipos de movimientos.	38

2.4.3 Reducción de tamaño	39
2.4.4 Operación.	39
2.4.5 Factores para tener en cuenta respecto a la eficiencia de un molino de bolas	40
2.5 Ejes, flechas y sus componentes	41
2.5.1 Ejes	41
2.5.2 Flechas	42
2.5.3 Cojinetes de contacto rodante.	42
2.5.4 Cojinetes de deslizamiento.	43
2.5.5 Chavetas y acoplamientos	43
3. Diseño metodológico	44
3.1 Tipo de investigación	44
3.2 Fuentes de información	44
3.2.1 Fuentes primarias. Libros de ingeniería y manuales de fabricantes.	44
3.2.2 Fuentes secundarias.	44
3.3 Fases de la metodología	44
4. Diseño y cálculo de un molino de bolas	46
4.1 Cálculos iniciales	47
4.1.1 Eje principal	48
4.1.2 Eje secundario	50
4.1.3 Tambor	51

4.1.4 Dimensiones del tambor	52
4.1.5 Esferas	54
4.2 Torque de arranque	56
4.2.1 Velocidad y aceleración angular.	56
4.2.2 Dimensiones del molino	59
4.3 Potencia nominal	62
4.3.1 Velocidad crítica de rotación	63
4.3.2 Carga de tungsteno y bolas	64
4.3.3 Diámetro de bolas y distribución de los cuerpos moledores	66
4.3.4 Levantadores	69
4.3.5 Grado de llenado de bolas en el molino.	70
4.3.6 Tamaño de las bolas de remplazo.	71
4.4 Sistema de transmisión	73
4.4.1 Ancho de cara de la corona.	78
4.4.2 Longitud del tornillo sin fin	78
4.4.3 Material de los engranes	78
4.4.4 Comprobación del diseño	84
4.4.5 Análisis térmico.	84
4.4.6 Coeficiente de transferencia de calor	85
4.4.7 Área de alojamiento expuesta al aire ambiente	85



4.4.8 Temperatura media del lubricante.	85
4.4.9 Calor disipado	86
4.5 Elementos estructurales	86
4.5.1 Eje principal.	87
4.5.2 Análisis a carga estática en el eje principal.	89
4.5.3 Calculo a fatiga en eje principal.	91
4.5.4 Límite de resistencia a la fatiga	91
4.5.5 Esfuerzo de Von Mises.	92
4.6 Eje secundario para el montaje de la corona	100
4.6.1 Análisis a carga estática en el eje secundario	102
4.6.2 Análisis a fatiga en el eje secundario	102
4.6.3 Gargantas de soldadura en los ejes secundarios	104
4.7 Cálculo y selección de rodamientos	107
4.7.1 Selección de los rodamientos para el eje principal “A”	107
4.7.2 Vida nominal ajustada del eje principal “A”	113
4.7.3 Selección de los rodamientos para el eje principal “B”	117
4.7.4 Vida nominal ajustada del eje principal “B”	119
4.8 Cálculo y selección de los cojinetes	119
4.8.1 Cojinetes para los ejes secundarios.	119
4.8.2 Cálculos básicos.	121

4.9 Sistema de fijación	125
4.9.1 Datos iniciales para el eje principal	125
4.9.2 Datos iniciales para el eje secundario	128
4.10 Montaje final	130
5. Costos	132
6. Especificaciones técnicas	134
7. Conclusiones	137
8. Recomendaciones	138
9. Referencias bibliográficas	139
Anexos	143