

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO DEL PROYECTO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO PARA PIMIENTA CON
CAPACIDAD DE CARGA DE 15 Kg/h Y MECANISMOS PARA PESAJE Y
LIMPIEZA PARA LA FINCA BELLEMANS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

ROBERTH PAUL LUDEÑA CASTILLO

WILSON EDUARDO QUISHPE RIERA

DIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO

CODIRECTOR: ING. CARLOS SUNTAXI

Sangolquí, 2008-01- 14

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO PARA PIMIENTA CON CAPACIDAD DE CARGA DE 15 Kg/h Y MECANISMOS PARA PESAJE Y LIMPIEZA PARA LA FINCA BELLEMANS**” fue realizado en su totalidad por Roberth Paúl Ludeña Castillo y Wilson Eduardo Quishpe Riera como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Fernando Olmedo
DIRECTOR

Ing. Carlos Suntaxi
CODIRECTOR

Sangolquí, 2008-01- 14

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO PARA PIMIENTA CON
CAPACIDAD DE CARGA DE 15 Kg/h Y MECANISMOS PARA PESAJE Y
LIMPIEZA PARA LA FINCA BELLEMANS”**

ELABORADO POR:

Roberth Paúl Ludeña Castillo

Wilson Eduardo Quishpe Riera

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Juan Díaz

Coordinador de la Carrera de Mecánica

Sangolquí, 2008-01- 14

DEDICATORIA

Esta dedicado este proyecto a la virgen del Cisne y a mis padres, por ser la luz y camino en cada una de las etapas de mi vida y por confiar en mi incondicionalmente.

Roberth P. Ludeña C.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres que dieron todo su apoyo incondicional para que sea posible, y a mi esposa e hija que son mi motivación para superarme y salir adelante.

Wilson E. Quishpe Riera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Politécnica del Ejército en especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica, a mi director y codirector por inculcar en mi muchos conocimientos y lograr la culminación del proyecto.

Agradezco a la Virgen del Cisne, a mis padres por ser mi apoyo incondicional y confiar plenamente en mí.

Agradezco a la memoria de mi abuelito Livio Ludeña, quien sembró en mi muchos valores para ser un hombre luchador y de éxito.

Agradezco al igual a mis Hermanos, abuelitos, tíos, primos por apoyarme en lo largo de mi carrera.

Agradezco a mi Hermana Adriana y mi cuñado Cristian, Belén, los robinsons, amigos, quienes me brindaron su apoyo y conocimientos que me sirvieron para culminar con mucho éxito mi carrera.

Roberth P. Ludeña C.

AGRADECIMIENTO

A la ESPE por permitir que dentro de sus aulas me forme tanto como persona y profesionalmente, además también a la Carrera de Ingeniería Mecánica y en especial al director y codirector por su apoyo en la elaboración del proyecto de grado.

*A mis abuelitos que han sido como mis padres y siempre me apoyado.
A mi querida hermana que a la distancia siempre me ha dado su cariño y me a motivado.*

A mi esposa Janeth que estuvo ahí cuando mas la necesité dándome su amor y comprensión.

A mis grandes amigos, Diego, Cesar, Amparo, Marcelo, Julián, José, Isrrael y, Roberth, que convivieron conmigo en las buenas y malas y fueron mi apoyo incondicional.

A mis tíos y primos que me ayudaron en todo cuando lo necesite.

A mi Señor de “Cuicuno” que siempre me ayudado.

Wilson E. Quishpe Riera.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS	viii
RESUMEN	xx

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición del Problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 General	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 Alcance	4
1.5 Justificación e Importancia	4

CAPITULO 2 MOLINOS PARA GRANOS SECOS

2.1 Generalidades	7
2.2 Tipos de fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño	7
2.3 Proceso de reducción de grano	8
2.4 Relación de reducción	9
2.5 Características que regulan la selección de los alimentos	10
2.5.1 Dureza de los alimentos	10
2.5.2 Estructura mecánica de los productos de partida	11
2.5.3 Humedad	11
2.5.4 Sensibilidad a la temperatura de las materias de partida	12

2.6 Tipos de molinos	13
2.6.1 Molino de martillos	13
2.6.2 Molinos de discos de frotamiento	15
2.6.3 Molinos gravitatorios	17

CAPÍTULO 3 ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 Requerimientos generales	19
3.1.1 Capacidad	19
3.1.2 Relación de reducción	20
3.1.3 Flexibilidad	21
3.1.4 Tamaño	21
2.1.5 Dureza de la materia primaria	21
3.1.6 Manejo	21
3.1.7 Mantenimiento	21
3.1.8 Seguridad	22
3.1.9 Acabado superficial	22
3.1.10 Consumo de energía	22
3.1.11 Costo de construcción	22
3.2 Estudio de alternativas	22
3.2.1 Molino de rodillos (Alternativa N. 1)	23
3.2.2 Molino de martillos (Alternativa N. 2)	24
3.2.3 Molino de disco de frotamiento (Alternativa 3)	26
3.3 Selección	27
3.4 Estudio de Alternativas del mecanismo de pesaje	29
3.4.1 Balanza Analítica	29
3.4.2 Balanza Digital	30
3.4.3 Balanza Mecánica	30
3.4.2 Balanza Comercial de compresión	31
3.5 Selección	33
3.6 Estudio de alternativas de mecanismo de limpieza	33
3.6.1 Mecanismos	33
3.6.2 Mecanismos de eslabones articulados	36
3.7 Selección	39

CAPITULO 4 DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA MOLIENDA Y MECANISMOS

4.1	Requerimientos	43
4.1.1	Capacidad	43
4.1.2	Potencia	44
4.1.3	Velocidad	48
4.2	Esquema cinemático	48
4.3	Determinación de fuerzas y potencias	49
4.3.1	Cálculo del torque	49
4.3.2	Cálculo de fuerzas	50
4.4	Diseño de elementos de máquina	62
4.4.1	Diseño del eje	62
4.4.2	Diseño del disco	70
4.4.4	Diseño del eje del martillo	78
4.4.5	Diseño del martillo	82
4.4.6	Diseño de la cámara de molienda y zaranda	84
4.4.7	Diseño de la tolva	88
4.5	Diseño de la estructura	88
4.6	Diseño del mecanismo de limpieza	90
4.6.1	Análisis del movimiento	90
4.6.2	Calculo de velocidad	92
4.6.3	Calculo de aceleración	92
4.6.4	Calculo de la aceleración del centro de gravedad de la biela	93
4.7	Diseño del mecanismo de pesaje	95

CAPITULO 5 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

5.1	Selección del motor eléctrico	97
5.1.1	Par de arranque	97
5.1.2	Velocidad	97
5.1.3	Sistema de alimentación	98
5.1.4	El medio ambiente de trabajo	98

5.1.5 Aspecto de mantenimiento	98
5.1.6 Selección	98
5.2 Selección de dispositivos del sistema de control	99
5.2.1 Arranque del motor	99
5.2.2 Control y protección del motor	99
5.2.3 Seguridades de la máquina	99
5.2.4 Seguridades para el operario	100

CAPITULO 6 PLAN DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

6.1 Hojas de procesos	101
6.2 Planos en conjunto	101
6.3 Planos de detalles	101
6.4 Previsión de recursos	101
6.5 Requerimientos	102
6.5.1 Materiales Directos e Indirectos	102
6.5.2 Máquinas y Equipos	103
6.6 Recursos Humanos	104
6.7 Recursos Financieros	104
6.8 Procesos Constructivos	104
6.9 Ensamble y Montaje	104

CAPITULO 7 PRUEBAS DE OPERACION

7.1 Comprobación de Parámetros y Variables	107
7.2 Plan de Pruebas	107
7.2.1 Determinación del lugar y pruebas	107
7.2.2 Detalle del Plan de Pruebas	109
7.2.3 Presentación de Resultados	110
7.3 Análisis de Resultados	113

CAPITULO 8 ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1 Costos de construcción	115
8.1.1 Directos	115
8.1.2 Indirectos	118
8.1.3 Totales	120
8.2 Beneficios tangibles e intangibles	121
8.3 Resultados económicos	122

CAPITULO 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones.	123
9.2. Recomendaciones.	124
Bibliografía	125
Anexos	

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Naturaleza de las fuerzas	8
Tabla 3.1: Capacidad de Producción	20
Tabla 3.2: Capacidad Requerida	20
Tabla 4.1: Aplicaciones y dimensiones de la zaranda	87
Tabla 7.1: Determinación del lugar y pruebas	107
Tabla 7.2: Equipo utilizado	108
Tabla 7.3: Primera pasada tamiz 1	110
Tabla 7.4: segunda pasada tamiz 2	111
Tabla 7.5: Segunda prueba	112
Tabla 8.1: Sistema principal de molino de martillos	116
Tabla 8.2: Carcasa, tolva y zaranda	117
Tabla 8.3: Sistema eléctrico	117
Tabla 8.4: Mano de obra	118
Tabla 8.5: Mano de obra	118
Tabla 8.5: Gastos Indirectos	119
Tabla 8.6: Totales Directos	120
Tabla 8.7: Totales Indirectos	120
Tabla 8.8: Costos Totales	120
Tabla 8.9: Ingresos del proyecto	122
Tabla I.1: Mantenimiento	

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama de flujo de reducción de tamaño de pimienta	9
Figura 2.2: Molino de martillos	14
Figura 2.3: Molinos de discos	16
Figura 2.4: Molino de piedras	17
Figura 2.5: Molino de bolas	18
Figura 3.1: Esquema de alternativa 1 (Molino de rodillos)	24
Figura 3.2: Esquema de alternativa 2 (Molino de martillos)	25
Figura 3.3: Esquema de alternativa 3 (Molino de disco de frotamiento)	27
Figura 3.4: Balanza analítica	29
Figura 3.5: Balanza digital	30
Figura 3.6: Balanza mecánica	31
Figura 3.7: Balanza comercial de Compresión	32
Figura 3.8: Mecanismo de 4 Barras	37
Figura 3.9: Mecanismo Biela Manivela	38
Figura 3.10: Mecanismo Yugo Escocés	39
Figura 3.11: Esquema mecanismo Biela Manivela	39
Figura 3.12: Longitudes de Biela y manivela	40
Figura 4.1: Esquema Cineático	48
Figura 4.2: Componentes del sistema	50
Figura 4.3: Diagrama de cuerpo libre del martillo	51
Figura 4.4: Diferencial del martillo	52
Figura 4.5: Diagrama de cuerpo libre del eje	54
Figura 4.6: Diagrama de cuerpo libre del disco	55
Figura 4.7: Fuerzas de impacto F y F'	56
Figura 4.8: Reacciones del martillo	58
Figura 4.9: Eje del martillo	58
Figura 4.10: Reacciones del eje del martillo	58
Figura 4.11: Reacciones del disco	59
Figura 4.12: Cargas en el sistema	60
Figura 4.13: Distancias entre puntos de aplicación de cargas	60

INDICE DE ANEXOS

Anexo A: Selección de chumaceras.

Anexo B: Selección del acople.

Anexo C: Planos del conjunto

Anexo D: Documentación técnica.

Anexo E: Documentación técnica de motor..

Anexo F: Diagramas de construcción y montaje.

Anexo G: Manual de operación.

Anexo H: Manual de mantenimiento.

Anexo I : Carta de satisfacción.

NOMENCLATURA

A	Área
C	Capacidad de carga dinámica
C_R	Factor de confiabilidad
C_S	Factor de corrección por tamaño
C_F	Factor de corrección por acabado de superficie
C_W	Factor de corrección por soldadura
C_p	Capacidad de la máquina
C_{p_r}	Capacidad requerida
D	Diámetro
E	Energía por unidad de masa
F	Fuerza de impacto
F'	Fuerza de impacto
F_a	Esfuerzo axial permisible
F_{Ay}	Reacciones en el punto A del eje principal
F_{Az}	Reacciones en el punto A del eje principal
F_{By}	Reacciones en el punto B del eje principal
F_{Bz}	Reacciones en el punto B del eje principal
F_r	Carga radial
F_a	Carga axial
I	Momento de inercia
J	Momento polar
J_u	Momento polar unitario
K	Constante de Rittinger
K_f	Factor de concentración de esfuerzos
K_{fs}	Factor de concentración de esfuerzos por torsión
M	Momento
M_B	Momento flector en el punto B
M_Y	Momento flector
M_Z	Momento flector

Ma	Momento alternante
M _{max}	Momento flector máximo
N	Factor de seguridad
P	Potencia, peso, carga
P _f	Presión longitudinal
P _i	Presión interna
R	Fuerza resultante
R _A	Reacciones del eje del martillo
R _B	Reacciones del eje del martillo
R _C	Reacciones del eje del martillo
Su	Esfuerzo último
Sy	Esfuerzo de fluencia
S' _n	Esfuerzo de fatiga del material
S _{max}	Esfuerzo máximo
Tm	Torque medio
T	Torque
V	Fuerza cortante
V _B	Fuerza cortante en el punto B
X	Factor radial
Y	Factor axial

Letras minúsculas

a	Aceleración
c	Distancia del centroide al perímetro interno,
d	Distancia
e	Espesor del martillo
fa	Esfuerzo axial
fb	Esfuerzo flector
fi	Fuerza por efecto de la aceleración centrífuga
fr	Fuerza de fricción
f _L	Factor dinámico

f_n	Factor de velocidad
f	Fuerza de fricción
g_o	Aceleración de la gravedad
h	Largo del martillo, tamaño de la junta de soldadura
I	Momento de inercia
l	Ancho del martillo, longitud de la chaveta
m	Masa
n	Número de revoluciones por minuto
p	Exponente de duración en función del tipo de rodamiento
r_o	Radio externo del disco
r_i	Radio interno del disco
r	Radio, radio de giro
r'	Distancia variable del eje al martillo
t	Espesor
w	Velocidad angular
x_1	Tamaño medio inicial del producto de partida.
x_2	Tamaño medio final del producto.
y	Distancia

Letras griegas

η	Factor de rendimiento
ϕ	Diámetro
ρ	Densidad
μ	Coefficiente de fricción, relación de Poisson
τ_{max}	Torque máximo
τ_{xy}	Esfuerzo cortante
σ_b	Esfuerzo normal
σ_θ	Esfuerzo anular

RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito el diseño y construcción de un molino de pimienta para el sector del Congoma “Finca Bellemans” propiedad que pertenece al Ing. Herwing Bellemans, utilizando materiales que se encuentran disponibles en el mercado nacional a bajo costo y que se presenten con facilidad en la construcción, a mas de los demás elementos y materiales útiles en los talleres.

Con este sistema la finca Bellemans va a tener un excelente producto como es la pimienta molida ya que optimiza tiempo en mano de obra y dar un valor agregado al producto final.

Se presentan diferentes tipos de molinos tomando en cuenta que cada uno de ellos va a tener ventajas y desventajas, consumo de energía, costo de fabricación, mano de obra, mantenimiento, operación, etc., al igual que sus mecanismos de limpieza y pesaje de los cuales dependerá su exitoso funcionamiento para luego seleccionar la mejor opción para el respectivo diseño.

El desarrollo del diseño se lo realizo bajo un estudio de cada uno de las partes que van a formar el molino. Encontramos el rotor que esta formado por los martillos, los discos, eje principal, eje de los martillos, separadores, chumaceras. Posee también la cámara de molienda en la cual se encuentra su respectivo tamiz que regula el tamaño final del producto de la pimienta. Una tolva de carga permite el suministro del producto y la boca de descarga producto molido. Un perno de seguridad mantiene fija la tolva con la cámara de molienda, El motor eléctrico da la potencia de 2 HP y las revoluciones son de 3600 r.p.m. Tiene una estructura que soporta el peso del molino y el peso del motor la cual esta libre de vibraciones para no tener ningún tipo de inconvenientes. El diseño de todos los elementos que lo forman, están

construidos con acero inoxidable AISI 304. Se considero este material porque la pimienta es de consumo humano.

Posee un mecanismo de limpieza el cual se encarga que el producto terminado se encuentre en buena calidad y la balanza esta encargada de controlar el peso del producto terminado.

Observando los resultados obtenidos en el análisis económico y financiero se puede ver que la realización del proyecto es rentable ya que tiene un excelente uso en la finca Bellemans y sectores aledaños.

Los planos de construcción, del conjunto y cada uno de sus elementos que constituyen el molino dan como resultado un buen diseño de fabricación.

Se procedió a realizar un manual de operación y mantenimiento tanto del rotor como de las demás partes, con la intención de que tengan una correcta operación y un adecuado mantenimiento, y así prolongar la vida útil del molino.

Finalmente podemos concluir de que este molino, presenta buenas ventajas como su costo bajo de construcción, su confiabilidad, garantiza una buena operación y facilidad de mantenimiento.