

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MOLIENDA DE MAÍZ  
PARA LA EMPRESA “EL GRAN POLLÓN” TACNA

**TESIS**

Presentada por:

Bach. PAUL ALBERTH CHUCUYA QUISPE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MOLIENDA DE MAÍZ  
PARA LA EMPRESA “EL GRAN POLLÓN” TACNA

Tesis sustentada por Bach. Paul Alberth Chucuya Quispe, aprobada  
el 27 de diciembre del 2017, el jurado calificador estuvo integrado por:


PRESIDENTE

  
-----  
Msc. Edgardo Teófilo Valdez Cortijo

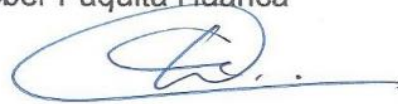
SECRETARIO

  
-----  
Ing. Victor Juan Malpartida Arrieta

VOCAL

  
-----  
Ing. Lisber Paquita Huanca

ASESOR

  
-----  
Msc. Avelino Godofredo Pari Pinto

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para vencer los obstáculos que se me han presentado y poder culminar uno de mis objetivos más anhelados.

A mis padres, quienes me han apoyado de una forma incondicional en mi vida personal y académica, a todas aquellas personas que siempre confiaron en mí y supieron darme palabras de aliento para seguir adelante.

A la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, me dio la oportunidad de formar parte de ella.

Paul Chucuya Q.

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico con mucho amor a mis padres Víctor Chucuya y Norma Quispe, quienes con su afán, sacrificio y comprensión me apoyaron día a día para llegar a la culminación de esta etapa estudiantil, siendo ellos un ejemplo de vida para mí.

A mi hermano Gustavo, quién a lo largo de todo este camino, me apoyó en los buenos y malos momentos, brindándome su compañía, apoyo y fuerzas de manera incondicional.

Paul Chucuya Q.

## **CONTENIDO**

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>iv</b>
<b>CONTENIDO</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>ix</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Formulación del problema:	2
1.2 Objetivos:	3
1.2.1 Objetivo general:	3
1.2.2 Objetivos específicos:	3

1.3 Hipótesis:	3
1.3.1 Hipótesis general:	3
1.3.2 Hipótesis específicas:	4
1.4 Justificación:	4
1.5 Limitaciones:	5
1.6 Viabilidad:	6

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes:	7
2.2 Molinos	12
2.2.1 Molinos de discos metálicos	13
2.2.2 Molino de rodillos	15
2.2.3 Molino de bolas	17
2.2.4 Molinos de martillos	18
2.3 Parámetros para la selección del molino para triturar granos de maíz.	19
2.4 Proceso de molienda	22
2.4.1 Molino de martillos	23

2.4.2	Alimentación y descarga del molino	29
2.4.3	Reducción del tamaño de partícula	30
2.5	Importancia de la granulometría del alimento en el comportamiento productivo de las aves	31
2.6	Evaluación técnica	32

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTUDIO DE MERCADO PARA EL SECTOR AVÍCOLA**

3.1	Características del maíz:	33
3.2	Parámetros de calidad	35
3.2.1	Composición	36
3.2.2	Dureza	37
3.2.3	Exigencias climáticas	38
3.2.4	Calidad del maíz para la industria	38
3.3	Maíz empleado en el alimento para aves	39
3.3.1	Maíz dentado	39
3.4	Estructura química del maíz	40
3.5	Porcentaje de humedad	41
3.6	Mercado local:	41

3.6.1	Oferta	41
3.6.2	Demanda	42
3.6.3	Precio	42
3.7	Mercado nacional:	43
3.8	Mercado mundial:	43

## **CAPÍTULO IV**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

4.1	Parámetros de diseño y selección de capacidad	45
4.2	Capacidad de molienda	45
4.3	Diseño de la herramienta de percusión	52
4.3.1	Fuerza de ruptura del grano de maíz	53
4.3.2	Cálculo de las velocidades tangenciales del martillo	54
4.3.3	Cálculo del radio de giro	58
4.3.4	Cálculo de la masa y dimensión de los martillos	62
4.3.5	Análisis de fuerzas presentes en el martillo	67
4.3.6	Cálculo del número de martillos	74
4.4	Selección de separadores de martillos	76
4.5	Diseño del eje secundario porta martillos	78

4.6	Diseño del disco porta ejes secundarios	84
4.6.1	Fuerzas presentes en los discos	85
4.7	Cálculo de la potencia del motor	89
4.7.1	Torque del motor	90
4.8	Transmisión por bandas	92
4.8.1	Relación de transmisión	93
4.8.2	Diámetro de las poleas	94
4.8.3	Longitud de la correa	95
4.8.4	Ángulo de contacto	96
4.8.5	Número de bandas	96
4.9	Diseño del eje principal	99
4.9.1	Análisis de las fuerzas en el plano Y-X	104
4.9.2	Análisis de las fuerzas en el plano Z-X	106
4.10	Determinación de las cuñas	112
4.11	Selección de rodamientos	114
4.12	Selección de los separadores de discos	118
4.13	Diseño del armazón del molino	119
4.13.1	Diseño del bastidor	120

4.13.2	Diseño de la tapa del molino	122
4.14	Diseño de la tolva de alimentación	124
4.15	Diseño del sistema de alimentación	129
4.15.1	Análisis de elementos finitos de la puerta	131
4.16	Selección de la zaranda	134
4.17	Diseño del sistema eléctrico	136
4.17.1	Selección del interruptor termo-magnético	137
4.17.2	Selección del contactor	139
4.17.3	Selección del relé térmico	140
4.17.4	Selección del conductor	141
4.17.5	Selección de accesorios eléctricos	143
4.17.6	Diseño del circuito de potencia	148

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS FINANCIERO**

5.1	Análisis de costo	149
5.1.1	Costos directos	149
5.1.2	Costos indirectos	155
5.2	Inversión de la máquina	156

5.3	Análisis de la inversión del molino de martillos aplicado a la empresa “EL GRAN POLLÓN”	157
5.3.1	Flujo de caja	158
5.3.2	Valor actual neto	163
5.3.3	Tasa interna de retorno	164
5.3.4	Periodo real de recuperación	167
5.3.5	Relación Beneficio/Costo	169

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos para el funcionamiento de un molino	13
Tabla 2. Características para la selección de un molino para el sector avícola	21
Tabla 3. Composición química de los granos de maíz	40
Tabla 4. Consumo de alimento balanceado por la empresa “EL GRAN POLLÓN”	42
Tabla 5. Tiempo de comercialización del pollo	46
Tabla 6. Conversión del pollo de carne	47
Tabla 7. Toneladas de producción en diferentes capacidades	49
Tabla 8. Longitud del sistema de trituración	103
Tabla 9. Factor del material	109
Tabla 10. Factor de tipo de esfuerzo	110
Tabla 11. Factor de confiabilidad	110
Tabla 12. Parámetros de la cuña seleccionada	113
Tabla 13. Duración recomendada para rodamientos	115
Tabla 14. Peso de los componentes internos del molino	116
Tabla 15. Coeficiente de fricción de algunos granos	125
Tabla 16. Costos de elementos del sistema mecánico	150
Tabla 17. Costos de elementos del sistema eléctrico	152

Tabla 18. Costos directos de maquinado	154
Tabla 19. Costo directo por montaje del molino	155
Tabla 20. Costos de materiales indirectos	156
Tabla 21. Inversión de la máquina	157
Tabla 22. Criterios para el análisis financiero	158
Tabla 23. Flujo de caja	162
Tabla 24. Resultados del análisis financiero	170

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Molino de discos	13
Figura 2. Molino de rodillos estriados	15
Figura 3. Molino de rodillos lisos	16
Figura 4. Molino de bolas	17
Figura 5. Molino de martillos	18
Figura 6. Molino de martillos	23
Figura 7. Composición del grano de maíz	37
Figura 8. Radio de giro del molino	58
Figura 9. Fuerza cortante en la herramienta de percusión	62
Figura 10. Geometría de la herramienta de percusión	65
Figura 11. Sección de análisis por rotura	68
Figura 12. Área sometida a tracción	71
Figura 13. Área de desgaste del martillo	73
Figura 14. Espaciadores de martillos	78
Figura 15. Fuerzas presentes en el sistema de trituración	79
Figura 16. Diagrama de fuerzas cortantes del eje secundario	81
Figura 17. Diagrama de momentos del eje secundario	81
Figura 18. Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones en el disco a 90°	86

Figura 19. Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones en el disco a $270^\circ$	86
Figura 20. Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones en el disco a $180^\circ$	87
Figura 21. Disco porta ejes secundarios	88
Figura 22. Sistema de transmisión por bandas	93
Figura 23. Fuerzas presentes en el sistema de transmisión	99
Figura 24. Fuerzas del conjunto del sistema de trituración	102
Figura 25. Fuerzas que actúan en el eje principal	103
Figura 26. Longitud del sistema de trituración	104
Figura 27. Diagrama de fuerzas cortantes del eje principal en el plano Y-X	105
Figura 28. Diagrama de momentos del eje principal en el plano Y-X	106
Figura 29. Diagrama de fuerzas cortantes del eje principal en el plano Z-X	107
Figura 30. Diagrama de momentos del eje principal en el plano Z-X	107
Figura 31. Separadores de discos	119
Figura 32. Armazón del molino de martillos	120
Figura 33. Bastidor del molino de martillos	121
Figura 34. Geometría de la tapa del molino	123
Figura 35. Ángulo de inclinación de la tolva	126

Figura 36. Geometría de la tolva	126
Figura 37. Área de la tolva en cm	127
Figura 38. Compuerta del sistema de alimentación	130
Figura 39. Fuerzas que actúan sobre la compuerta	130
Figura 40. Tensión de Von Mises la puerta regulador de flujo	132
Figura 41. Factor de seguridad de la puerta de flujo	132
Figura 42. Desplazamiento en la puerta reguladora de flujo	133
Figura 43. Ubicación de la zaranda	134
Figura 44. Zaranda	135
Figura 45. Interruptor termo-magnético	138
Figura 46. Contactor	139
Figura 47. Relé Térmico	141
Figura 48. Conductor eléctrico	143
Figura 49. Pulsador rasante	144
Figura 50. Luz piloto	146
Figura 51. Pulsador de emergencia	147
Figura 52. Circuito de potencia	148
Figura 53. Cálculo del VAN en Excel	164
Figura 54. Cálculo del TIR en Excel	166
Figura 55. Cálculo del PRI en Excel	168
Figura 56. Balanza Electrónica	171

Figura 57. Proceso de fractura del grano	171
Figura 58. Maíz fracturado	171

## RESUMEN

Este proyecto consiste en el diseño e implementación de un molino de martillos para la empresa “EL GRAN POLLÓN”, para complementar la alimentación de los pollos de carne. El molino de martillos está formado por diferentes partes como: las herramientas de percusión que son las encargadas de triturar el grano, los ejes secundarios, los discos, el árbol principal, entre otros.

Para el diseño de estos elementos mecánicos se determinaron las fuerzas a las que se encuentran sometidos. De acuerdo al principio de funcionamiento de molinos de martillos, la principal fuerza presente en el sistema es la fuerza centrífuga, la misma que se determinó en base a la velocidad angular y radio de giro del molino. El sistema de trituración es accionado por un motor eléctrico el mismo que, es controlado en forma manual desde el tablero de control. Para garantizar su correcto funcionamiento se realizó la simulación de algunos elementos críticos en el software SolidWorks, así también usando el diseño y la comprobación del correcto funcionamiento de la máquina, mediante el análisis de elementos finitos (Factor de seguridad, esfuerzos máximos de Von Mises y desplazamientos).

Así mismo en el presente proyecto se adjunta en el anexo 25, las acciones del plan de mantenimiento, teniendo como finalidad mantener la productividad y rendimiento óptimo del molino, para así poder cumplir con la demanda de la empresa.

## INTRODUCCIÓN

La molienda de maíz, es un proceso que actualmente se viene ejecutando tanto para el consumo humano y consumo animal de manera industrial, es importante añadir, que nos enfocamos en el maíz de consumo para aves (pollos de engorde), el cual tiene que reducir su tamaño en dos tipos, utilizando zarandas por el cual debe pasar los granos de maíz triturados. El término reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. Durante los procesos industriales, la reducción de tamaño de sólidos se lleva a cabo por diferentes métodos y distintos fines.

Para el diseño del sistema de molienda se siguen las recomendaciones, procedimientos y normas establecidas por diferentes instituciones. Se detallan, todos los cálculos realizados para el diseño de cada una de las partes de la máquina, haciendo referencia a manuales y catálogos de compañías extranjeras que producen los implementos y accesorios, de esta manera, se pretende que este trabajo sirva también de consulta para proyectos afines al proceso de molienda industrial del maíz.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Formulación del problema:

¿El diseño de un sistema de molienda para la empresa “EL GRAN POLLÓN” permitirá la reducción de costos en la producción de las aves?

El sistema de molienda es de gran importancia para las operaciones diarias de la empresa; es entonces que realizamos el diseño de un sistema de molienda para la empresa “EL GRAN POLLÓN”, teniendo el objetivo de reducir costos de producción de las aves, debido a que triturar el alimento para los pollos en molinos ajenos a la empresa, representa un aumento significativo económicamente.

## **1.2 Objetivos:**

### **1.2.1 Objetivo general:**

- Diseñar un sistema de molienda de maíz para la empresa “EL GRAN POLLÓN” Tacna.

### **1.2.2 Objetivos específicos:**

- Selección del molino adecuado
- Diseño del mecanismo de molienda.
- Diseño de la estructura de la máquina y disposición final de operación.

## **1.3 Hipótesis:**

### **1.3.1 Hipótesis general:**

El diseño de un sistema de molienda de maíz para la empresa “EL GRAN POLLÓN”, reducirá los valores de producción de las aves, para lo cual mediante este proyecto se desea minimizar los costos de la obtención de alimento.

### **1.3.2 Hipótesis específicas:**

- Mediante la selección del molino adecuado se satisficará la demanda de molienda de maíz para la empresa “EL GRAN POLLÓN”.
- El diseño de mecanismo de molienda nos permitirá asegurar en forma eficiente la molienda de maíz.
- Mediante el diseño de la estructura de la máquina y su correcta disposición final de operación, obtendremos el sistema molienda de maíz que la empresa “EL GRAN POLLÓN” requiere.

### **1.4 Justificación:**

Se benefician con el presente trabajo el sector avícola, los productores de grano de maíz; como también los comercializadores y consumidores de esta materia prima.

El diseño se justifica con el aporte tecnológico complementario a la empresa “EL GRAN POLLÓN”, dada la demanda existente de maíz molido, cumpliendo con los parámetros de producción y con el tonelaje demandado.

Se busca ampliar el conocimiento de los fundamentos y métodos de molienda empleados más comúnmente en la industria, así como la aplicación de dichos conceptos para la realización de diseños básicos, los cuales dependen de la dureza de los granos y de las condiciones del proceso.

Este trabajo es importante ya que el diseño del molino proporciona un equipo eficiente y seguro para el operario, son aspectos que la industria considera importantes.

### **1.5 Limitaciones:**

El diseño de este sistema de molienda para la empresa “EL GRAN POLLÓN” se llevó a cabo en la provincia de Tacna durante el año 2016-2017, el estudio de este proyecto tiene la siguiente conceptualización: trituración y molienda de los granos de maíz.

La alimentación del grano de maíz es manual por medio de una tolva que está conectada directamente a la cámara de trituración.

## **1.6 Viabilidad:**

Los estudios de mecanización para la empresa como para este sector del mercado son escasos, es entonces que se hizo un estudio de funcionabilidad, rendimiento, restricciones técnicas y teóricas que afecten la realización de este diseño.

Estimación de costos y beneficios para la rentabilidad del proyecto; Valoración económica de los recursos utilizados y de los potenciales beneficios que se deriven de la aplicación del diseño.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes:**

Tacna es una región con elevado potencial de desarrollo y cuenta para ello con tres fortalezas principales: riquezas naturales, una posición geográfica privilegiada y un elevado capital humano. Efectivamente Tacna cuenta con una variedad de granjas avícolas registradas y no registradas cuya producción permitió consolidarla como una de las regiones con mayor producción de pollo.

(INEI, 2014). “Producción de ave aumentó en 18 departamentos dentro de los cuales se encuentra Tacna con un 10,7 % un aumento significativo a nivel nacional”

Según Reyes A. (2011) el sistema de molienda de granos es uno de los procesos más importante en la producción de alimentos

balanceados para animales puesto que no toda la materia prima necesaria se encuentra a la granulometría deseada. En alimentos “Súper S” éste consta principalmente de un molino de martillos en el que se tritura maíz, soya y sorgo en diferentes tamaños. En la actualidad este sistema presenta fallas en el funcionamiento y operación, con la finalidad de mejorarlo y aumentar el ahorro económico, se planteó en este proyecto la evaluación de dicho sistema. Para ello, se estudió el desgaste de los martillos con el tiempo, y se obtuvo que un juego de martillos puede moler durante 5 meses antes de que estos lleguen a su desgaste máximo, período que pudiera ser mayor, si se ajustan ciertas condiciones operacionales en las que se trabaja.

Salas L. (2012) realizó la parte experimental en el cual se trituró cuatro cargas a diferentes tiempos y revoluciones para observar cuales son las condiciones de proceso óptimas para el diseño de nuestro molino. La simulación se hizo en el molino Kitchen Aid, modelo K5SSWH. Motor de uso rudo de 250 Watts a 120 Volts con protector térmico, color blanco. Medidas: 0,22 x 0,36 x 0,35 m. El equipo tiene una carga de 5 kg/h, consta de tres rodillos ubicados uno con respecto a otro formando un triángulo equilátero

lo que nos permite triturar al grano de forma suave y progresiva, evitando la fricción excesiva y la requema del grano, el rodillo trabajará a 21 rpm y en los dos rodillos restantes se aplicará la potencia de 7 rpm.

Clavijo O. & Cardona D. (2014) plantearon el diseño de un molino de martillos para la producción de pegamento cerámico para la empresa ragraquímicos, este proyecto se formula de la necesidad de diseñar un equipo que contribuya con el mejoramiento del producto, la cual requiere un proceso específico de reducción de tamaño, que para este caso en particular se dará por impacto. Es por ello que se plantea como solución el diseño de un molino de martillos con todas las especificaciones requeridas por la empresa, permitiendo con la inclusión de este equipo un mejoramiento en la línea de producción del pegamento y así el producto sea más competitivo a nivel local y departamental.

(Cuadrado Moncayo & Rueda Castillo, 2009). Dentro del sector alimenticio, el harinero ha sido uno de los más golpeados, debido principalmente a encarecimiento del costo final de su producto. Las empresas que han sobrevivido a la crisis, se han

visto en la necesidad de volverse competitivos, cambiando sus antiguos modelos de producción y tecnologías rudimentarias en procesos más sofisticados y eficientes. Esta tesis diseño e implementó un método barato y a la vez más eficiente para la producción de harina, esto se hizo mediante la implementación de un molino de martillos. Este nuevo proceso, reduce costos y tiempos de producción, para de esta manera volverse más competitivos, acaparar un mayor segmento del mercado y además, contribuir con el desarrollo de la industria ecuatoriana.

De acuerdo al trabajo elaborado por Pavón c. (2013) este proyecto se inicia con el estudio de la zona territorial para el cual fue destinado, la provincia de Bolívar. Se produce con el estudio geográfico, así como los recursos agrarios existentes en la misma, que se seleccione la gama de granos secos a ser destinados para el molino; posteriormente se realiza un análisis de los granos escogidos, su naturaleza, sus propiedades físicas, fuerza de trituración, ciclos de cultivo y cosecha además de los beneficios alimenticios de los mismos.

(Zempoaltecatl Piedras, 2013). Debido al interés para producir el molino de algunos granos a menor precio, donde no se vea afectado en estos, el incremento en los insumos de trabajo (energía eléctrica, gasolina, diésel), o por lo menos no haya un incremento considerable en los precios de producción para este proceso, se diseña la transmisión flexible, para poder trabajar el molino de martillos con un motor de combustión interna.

Quitiaquez S. & Reina Y. (2013) nos manifiesta que una maquinaria verificable para este fin es el molino, ya que el objetivo principal que se presenta y se quiere llevar a cabo en este trabajo de investigación es la del diseño y construcción del mismo. El diseño de la maquinaria apropiada para la extracción del aceite de chonta, parte de la selección correcta de una de las alternativas que se tienen planteadas, empleando criterios de ingeniería para su correcto diseño y construcción.

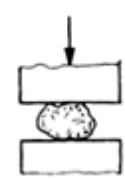
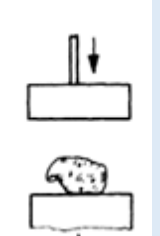


De acuerdo al trabajo elaborado por (Niño de Guzman Ospina, 2006) “Diseño de un molino de martillo de doble eje” se realiza con la finalidad de utilizar esta máquina, para la desintegración y reducción del tamaño de agregados de partículas

blandas débilmente ligadas entre sí. Es decir, que no se produce ningún cambio en el tamaño de las partículas fundamentales de la mezcla, está desarrollado en base a una necesidad surgida para la molienda de granos.

## **2.2 Molinos**

Los molinos son equipos mecánicos diseñados para la reducción de sólidos que requieren un determinado tamaño, forma, área superficial, uniformidad y cantidad, ya sea de alimentos o materiales, además que al reducirse el tamaño se facilita su manipulación y almacenamiento. Los molinos se utilizan en diferentes campos como en la minería, agricultura entre otros. Los molinos utilizan diferentes métodos para su funcionamiento, como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** *Métodos para el funcionamiento de un molino*

PRESIÓN	IMPACTO O PERCUCIÓN	FRICCIÓN	ESCISIÓN
			

Fuente: Fundamentos de tecnología química, Vollrath hopp

### 2.2.1 Molinos de discos metálicos



Figura 1. Molino de discos  
Fuente: [www.acemo.com](http://www.acemo.com)

Son similares a los de piedras, pudiendo ser así mismo de eje horizontal o de eje vertical. Están formados por unos discos estriados o provistos de dientes como se observa en la figura 1, cuyo diámetro varía de 20 a 25 cm y su velocidad de giro es de 500 a 800 rpm. Uno de los discos esta fijo y el otro gira, pudiendo regularse la distancia entre los mismos. Su capacidad varía entre 10 y 200 kg/h.

**Principales ventajas:**

- Bajo costo inicial.
- Uniformidad del material molido.
- Requerimiento de potencias bajas.

**Desventajas:**

- Corta vida de los discos.
- Para molienda fina requiere potencia relativamente alta.
- Daño que sufren los platos cuando funciona vacío.

## 2.2.2 Molino de rodillos

### Molino de rodillos estriados

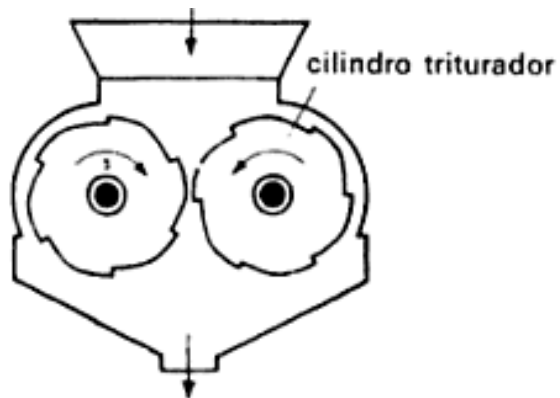


Figura 2. Molino de rodillos estriados

Fuente: <http://es.slideshare.net/BessyCaroiz/molinos-de-rodillos>

Están conformados por dos cilindros rugosos como se ve en la figura 2, el diámetro de los cilindros es de 15 a 25 cm y el ancho de 20 a 35 cm, según el rendimiento de molienda que se desee.

## Molino de rodillos lisos

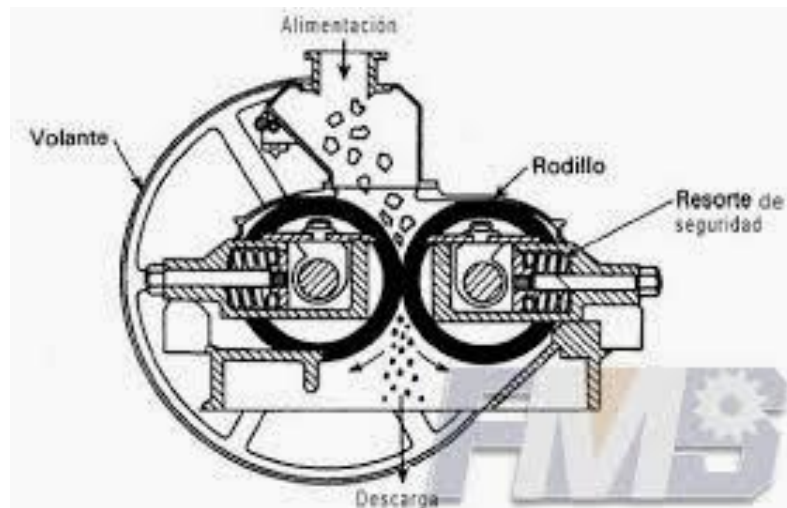


Figura 3. Molino de rodillos lisos

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/index.html>

Está formado por dos cilindros lisos como se ve en la figura 3 y se utiliza para aplastar avena. El funcionamiento se basa en que uno de los rodillos es accionado, y el otro gira libremente, haciendo que ambos cilindros marchen a la misma velocidad, la avena aplastada evita el rozamiento de los cilindros, el diámetro de los cilindros es de 15 a 40 cm. Son molinos cada vez menos utilizados porque se limita a aplastar avena y su rendimiento es bajo, del orden de 300 a 500 kg/h.

### 2.2.3 Molino de bolas

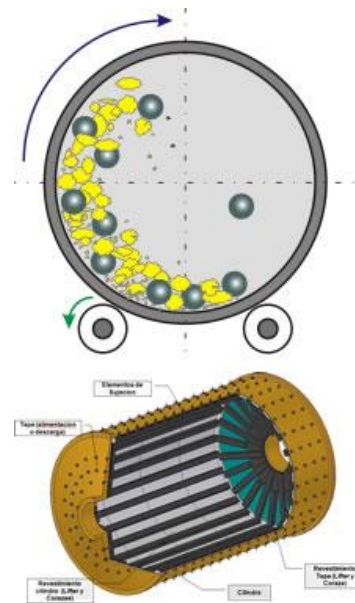


Figura 4. Molino de bolas  
Fuente: <http://www.irpc.com.com>

El molino de bolas es una carcasa cilíndrica que gira sobre su propio eje, esta envoltura se encuentra llena aproximadamente hasta la mitad de bolas de acero de diferentes tamaños, las bolas de acero son el medio de molienda. Este equipo es ampliamente utilizado en los siguientes campos: cemento, productos de silicato, materiales de construcción, materiales a prueba de fuego, fertilizante, metal negro y de color, cerámica y vidrio. Puede usarse para triturar de forma seca o húmeda.

## 2.2.4 Molinos de martillos

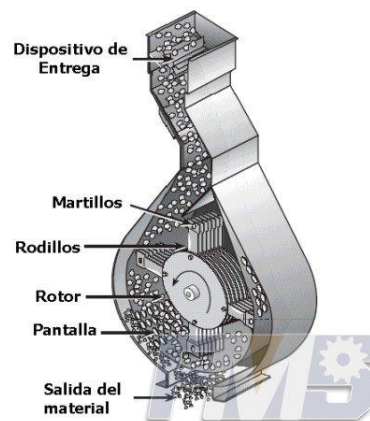


Figura 5. Molino de martillos

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/index.html>

Son los más polivalentes y muy utilizados, el material o producto se desmenuza por percusión, es decir, la ruptura del grano se consigue al chocar los martillos contra los granos que producen en primer lugar la deformación plástica del grano seguidamente se produce la ruptura por estallido, la trituración continua hasta que las partículas son capaces de atravesar los orificios de una zaranda.

### Ventajas:

- Construcción simple.
- Bajo costo de los repuestos.

- Disponibilidad de una amplia gama de tamaños.
- Larga duración de los martillos.
- Su eficiencia no se reduce mientras se encuentra en funcionamiento.
- Fácil mantenimiento.

**Desventajas:**

- No produce una molienda uniforme.
- Elevadas temperaturas en la cámara de molienda.

**2.3 Parámetros para la selección del molino para triturar granos de maíz.**

Para la selección adecuada de un molino para triturar granos es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- **Aplicación del molino:** Se puede tener diferentes aplicaciones al triturar grano como: alimentación de animales, producción de harina, entre otras. En este caso la aplicación del molino es triturar los granos de maíz para la alimentación de aves.

- **Grosor de las partículas finales que se desea alcanzar:** En el caso de la alimentación de los pollos, el grosor de las partículas que se desea obtener en el proceso de trituración es una característica importante, ya que en las primeras semanas de las aves se necesita grano partido más fino que en las semanas posteriores, por lo tanto, es importante la selección de un molino que permita obtener diferente grosor del producto final.
  
- **Homogeneidad de las partículas finales que se desea alcanzar:** La alimentación de aves no requiere de una estricta homogeneidad de las partículas, debido a que el objetivo principal de la trituración es proporcionarle al pollo el ahorro de energía mecánica en triturar el mismo, el alimento y menos energía química en la digestión.

En la siguiente tabla se describen algunas características que permiten determinar que el molino de martillos es el más adecuado para el proceso de trituración de granos de maíz aplicado en granjas avícolas.

**Tabla 2.** Características para la selección de un molino para el sector avícola

Tipos de Molinos	Características
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Molino de Discos</b></li> </ul>	<p>Corta vida de elementos de trituración (discos).</p> <p>Capacidad en Kg/h limitada</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Molino de Rodillos</b></li> </ul>	<p>Adecuado para procesos de trituración y molienda, eficiente pero necesita de dos o más etapas de rodillos lo que incrementa su costo inicial.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Molino de Bolas</b></li> </ul>	<p>Por su robustez exclusivo para minería</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Molino de Martillos</b></li> </ul>	<p>Adecuado para procesos de trituración y molienda de granos, fácil mantenimiento, larga vida de los elementos de trituración (martillos), gran variedad de grosor del producto final y menor costo inicial que los molinos de rodillos.</p>

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>

## 2.4 Proceso de molienda

(Reyes Acevedo, 2011). Un molino ideal debiera tener una gran capacidad, requerir poco consumo de energía por unidad de producto y dar lugar a un producto de un único tamaño, o distribución de tamaños, que se desee, pero una unidad real no da lugar a un producto uniforme, con independencia de que la alimentación sea o no de tamaño uniforme. El producto siempre consta de una mezcla de partículas, con tamaño variable desde un máximo definido hasta un mínimo submicroscópico. Algunas máquinas, están diseñadas para controlar el tamaño de las partículas más grandes en sus productos, pero en cambio las más finas no están bajo control. Si la alimentación es homogénea, tanto por lo que se refiere al tamaño de las partículas como a su estructura física y química, las formas de las distintas partículas de los productos pueden ser bastante uniformes; en caso contrario, las proporciones de los granos en los distintos tamaños de un solo producto pueden variar considerablemente.

(L. McCabe, C. Smith, & Harriott, 2005). Las capacidades de las máquinas de desintegración dependen de los distintos tipos

de equipos. Sin embargo, los aspectos fundamentales de la forma y tamaño del producto, así como en consumo de energía, son comunes a la mayor parte de las máquinas y se pueden considerar de una forma más general.

#### 2.4.1 Molino de martillos



Figura 6. Molino de martillos  
Fuente: <http://maquinariapulvex.com/default.html>

(Reyes Acevedo, 2011) Manifiesta que “El molino de martillos consiste de un rotor horizontal o vertical unido a martillos fijos o pivotantes encajados en una carcasa cilíndrica. Los martillos pueden ser barras rectas de metal con los extremos planos o alargados, o bien afilados para formar un borde cortante. En la parte inferior están dotados de un tamiz o malla, fijo o intercambiable (ver figura 6).

Puede operar a más de 1000 rpm haciendo que casi todos los materiales se comporten como frágiles. Los martillos obtusos se utilizan para materiales cristalinos y frágiles, mientras que los afilados se usan para materiales fibrosos.” (Como se cita en Inicolsa, 2010).

(L. McCabe, C. Smith, & Harriott, 2005). La operación consiste en que el rotor gira a alta velocidad en el interior de la carcasa; la alimentación entra por la parte superior de la carcasa, se trocea y cae a través de una abertura situada en el fondo. Las partículas son rotas por los martillos giratorios, una partícula que entra en la zona de molienda no puede salir sin ser golpeada por los martillos, se rompe en pedazos, se proyecta contra la placa estacionaria situada dentro de la carcasa rompiéndose todavía en fragmentos más pequeños, éstas a su vez son pulverizadas por los martillos y son impulsadas a través de la rejilla o tamíz que cubre la abertura de descarga.

## **Diferentes posibilidades de alimentación**

(Reyes Acevedo, 2011) La entrada radial se ha convertido en el estándar establecido para plantas modernas. Con este diseño, el material que circula en la cámara de molienda se desvía fuera de la zona de entrada por medio de un colgajo de desviación. La gran ventaja de este diseño es su bajo mantenimiento, es decir, los dos martillos que están en el borde se pueden bajar antes de que sea necesario realizar cualquier mantenimiento mecánico. El desgaste en las mallas es más uniforme, gracias al hecho de que el rotor puede funcionar en ambas direcciones, dando como resultado que la distribución de tamaño de partículas sea más uniforme en toda la zona de desgaste.

## **Martillos**

(Niño de Guzman Ospina, 2006) Los martillos se encargan de pulverizar el material y forzarlo a pasar a través de las mallas. Se diseñan para ser usados de una manera controlada durante su vida útil y pueden funcionar a óptimas

condiciones hasta cierto punto. Para alcanzar los niveles de producción es necesario mantener un filo agudo en la extremidad del martillo, ya que esto le permite romper mejor el producto, para saber si se mantiene agudo se debe verificar periódicamente si hay desgaste en ellos. El revestimiento en el extremo del martillo debe ser duro y ha de diseñarse cuidadosamente para mantener el filo por un período extendido, incluso en los usos más abrasivos. Se le debe dar vuelta a la rotación del molino o cambiar los martillos cuando sus extremos se hayan redondeado demasiado, siendo el desgaste máximo que deberían alcanzar estos,  $1/3$  de la longitud de los mismos, puesto que si el desgaste es excesivo el martillo pierde su capacidad de cortar el producto y comienza a rodar por encima del alimento en vez de impactarlo contra la malla, lo que puede disminuir la eficiencia del martillo hasta un 30 % dependiendo del producto, también acelera el desgaste de las mallas, y puede promover desgastes en el perno del martillo cuando comienza a oscilar hacia adelante y hacia atrás ensanchando además los agujeros del martillo.

## **Ajustes de flujo de aire**

(Reyes Acevedo, 2011). La mayoría de los molinos de martillo poseen ventanillas en las puertas laterales para la aspiración de aire. El propósito de estos puertos es permitir que una pequeña cantidad de aire atraviese la abertura en cada puerta (cuando el molino está bajo presión negativa) para lograr la succión necesaria en el equipo, airear el tope del molino y facilitar la descarga y el desempolvamiento del mismo.

La marca “Champion” recomienda que para lograr un buen flujo de aire en el modelo tradicional de molinos de martillo la puerta debe estar abierta entre 6,35 y 9,52 mm (1/4 y 3/8 in). Mientras que en el modelo de la serie HM, el boquete en la puerta para la aspiración debe estar entre 9,52 y 23,81 mm (1/4 y 15/16 in). Se pueden abrir un poco más o un poco menos del valor referido, siempre y cuando se consigan las condiciones operacionales deseadas para el molino.

## **Mallas o zarandas**

(Cuadrado Moncayo & Rueda Castillo, 2009) Las perforaciones en las mallas, la posición de los martillos y la cantidad de flujo de material en el molino determinan el tamaño de la partícula. Un cambio en el tamaño de la perforación de las mallas es la manera más rápida de obtener otro tamaño de partícula. Mientras más pequeña es la perforación en la zaranda más pequeño será el producto final y mientras más grande es la perforación más grande será el producto final.

(Reyes Acevedo, 2011) Las mallas pueden taparse si el flujo de aire es inadecuado y/o el producto es pegajoso. Cuando esto suceda la zaranda tendrá que ser retirada para su limpieza. Además, se debe verificar si hay muestras de desgaste en ellas. Cuando están nuevas, puede sentirse el filo de los agujeros perforados por uno de sus lados, es importante que la malla se coloque de este lado ya que este borde ayuda a promover un movimiento eficiente del material en el área de molienda y una mejor descarga. Cuando los

bordes de estos agujeros se gastan y la superficie es lisa al tacto, el producto saltará sobre el agujero y los martillos giraran alrededor de material. Esto ocasiona que la descarga del producto disminuya ya que se corta capacidad de salida mientras que se mantiene una carga plena en el molino.

#### **2.4.2 Alimentación y descarga del molino**

(Reyes Acevedo, 2011). Para evitar la acumulación en un molino continuo es necesario que la velocidad de descarga sea igual a la velocidad de alimentación. Además, la velocidad de descarga ha de ser tal que las partes activas del molino puedan actuar sobre el material de la mejor manera. La máquina está generalmente diseñada para operar de tal forma que las partículas trituradas puedan salir fácilmente, posiblemente llevando algunas partículas grandes.

### **2.4.3 Reducción del tamaño de partícula**

(Salas Lara, 2012). Una disminución del tamaño de la partícula de una masa dada del sólido producto conduce a un aumento en la superficie del sólido, aumento en superficie que sirve de ayuda en muchos procesos de velocidad.

#### **Criterios de desintegración mecánica**

La desintegración mecánica es un término genérico de reducción de tamaño; los molinos y los trituradores son tipos de equipos de desintegración. Un triturador o un molino ideal debería:

- Tener una gran capacidad
- Requerir poco consumo de energía por unidad de producto
- Formar un producto de un tamaño único o distribución de tamaños que se desee.

## **2.5 Importancia de la granulometría del alimento en el comportamiento productivo de las aves**

(Reyes Acevedo, 2011). El tamaño grueso de partícula de la molienda de maíz provoca efectos benéficos en el comportamiento productivo del pollo según Jones y Taylor (2001). La alimentación con partículas gruesas está asociada con un buen desarrollo intestinal, mejorando la función de la molleja y reduciendo problemas pro ventriculares.

(Tanner & Uzwill, 2006) La granulometría del alimento es determinante en la digestión del animal una vez ingerido por este. Los requerimientos en cuanto al tamaño de las partículas de un alimento van a depender de la edad del pollo, ya que en sus primeras semanas necesita grano de maíz partido más fino que en las semanas posteriores, debido a que el objetivo principal de la trituración es proporcionarle al pollo el ahorro de energía mecánica en triturar el mismo el alimento y menos energía química en la digestión.

## 2.6 Evaluación técnica

Tendremos en cuenta lo siguiente:

- **Capacidad:** debe ser óptima, dependiendo de la velocidad con que sale el grano molido.
- **Mantenimiento:** Para obtener un mayor margen de vida útil de la máquina, se debe poder dar mantenimiento de la manera más sencilla posible, esto implica que los repuestos deben ser fáciles de encontrar, no deben ser costosos, por lo tanto, deben ser normalizados.
- **Seguridad:** Se debe tratar que el operario no ingrese sus manos en las partes de la máquina donde exista riesgo de corte o mutilación de las manos del operario.
- **Ergonomía:** La máquina debe contar con un diseño de tal manera que mejore la eficiencia del operador.
- **Costos:** Minimizar los costos al máximo sin perjudicar la calidad y eficiencia deseadas.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO DE MERCADO PARA EL SECTOR AVÍCOLA**

#### **3.1 Características del maíz:**

El maíz, llamado “sara” en quechua y “toncko” en aimara, es originario de América (Bolivia, Perú y México), desarrollando en zonas de clima templado y tropical, especialmente por los valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija.

Se caracteriza por ser planta herbácea, de 2 a 3 metros de alto, anual (vive medio año); raíz fibrosa (suele tener raíces adventicias); tallo blando, cilíndrico, nudoso; hojas envainadoras, alternas, lanceoladas y rectinerviadas; el maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta; fruto distribuido en varias hileras de granos en mazorca alrededor del marlo (elote) y envuelto en tusas llamadas chala o carampo; las semillas son los mismos granos que tienen

forma aplastada y angulosa de 1 a 2 centímetros de largo y que, según las variedades, pesan hasta un gramo.

Las civilizaciones de los habitantes en este territorio que más aportaron a la diferenciación de las razas actuales de maíz fueron aquellas de los pobladores Aymaras en el oeste, los Saucos en el centro y los Yamparas en el sur. En particular los Aymaras realizaron la adaptación de los maíces en el altiplano del lago Titicaca (3500 - 3800 metros sobre el nivel del mar), caracterizado por el clima frío, árido y sujeto a fuertes vientos, lo que podría haber favorecido la selección de las variedades de maíz del complejo rural Valle alto. Las regiones de cultivo del maíz son:

- Trópico bajo (200 - 900 msnm)
- Sub-trópico (1000 - 1600 msnm)
- Chaco sub-andino (200 - 1500 msnm)
- Laderas y valles interandinos (1700 - 3000 msnm, y en las orillas del lago Titicaca hasta 3800 msnm)

La mayoría del maíz cosechado por debajo de los 1000 msnm, producido en régimen de agricultura empresarial, se destina a la producción de alimentos para el ganado.

El maíz ha pasado de la sierra peruana a aquella boliviana alrededor del 3000 a. c., al principio quedando marginal en la dieta de los moradores andinos.

### **3.2 Parámetros de calidad**

La calidad del grano de maíz está asociada tanto con su constitución física, que determina la textura y dureza, como con su composición química, que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. La importancia relativa de estas características resulta del destino de la producción. Los mercados son cada vez más exigentes y se interesan por el contenido de proteínas, aminoácidos, almidón, aceites y demás componentes, y paulatinamente se reduce la tolerancia a sustancias contaminantes. Para las industrias que emplean grano de maíz, su calidad y propiedades tecnológicas son una preocupación

fundamental. Se requieren granos sanos, limpios, uniformes de tamaño, textura y color.

### **3.2.1 Composición**

El grano maduro está compuesto por 3 partes principales:

- **Pericarpio:**

Capa exterior de cubierta protectora, dura y fibrosa, que encierra al grano. Está formada principalmente por fibra cruda aproximadamente en un 87 % y en el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias.

- **Endosperma:**

Es la parte más importante del grano, está constituida por almidón, proteínas y gluten y funciona como fuente de energía para la planta en su desarrollo.

- **Germen:**

Se encuentra en el extremo más bajo del grano, ocupa del 9 al 12 % del volumen total del grano y posee dos partes destacables, el eje embrionario (planta nueva) y el escutelo (constituye una gran reserva de alimentos).

### 3.2.2 Dureza

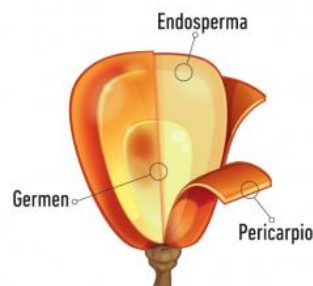


Figura 7. Composición del grano de maíz  
Fuente: <http://maquinariapulvex.com/default.html>

La dureza del grano es la resistencia que posee a la acción mecánica o al quebrado durante la cosecha y la post cosecha. Esa resistencia, que determina la calidad que posee el grano para su uso y conservación. Tanto mayor será la dureza del grano, cuanto mayor sea la proporción de endosperma córneo que lo componga.

### **3.2.3 Exigencias climáticas**

El maíz requiere una temperatura de 289,15 a 303,15 K (25 a 30 °C). Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 288,15 a 293,15 K (15 a 20 °C).

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 281,15 K (8 °C) y a partir de los 303,15 K (30 °C) pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua.

### **3.2.4 Calidad del maíz para la industria**

Para la industria de la molienda seca se necesitan granos de maíces duros, ya que en esta industria importan la dureza del endosperma y la relación de tamaños de partícula que resulta de la molienda. La calidad exigida

fundamentalmente en el rendimiento en grandes proporciones de fracciones gruesas, inclinándose por el tipo colorado duro.

### **3.3 Maíz empleado en el alimento para aves**

#### **3.3.1 Maíz dentado**

En términos generales, el maíz dentado es el tipo de maíz cultivado más comúnmente para grano y ensilaje. El endosperma del maíz dentado tiene más almidón blando que los tipos duros y el almidón duro está limitado solo a los lados del grano. Los maíces de granos dentados tienen una mayor profundidad de inserción en el elote y tienden a tener a ser más difíciles de trillar que los maíces duros. El maíz dentado es generalmente de mayor rendimiento que otros tipos de maíces, pero tiende a ser más susceptible a hongos e insectos en el campo y en el almacenamiento y demora más en secar que los maíces de granos de endosperma duro.

Muchos de los maíces dentados cultivados tienen granos de color blanco, preferidos para el consumo humano

o tienen granos amarillos, los cuales son preferidos para alimento animal. Ambos tipos son importantes para alimento animal y para usos industriales.

### 3.4 Estructura química del maíz

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química:

**Tabla 3.** *Composición química de los granos de maíz*

<b>Componente químico</b>	<b>Pericarpio</b>	<b>Endosperma</b>	<b>Germen</b>
<b>Proteínas</b>	3,7 %	8,0 %	18,4 %
<b>Extracto etéreo</b>	1,0 %	0,8 %	33,2 %
<b>Fibra cruda</b>	86,7 %	2,7 %	8,8 %
<b>Cenizas</b>	0,8 %	0,3 %	10,5 %
<b>Almidón</b>	7,3 %	87,6 %	8,3 %
<b>Azúcar</b>	0,34 %	0,62 %	10,8 %

Fuente: Watson, 2010

### **3.5 Porcentaje de humedad**

La alta humedad disminuye la densidad e incrementa el tiempo de molienda. Los niveles de humedad tienen un gran efecto sobre el rompimiento del grano de maíz; ya que, a mayor humedad, la susceptibilidad al rompimiento es menor.

### **3.6 Mercado local:**

#### **3.6.1 Oferta**

Las molineras que existen en la ciudad de Tacna son muy escasas de tal modo que no cubre la gran demanda que solicita la empresa “EL GRAN POLLÓN” debido a un gran incremento en su producción a la fecha.

### 3.6.2 Demanda

**Tabla 4.** Consumo de alimento balanceado por la empresa “EL GRAN POLLÓN”

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Consumo (t/año)</b>	72	114	558	702	750	822	1 068

Fuente: Elaboración propia

La demanda de alimento balanceado, por la empresa “EL GRAN POLLÓN” tiene un incremento considerable conforme han pasado los años como se observa en la tabla 4, y con miras a futuro la empresa considera su ampliación por lo que aumentara el consumo del maíz molido notablemente.

### 3.6.3 Precio

El saco de maíz entero (50kg) S/.65,00

El saco de maíz molido (50kg) S/. 67,00

### **3.7 Mercado nacional:**

El sector avícola peruano, con una producción de 44 millones de pollos de engorde al mes, es el principal usuario de maíz amarillo dado que supone un 68 % de los alimentos balanceados para pollos. Se estima el consumo de maíz amarillo en 3,5 millones de Toneladas durante el año bursátil 2013. La producción de maíz amarillo de Perú ha ido aumentando durante los últimos cinco años. (Avicola, 2013)

### **3.8 Mercado mundial:**

México se convertirá en el mayor importador de carne de pollo del mundo el próximo año y también será el más grande importador global de maíz en el 2024, de acuerdo con proyecciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

El aumento de las importaciones mexicanas de maíz es una sexta parte del crecimiento global del comercio de granos en la próxima década. “Esto refleja el aumento del consumo de carne, el

cual estimula una expansión en la producción doméstica de granos y de importaciones de los mismos”, precisó.

Según las proyecciones del gobierno estadounidense, en el ciclo 2014-2015 México será el segundo importador mundial de maíz, desplazando a la Unión Europea, y en el ciclo 2024 - 2025 igualará a las importaciones de Japón, empatados ambos en el primer lugar global. Las importaciones mexicanas pasarán así de 11,4 a 15 millones de toneladas. (Economista, 2015).

## **CAPÍTULO IV**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **4.1 Parámetros de diseño y selección de capacidad**

Teniendo ya establecida el tipo de máquina a diseñar, un molino de martillos, se procede a conocer sus virtudes y defectos de manera que los mismos puedan ser solventes ya sea parcial o totalmente a un bajo costo.

#### **4.2 Capacidad de molienda**

La capacidad de molienda es el primer aspecto a considerar en el diseño, para lo cual es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Tiempo de comercialización del ave**

El tiempo de comercialización del ave depende del tipo de pollo, como se ve en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** *Tiempo de comercialización del pollo*

<b>TIPO DE POLLO</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Parrillero</b>	<b>Carne</b>
<b>Origen Genético</b>	Rápido Crecimiento	Rápido Crecimiento
<b>Edad de Faena (días)</b>	40 - 45	45 - 50
<b>Peso Vivo (kg)</b>	1,80 - 2,10	2,10 - 3,20

Fuente: “EL GRAN POLLÓN”.

- **Cantidad de alimento que demanda la granja avícola “EL GRAN POLLÓN”**

Según la tabla 5, hasta el día 49 es el tiempo adecuado para la comercialización de los pollos de carne.

La conversión alimenticia del pollo es de 2:1 es decir, el pollo come 2 kg de alimento y gana 1 kg de peso.

**Tabla 6.** *Conversión del pollo de carne*

<b>Semana</b>	<b>Consumo (g)</b>	<b>Ganancia de peso (g)</b>
<b>1</b>	35	167
<b>2</b>	63	429
<b>3</b>	90	820
<b>4</b>	118	1318
<b>5</b>	138	1882
<b>6</b>	161	2474
<b>7</b>	179	3052

Fuente: “EL GRAN POLLÓN”.

Por cada pollo de carne se necesita aproximadamente 6,00 Kg en 49 días. Se selecciona para el caso más crítico 6,30 Kg.

$$\text{Consumo de alimento por pollo} = 6,3 \text{ Kg} * \frac{1 \text{ t}}{1000 \text{ Kg}}$$

$$\text{Consumo de alimento por pollo} = 0,0063 \frac{\text{t}}{49 \text{ días}}$$

Para la granja el “GRAN POLLÓN” de 10 000 pollos de carne se necesitan aproximadamente 63 toneladas de alimento (63 000 Kg) en 49 días.

Tomando en cuenta que el promedio de maíz molido es de 586,63 Kg. Siendo el 58,6 % en una tonelada de alimento balanceado, entonces:

$$\text{Total de maiz a utilizar} = 0,586 t * 63 t$$

$$\text{Total de maiz a utilizar} = 36,92 \frac{t}{49 \text{ dias}}$$

Ahora tomamos en cuenta el planeamiento semanal ver (anexo 1) al cual está sometido la empresa, tomando el consumo de alimento en el pico más alto que mensualmente está llegando así a las 240 toneladas al mes; de modo que estamos hablando de 140,64 toneladas mensuales de maíz molido.

- **Producción en diferentes capacidades**

Una vez establecida la cantidad del alimento que se necesita, es importante tomar en cuenta el tiempo que el usuario destina para la trituración del alimento, para tales casos basándonos en las diferentes posibles capacidades de la máquina obtenemos la siguiente tabla.

**Tabla 7.** *Toneladas de producción en diferentes capacidades*

<b>Capacidad de la Máquina (t/h)</b>	<b>Nº de horas trabajadas al día</b>	<b>Días trabajados al mes</b>	<b>Toneladas al mes</b>
1	6	26	156
1,5	6	26	234
2	6	26	312
3	6	26	468
4	6	26	624
5	6	26	780
6	6	26	936

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta el peor escenario y con miras a un crecimiento de la granja avícola, se establece la capacidad del molino de 2 toneladas por hora.

- **Capacidad de molienda:**

La capacidad de molienda es el primer parámetro que se requiere para el diseño del molino. Este valor (lo determinamos anteriormente realizando un análisis de producción de la empresa “EL GRAN POLLÓN”), es de 2 toneladas por hora, es decir, se necesita moler 2 000 Kg/h para cumplir la demanda que tiene en la actualidad la empresa.

partimos de la siguiente conversión de unidades, obteniendo aproximadamente cuantos granos se deberían triturar por minuto para cumplir la capacidad requerida, si se tiene:

$$2\,000 \frac{Kg}{h} * \frac{1\,000\,g}{1\,Kg} * \frac{1\,grano}{0,4095\,g} * \frac{1\,h}{60\,min} = 81\,400 \frac{granos}{min}$$

Como se puede observar, la cifra obtenida anteriormente es muy alta. Considerando que el valor recomendado para la velocidad angular de un molino de martillos (especificaciones y recomendaciones de productores americanos y brasileños), oscila entre las 3 000 y 3 500 (r.p.m.), por tanto, no es necesario trabajar al límite de revoluciones, se considera el valor intermedio de 3 250 (r.p.m.).

Si se divide el número de granos por minuto que se deberá triturar, para las 3 250 (r.p.m.) escogidas, se obtiene aproximadamente el número de granos que se deberán partir por cada revolución.

$$\frac{81\,400 \frac{\text{granos}}{\text{min}}}{3\,250(\text{r.p.m.})} = 25 \frac{\text{granos}}{\text{rev}}$$

### **4.3 Diseño de la herramienta de percusión**

El diseño de los martillos es un aspecto fundamental, ya que estos son los encargados de producir la fractura del grano para así obtener la acción de molienda. Dado que la acción del martillo sobre el grano se da de forma frontal, la primera consideración de diseño es que el martillo sea de mayor dimensión a los granos de maíz.

El choque entre el grano de maíz y el martillo cuando está girando es mayormente de forma frontal. De esta manera podemos obtener la primera consideración de diseño, el espesor del martillo debe ser igual o mayor al espesor del grano, los mismos que tienen un ancho promedio de 4 mm, por lo tanto, se puede establecer el espesor en base al ancho del grano.

#### 4.3.1 Fuerza de ruptura del grano de maíz

Para obtener la fuerza necesaria de ruptura, mediante un experimento muy utilizado en el campo alimenticio, que consiste en dejar caer un objeto con un peso específico hasta que dicho peso por acción de la energía potencial produzca la ruptura del grano, ver anexo 2, de tal forma que se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

$$E_{ruptura} = m_m * g * h \quad [1]$$

Donde:

$m_m$ : Masa del objeto metálico (500 g)

$g$ : Gravedad ( $9,81 \frac{m}{s^2}$ )

$h$ : Altura (4,5 cm)

$$E_{ruptura} = 0,5 \text{ Kg} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,045 \text{ m}$$

$$E_{ruptura} = 0,22 \text{ Nm}$$

#### 4.3.2 Cálculo de las velocidades tangenciales del martillo

Al momento de generar la rotación de los martillos, se puede traducir dicha acción a la similitud de la caída de un objeto (en este caso un objeto metálico), a una altura determinada tal y como se expresó en la ecuación 1, sin embargo, dicha rotación crea movimiento y por lo tanto energía cinética que es expresada en la ecuación 2.

$$E_c = \frac{1}{2} * m_g * V_t^2 \quad [2]$$

Donde:

$E_c$ : Energía del maíz

$m_g$ : Masa del grano de maíz

$V_t$ : Velocidad del martillo

La ecuación 2, se traduce como la energía del grano al momento del impacto con el martillo.

Si igualamos la ecuación 1 y 2 obtenemos:

$$m_m * g * h = \frac{1}{2} * m_g * V_t^2$$

Despejando la velocidad de esta expresión obtenemos la ecuación 3:

$$V_t = \sqrt{\frac{m_m * g * h}{\frac{1}{2} * m_g}} \quad [3]$$

$$V_t = \sqrt{\frac{500 \text{ g} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,045 \text{ m}}{\frac{1}{2} * 0,4095 \text{ g}}}$$

$$V_t = 32,83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad obtenida es la velocidad tangencial del martillo, que la llamaremos  $V_v$  (velocidad al vacío o sin carga).

En la molienda, cuando el grano de maíz choca con el martillo se produce una disminución en la velocidad del

mismo, por lo que existe una velocidad que será menor a la velocidad de vacío que se llamara  $V_c$  (velocidad con carga).

Para el cálculo de  $V_c$ , se considera a los martillos, discos, ejes y demás componentes, como un solo cuerpo que gira, a esto se lo conoce como volante, en proyectos donde se usa volantes se considera un coeficiente de fluctuación, definido en la ecuación 4.

$$C_s = \frac{V_v * V_c}{V} \quad [4]$$

Donde:

$V_v$ : Velocidad al vacío o sin carga

$V_c$ : Velocidad con carga

$V$ : Velocidad tangencial del volante (tomada como la velocidad tangencial media)

$$V = \frac{V_v * V_c}{2} \quad [5]$$

Si reemplazamos la ecuación 5 en la ecuación 4, así mismo despejamos  $V_c$ , obteniendo la ecuación 6.

$$V_c = -V_v * \frac{C_s - 2}{C_s + 2} \quad [6]$$

El valor de  $C_s$ , para molinos de harina es de 0,02, ver anexo 3, reemplazando este valor en la ecuación 6 obtenemos.

$$V_c = -32,83 \frac{m}{s} * \frac{0,02 - 2}{0,02 + 2}$$
$$V_c = 32,18 \frac{m}{s}$$

Como  $V_c$  es menor a  $V_v$ , existe una cesión de potencia por parte del volante al grano, lo que significa que el sistema cede energía.

Con el dato obtenido podemos calcular la velocidad angular con carga mediante la siguiente ecuación.

$$\omega_c = \frac{V_c}{R_g} \quad [7]$$

De esta relación se deduce el radio de giro, que es necesario para obtener la velocidad angular que tiene el martillo.

### 4.3.3 Cálculo del radio de giro

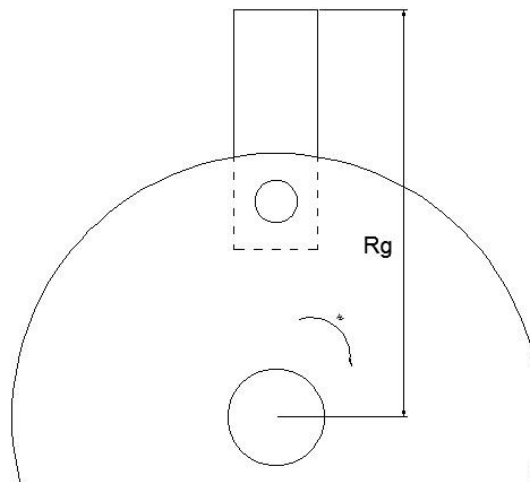


Figura 8. Radio de giro del molino  
Fuente: Elaboración propia

Para obtener el radio de giro  $R_g$ , que se muestra en la figura 8, se necesita despejarla en la siguiente ecuación.

$$\omega = \frac{V \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot R_g} \quad [8]$$

Despejando el radio de giro de la ecuación 8, obtenemos la siguiente ecuación.

$$R_g = \frac{V_c * 60}{2 * \pi * \omega} \quad [9]$$

Donde:

$\omega$ : Velocidad angular del molino, obtenida en la sección 4,2

$V_c$ : Velocidad con carga (se toma la velocidad con carga, porque es a la velocidad que giran los martillos).

$$R_g = \frac{32,18 \frac{m}{s} * 60}{2 * \pi * 3250}$$

$$R_g = 0,0945 \text{ m}$$

Ahora que tenemos el  $R_g$  lo reemplazamos en la ecuación 7, para calcular la velocidad angular con carga  $\omega_c$ .

$$\omega_c = \frac{32,18 \frac{m}{s}}{0,0945 \text{ m}}$$

$$\omega_c = 337,1398 \frac{rad}{s}$$

Del mismo modo determinamos la velocidad angular sin carga  $\omega_v$ .

$$\omega_v = \frac{32,83 \frac{m}{s}}{0,0945 m}$$

$$\omega_v = 343,9497 \frac{rad}{s}$$

Con el valor obtenido del radio de giro, se puede tener una idea aproximada de cuál debe ser la medida del martillo. Además, también se podrá estimar la medida que deberá tener el diámetro del disco porta martillos, así como también, la medida que deberá tener la carcasa del molino.

Obtenidas las velocidades angulares, se obtuvo la aceleración angular del sistema, por medio de la siguiente ecuación.

$$\omega_v^2 = \omega_c^2 + 2 * \alpha * \theta \quad [10]$$

Donde:

$\alpha$ : Aceleración angular

$\theta$ : Espacio angular recorrido por los martillos

Despejando la aceleración angular de la ecuación 10, obtenemos la ecuación 11.

$$\alpha = \frac{\omega_v^2 - \omega_c^2}{2 * \theta} \quad [11]$$

El espacio que recorre el martillo (existen 4 martillos ortogonales por cada disco), es de  $90^\circ$  por lo que tenemos:

$$\theta = 90^\circ \rightarrow \theta = 1,5708 \text{ rad}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 11, obtenemos:

$$\alpha = \frac{(343,9497)^2 - (337,1398)^2 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2}}{2 * 1,5708 \text{ rad}}$$

$$\alpha = 1476,3659 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

#### 4.3.4 Cálculo de la masa y dimensión de los martillos

Una vez conocida el radio de giro, la velocidad angular y la aceleración angular determinamos la masa necesaria que debe tener un martillo para provocar la fractura del grano, planteándonos las siguientes ecuaciones.

$$M = F_c * L \quad [12]$$

Donde:

$M$ : Momento de corte

$F_c$ : Fuerza de corte

$L$ : Largo del martillo

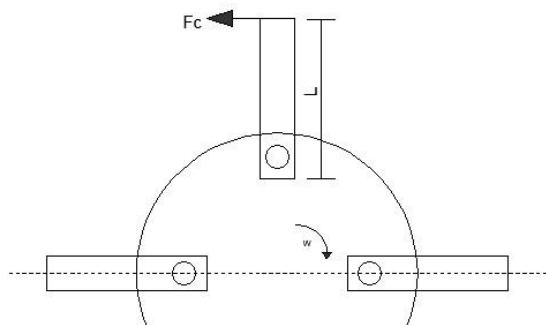


Figura 9. Fuerza cortante en la herramienta de percusión  
Fuente: Elaboración propia

La inercia del martillo ( $I$ ) que gira con respecto a su extremo está representada por la siguiente ecuación.

$$I = \frac{1}{3} * m_m * L^2 \quad [13]$$

Donde:

$I$ : Momento de inercia del martillo

$m_m$ : Masa del martillo

$L$ : Largo del martillo

$$M_c = I * \alpha \quad [14]$$

Donde:

$M_c$ : Momento de corte

$I$ : Momento de inercia del martillo

$\alpha$ : Aceleración angular del martillo

Igualando la ecuación 12 con la ecuación 14 y despejando la  $F_c$ , se obtiene.

$$F_c = \frac{I \cdot \alpha}{L} \quad [15]$$

Si reemplazamos la ecuación 13 en la ecuación 15, obtenemos.

$$m_m = \frac{F_c \cdot 3}{\alpha \cdot L} \quad [16]$$

En base al radio de giro calculado anteriormente y longitudes recomendadas por fabricantes, se establece una longitud del martillo  $L = 14 \text{ cm}$ . Así mismo tomando la  $F_c = 11 \text{ N}$  (ver anexo 4).

$$m_m = \frac{11 \text{ N} \cdot 3}{1476,3659 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot 0,14 \text{ m}}$$

$$m_m = 0,159 \text{ Kg} = 159 \text{ g}$$

A partir de la masa calculada y la geometría establecida del martillo, se determinó sus medidas. (Ver figura 10)

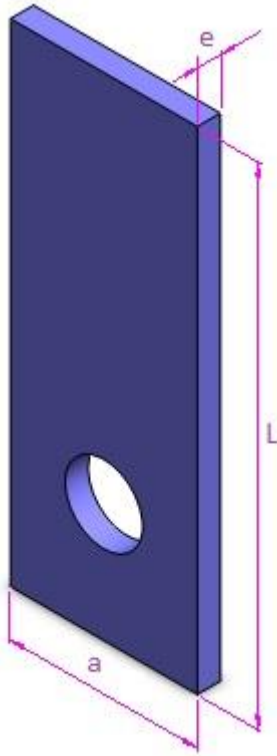


Figura 10. Geometría de la herramienta de percusión  
Fuente: Elaboración propia

Sabiendo que:

$$m_m = \rho * V$$

$$m_m = \rho * L * a * e$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del material del martillo

$V$ : Volumen del martillo

$a$ : Ancho del martillo

$e$ : Espesor del martillo

Despejando ( $a$ ) el ancho del martillo en la ecuación anterior, se obtiene la siguiente ecuación

$$a = \frac{m_m}{\rho * L * e} \quad [17]$$

El espesor del martillo es el que va a golpear a los granos de maíz, los mismos que tienen un ancho promedio de 4 mm, por lo tanto, se establece el espesor en base al ancho del grano.

La densidad de acero es  $7\,850 \frac{Kg}{m^3}$  (ver anexo 6)

$$a = \frac{0,159 \text{ Kg}}{7\,850 \frac{Kg}{m^3} * 0,14 \text{ m} * 0,004 \text{ m}}$$

$$a = 0,0361 \text{ m} = 3,61 \text{ cm}$$

Por la geometría antes seleccionada lo más conveniente es utilizar platina, ya que teniendo en cuenta

que la materia prima a ser triturada es maíz, con una dureza muy baja, a lo cual la platina responderá muy bien al impacto así mismo para estandarizar las medidas de los martillos, utilizando de esta manera el AISI 01 según el anexo 5 (*espesor \* ancho*)  $4,76 * 38,1 \text{ mm} \left( \frac{3}{16} * 1\frac{1}{2} \text{ in} \right)$ .

Una vez que se tiene las dimensiones y la masa del martillo, se procede a analizar los esfuerzos a los que está sometida la herramienta.

#### **4.3.5 Análisis de fuerzas presentes en el martillo**

El martillo tiene una perforación para el eje secundario por lo tanto es necesario analizar la falla por rotura en esta zona.

##### **Falla por cizalladura**

Debido a las fuerzas a las cuales está sometida el área donde se tiene la unión del martillo con el perno de anclaje,

se considera la posibilidad de falla por desgarramiento o cizalladura, por lo cual se calcula el factor de seguridad asociado a este parámetro para determinar si el diseño adoptado es el adecuado, de esta manera se tiene la siguiente ecuación.

$$A_d = e * x * 2 \quad [18]$$

Donde:

$e$ : Espesor del martillo

$x$ : Distancia del orificio al borde del martillo

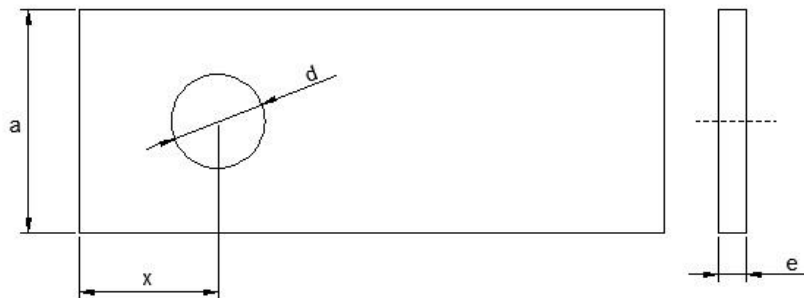


Figura 11. Sección de análisis por rotura  
Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo cortante se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\tau = \frac{F_{cf}}{A_d} \quad [19]$$

Donde:

$F_{cf}$ : Fuerza centrífuga

La fuerza centrífuga se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$F_{cf} = \omega^2 * m_m * R_g \quad [20]$$

Donde:

$R_g$ : Radio de giro

$m_m$ : Masa del martillo

Reemplazando los datos se obtiene el siguiente valor:

$$F_{cf} = 343,949 \text{ 7}^2 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2} * 0,159 \text{ Kg} * 0,094 \text{ 5 m}$$

$$F_{cf} = 1 \text{ 777,537 6 N}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 19, tenemos.

$$\tau = \frac{1\,777,537\,6\,N}{0,004\,m * 0,02\,m * 2}$$

$$\tau = 11,1\,MPa$$

En base al esfuerzo cortante se calcula el factor de seguridad a través de la siguiente ecuación.

$$Fs = \frac{S_y}{\tau * 2} \quad [21]$$

Donde AISI 01:  $S_y = 437\,MPa$

$$Fs = \frac{437\,MPa}{11,1\,MPa * 2}$$

$$Fs = 19,68$$

El factor de seguridad es suficiente para garantizar que no habrá falla por desgarramiento.

## Falla por tracción

El esfuerzo normal de tracción debido a la fuerza centrífuga se calcula de la siguiente manera

$$\sigma = \frac{F_{cf}}{A} \quad [22]$$

Donde:

$A$ : Área de sección transversal del martillo

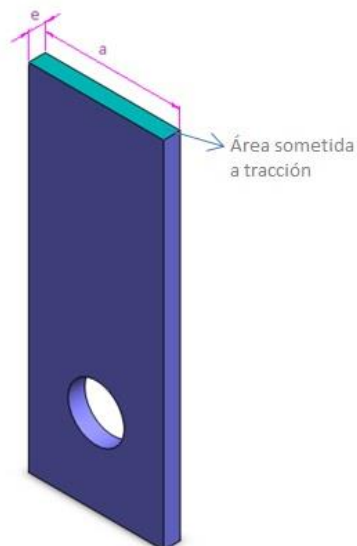


Figura 12. Área sometida a tracción  
Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los datos obtenemos:

$$\sigma = \frac{1\,777,537\,6\text{ N}}{0,004\text{ m} * 0,036\,1\text{ m}}$$

$$\sigma = 12,3\text{ MPa}$$

De esta manera calculamos el factor de seguridad asociado a este parámetro.

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma} \quad [23]$$

$$F_s = \frac{437\text{ MPa}}{12,3\text{ MPa}}$$

$$F_s = 35,52$$

Si el martillo se encontrara fijo la fuerza de corte ( $F_c$ ), que representa la fuerza de impacto del grano, generaría un esfuerzo por flexión, pero como el martillo es pivotante este esfuerzo se anula.

Como se observa el factor de seguridad de la herramienta de percusión es muy alta por lo que no existe fallas por la presencia de fuerzas dinámicas, solo existe desgaste por la trituración del grano.

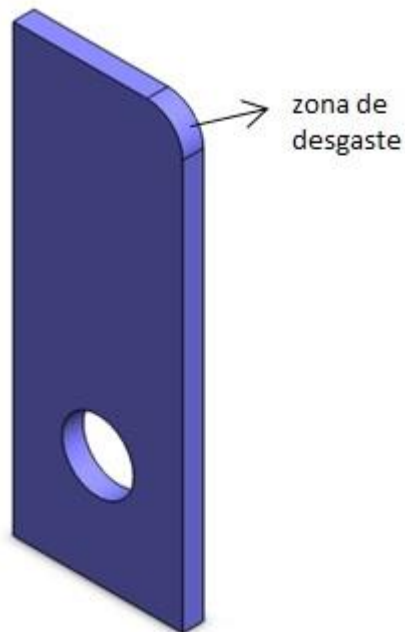


Figura 13. Área de desgaste del martillo  
Fuente: Elaboración propia

Con el trabajo de trituración del martillo, este tiende a sufrir desgaste como se indica en la figura 13, este desgaste disminuye la eficiencia del proceso por lo tanto aprovechamos la geometría del martillo realizando un agujero a la misma distancia del otro extremo, para voltear

el martillo encontrando el otro extremo con las condiciones iniciales para poder triturar, optimizando de esta manera la herramienta de percusión para hacer el cambio respectivo.

Ahora bien, es cierto que la platina es un acero blando que no es muy resistente a la abrasión, como vemos en la figura 13, el desgaste se produce en la zona de impacto, lo cual ocurre cada 213 horas de trabajo o 421 toneladas de producción, a lo cual, para dar solución a este problema por recomendación del especialista el Ing. Julián Nieto Quispe docente de la UNJBG, optamos por realizarle un revestimiento solo en la zona de impacto, con soldadura SMAW utilizando un electrodo CITODUR 350 (ver anexo 7) el cual le permite resistir impactos más severos, por tanto mejoramos su resistencia al impacto, a la abrasión y al desgaste, mejorando así la eficiencia de trabajo.

#### **4.3.6 Cálculo del número de martillos**

El número de martillos está directamente relacionado con las revoluciones por minuto del molino, la capacidad y el

grado de desmenuzamiento, de tal forma que el dato antes calculado en la sección 3.2.

$$\text{granos triturados por revolución} = 25 \frac{\text{granos}}{\text{rev}}$$

Como se mencionó anteriormente el grado de desmenuzamiento es un factor muy importante para determinar el número de martillos, el cual se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$i = \frac{D_e}{d_s} \quad [24]$$

Donde:

$i$ : Grado de desmenuzamiento

$D_e$ : Diámetro del producto de entrada (diámetro del grano de maíz)

$d_s$ : Diámetro del producto de salida (diámetro del maíz molido)

$$i = \frac{13 \text{ mm}}{8 \text{ mm}}$$

$$i = 1,625$$

Con el dato obtenido calculamos el número de martillos

$$N^{\circ} \text{ martillos} = 25 * 1,625$$

$$N^{\circ} \text{ martillos} = 41$$

Para una mejor distribución y uniformidad de los martillos, en el sistema de trituración se construirá con 44 martillos, 11 en cada eje secundario.

#### **4.4 Selección de separadores de martillos**

Los separadores son cilindros huecos, que cumplen la función de mantener una distancia adecuada entre los martillos y discos separadores, para que no exista fricción y choque entre ellos al pasar de la posición inicial a la de trabajo, y en su operación para evitar la acumulación de materia triturada entre los

martillos. Los separadores deben ser de un material liviano que no represente un peso significativo para el eje secundario.

Según (Niño de Guzman Ospina, 2006) los separadores deben tener una distancia ( $K$ ) mayor a 2 veces el espesor del martillo, puesto que el espesor está en función del producto a triturar.

$$K = 2 * 4,7 \text{ mm}$$

$$K = 9,4 \text{ mm}$$

Con esta consideración y para tener mejor la uniformidad del elemento se concluye el uso de separadores de tubería de acero de 10  $mm$  de longitud, el diámetro se establece de acuerdo al diseño del eje secundario.

$$Z = 10 \text{ mm}$$

Los espaciadores se deben colocar en forma alterna como se observa en la figura 14.

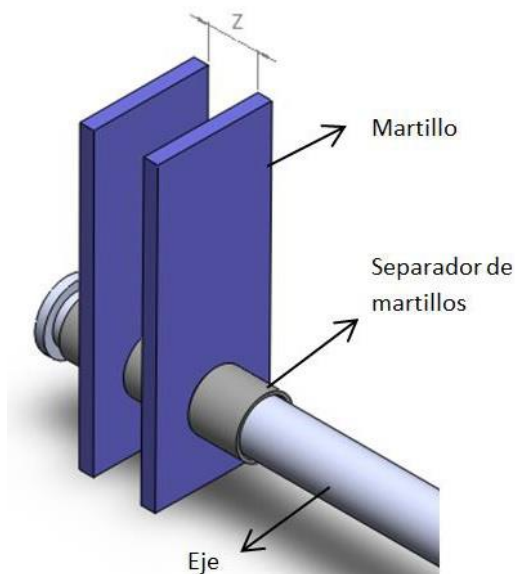


Figura 14. Espaciadores de martillos  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Diseño del eje secundario porta martillos

El eje secundario está sometido a esfuerzos por flexión y corte, no está sometido a torsión por que se encuentra fijo y no gira. Para el análisis es necesario encontrar la fuerza y momento máximo presentes en el eje, para lo cual utilizamos el programa SolidWorks.

Luego analizamos un segmento del eje secundario puesto que en los demás segmentos ocurre lo mismo.

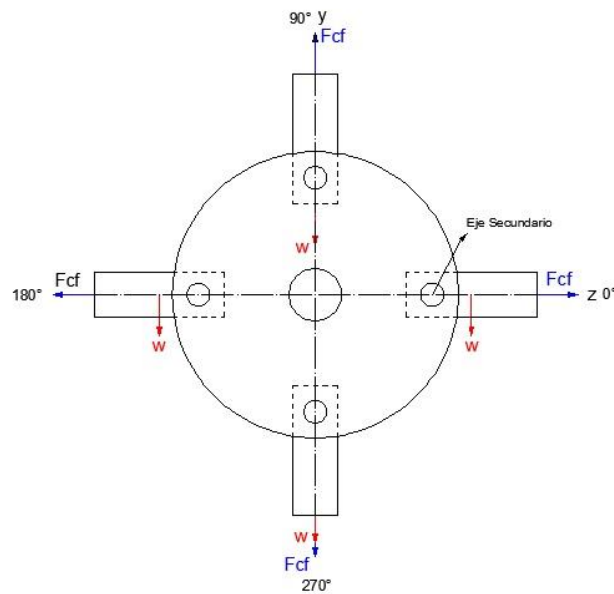


Figura 15. Fuerzas presentes en el sistema de trituración  
Fuente: Elaboración propia

Las fuerzas que actúan en el eje secundario son la fuerza centrífuga presente en los martillos por la dinámica del molino y el peso de los martillos, como se indica en la figura 15, mientras que los discos soportan los ejes, representan los apoyos.

Para  $F_{y\ 90^\circ}$

$$F_{y\ 90^\circ} = F_{cf} - w_m$$

$$F_{y\ 90^\circ} = 1\ 777,537\ 6\ N - (0,159\ Kg * 9,81)$$

$$F_{y\ 90^\circ} = 1\ 775,977\ 8\ N$$

Para  $F_{y\ 270^\circ}$

$$F_{y\ 270^\circ} = F_{cf} + w_m$$

$$F_{y\ 270^\circ} = 1\ 777,537\ 6\ N + (0,159\ Kg * 9,81)$$

$$F_{y\ 270^\circ} = 1\ 779,097\ 3\ N$$

Para  $F_{y\ 180^\circ}$

$$F_{y\ 180^\circ} = F_{y\ 0^\circ} = 1\ 777,537\ 6\ N$$

Como se puede observar en la figura 16 el caso más crítico es cuando el eje secundario se encuentra a  $270^\circ$  con respecto al eje de referencia por lo tanto realizamos el análisis para este caso.

En el programa SolidWorks se realizó el análisis de las fuerzas de la sección del eje secundario, en la figura 17 se pueden observar los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Nombre del modelo: Pieza1  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado< Como mecanizada>-)  
Tipo de resultado: Trazado de módulos cortantes-momentos1

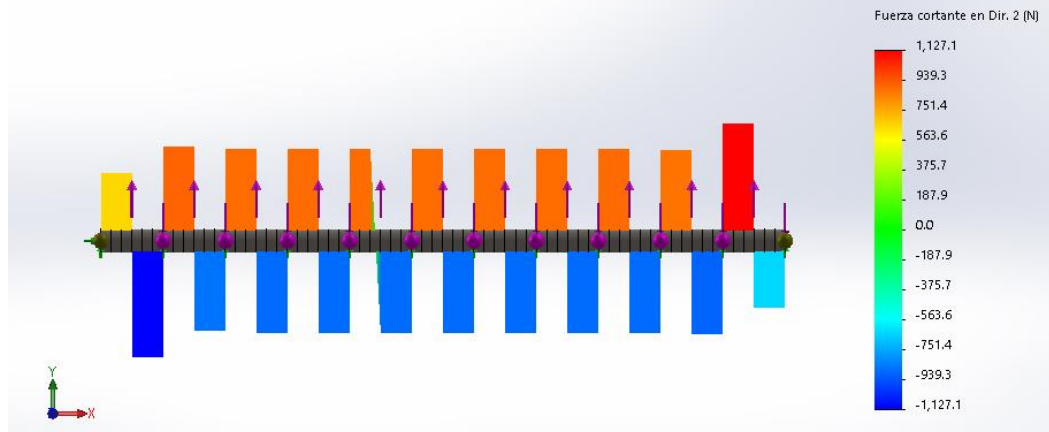


Figura 16. Diagrama de fuerzas cortantes del eje secundario  
Fuente: Elaboración propia

Nombre del modelo: Pieza1  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado< Como mecanizada>-)  
Tipo de resultado: Trazado de módulos cortantes-momentos2

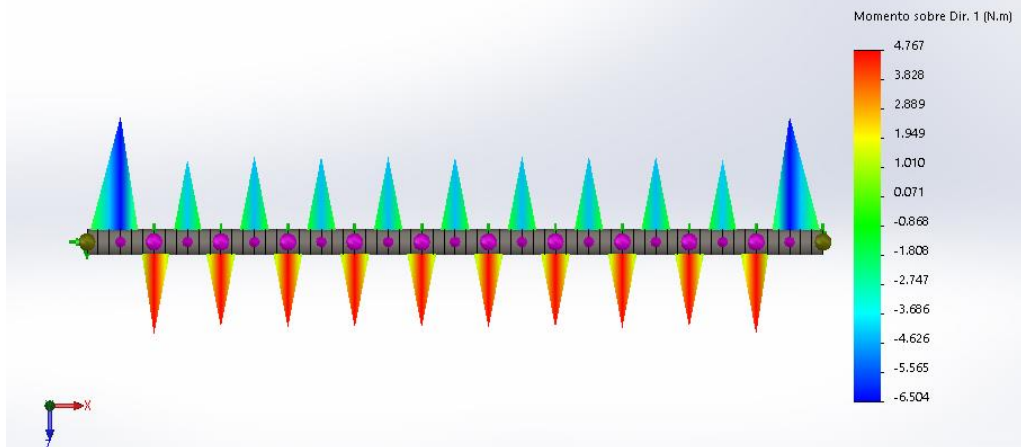


Figura 17. Diagrama de momentos del eje secundario  
Fuente: Elaboración propia

En el eje secundario está presente esfuerzos flexionantes y cortantes, para su cálculo se tienen las siguientes ecuaciones.

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I} \quad [25]$$

Donde:

M: Momento flexionante

I: Momento de inercia

C: Distancia desde el eje neutro al extremo

Descomponiendo la fórmula 25 en factores conocidos tenemos:

$$\sigma = \frac{M \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi \cdot d^4}{64}}$$
$$\sigma = \frac{M \cdot 32}{\pi \cdot d^3}$$

Donde:

d: Diámetro del eje (15 mm)

Reemplazando los valores en la ecuación obtenemos:

$$\sigma = \frac{6,504 \text{ Nm} * 32}{(0,015)^3 \text{ m}^3 * \pi}$$

$$\sigma = 19,63 \text{ MPa}$$

Para obtener el factor de seguridad se aplica la siguiente formula:

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$F_s = \frac{250 \text{ MPa}}{19,63 \text{ MPa}}$$

$$F_s = 12,74$$

Este valor nos indica que el elemento no falla bajo las condiciones de trabajo establecidas. Por lo que no hay falla aplicando la teoría del esfuerzo máximo.

#### **4.6 Diseño del disco porta ejes secundarios**

La configuración circular permite que en todo momento la fuerza centrífuga sea radial posicionando correctamente a los martillos en modo de trabajo.

El molino de martillos debe estar correctamente balanceado, por esta razón la ubicación de los ejes secundarios en el disco debe ser de tal forma que no altere el centro de gravedad del disco, es decir a  $60^\circ$ ;  $90^\circ$ ;  $120^\circ$  y  $270^\circ$ . La selección dependerá del diseñador, como se estableció anteriormente la configuración que se utilizara es de  $0^\circ$ ;  $90^\circ$ ;  $180^\circ$  y  $270^\circ$  como se ve en la figura 15.

De acuerdo al radio de giro calculado y la longitud de la herramienta de percusión se utilizaron discos de diámetro de 30 cm.

#### 4.6.1 Fuerzas presentes en los discos

Las fuerzas que actúan en los discos son, las reacciones de las fuerzas presentes en el eje secundario, puesto que los apoyos para los ejes son los discos, como se ve en la figura 15, para lo cual se obtendrá el diagrama de fuerzas cortantes de los ejes secundarios en las 4 posiciones, a continuación, se indican las reacciones presentes en los discos.

$$F_{y\ 90^\circ} = 1\ 775,9778\ N$$

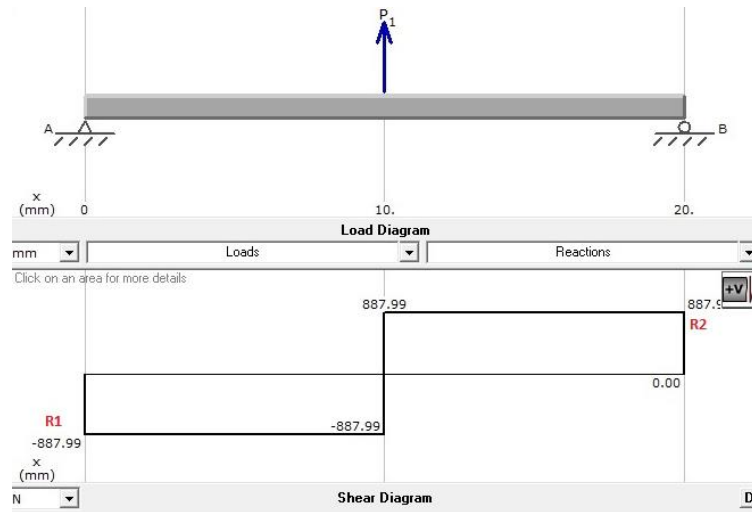


Figura 18. Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones en el disco a 90°  
Fuente: Elaboración propia

$$F_{y\ 270^\circ} = 1\ 779,097\ 3\ N$$

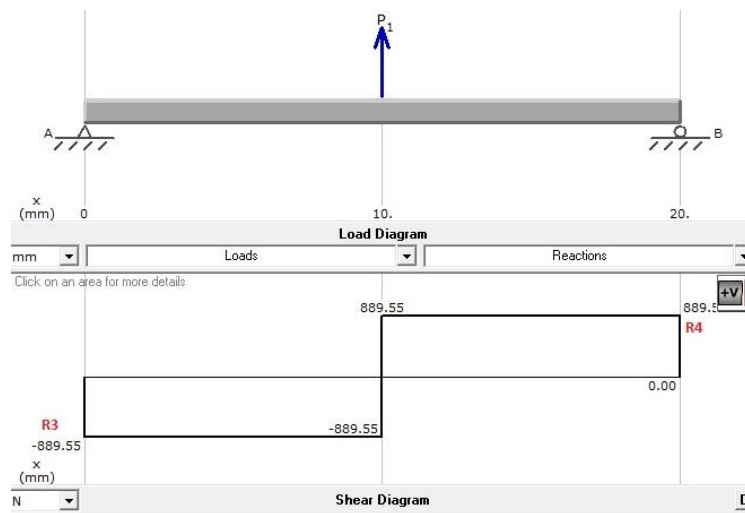


Figura 19. Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones en el disco a 270°  
Fuente: Elaboración propia

$$F_{y 180^\circ} = F_{y 0^\circ} = 1\,777,537\,6\,N$$

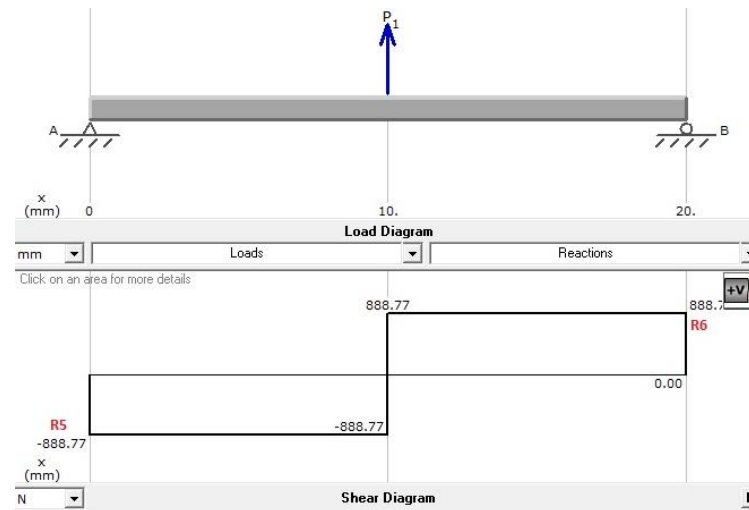


Figura 20. Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones en el disco a  $180^\circ$

Fuente: Elaboración propia

Se analizó la falla por rotura, por la presencia de los orificios para el eje secundario en el disco

$$R_{T1} = R_1 + R_2 = 1775,98\,N$$

$$R_{T2} = R_3 + R_4 = 1779,1\,N$$

$$R_{T3} = R_5 + R_6 = 1777,54\,N$$

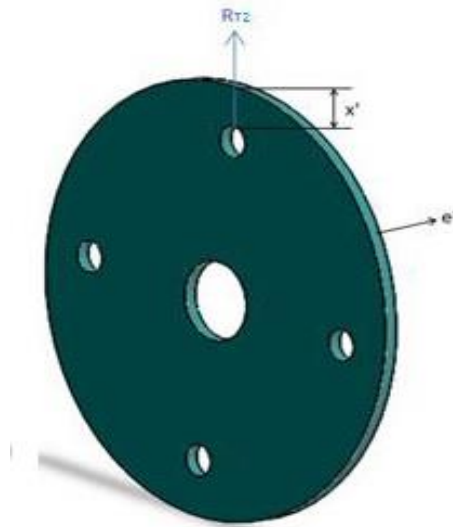


Figura 21. Disco porta ejes secundarios  
Fuente: Elaboración propia

$$A_{falla} = e' * x'$$

Igualando la ecuación 19 y 23 se tiene:

$$\frac{R_T}{e' * x'} = \frac{S_y}{2F_s}$$

$$F_s = \frac{S_y * e' * x'}{R_T * 2}$$

Para la construcción del disco se usó planchas de acero ASTM A36, con un espesor de 4 mm.

$$F_s = \frac{250 * 10^6 N * 0,03 m * 0,004 m}{1 779,1 N * 2}$$

$$F_s = 8,43$$

El factor de seguridad calculado nos indica que no existirá falla por rotura por la presencia de los orificios.

#### 4.7 Cálculo de la potencia del motor

Para calcular la potencia del motor se tiene:

$$P = \frac{W * R^2 * n^3 * \tilde{n} * f}{8 * 100 000 * \eta * \eta_m} \quad [26]$$

Donde:

$P$ : Potencia del motor

$W$ : Peso del martillo

$R$ : Radio del disco

$\tilde{n}$ : Número de martillos

$f$ : Factor que depende del tipo de molienda seca o húmeda, para molienda seca factor ( $f= 0,000 42$ ) según el estudio realizado por (Clavijo Ovalle & Cardona Duarte, 2014)

$\eta$ : Rendimiento mecánico por transmisión (ver anexo 21)

$\eta_m$ : Rendimiento del motor (ver anexo 21)

$$P = \frac{0,159 \text{ Kg} * 0,22^2 \text{ m} * 3 250^3 * 44 * 0,000 42}{8 * 100 000 * 0,85 * 0,8}$$

$$P = 8,97 \text{ Hp}$$

Este evaluador nos indica que necesitamos alrededor de 9 HP, para moler 2 000 Kg/h. Se ha seleccionado por facilidad de adquisición de la empresa un motor de 15 HP.

#### 4.7.1 Torque del motor

$$T = \frac{P}{\omega} \quad [27]$$

Donde:

$T$ : Torque o momento torsor (N.m)

$P$ : Potencia (W)

$\omega$ : Velocidad angular del eje ( $\frac{rad}{s}$ )

$$T = \frac{11\,185,5\,w}{186\,\frac{rad}{s}}$$

$$T = 60,137\,N.m$$

Ahora si se realiza la siguiente operación

$$T = N^{\circ} \text{ de martillos} * F_c * R_g$$

$$T = 44 * 11\,N * 0,0945\,m$$

$$T = 45,738\,N.m$$

El valor obtenido del torque, es suficiente para mover la inercia del molino anteriormente calculado y mantener su velocidad al estar sometido a los esfuerzos de corte.

#### 4.8 Transmisión por bandas

La potencia que desarrolla el motor es el punto de partida para la selección del tipo de banda, pero este valor debe ser afectado por un coeficiente de corrección (K) para obtener la potencia de diseño.

El coeficiente de corrección se selecciona de acuerdo a diferentes factores como: tipo de motor, tipo de máquina conducida, horas de servicio por día. De esta manera la potencia de diseño  $P_d$  es la que se utilizamos en el diseño y está dada por la siguiente expresión.

$$P_d = P_{motor} * K \quad [28]$$

Según el anexo 8 para molinos de martillos servicio intermedio  $K = 1,3$ .

$$P_d = 15 * 1,3$$

$$P_d = 19,5 \text{ HP}$$

Según el anexo 9 seleccionamos el tipo de banda en función de la potencia de diseño y la velocidad (r.p.m.) de la polea menor. Para una potencia de diseño de 19,5 HP y 3 250 rpm de la polea más rápida, la banda adecuada es de tipo B.

#### 4.8.1 Relación de transmisión

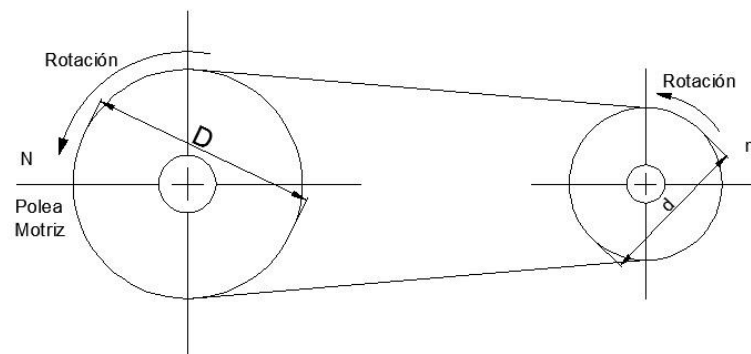


Figura 22. Sistema de transmisión por bandas  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se representa el sistema de transmisión por bandas así mismo la relación de transmisión.

$$i = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} \quad [29]$$

Donde:

$i$ : Relación de transmisión

$N$ : Revoluciones por minuto de la polea menor

$n$ : Revoluciones por minuto de la polea mayor

$D$ : Diámetro de la polea mayor

$d$ : Diámetro de la polea menor

$$i = \frac{3\,250 \text{ Rpm}}{1\,775 \text{ Rpm}}$$

$$i = 1,83$$

#### 4.8.2 Diámetro de las poleas

La selección del diámetro correcto de las poleas es importante, dado que un diámetro excesivamente pequeño para una sección de correa determinada significaría una flexión excesiva de ésta, lo que terminaría reduciendo la vida útil. Como norma general, al aumentar el diámetro de la polea aumentara la vida útil de la correa.

El diámetro de la polea motriz que se utilizó es de 100 mm según el anexo 10.

Reemplazando en la ecuación 29.

$$D = i * d$$

$$D = 1,83 * 100 \text{ mm}$$

$$D = 183 \text{ mm}$$

#### 4.8.3 Longitud de la correa

Para determinar la longitud primitiva de la banda se establece una distancia de centros de  $c = 500 \text{ mm}$ .

$$L = 2 * c + 1,57 * (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4*c} \quad [30]$$

$$L = 2 * 500 \text{ mm} + 1,57 * (183 + 100) \text{ mm} + \frac{(183 - 100)^2 \text{ mm}}{4 * 500 \text{ mm}}$$

$$L = 1\,447 \text{ mm}$$

Según el anexo 11 se elige la longitud primitiva nominal de la correa más próxima al valor calculado  $L = 1\,460\text{ mm}$  que corresponde a la correa B N° 56.

#### 4.8.4 Ángulo de contacto

El ángulo de contacto sobre la polea menor se determina con la siguiente ecuación:

$$\alpha = 180^\circ - 57 \frac{(D-d)}{c} \quad [31]$$

$$\alpha = 180^\circ - 57 \frac{(183 - 100)\text{ mm}}{500\text{ mm}}$$

$$\alpha = 170^\circ$$

#### 4.8.5 Número de bandas

$$N_{bandas} = \frac{P}{P_{efectiva}} \quad [32]$$

$$P_{efectiva} = P_{bk} * F_{cl} * F_{cc} \quad [33]$$

Donde:

$P_{bk}$ : Potencia corregida de la banda

$F_{cl}$ : Factor de corrección de la longitud de la banda

$F_{cc}$ : Factor de corrección del arco de contacto

El anexo 12 presenta  $F_{cl}$  para diferentes longitudes de banda tipo B, para  $L = 1\,422,4\text{ mm}$  ( $56\text{ in}$ ), no se indica por lo tanto hay que interpolar:

$$F_{cl\ 56\text{ in}} = 0,904$$

Según el anexo 13 para  $\alpha = 170^\circ$  se tiene  $F_{cc} = 0,98$

$$P_{bk} = P_b + P_a \quad [34]$$

Donde:

$P_b$ : Potencia de la banda

$P_a$ : Potencia adicional por relación de transmisión

Según el anexo 14, la potencia de la banda tipo B es  $P_b = 3,09 \text{ HP}$ , mientras que la potencia adicional de transmisión según el anexo 15 es  $P_a = 1,33 \text{ HP}$ .

Reemplazando los valores encontrados en la ecuación 34.

$$P_{bk} = 3,09 \text{ HP} + 1,33 \text{ HP}$$

$$P_{bk} = 4,42 \text{ HP}$$

Ahora reemplazamos en la ecuación 33.

$$P_{efectiva} = 4,42 * 0,904 * 0,98$$

$$P_{efectiva} = 3,91 \text{ HP}$$

Reemplazamos en la ecuación 32.

$$N_{bandas} = \frac{15 \text{ HP}}{3,91 \text{ HP}}$$

$$N_{bandas} = 3,83$$

$$N_{bandas} = 3$$

## 4.9 Diseño del eje principal

Las cargas sobre el eje:

- Fuerzas producidas por las tensiones que se presentan en las poleas.
- El peso del conjunto de discos, martillos.
- Reacciones que producen los cojinetes.

Cálculo de las fuerzas en las poleas:

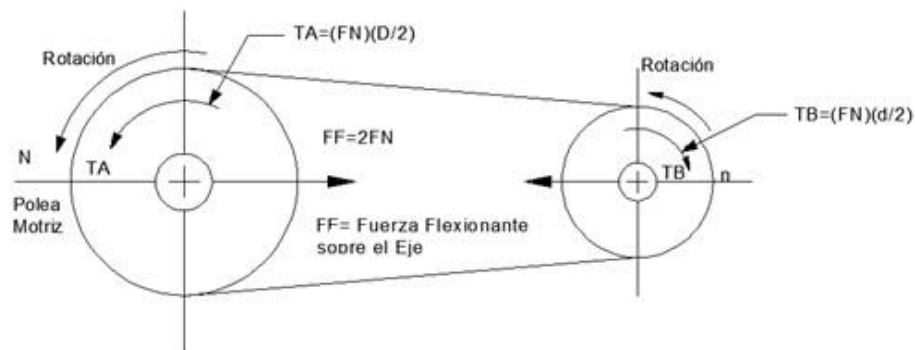


Figura 23. Fuerzas presentes en el sistema de transmisión  
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de las fuerzas en las poleas, es necesario tomar en cuenta que los dos lados de la banda se encuentran en tensión, como se ve en el a figura 23, estas fuerzas dan lugar a la

fuerza impulsora neta ( $F_N$ ) sobre las poleas,  $F_N$  esta dada por la siguiente ecuación:

$$F_N = \frac{T}{\frac{D}{2}} \quad [35]$$

El torque presente en la polea B según la ecuación 27:

$$T_B = \frac{P_{motor}}{\omega_B}$$
$$T_B = \frac{11\,185,49 \frac{N \cdot m}{s}}{340,3 \frac{rad}{s}}$$
$$T_B = 32,87 \text{ N} \cdot m$$

Reemplazando en la ecuación 35.

$$F_N = \frac{T_B}{\frac{D}{2}}$$
$$F_N = \frac{32,87 \text{ Nm}}{\frac{0,1}{2} \text{ m}}$$

$$F_N = 657,4 N$$

Se necesita hallar la fuerza flexionante ( $F_F$ ) que ejercen las poleas sobre el eje.

$$F_F = 1,5 * F_N \quad [36]$$

$$F_F = 1,5 * 657,4 N$$

$$F_F = 986,1 N$$

Las componentes de la fuerza flexionante dependen del ángulo al que se coloque la banda con respecto al eje, se establece un ángulo de  $45^\circ$  de acuerdo a la recomendación del fabricante.

$$F_{FZ} = \cos(45) * 986,1 N$$

$$F_{FY} = \sin(45) * 986,1 N$$

$$F_{FZ} = F_{FY} = 697,27 N$$

Para determinar el diámetro requerido del eje principal, se requiere realizar un análisis de las fuerzas presentes en el conjunto del sistema de trituración como se observa en la figura 24.

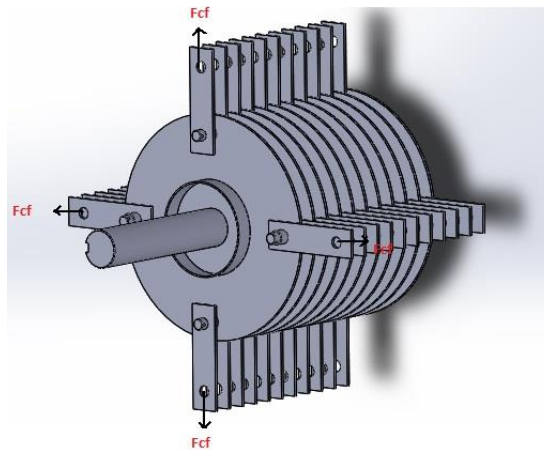


Figura 24. Fuerzas del conjunto del sistema de trituración  
Fuente: Elaboración propia

El eje está sometido a fuerzas en el eje Y, así también en el eje Z como se indica en la figura 25, por lo tanto, se realiza el análisis en el plano Y-X, Z-X de forma independiente.

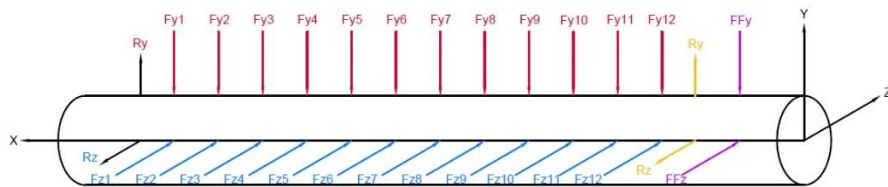


Figura 25. Fuerzas que actúan en el eje principal  
Fuente: Elaboración propia

Las fuerzas que actúan sobre el eje comprenden: las reacciones presentes en los discos debido a la fuerza centrífuga y el peso de los martillos. Para conocer la longitud del eje principal es necesario conocer la longitud del sistema de trituración que se presenta en la tabla 8 y la figura 26.

**Tabla 8.** Longitud del sistema de trituración

Elemento	#	Ancho (mm)	Total (mm)
Disco	12	4	48
Martillo	11	4	44
Separadores	11	10	110
Holgura	11	2	22
Longitud (Y)	-	-	14
Longitud (s)	-	-	224

Fuente: Elaboración propia

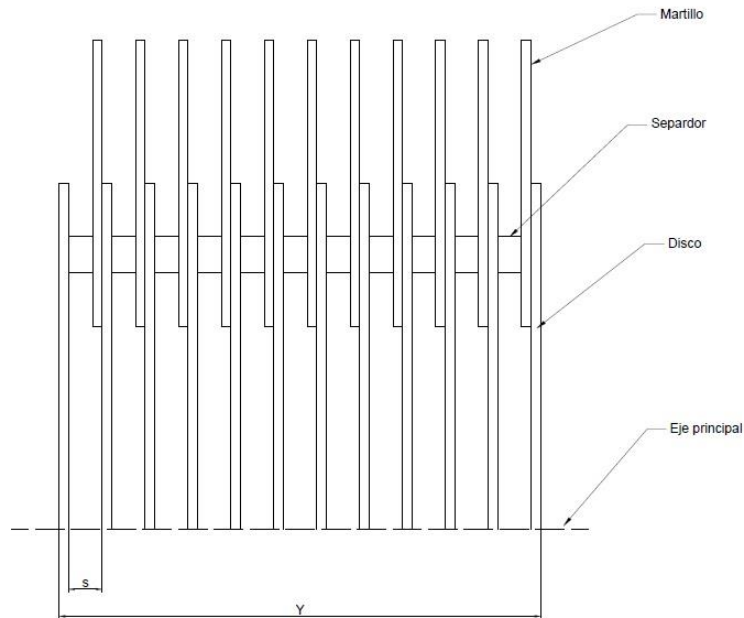


Figura 26. Longitud del sistema de trituración  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.1 Análisis de las fuerzas en el plano Y-X

Las fuerzas aplicadas en el eje principal plano Y-X son  $F_{FY}$  que es la fuerza presente por el sistema de transmisión, y las fuerzas correspondientes en el sistema de trituración.

$$F_y = R_3 + W_{disco}$$

$$F_y = 889,55 \text{ N} + 17,54 \text{ N}$$

$$F_y = 907,09 \text{ N}$$

Mediante el software SolidWorks se obtienen los diagramas de fuerzas cortantes y momentos. Los resultados se presentan en las figuras 27 y 28.

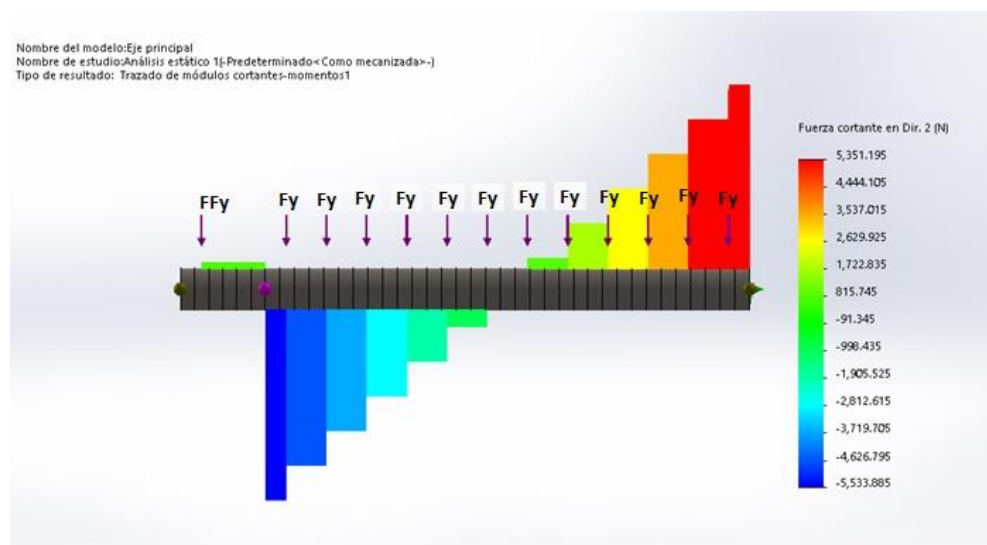


Figura 27. Diagrama de fuerzas cortantes del eje principal en el plano Y-X

Fuente: Elaboración propia

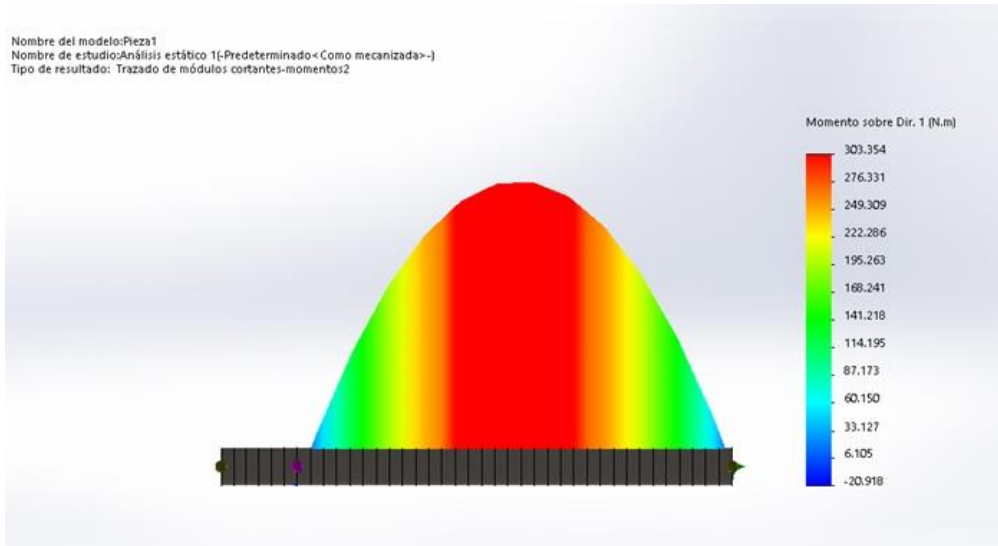


Figura 28. Diagrama de momentos del eje principal en el plano Y-X  
 Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.2 Análisis de las fuerzas en el plano Z-X

Las fuerzas aplicadas en el eje principal plano Z-X son  $F_{FZ}$  que es la fuerza por el sistema de transmisión y las fuerzas correspondientes al sistema de trituración.

$$F_Z = R_5$$

$$F_Z = 888,77 \text{ N}$$

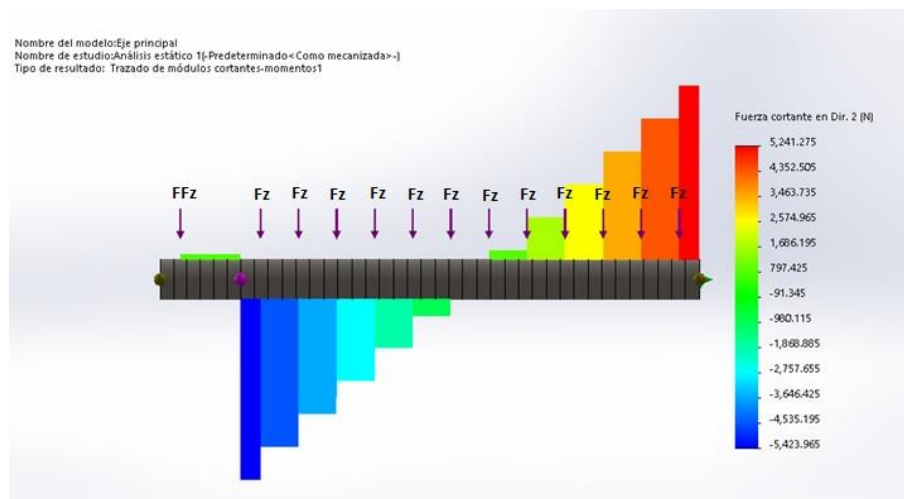


Figura 29. Diagrama de fuerzas cortantes del eje principal en el plano Z-X  
 Fuente: Elaboración propia

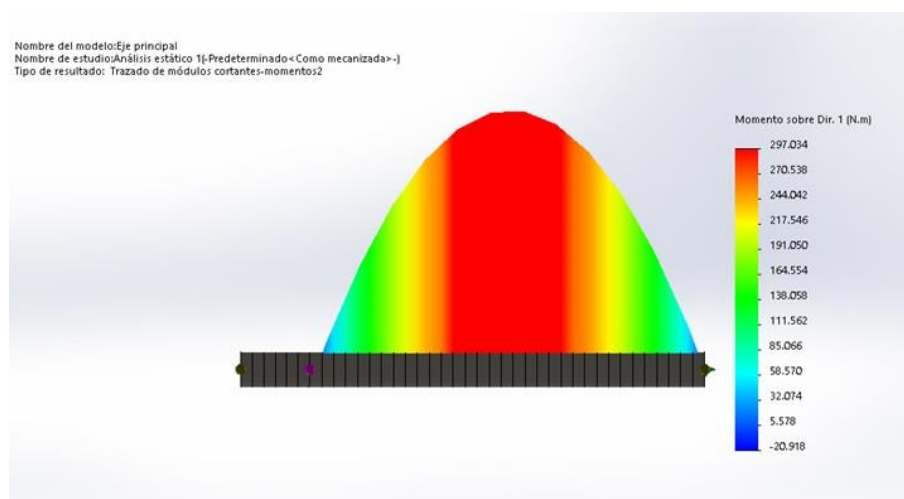


Figura 30. Diagrama de momentos del eje principal en el plano Z-X  
 Fuente: Elaboración propia

El momento máximo en los dos planos, según las figuras 28 y 30 son:

$$M_{Y-X} = 303,354 \text{ N.m}$$

$$M_{Z-X} = 297,034 \text{ N.m}$$

El momento total se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$M_T = \sqrt{(M_{Y-X})^2 + (M_{Z-X})^2} \quad [37]$$

$$M_T = 424,56 \text{ N.m}$$

Para calcular el diámetro del eje se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = \left[ \frac{32 * N}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{K_t * M}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [38]$$

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_s \quad [39]$$

En donde:

$S'_n$ : Resistencia a la fatiga real estimada

$S_n$ : Resistencia a la fatiga modificada. Según el anexo 16, para  $S_u = 440 \text{ MPa}$  y acero estirado en frío  $S_n = 250 \text{ MPa}$ .

$C_m$ : Factor de material. Según la tabla 9  $C_m = 1$

**Tabla 9.** Factor del material

<b>Acero</b>	$C_m$	<b>Hierro colado</b>	$C_m$
Forjado	1	Maleable	0,8
Colado	0,8	Gris	0,7
Pulverizado	0,76	Dúctil	0,66

Fuente: Mott. R. L.

$C_{st}$ : Factor de tipo de esfuerzo.  $C_{st} = 1$

**Tabla 10.** *Factor de tipo de esfuerzo*

Tipo de esfuerzo	$C_{st}$
Esfuerzo flexionante	1
Tensión axial	0,8

Fuente: Mott. R. L.

$C_R$  : Factor de confiabilidad. Para 0,9 de confiabilidad deseada según la tabla 11  $C_R = 0,9$

**Tabla 11.** *Factor de confiabilidad*

Confiabilidad deseada	$C_R$
0,5	1
0,9	0,9
0,99	0,81
0,999	0,75

Fuente: Mott. R. L.

$C_s$ : Factor de tamaño. El factor de tamaño depende del diámetro del eje, pero esto es una incógnita por lo tanto se estima que  $C_s = 0,85$  según el anexo 17.

$$S'_n = 250 \text{ MPa} * 1 * 1 * 0,9 * 0,85$$

$$S'_n = 191,25 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 36:

$$D = \left[ \frac{32 * 3}{\pi} * \sqrt{\left( \frac{1 + 424,56 \text{ N.m}}{191,25 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left( \frac{32,87 \text{ N.m}}{250 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

El diámetro del eje calculado en el sistema de trituración es de 40 mm, usamos un diámetro estandarizado y comercial de 50,8 mm (2 in).

#### 4.10 Determinación de las cuñas

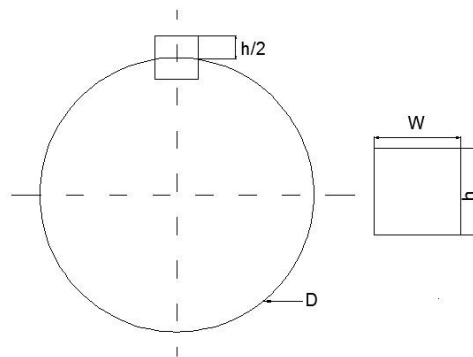
La cuña es un dispositivo empleado para transmitir el par torsión entre el eje y el elemento acoplado, en este caso se utilizó para acoplar la polea del mismo sistema de transmisión y el eje.

Generalmente el acero indicado para la fabricación de las cuñas es un acero al bajo carbón, con resistencia a la cizalladura, por lo que se utilizó acero AISI 1020 que es muy utilizado para esta aplicación.

La selección de la cuña se realizó en función del diámetro de eje, para ejes hasta 165,1 mm ( $6\frac{1}{2}$  in) de diámetro se recomienda la selección de cuñas cuadradas, mientras que cuña rectangular se recomienda para ejes mayores; tomando en cuenta esta consideración, para un diámetro de eje de 50,8 mm (2 in) (polea conducida) y de 38,1 mm ( $1\frac{1}{2}$  in) (polea conductora) se selecciona una cuña cuadrada.

Los parámetros de la cuña según el anexo 18 se indican en la tabla 12.

**Tabla 12. Parámetros de la cuña seleccionada**



Diámetro del eje para la polea:		Cuña		Cuñero
		W (mm)	H (mm)	H/2 (mm)
<b>Conductora</b>	38,1 mm (1½ in)	9,52 mm (⅜ in)	9,52 mm (⅜ in)	4,76 mm (⅜ in)
<b>Conducida</b>	50,8 mm (2 in)	12,7 mm (½ in)	12,7 mm (½ in)	6,35 mm (¼ in)

Fuente: <https://es.slideshare.net/adrianperezdi/capitulo-10-14824174>.

#### 4.11 Selección de rodamientos

La selección de rodamientos depende del diámetro del eje y la capacidad de carga dinámica. Para calcular la capacidad de carga dinámica se utilizó la siguiente ecuación:

$$C = P * \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}} \quad [40]$$

Donde:

$C$ : Capacidad de carga dinámica

$P$ : Carga a la que está sometida el rodamiento, determinada en el diseño del eje.

$k$ : Factor que depende del tipo de rodamiento. Para rodamiento de bolas  $k = 3$ .

$L_d$ : Duración de diseño en revoluciones.

**Tabla 13.** Duración recomendada para rodamientos

<b>Aplicación</b>	<b>Duración en horas (L)</b>
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos aparatos para uso médico.	300 - 3 000
Máquinas utilizadas en periodos cortos: elevadores para talleres, máquinas para la construcción, máquinas herramientas.	3 000 - 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento en periodos intermitentes como los ascensores.	8 000 - 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario: Máquina – Herramienta, grúas para material a granel, ventiladores, cintas trasportadoras.	20 000 - 30 000
Máquinas para 24 horas de trabajo continuo: Máquina textil, caja de engranajes, compresoras, bombas.	40 000 – 50 000
Máquina eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas.	1 000 000

Fuente: <http://ocw.uc3m.es/historico/laboratorio-de-tecnologias-iv/material-didactico/rodamientos.pdf/view>

Para determinar la carga a la cual está sometida el rodamiento, se obtiene sumando los componentes que soporta el eje.

**Tabla 14.** *Peso de los componentes internos del molino*

<b>Pieza</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Masa Kg</b>	<b>Masa total Kg</b>
<b>Martillos</b>	44	0,159	6,996
<b>Sep. Martillos</b>	44	0,016	0,704
<b>Discos</b>	12	4	48
<b>Sep. Discos</b>	11	0,75	8,25
<b>Eje Secundario</b>	4	0,5	2
<b>Eje Principal</b>	1	10	10
<b>Total</b>			<b>75,95</b>

Fuente: Elaboración propia

Para obtener la carga del diseño a la cual está sometida el diseño multiplicamos  $75,95 * 9,8 \frac{m}{s^2} = 744,31 N$ . Como son dos rodamientos se divide a carga para los dos, quedando así  $372,155 N$ .

Para el cálculo de  $L_d$  se tiene:

$$L_d = L * RPM * 60 \frac{min}{h} \quad [41]$$

$L_d$ : Horas de duración recomendada para rodamientos. Según la tabla 13 para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento en periodos intermitentes  $L = 10\ 000$  horas

$$L_d = 10\ 000 * 3\ 250 \frac{rev}{min} * 60 \frac{min}{h}$$

$$L_d = 195 * 10^7$$

Reemplazando en la ecuación 40:

$$C = 372,155 N * \left( \frac{195 * 10^7}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 4\ 649,455 N$$

$$C = 4,649\ 4 KN$$

Los efectos dinámicos son despreciables puesto que todos los elementos asociados al rodamiento se encuentran alineados y balanceados.

Una vez determinada la capacidad de carga dinámica se selecciona el tipo de rodamiento, según el anexo 19 para un eje de 40 *mm* el tipo de rodamiento seleccionado es “E2.6208-2RST” que soporta una carga dinámica de  $C = 30,7 \text{ KN}$ . Todo esto nos garantiza que el rodamiento escogido trabaja de manera óptima bajo los estándares de SKF.

#### **4.12 Selección de los separadores de discos**

Los separadores son elementos muy importantes, tienen la función de mantener la distancia entre los discos y permiten que estos se encuentren correctamente centrados para evitar posibles vibraciones.

Los separadores de discos son tubos cilíndricos, se colocan en el eje principal entre dos discos como se ve en la figura 31.

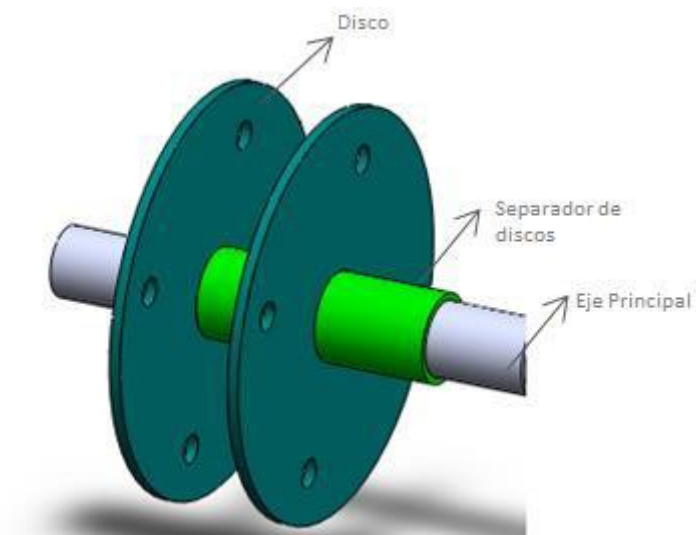


Figura 31. Separadores de discos  
Fuente: Elaboración propia

Para los separadores de discos utilizamos tubo de acero ASTM A-53, en el anexo 20 seleccionamos el perfil circular en base al diámetro del eje principal.

#### 4.13 Diseño del armazón del molino

El armazón del molino está formado por el bastidor y la tapa como se ve en la figura 32.

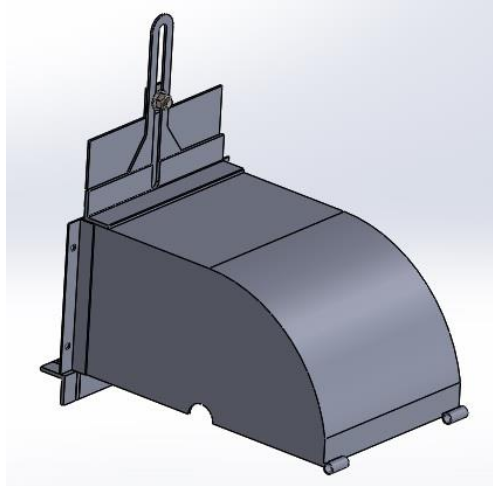


Figura 32. Armazón del molino de martillos  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.13.1 Diseño del bastidor

El bastidor aloja elementos como el sistema de trituración, las chumaceras, entre otros, por lo tanto, soporta las reacciones de la dinámica del sistema. En el bastidor se encuentra las guías que sirven como soporte para la zaranda y la base para las chumaceras como se ve en la figura 33.

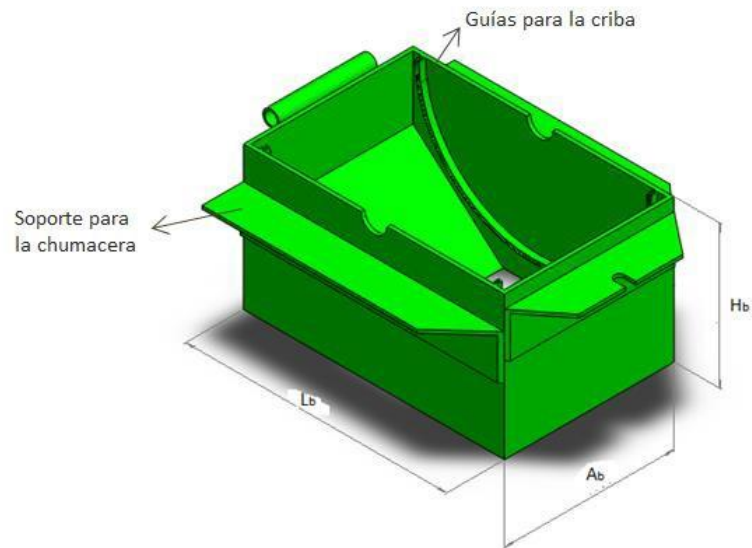


Figura 33. Bastidor del molino de martillos  
Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones del bastidor del molino se encuentran en función de las dimensiones del sistema de trituración, se establece un espesor de 4 mm .

Donde:

$L_b$ : Longitud del bastidor (511 mm)

$A_b$ : Ancho del bastidor (329 mm)

$H_b$ : Altura del bastidor (580 mm)

Las fuerzas que se aplican en el bastidor son las fuerzas presentes en los rodamientos puesto que estos se localizan sobre el elemento en análisis como se ve en la figura 33. Fuerza presente en los rodamientos es  $P = 372,155 N$ .

#### **4.13.2 Diseño de la tapa del molino**

La tapa del molino debe cumplir con diferentes características propias de molinos de martillos como son:

##### **Geometría de la tapa del molino**

Es una característica importante en los molinos de martillos, la geometría es aquella que toma la forma de la trayectoria del producto que se tritura, es decir, la periférica a los martillos como ve en la figura 34.

##### **Tipo de material**

El material de la carcasa debe garantizar la resistencia a los impactos del grano contra sus paredes, así mismo contar con una buena rigidez y deformarse al mínimo bajo

las cargas generadas en el funcionamiento. El material a ser utilizado en este tipo de aplicación es un acero ASTM A36 con un espesor de 4 mm.

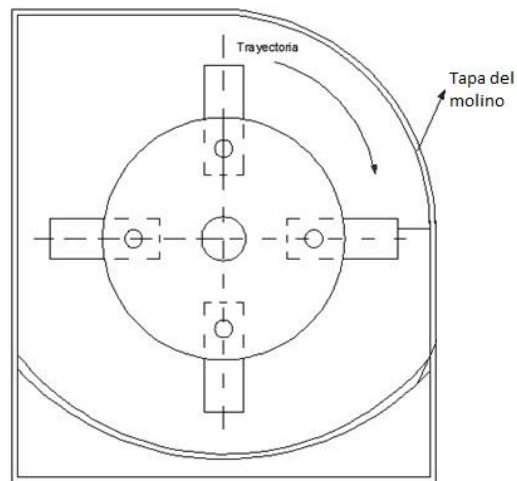


Figura 34. Geometría de la tapa del molino  
Fuente: Elaboración propia

Las medidas de la tapa del molino se encuentran en función de las dimensiones del bastidor.

La carga actuante en la tapa del bastidor, es igual a la fuerza con la que se tritura el maíz  $F_c = 11 N$ , como 11 martillos actúan a la vez se asume que 22 granos golpean la parte superior de la carcasa con un fuerza total 242 N.

Es necesario tomar en cuenta que la carcasa debe resistir el impacto de agentes ajenos a los granos.

#### 4.14 Diseño de la tolva de alimentación

La tolva de alimentación tiene como función, acumular el grano a ser triturado y controlar el flujo volumétrico mediante una compuerta corrediza.

La principal característica a tomar en cuenta en la tolva es el ángulo de inclinación como se ve en la figura 35, el mismo que depende del coeficiente de fricción ( $\mu$ ) en este caso entre el grano y el acero.

$$\theta = \tan^{-1}(\mu) \quad [42]$$

Donde:

$\theta$ : Ángulo mínimo de inclinación de la tolva para que se pueda deslizar correctamente el grano.

**Tabla 15.** *Coefficiente de fricción de algunos granos*

PRODUCTO	HUMEDAD	COEFICIENTE DE FRICCIÓN		
		Acero	Concreto	Madera
<b>Cebada</b>	7,9 %			0,4
	10,7 %	0,27	0,56	0,4
	12,3 %	0,28	0,55	
	13,3 %			0,4
	14,3 %	0,3	0,57	
	16,2 %	0,37	0,62	0,4
	10,4 %	0,33	0,4	0,38
<b>Frijol</b>	13,4 %	0,34	0,44	0,4
	16,5 %	0,36	0,51	0,48
<b>Lenteja</b>	13,5 %	0,16	0,33	0,27
<b>Maíz</b>	9,9 %	0,24	0,59	0,31
	12,2 %	0,25	0,6	0,33
	13,9 %	0,34	0,64	0,37

Fuente: Ospina M. J. Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos

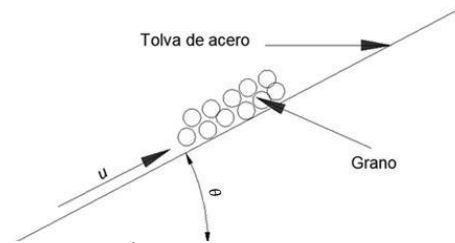


Figura 35. Ángulo de inclinación de la tolva  
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 15,  $\mu = 0,34$

$$\theta = \tan^{-1}(0,34)$$

$$\theta = 18,7^\circ$$

La geometría de la tolva se puede observar en la figura 36. Las medidas se encuentran en función de las medidas de la carcasa,

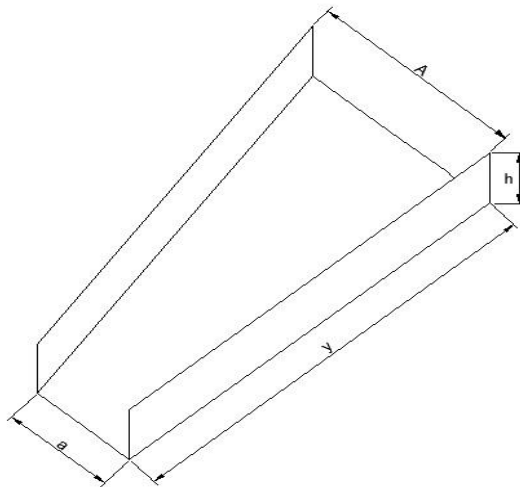


Figura 36. Geometría de la tolva  
Fuente: Elaboración propia

Su capacidad se denomina a continuación.

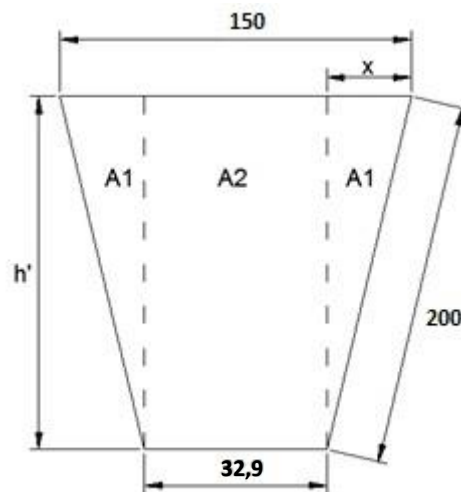


Figura 37. Área de la tolva en cm  
Fuente: Elaboración propia

El ancho de la carcasa del molino es de 32,9 *cm*, por lo tanto el ancho (*a*) de la tolva es de 32,9 *cm*, mientras que *A* y *h'* se establecen tomando en cuenta el tamaño del molino.

$$x = \frac{(150 - 32,9)cm}{2}$$

$$x = 58,55 \text{ cm}$$

$$h' = \sqrt{y^2 - x^2}$$

$$h' = \sqrt{(200^2 - 58,55^2)} cm^2$$

$$h' = 191,55 cm$$

$$A_T = 2 * A_1 + A_2$$

$$A_T = 2 * \left( \frac{x * h'}{2} \right) + (h' * a)$$

$$A_T = [(58,55 * 191,55) + (191,55 * 32,9)] cm^2$$

$$A_T = 17 517,24 cm^2$$

$$V_{tolva} = A_T * h$$

$$V_{tolva} = 17 517,24 cm^2 * 40 cm$$

$$V_{tolva} = 700 689,9 cm^3$$

Capacidad de la tolva en Kg:

$$M = \frac{1 grano}{9 * 10 * 5 mm^2} * 700 689 900 mm^3 * \frac{0,409 5 g}{1 grano} * \frac{1 Kg}{1 000 g}$$

$$M = 613,103Kg$$

Peso que soporta la tolva:

$$W = 613,103Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$W = 6\,014,54 N$$

#### **4.15 Diseño del sistema de alimentación**

El sistema de alimentación tiene la función de regular el ingreso del flujo de grano a la cámara de molienda. Básicamente el sistema de alimentación es una compuerta corrediza que permite ajustar la apertura de ingreso dependiendo el tipo de grano.

La geometría de la compuerta se ve en la figura 38 y sus dimensiones dependen de la carcasa del molino, el espesor de la plancha de acero con la que está construida la puerta es de 4 mm.

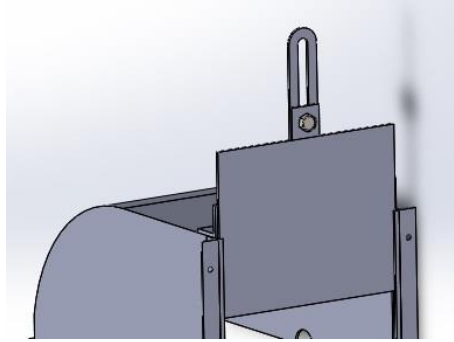


Figura 38. Compuerta del sistema de alimentación  
Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la figura 39, las fuerzas que actúan sobre la compuerta dependen del peso del grano que se encuentra en la tolva.

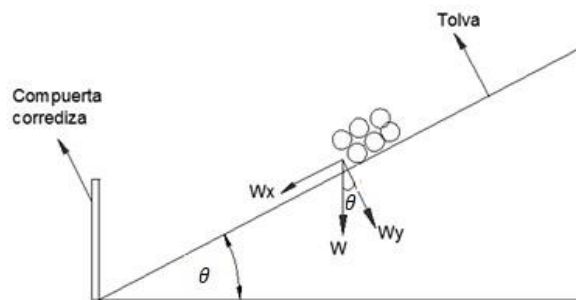


Figura 39. Fuerzas que actúan sobre la compuerta  
Fuente: Elaboración propia

$$W_x = W * \sin \theta$$

$$W_x = 6\,014,54 \text{ N} * \sin 20^\circ$$

$$W_x = 2\,057,09 \text{ N}$$

#### 4.15.1 Análisis de elementos finitos de la puerta

Para el análisis de elementos finitos de la puerta reguladora de flujo, que comprende el análisis de factor de seguridad, tensión de Von Mises y desplazamientos se aplica la fuerza calculada  $W_x = 2\,057,09\text{ N}$  en su cara lateral. La puerta reguladora de flujo soporta la fuerza  $W_x$  en el momento en que se encuentre cerrada.

Los resultados del análisis de elementos finitos se presentan en las figuras 40, 41 y 42, las mismas que representan el estudio de factor de seguridad, tensión de Von Mises y desplazamiento respectivamente.

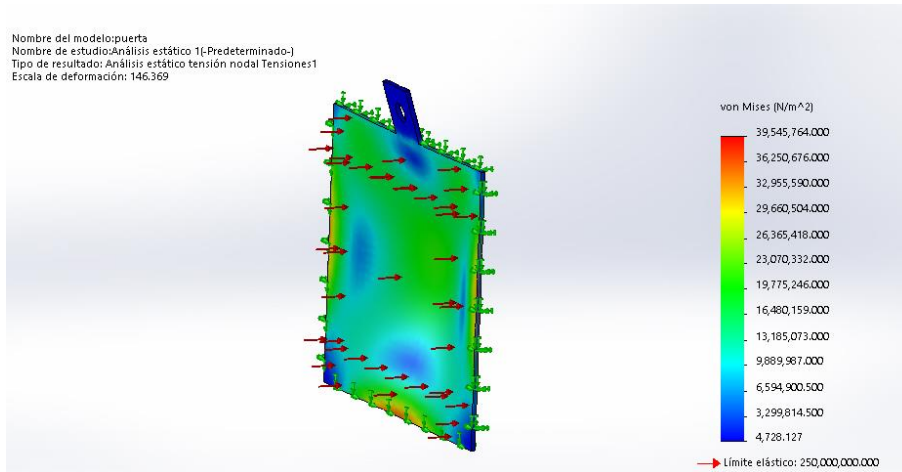


Figura 40. Tensión de Von Mises la puerta reguladora de flujo  
 Fuente: Elaboración propia

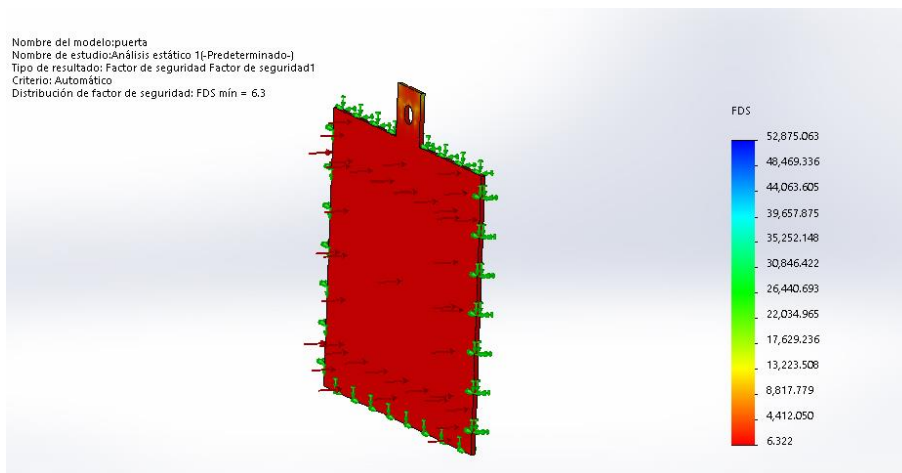


Figura 41. Factor de seguridad de la puerta reguladora de flujo  
 Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo obtenido en el estudio es de 6,3 siendo este un factor aceptable en el diseño, mientras que a zona más afectada dentro de los límites permitidos es en el centro de la puerta, en cuanto al desplazamiento máximo que se presenta en la puerta, en cuanto al desplazamiento máximo que se presenta en la puerta reguladora, es de 0,21 *mm*, siendo este desplazamiento casi despreciable.

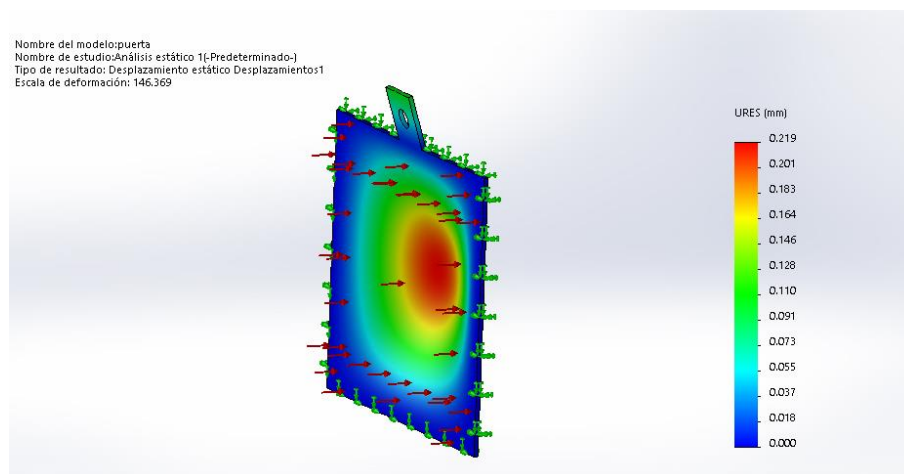


Figura 42. Desplazamiento en la puerta reguladora de flujo  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.16 Selección de la zaranda

La zaranda es un elemento que se coloca en el interior del bastidor en la parte inferior como se ve en la figura 43.



Figura 43. Ubicación de la zaranda  
Fuente: Elaboración propia

#### **Características:**

La zaranda debe cubrir un ángulo de  $60^\circ$  desde el centro en ambos sentidos es decir un ángulo total de  $120^\circ$  como se ve en la figura 44.

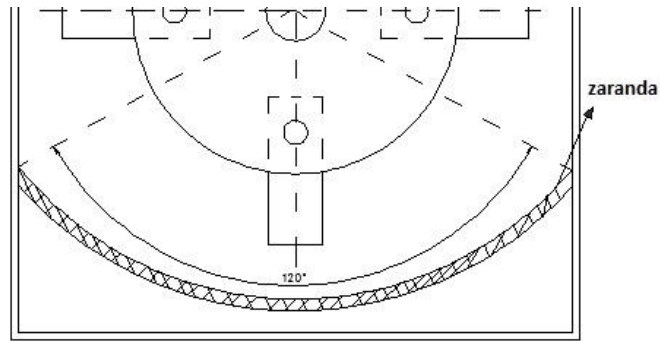


Figura 44. Zaranda  
Fuente: Elaboración propia

La separación entre la punta de los martillos y la zaranda es muy importante, ya que una distancia no adecuada disminuye la eficiencia del proceso. Según recomendaciones de diseño debe tener una separación de 3 – 15 *mm*.

La crianza de pollos tiene varias etapas, desde que nace el ave hasta su comercialización, en estas etapas se necesita distintos tamaños de grano triturado dependiendo de la edad de los pollos. La zaranda es la que determina el tamaño del producto final triturado, por lo tanto, necesitamos al menos 2 zarandas con diferente tamaño de perforación.

De tal modo que anteriormente establecimos el tamaño requerido, para un triturado medio se utilizara una zaranda con

perforaciones de 6,35 mm ( $\frac{1}{4}$  in) y para un triturado grueso 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  in).

#### **4.17 Diseño del sistema eléctrico**

El sistema eléctrico comprende básicamente el accionamiento del motor mediante un control ON – OF manual.

Para la selección de protecciones eléctricas es necesario tomar en cuenta las características del motor (ver anexo 21) como:

Tipo de corriente: Corriente alterna

Número de fases: Trifásico

Frecuencia: 60 Hz

Potencia nominal de la carga: 15 HP

Voltaje de alimentación de la bobina: 380 V

Corriente nominal: 39,2 A

#### 4.17.1 Selección del interruptor termo-magnético

Para la selección del interruptor termo-magnético, es el mismo que funciona como dispositivo de protección contra corrientes de sobrecarga y corto circuitos debe cumplir las siguientes condiciones:

$$I_n \leq I_{T-M} \leq I_{m\acute{a}x} \quad [43]$$

Donde:

$I_{T-M}$ : Corriente nominal del interruptor termo-magnético

$I_n$ : Corriente nominal del motor

$I_{m\acute{a}x}$ : Máxima corriente admisible

$$I_{m\acute{a}x} = 1,5 * I_n \quad [44]$$

$$I_{m\acute{a}x} = 1,5 * 39,2 A$$

$$I_{m\acute{a}x} = 58,8 A$$

$$39,2 A \leq I_{T-M} \leq 58,8 A$$

De acuerdo a la disponibilidad en el mercado y a la condición preestablecida, se selecciona un interruptor termo-magnético de  $I_{T-M} = 50 A$ .



Figura 45. Interruptor termo-magnético

Fuente: <http://www.tecinmer.com/ls-termomagneticos.html>

Características del interruptor termo-magnético:

- ✓ Marca: LG
- ✓ Corriente: 50 A
- ✓ Voltaje: 380 V
- ✓ Número de fases ó polos: 3
- ✓ Tipo: Montaje en riel DIN

#### 4.17.2 Selección del contactor

La selección de contactores se realiza tomando en cuenta las características del motor y tipo de trabajo (para determinar la clase del contactor), alimentación de la bobina.

Mediante el anexo 22 se seleccionó el contactor, sus principales características se presentan:



Figura 46. Contactor

Fuente: <https://www.lelong.com.my/lc-mc-32a-magnetic-contactor>

Características del contactor:

- ✓ Marca: LG
- ✓ Corriente: 50 A
- ✓ Voltaje: 380 V
- ✓ Bobina: 380 V
- ✓ Tipo: GMC 40
- ✓ Clase: AC3

### **4.17.3 Selección del relé térmico**

La selección del relé térmico se realiza en base a las características del motor, este relé es un dispositivo sensible a la temperatura y actúa cuando la corriente del motor excede a un límite preestablecido.

En el mercado existen diferentes marcas de relés térmicos, las características tomadas en cuenta para su selección fueron: precio, disponibilidad y factores eléctricos. Del anexo 22 se seleccionó el relé térmico en base al rango de regulación de corriente antes mencionado y tomando en cuenta el tipo de contactor seleccionado para un montaje directo.



Figura 47. Relé Térmico

Fuente: [www.google.com.pe/search?q=ls+rele+termico&rlz](http://www.google.com.pe/search?q=ls+rele+termico&rlz)

#### Características del relé térmico:

- ✓ Marca: LG
- ✓ Corriente: 50 A
- ✓ Rango de regulación: 28-50 A
- ✓ Tipo: GTK(diferencial, fallo de fase)
- ✓ Montaje directo con contactores GM 40

#### 4.17.4 Selección del conductor

Para transmitir energía eléctrica en forma segura y eficiente depende de la correcta selección de calibre del conductor eléctrico.

## Conductor del sistema de potencia

En base a la corriente nominal se selecciona el calibre del conductor, además se toma en cuenta un porcentaje de corriente adicional por posible presencia de corrientes armónicas.

$$I_{trabajo} = I_n + 30\% * I_n \quad [45]$$

$$I_{trabajo} = 39,2 + 0,3 * 39,2 A$$

$$I_{trabajo} = 50,96 A$$

Otro parámetro para la sección del conductor es la temperatura de trabajo, en este caso se selecciona a una temperatura promedio de  $348,15 \text{ }^\circ K$  ( $75^\circ C$ ). Por lo tanto con la corriente de trabajo  $50,96 A$ , temperatura de operación de  $348,15 \text{ }^\circ K$  ( $75^\circ C$ ) se selecciona el calibre de conductor en el anexo 23.



Figura 48. Conductor eléctrico

Fuente: <https://www.ecured.cu/Conductor>

#### Características del conductor:

- ✓ Material: Cobre
- ✓ Calibre: AWG # 6
- ✓ Corriente permisible: 348,15 K (75°C)
- ✓ Tipo: THW
- ✓ Voltaje máx: 600 V

### 4.17.5 Selección de accesorios eléctricos

#### Pulsadores

Los pulsadores son elementos que permiten el paso o interrupción de la corriente mientras son accionados. Cuando ya no se actúa sobre ellos, generalmente se vuelven a su posición de reposo.

Mediante pulsadores se controla la puesta en marcha y parada del molino de martillos. En base al código de colores para componentes de comando (ver anexo 24), los pulsadores para encendido son de color verde y el contacto normalmente abierto en reposo, mientras que para el apagado de color rojo y contacto normalmente cerrado.

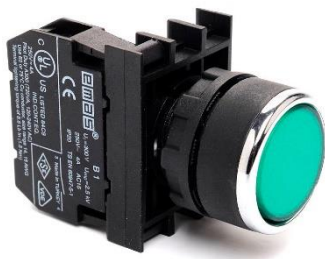


Figura 49. Pulsador rasante

Fuente: [www.aliexpress.com/item/LED-Pilot-Light](http://www.aliexpress.com/item/LED-Pilot-Light)

Características del pulsador:

- ✓ Marca: CAMSCO
- ✓ Modelo: KXB2-BA42
- ✓ Contacto: 1 NC
- ✓ Tamaño: 22 mm

## **Luz piloto led**

La luz piloto led o lámparas piloto se utilizan como elementos auxiliares de señalización para indicar posición de activación o desactivación de un sistema, para lo cual hay que basarse en el código de colores de luces anexo 24 por ejemplo si se activa la luz verde da a conocer que la máquina se encuentra en correcto funcionamiento.

Los tipos de luces pilotos led, se seleccionó de acuerdo a características como disponibilidad y precio.



Figura 50. Luz piloto  
<https://conelectric.com.pe/luz-piloto>

Características de luz piloto:

- ✓ Marca: CAMSCO
- ✓ Modelo: KXB2-BA42
- ✓ Tamaño: 22 mm
- ✓ Voltaje de operación: 220 V

### **Pulsador de emergencia**

Es un dispositivo que se utiliza como paro de emergencia y se consideran como equipo de protección complementaria, cuando se oprima el botón los contactos deben de cambiar de estado a la vez que el botón se enclava en la posición de oprimido. El paro de emergencia es de color rojo y debe de estar colocado en un lugar de fácil acceso para el operador.

El pulsador de emergencia se seleccionó de acuerdo a características como disponibilidad y precio



Figura 51. Pulsador de emergencia  
[www.promel-electricidad.com/pulsadores-selectores](http://www.promel-electricidad.com/pulsadores-selectores)

Características del pulsador de emergencia:

- ✓ Marca: CAMSCO
- ✓ Modelo: KXB2-BA42
- ✓ Contacto: 1 NC
- ✓ Tamaño: 22 mm

#### 4.17.6 Diseño del circuito de potencia

El circuito de potencia está constituido básicamente por el motor trifásico jaula de ardilla, el interruptor termomagnético, el contactor y el relé.

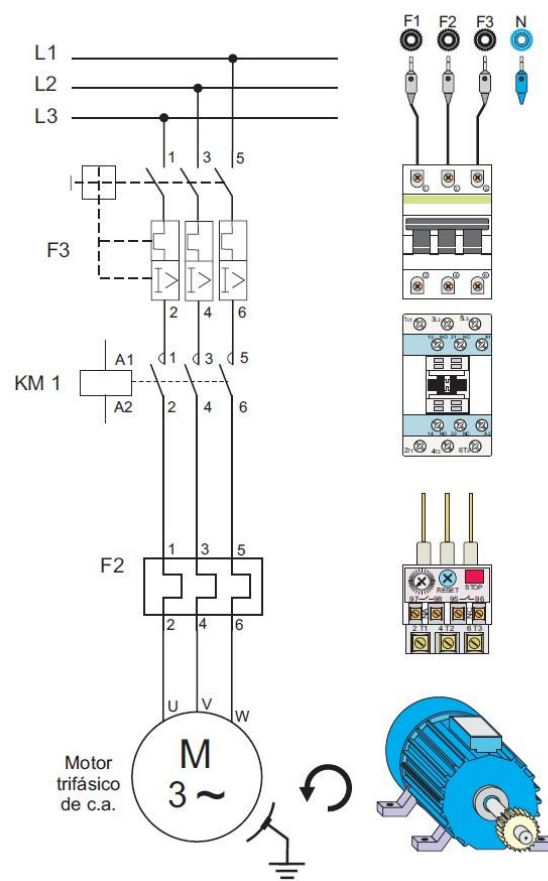


Figura 52. Circuito de potencia  
Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS FINANCIERO**

El análisis financiero en este proyecto tiene como finalidad conocer si es viable invertir en la construcción de un molino de martillos para triturar granos para la preparación de alimento balanceado para aves de granja, comparado con el costo que implica la trituración del grano en una molienda ajena.

#### **5.1 Análisis de costo**

Los costos en este caso están relacionados en el valor de inversión inicial de la máquina. Para este análisis se plantea dos tipos de costos: directos e indirectos, los mismo que se detallan a continuación.

##### **5.1.1 Costos directos**

Los costos directos están relacionados con los materiales utilizados para la construcción del molino, así

como la mano de obra para el montaje de la máquina, mecanizado de elementos e instalación eléctrica.

### Costo de materiales

Los costos de materiales se detallan en la tabla 16 y 17, están relacionados con todos aquellos elementos que forman parte de la máquina tanto en el sistema mecánico como en el sistema eléctrico.

**Tabla 16.** Costos de elementos del sistema mecánico

ELEMENTOS MECÁNICOS					
Elemento	Descripción	Cant.	Material	Costos p/u	Costo total
<b>Plancha de acero (mm)</b>	1200 x 2420 x 4	1	ASTM A-36	S/ 280,00	S/ 280,00
	1200x 2420 x 2	1	ASTM A-36	S/ 135,00	S/ 135,00
<b>Ángulo estructural (in)</b>	L2 x 2 x 1/4	1	ASTM A-36	S/ 82,00	S/ 82,00
<b>Platina</b>	4,76 x 38,1 mm (3/16 x 1 1/2 in)	1	ASTM A-36	S/ 43,50	S/ 43,50
<b>Tubo</b>	76,2 x 2 mm (3 x 0.078 in)	1	ASTM A-36	S/ 88,00	S/ 88,00
<b>Eje</b>	50,8 mm (2 in)	1	AISI 1018	S/ 75,00	S/ 75,00

	15,87 mm (5/8 in)	1	AISI 1018	S/ 29,00	S/ 29,00
<b>Bandas de transmisión</b>	B - 56	3	-	S/ 40,00	S/ 120,00
	3 canales 4 x 3B	1	Aluminio	S/ 40,00	S/ 40,00
<b>Polea</b>	3 canales tipo B Ø160 mm	1	Aluminio	S/ 50,00	S/ 50,00
<b>Motor</b>	WEG 15 HP 380 V 1755 RPM	1	-	S/ 1 300,00	S/ 1 300,00
<b>Chumaceras</b>	E2.6208-2RST	2	Hierro fundido	S/ 45,00	S/ 90,00
			<b>Total</b>		<b>S/ 2 332,50</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17. Costos de elementos del sistema eléctrico**

<b>ELEMENTOS ELÉCTRICOS</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costos p/u</b>	<b>Costo total</b>
<b>Relé térmico</b>	1	LS GTK 28 - 50A	S/ 88,00	S/ 88,00
<b>Contactador</b>	1	LS GMC 40 - 380V	S/ 136,00	S/ 136,00
<b>Termo-magnético</b>	1	LS 50A - 380V	S/ 50,00	S/ 50,00
<b>Pulsador</b>	2	Stronger (rojo, verde)	S/ 7,00	S/ 14,00
<b>Pulsador</b>	1	Emergente con retención	S/ 25,00	S/ 25,00
<b>Luz piloto</b>	2	Stronger 220V (rojo, verde)	S/ 7,00	S/ 14,00
<b>Conductor (mts.)</b>	14	Flexible AWG 6	S/ 4,00	S/ 56,00
<b>Conductor (mts.)</b>	12	Flexible AWG 10	S/ 1,40	S/ 16,80
<b>caja de control</b>	1	40 x 40 x 15 cm	S/ 115,00	S/ 115,00
<b>Riel DIN</b>	1	30 cm	S/ 3,00	S/ 3,00
			<b>Total</b>	<b>S/ 517,80</b>

Fuente: Elaboración propia

### **Costos de maquinado**

Los costos de maquinado están relacionados con el costo que implica el mecanizado de elementos que lo requieran (incluye mano de obra y alquiler de máquinas), en las diferentes máquinas herramientas utilizadas.

### **Costos de montaje**

En los costos de montaje se incluye el costo de la mano de obra para el montaje y ensamble del molino de martillos, tanto el sistema mecánico como el sistema eléctrico.

Para el ensamble mecánico de la máquina se requiere de dos personas mientras que para el sistema eléctrico una persona como se detalla en la tabla 19.

**Tabla 18. Costos directos de maquinado**

Máquina	Elemento	Cant.	Material	Costo de maquinado	Costo total
<b>Torno</b>	Polea motor	1	Aluminio	S/ 40,00	S/ 40,00
	Eje Principal	1	AISI 1018	S/ 200,00	S/ 200,00
<b>Taladro pedestal</b>	Zaranda	2	ASTM A-36	S/ 240,00	S/ 480,00
	Martillos	44	ASTM A-36	S/ 3,00	S/ 132,00
	Discos	12	ASTM A-36	S/ 4,50	S/ 54,00
<b>Soldadura SMAW</b>	Carcasa	1	ASTM A-36	S/ 120,00	S/ 120,00
	base del motor	1	ASTM A-36	S/ 45,00	S/ 45,00
	Tolva	1	ASTM A-36	S/ 50,00	S/ 50,00
<b>Dobladora de laminas</b>	Carcasa	1	ASTM A-36	S/ 40,00	S/ 40,00
<b>Amoladora</b>	Carcasa	1	ASTM A-36	S/ 15,00	S/ 15,00
	base del motor	1	ASTM A-36	S/ 8,00	S/ 8,00
	Tolva	1	ASTM A-36	S/ 8,00	S/ 8,00
	Carcasa	1	ASTM A-36	S/ 60,00	S/ 60,00
<b>Cortadora</b>	Tolva	1	ASTM A-36	S/ 50,00	S/ 50,00
				<b>Total</b>	<b>S/ 1 302,00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19.** *Costo directo por montaje del molino*

<b>Ensamble del sistema</b>	<b># Personas</b>	<b>Costo mano de obra</b>	<b>Costo total</b>
<b>Mecánico</b>	2	S/ 400,00	S/ 800,00
<b>Eléctrico</b>	1	S/ 300,00	S/ 300,00
		<b>Total</b>	<b>S/ 1 100,00</b>

Fuente: Elaboración propia

### **5.1.2 Costos indirectos**

Los costos indirectos implican todos aquellos valores que no están relacionados directamente con la construcción de la máquina pero que si intervienen en el proceso.

#### **Costos materiales**

Los costos de materiales indirectos que se detallan en la tabla 18 están relacionados con materiales que se utilizan en la máquina, pero no intervienen en el funcionamiento de la máquina.

**Tabla 20.** Costos de materiales indirectos

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>C / U</b>	<b>Total</b>
<b>Pintura epóxica (galón)</b>	1	S/ 195,00	S/ 195,00
<b>Transporte</b>	1	S/ 50,00	S/ 50,00
<b>Extras</b>	-	-	S/ 30,00
		<b>Total</b>	<b>S/ 275,00</b>

Fuente: Elaboración propia

### **Gastos imprevistos**

Los gastos imprevistos están relacionados con la movilización para la adquisición de los diferentes elementos la construcción de la máquina se realizó en un tiempo aproximado de 4 semanas, con lo que se establece 350 soles en gastos imprevistos.

## **5.2 Inversión de la máquina**

Una vez realizado el análisis de costos directos e indirectos en la tabla 21 se obtiene el costo de la inversión inicial del molino de martillos.

**Tabla 21.** *Inversión de la máquina*

<b>Costos</b>	<b>Componente de costo</b>	<b>Costo soles</b>
<b>Directos</b>	Materiales	S/ 2 850,30
	Maquinado	S/ 1 302,00
	Montaje	S/ 1 100,00
<b>Indirectos</b>	Materiales	S/ 275,00
	Gastos imprevistos	S/ 350,00
<b>Inversión total</b>		<b>S/ 5 877,30</b>

Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Análisis de la inversión del molino de martillos aplicado a la empresa “EL GRAN POLLÓN”**

El análisis financiero es muy importante ya que nos da a conocer si es viable invertir en la construcción de un molino de martillos para ser utilizado en la empresa “EL GRAN POLLÓN”, este análisis se realizará mediante indicadores financieros como: VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa interna de retorno), PRI (Periodo de recuperación de la inversión), B/C (Beneficio costo).

**Tabla 22.** *Criterios para el análisis financiero*

<b>Criterio</b>	<b>Aceptación</b>	<b>Rechazo</b>
<b>VAN</b>	$> 0$	$< 0$
<b>TIR</b>	$> i$	$< i$
<b>PRI</b>	$< 6$ meses	$> 6$ meses
<b>B/C</b>	$> 1$	$< 1$

Fuente: Elaboración propia

### **5.3.1 Flujo de caja**

En el flujo de caja intervienen los ingresos y egresos del proceso. Los ingresos del proceso se establecen en base al ahorro que se tiene al triturar granos en un molino ajeno a la empresa “EL GRAN POLLÓN”.

En una molienda ajena el costo por trituración de granos es de S/. 40 por tonelada.

En el capítulo III se estableció que para la empresa “EL GRAN POLLÓN” de acuerdo a al planeamiento semanal se estableció una demanda de 140,64 Toneladas de maíz molido mensualmente.

De acuerdo a estas consideraciones, mensualmente el ahorro es de

$$140,64 * 40 = S/ 5 625,6$$

Una vez que se conoce el ahorro de no triturar el grano en una molienda ajena, se calcula el costo de la energía eléctrica que consume el molino para triturar 140,64 toneladas al mes.

$$P = V_n * I_n \quad [46]$$

$$P = 380 V * 39,2 A$$

$$P = 14,896 Kw$$

La capacidad del molino es 2 toneladas por hora, para triturar 140,64 toneladas se requiere de aproximadamente 71 horas de trabajo.

$$P = 14,896 Kw * 71 h$$

$$P = 1\,057,62 \text{ Kw/h}$$

Costo total del consumo de energía eléctrica sería:

$$C_{Total} = 1057,62 \frac{\text{Kw}}{\text{h}} * \frac{0,5282 \text{ Soles}}{\frac{\text{Kw}}{\text{h}}}$$

$$C_{Total} = 558,63 \text{ Soles}$$

Otro egreso que se considera en el flujo de caja es la depreciación de la máquina. El tiempo de depreciación para maquinas es de 10 años, y se estima un valor residual del 26 %.

$$D_{máquina} = \frac{I_i - V_R}{N^{\circ} \text{ de años}} \quad [47]$$

Donde:

$D_{máquina}$ : Depreciación de la máquina

$I_i$ : Inversión inicial de la máquina

$V_R$ : Valor residual

$$D_{máquina} = \frac{5\,591,3 - 1\,453,74}{10}$$

$$D_{máquina} = 413,77 \frac{\text{Soles}}{\text{año}}$$

Tabla 23. Flujo de caja

DETALLE	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
<b>Ingresos de caja</b>		S/ 5 625,60	S/ 5 625,60	S/ 5 625,60	S/ 5 625,60	S/ 5 625,60	S/ 5 625,60
<b>Cantidad (toneladas)</b>		140,64	140,64	140,64	140,64	140,64	140,64
<b>Precio x ud.</b>		S/ 40,00	S/ 40,00	S/ 40,00	S/ 40,00	S/ 40,00	S/ 40,00
<b>Egresos de caja</b>		S/ 1 913,11	S/ 1 913,11	S/ 1 973,11	S/ 1 913,11	S/ 1 913,11	S/ 2 139,61
<b>Energía eléctrica</b>		S/ 558,63	S/ 558,63	S/ 558,63	S/ 558,63	S/ 558,63	S/ 558,63
<b>Operador</b>		S/ 1 300,00	S/ 1 300,00	S/ 1 300,00	S/ 1 300,00	S/ 1 300,00	S/ 1 300,00
<b>Mantenimiento</b>		S/ 20,00	S/ 20,00	S/ 80,00	S/ 20,00	S/ 20,00	S/ 246,50
<b>Depreciación</b>		S/ 34,48	S/ 34,48	S/ 34,48	S/ 34,48	S/34,48	S/ 34,48
<b>Flujo Neto Efectivo Proyectado</b>	<b>-S/ 5 877,30</b>	S/ 3 712,49	S/ 3 712,49	S/ 3 652,49	S/ 3 712,49	S/ 3 712,49	S/ 3 485,99

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2 Valor actual neto

El VAN es uno de los indicadores de rentabilidad más utilizados en la evaluación de proyectos de inversión, el procedimiento de cálculo consiste en actualizar al momento cero (hoy), todos los flujos netos de caja generados por el proyecto menos la inversión inicial. Con una tasa de retorno de  $i = 15 \%$

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad [48]$$

El cálculo del VAN para el proyecto se realizó en el programa Excel como se indica en la figura 46.

DATOS		VALORES						
Número de periodos	6							
Tipo de periodo	Mensual							
Tasa de descuento	15%							
DETALLE		Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
<b>Ingresos de caja</b>			S/ 5,625.60	S/ 5,625.60	S/ 5,625.60	S/ 5,625.60	S/ 5,625.60	S/ 5,625.60
Cantidad (toneladas)			140.64	140.64	140.64	140.64	140.64	140.64
Precio			S/ 40.00	S/ 40.00	S/ 40.00	S/ 40.00	S/ 40.00	S/ 40.00
<b>Egresos de caja</b>			S/ 1,913.11	S/ 1,913.11	S/ 1,973.11	S/ 1,913.11	S/ 1,913.11	S/ 2,139.61
Energia electrica			S/ 558.63	S/ 558.63	S/ 558.63	S/ 558.63	S/ 558.63	S/ 558.63
Operador			S/ 1,300.00	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00
Mantenimiento			S/ 20.00	S/ 20.00	S/ 80.00	S/ 20.00	S/ 20.00	S/ 246.50
Depreciacion			S/ 34.48	S/ 34.48	S/ 34.48	S/ 34.48	S/ 34.48	S/ 34.48
<b>Flujo Neto Efectivo Proyectado</b>		<b>-S/ 5,877.30</b>	S/ 3,712.49	S/ 3,712.49	S/ 3,652.49	S/ 3,712.49	S/ 3,712.49	S/ 3,485.99
DETALLE		Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
<b>Flujo Neto Efectivo Proyectado</b>		<b>-5,877.30</b>	3,712.49	3,712.49	3,652.49	3,712.49	3,712.49	3,485.99
<b>VAN</b>			<b>S/8,035.18</b>					

Figura 53. Cálculo del VAN en Excel

Fuente: Elaboración propia

Según los criterios planteados anteriormente, el proyecto es aceptable o factible si es  $VAN > 0$ , de modo que nuestro VAN cumple con esta condición por lo tanto es factible ejecutar el proyecto.

### 5.3.3 Tasa interna de retorno

El TIR de una inversión está definido como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero

y muestra el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener si se ejecuta el proyecto en las mejores condiciones.

Para el cálculo de la TIR se debe utilizar el valor total de la inversión los flujos netos efectivos como se indica en la siguiente ecuación.

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_c t}{(1+TIR)^t} \quad [49]$$

El cálculo de la TIR para el proyecto se realizó el programa Excel como se indica en la figura 47.



#### 5.3.4 Periodo real de recuperación

EL PRI determina en cuanto tiempo se recupera el total de la inversión a valor presente, es decir nos revela la fecha en la cual se cubre la inversión inicial en meses y días, para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación.

$$PRI = \frac{a}{(a+b)+c} \quad [50]$$

Donde:

*a*: Flujo neto acumulado anterior inmediato al recuperado

*b*: Flujo neto acumulado en el periodo de recuperación

*c*: Periodo anterior inmediato al recuperado

D48					
=+-E40/(-E40+E41)+B40					
	B	C	D	E	F
37	<b>Periodo</b>	<b>Flujo Neto Efectivo Proyectado</b>		<b>Flujo Neto Efectivo Proyectado Acumulado</b>	
38					
39	0	-S/5,877.30		S/5,877.30	
40	1	S/3,712.49		S/2,164.81	
41	2	S/3,712.49		S/1,547.68	
42	3	S/3,652.49		S/5,200.17	
43	4	S/3,712.49		S/8,912.66	
44	5	S/3,712.49		S/12,625.15	
45	6	S/3,485.99		S/16,111.14	
46					
47					
48		<b>PRI</b>	<b>1.58</b>	<b>Meses</b>	
49					

Figura 55. Cálculo del PRI en Excel  
Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de días

$$0,58 * 30 \text{ días} = 17 \text{ días}$$

$$PRI = 1 \text{ mes} + 17 \text{ días}$$

Por lo tanto, el periodo de recuperación real de la inversión es de 1 mes y 17 días, esto a su vez es viable puesto que el PRI es menor a 6 meses.

### 5.3.5 Relación Beneficio/Costo

La relación B/C nos representa la rentabilidad en términos del valor presente neto que origina el proyecto por cada nuevo sol invertido.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN+I_0}{I_0} \quad [51]$$

$$\frac{B}{C} = \frac{8035,18 + 5877,30}{5877,30}$$

$$\frac{B}{C} = 2,36$$

Por lo que se puede afirmar que, por cada nuevo sol invertido, se tendrá un retorno del capital invertido y una ganancia del 2,36 en consecuencia este proyecto resulta atractivo.

El resumen de los indicadores financieros calculados se representa en la tabla 24.

**Tabla 24.** *Resultados del análisis financiero*

<b>Técnica de Evaluación</b>	<b>Criterio</b>	<b>Resultado</b>
<b>VAN</b>	8035,18 > 0	Aceptable
<b>TIR &gt; <i>i</i> (%)</b>	59 > 15	Aceptable
<b>PRI &lt; 6 (meses)</b>	1,58 < 6	Aceptable
<b>B/C &gt; 1</b>	2,36 > 1	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los parámetros tomados en cuenta para la selección del molino, llegamos a la conclusión que el molino de martillos es el más adecuado, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas del mismo. Ya que la dureza de la materia prima a ser triturada es considerablemente muy baja.

El diseño del molino de martillos realizado, da como resultado la producción de 2 toneladas por hora de maíz triturado, de tamaño grueso y medio, siendo esta la capacidad establecida al inicio del proyecto.

Según los cálculos realizados y la selección adecuada de todos los componentes del mecanismo de molienda, tienen el comportamiento esperado, de esta manera logramos satisfacer la demanda establecida por la empresa "EL GRAN POLLÓN".

Dado el diseño de la máquina se toma en cuenta la facilidad de construcción, materiales de fácil acceso, gran oferta en el mercado nacional y procesos de construcción de fácil ejecución, la

construcción de la misma resulta sencilla y de gran accesibilidad para la pequeña y mediana industria de la ciudad de Tacna y el Perú en general.

Los indicadores económicos y financieros que se obtuvieron, demuestran que el proyecto es viable, es decir los ingresos futuros son mayores que los costos iniciales, esto se corrobora con un VAN mayor a cero.

Según el análisis financiero, el proyecto de la construcción de un molino de martillos para la empresa “EL GRAN POLLÓN”, reduce notablemente los costos de la producción de aves, la inversión se recuperará en 1 mes y 17 días.

## **RECOMENDACIONES**

La trituración de granos de maíz, genera determinada cantidad de harina, la misma que no siempre es aprovechada al máximo; por lo cual se recomienda implementar un sistema de absorción de harina que pueda ser acoplado al molino.

El molino diseñado en este proyecto tiene como finalidad, triturar granos de maíz para consumo animal; no está apto para consumo humano; si se deseara utilizar para consumo humano se debería utilizar acero inoxidable como material primordial en su construcción.

Para que la productividad y rendimiento del molino no disminuya se recomienda estar atento al desgaste de los componentes internos principalmente de los martillos.

Para un adecuado funcionamiento se recomienda que a su encendido se espere unos segundos hasta que la misma adquiera la velocidad de operación, para su óptimo desempeño.

La máquina debe tener un mantenimiento preventivo y correctivo de manera periódica (cada 2 meses o 600 horas de uso) de manera que se tenga una buena funcionabilidad y la misma pueda cumplir satisfactoriamente su tiempo de vida útil (ver anexo 25).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agricultura, D. d. (S.F.). *Composición química y valor nutritivo del maíz*.  
Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s03.htm>
- Avicola, E. s. (2013). *Sector avícola impulsa demanda de harinas de soja y maíz*. Obtenido de  
<http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/25966/sector-avicola-impulsa-demanda-de-harinas-de-soja-y-maaz/>
- Avila Araque, C. M., & Benavides Huera, D. R. (2013). *Estudio de factibilidad para la elaboracion de alimentos balanceados para pollos Broilers*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Balcarce. (2006). *CALIDAD DEL GRANO DE MAÍZ* . Obtenido de  
[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/80-grano\\_maiz.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/80-grano_maiz.pdf)
- Beliáev, V. N., Bogatirev, I. S., Bulanzhé, A. V., Vibornov, P. V., Gadolin, V. L., Govman, N. A., . . . Doctores en ciencias exactas. (2004). *Atlas de Maquinas y Mecanismos*. Moscu: Editorial construccion de maquinaria.
- Cadena productiva del maiz*. (S.F.). Obtenido de  
<http://www.sic.gov.co/drupal/masive/datos/Cadena%20productiva%20del%20ma%C3%ADz.pdf>
- Clavijo Ovalle, C. A., & Cardona Duarte, N. (2014). *Diseño de un molino de martillos para la produccion de pegamento ceramico para la empresa Ragraquimicos*. Ocoña, norte de Santander: Universidad Fransisco de Paula Santander Ocoña.
- Cortizo Rodriguez, J. L., Fernandez Rico, J. J., Fernandez Rodriguez, M., Rodriguez Ordoñez, E., Sierra Velasco, J. M., & Vijande Diaz, R. (S.F.). *Elemento de Maquinas, teoria y problemas*. Universidad de Oviedo.
- Cuadrado Moncayo, I. R., & Rueda Castillo, J. L. (2009). *Diseño y construccion de un molino de martillos*. Quito: Universidad San Fransisco de Quito.

- Economista, E. (2015). *México, el mayor consumidor de aves y maíz importados*. Obtenido de <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/03/24/mexico-mayor-consumidor-aves-maiz-importados>
- El Maiz*. (S.F.). Obtenido de <http://www.educa.com.bo/plantas/el-maiz-zea-mays>
- Fedna. (S.F.). *Maiz nacional*. Obtenido de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/ma%C3%ADz-nacional](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/ma%C3%ADz-nacional)
- G. Budynas, R., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shilgley* (Octava edición ed.). Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Gestion. (15 de 07 de 2014). *El pollo representa el 53% del consumo total de carnes en el Perú*. Obtenido de <http://gestion.pe/economia/pollo-representa-53-consumo-total-carnes-peru-2102934>
- INEI. (22 de 01 de 2014). *Producción de ave aumentó en 18 departamentos*. Tacna.
- L. McCabe, W., C. Smith, J., & Harriott, P. (2005). *Operaciones unitarias en Ingeniería Química*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Mena Murillo, M. N., & Saranga Pogo, M. C. (2007). *Diseño y operativización del proyecto de expansión para la empresa "MOLINOS GENOVITA" dedicada a la producción de griz de maíz ubicada en Santo Domingo de los Colorados*. Quito: Universidad Politécnica salesiana.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elemento de máquinas*. México: Pearson Educación S.A.
- Niño de Guzman Ospina, D. O. (2006). *Diseño de un molino de martillos de doble eje*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Olaya H., J., & Aranque de los rios, O. (2010). *Caracterización del sistema de molienda en el proceso de producción de carbonato de calcio*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

- Pavon Cespedes, J. A. (2013). *Diseño y construcción de un molino artesanal para la molienda de granos secos de capacidad 250 Kg/h*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Quitiaquez Sarzosa, W. G., & Reina Yanque, C. I. (2011). *Diseño y construcción de un molino para la extracción de aceite de chota (fruto de palmeras)*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana sede Quito.
- Reaño Villalobos, R. E. (2015). *Propuesta de mejora de la productividad en el proceso de pilado de arzozen el molino LATINO S.A.C.* Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Reyes Acevedo, D. A. (2011). *Evaluación del sistema de molienda de una planta de alimentos balanceados para animales*. Puerto la Cruz: Universidad de Oriente Nucleo de Anzoategui.
- Rodriguez, S., & Stringhini, J. E. (10 de 31 de 2013). *Calidad del maíz para Avicultura*. Obtenido de <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/calidad-maiz-avicultura-t5166/141-p0.htm>
- Romerlabs. (2012). *Industria Molinera, Granos y Semillas*. Obtenido de <http://www.romerlabs.com/es/industries/grain-milling-seeds/>
- Salas Lara, C. G. (2012). *Diseño de un molinote rodillos para molienda molienda de granos, destinado al area de alimentos DELCESTTA-ESPOCH*. Rio Bamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Tanner, N., & Uzwil. (2006). *Size reduction*. Suiza: Swiss Institute of Feed Technology SFT.
- wikipedia. (26 de 03 de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_aleado](https://es.wikipedia.org/wiki/Acero_aleado)
- Zempoaltecatl Piedras, M. A. (2013). *Adaptación de una transmisión mecánica a un molino de martillos*. Mexico: Instituto Politecnico Nacional.

## **ANEXOS**

## **Anexo 1**

**Planeamiento semanal de la empresa “EL GRAN POLLÓN”**



## Anexo 2

### Cuadro resumen de la determinación de la fuerza de trituración

MASA	ALTURA	Pto. de fractura
0,5 Kg.	7 cm	Si
0,5 Kg.	6 cm	Si
0,5 Kg.	4,5 cm	Mínimo



Figura 56. Balanza Electrónica  
Fuente: UNJBG – laboratorio de química



Figura 57. Proceso de fractura del grano  
Fuente: Elaboración propia

Elevar una masa determinada (0,5 Kg) a una altura pequeña (45 mm) y dejarla caer sobre el grano de maíz. Realizar el paso anterior agregando altura a la masa hasta que la misma sea capaz de romper el grano de manera completa



Figura 58. Maíz fracturado  
Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3

#### Coefficiente de fluctuación

COEFICIENTE DE FLUCTUACIÓN *	
Tipo de máquina	$C_f$
Maquinaria de machaqueo	0,200
Maquinaria eléctrica	0,003
Maquinaria eléctrica, transmisión directa	0,002
Motores con transmisión por correas	0,030
Maquinaria para molinos harineros	0,020
Transmisión rueda dentada	0,020
Martillos	0,200
Máquinas herramientas	0,030
Maquinaria para fabricación de papel	0,025
Bombas	0,030-0,050
Maquinaria de corte	0,030-0,050
Maquinaria de hilanderías	0,010-0,020
Maquinaria textil	0,025

\* *Mechanical Engineers Handbook, de Kent, 12.ª edición, «Design and Productions», pág. 7-40.*

Fuente: Mechanical engineers Handbook, Kent, William

## Anexo 4

### Fuerza de corte y propiedades del maíz

PROPIEDADES FÍSICAS Y CALIDAD DE LOS MAÍCES NATIVOS DE MÉXICO

Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 Supl. 3-A, 2013

**Cuadro 2. Comparación de grupos raciales de maíz por sus dimensiones de grano.**

Grupo racial	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PMG (g)	Dureza (N)	GS (g mL <sup>-1</sup> )	CAA	PP	RT
Indígenas Antiguas	10.1 b	6.7 d	5.0 ab	186.6 c	12.8 a	1.2767 a	1.08 b	29.74 a	1.46 a
Exóticas Precolombinas	10.2 b	10.0 a	5.5 a	343.7 a	9.4 b	1.1257 c	1.19 a	31.30 a	1.51 a
Mestizas-Prehistóricas	11.4 ab	9.0 ab	4.9 ab	306.7 ab	11.0 ab	1.1973 b	1.45 a	31.50 a	1.45 a
Modernas Incipientes	12.8 a	7.5 cd	4.8 ab	330.0 ab	12.9 a	1.2133 b	1.40 a	32.98 a	1.40 a
No Bien Definidas	10.9 b	8.4 bc	4.5 b	260.4 b	11.8 ab	1.1760 bc	1.43 a	33.04 a	1.43 a

Medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). GS = gravedad específica; CAA = capacidad de absorción de agua, en kg de agua por kg de harina; PP = pérdida de peso durante el cocimiento de la tortilla, en % del peso inicial; RT = rendimiento de tortilla, en kg de tortilla por kg de harina. PMG = peso de mil granos.

## Anexo 5

### Material para la herramienta de percusión

# Platinas

## CALIDAD: ASTM A36

**DENOMINACIÓN:**  
PLATA36.

**DESCRIPCIÓN:**  
Producto de acero que ha sido laminado en caliente en sus cuatro superficies, con una sección transversal rectangular. Tiene las superficies lisas.

**USOS:**  
En la fabricación de estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, piezas forjadas y otros.

**NORMAS TÉCNICAS:**  
• Propiedades Mecánicas: ASTM 36/A36M  
• Tolerancias Dimensionales: ISO 1035/4

**PRESENTACIÓN:**  
Se produce en barras de 6 metros de longitud. Se suministra en paquetes de 2 TM, formados por paquetes de 1 TM c/u.

DIMENSIONES NOMINALES (pu lg)	PESO NOMINAL	
	Kg/m	Kg/6m
1/8" x 1/2" x 6 m	0.32	1.92
1/8" x 5/8" x 6 m	0.39	2.34
1/8" x 3/4" x 6 m	0.48	2.88
1/8" x 1" x 6 m	0.64	3.84
1/8" x 1 1/4" x 6 m	0.80	4.80
1/8" x 1 1/2" x 6 m	0.95	5.70
1/8" x 2" x 6 m	1.27	7.62
3/16" x 1/2" x 6 m	0.48	2.88
3/16" x 5/8" x 6 m	0.61	3.66
3/16" x 3/4" x 6 m	0.74	4.44
3/16" x 1" x 6 m	0.98	5.88
3/16" x 1 1/4" x 6 m	1.18	7.08
3/16" x 1 1/2" x 6 m	1.42	8.52
3/16" x 2" x 6 m	1.90	11.40
3/16" x 2 1/4" x 6 m	2.14	12.84
3/16" x 2 1/2" x 6 m	2.37	14.22
3/16" x 3" x 6 m	2.85	17.10
1/4" x 1/2" x 6 m	0.64	3.84
1/4" x 5/8" x 6 m	0.80	4.80
1/4" x 3/4" x 6 m	0.95	5.70
1/4" x 1" x 6 m	1.28	7.68
1/4" x 1 1/4" x 6 m	1.58	9.48
1/4" x 1 1/2" x 6 m	1.90	11.40
1/4" x 2" x 6 m	2.53	15.18
1/4" x 2 1/2" x 6 m	3.16	18.96
1/4" x 3" x 6 m	3.80	22.80
1/4" x 4" x 6 m	5.06	30.36
3/8" x 1" x 6 m	1.92	11.52
3/8" x 1 1/4" x 6 m	2.38	14.28
3/8" x 1 1/2" x 6 m	2.85	17.10
3/8" x 2" x 6 m	3.80	22.80
3/8" x 2 1/2" x 6 m	4.74	28.44
3/8" x 3" x 6 m	5.70	34.20
3/8" x 4" x 6 m	7.60	45.60

DIMENSIONES NOMINALES (pu lg)	PESO NOMINAL	
	Kg/m	Kg/6m
1/2" x 1" x 6 m	2.54	15.24
1/2" x 1 1/2" x 6 m	3.79	22.74
1/2" x 2" x 6 m	5.06	30.36
1/2" x 2 1/2" x 6 m	6.33	37.98
1/2" x 3" x 6 m	7.60	45.60
1/2" x 4" x 6 m	10.13	60.78
5/8" x 2 1/2" x 6 m	7.91	47.46
5/8" x 3" x 6 m	9.50	57.00
5/8" x 4" x 6 m	12.66	75.96
3/4" x 4" x 6 m	15.19	91.14
1" x 3" x 6 m	15.19	91.14
1" x 4" x 6 m	20.26	121.56

**COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):**

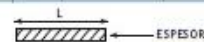
NORMA	%C máx	%Si máx	%P máx	%S máx
ASTM A36/A36M	0.26	0.40	0.04	0.05

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**

- Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,620 kg/cm<sup>2</sup>
- Alargamiento en 200 mm:
  - 1/8" y 3/16" = 15.0% mínimo.
  - 1/4" = 17.5% mínimo.
  - 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1" = 20.0% mínimo.
- Doblado a 180° = Bueno.
- Soldabilidad = Buena.

**TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:**

DIMENSIÓN NOMINAL b (pu lg)	ANCHO b (mm)	TOLERANCIAS (mm)		DESVIACIÓN MÁX. DE RECTITUD (mm/m)	LONGITUD (mm)
		ESPESOR	ESPESOR		
b < 2"	± 0.8	± 0.4	± 0.8	4.0	+ 50 - 0
2" ≤ b < 3"	± 1.2	± 0.5	± 1.0		
3" ≤ b < 4"	± 1.5				
b ≥ 4"	± 2.0				



Fuente: Aceros Arequipa

## Anexo 6

### Densidad del acero

Acero ASTM A36.

Es un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización.

Composición química de la colada.

Carbono (C)	0,26% máx
Manganeso (Mn)	No hay requisito
Fósforo (P)	0,04% máx
Azufre (S)	0,05% máx
Silicio (Si)	0,40% máx
* Cobre (Cu)	0,20% mínimo

\*Cuando se especifique

Propiedades

Como la mayoría de los aceros, el A36, tiene una densidad de 7850 kg/m<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 pulg (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPA (58 ksi). Las planchas con espesores mayores de 8 plg (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA (32 ksi), y el mismo límite de rotura.

Propiedades Mecánicas

Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la Tracción			
Mpa	Psi	Psi		Mpa	
		Min	Máx	Min	Máx
250	36000	58000	80000	400	550

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>

## Anexo 7

### Recubrimiento protector

#### CITODUR 350

Electrodo de revestimiento básico que deposita un acero de baja aleación. Posee buenas características de soldeo, su depósito produce superficies tenaces, maquinables y de dureza intermedia, permitiendo resistir impactos severos y abrasión moderada. Auto endurece con el trabajo en frío, obteniendo durezas de hasta 40 HRC. Por su composición química puede utilizarse en más de 3 pases (multipase), sin peligro de desprendimiento o fisuraciones. Puede ser usado como cama cojín para la aplicación de recubrimientos duros especiales.

Clasificación	
AWS A5.13 / ASME SFA-5.13	EFe1
DIN 8555	E1 - UM - 400

#### Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,20	0,50	0,14	máx. 0,020	máx. 0,020	-	-	2,90	-	-

#### Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lbf)]	Dureza
Sin tratamiento	-	-	-	-	27 - 40 HRC 276- 400 HB 275- 400 HV

Conservación del Producto
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener en un lugar seco y evitar humedad.</li> <li>No requiere almacenamiento bajo horno.</li> <li>Resecado de 300°C a 350°C por 2 horas.</li> </ul>

Posiciones de Soldadura
P, H, Va.


#### Parámetros de Soldero Recomendados

Para corriente alterna(AC) o continua (DC): Electrodo al polo positivo DCEP							
Diámetro	[mm]	1,60	2,50	3,25	4,00	5,00	6,30
	[pulgadas]	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
Amperaje mínimo	-	-	105	120	170	230	
Amperaje máximo	-	-	135	180	240	280	

#### Aplicaciones

- En general, para recuperar piezas que están sometidas a desgastes combinados de abrasión moderada e impactos severos, así como, por fricción metal - metal.
- Muy usado en partes de equipos pesados que sufren desgaste como: Recuperación de sprockets (catalinas), carriles, pistas de deslizamiento, ruedas de puentes grúa, ruedas dentadas, ejes, dientes de engranajes, levas, rodillos, impulsores de bomba, orugas, pines, etc.
- En la minería tiene una diversidad de usos, principalmente cuando se quiere bajar costos de recuperación antes de aplicar recubrimientos especiales.
- Para la recuperación de ruedas de carros mineros.
- Ideal para la recuperación de los elementos que componen el tren de carrilaje de los tractores.

Fuente: Soldexa

## Anexo 8

### Factor de servicio para máquinas motrices



### Factor de servicio K

El factor de servicio **K** se determina en función de las horas de trabajo diarias y del tipo de máquina motriz y máquina accionada.

Existen casos particulares, tales como rodillos tensores, condiciones ambientales extremas, etc., que no están previstos en este catálogo. Como es prácticamente imposible reflejar todas las combinaciones posibles de máquinas motrices y accionadas, los valores de **K** deben ser considerados como orientativos.

Cuando el par de arranque es muy elevado (arranque de ventiladores en directo, máquinas de inercia elevada, elevado número de arranques e inversiones de marcha bruscas, etc.), es necesario aumentar el factor de servicio **K**.

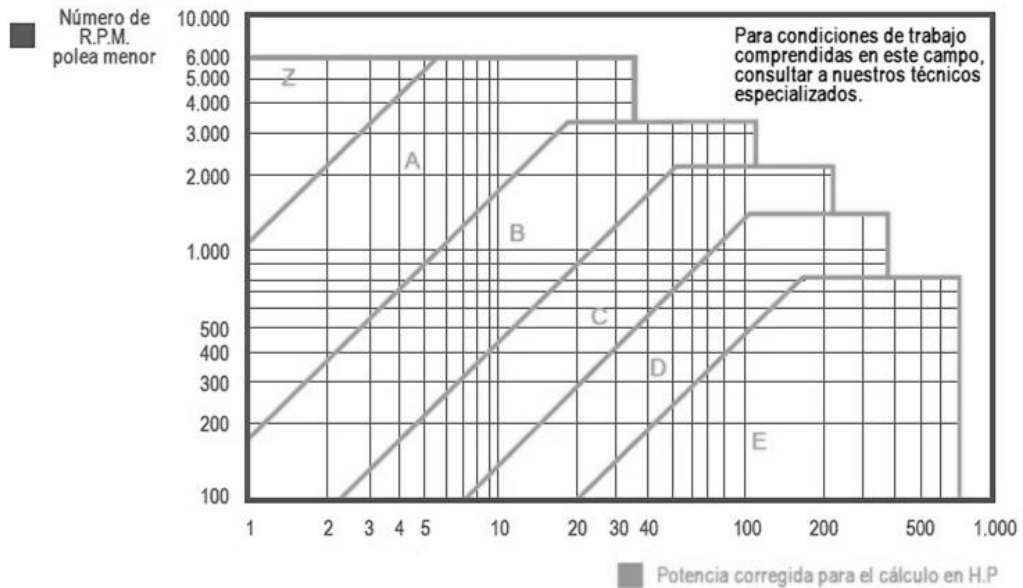
Para mayor seguridad, sírvanse consultar a nuestro departamento técnico.

Tabla 1

Ejemplos de máquinas accionadas.	Ejemplos de máquinas motrices.					
	Factor de servicio. en función de las horas de servicio.			Factor de servicio. en función de las horas de servicio.		
	hasta 10	de 10 a 16	desde 16	hasta 10	de 10 a 16	desde 16
<b>Cargas ligeras.</b> Bombas centrífugas. Compresores centrífugos. Cintas transportadoras (Cargas ligeras). Ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<b>Cargas medias.</b> Cizallas, prensas, Transportadoras por cadenas y cintas transportadoras (cargas pesadas). Cribas vibratorias. Generadores. Mezcladoras, amasadoras. Máquinas herramientas, (tornos, rectificadoras). Lavadoras. Maquinaria de artes gráficas. Ventiladores y bombas de más de 7,5 Kw.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<b>Cargas fuertes.</b> Compresores de pistones. Transportadores inclinados, verticales y de impulsos, transportadores de placas articuladas, elevadores de cangilones, y otros. Montacargas, Prensas de ladrillos. Maquinaria textil, Máquinas para la fabricación de papel. Bombas de émbolo, bombas para dragas. Sierras alternativas. Molinos de martillos.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<b>Cargas muy fuertes.</b> Molinos sometidos a grandes cargas (barras y bolas), Machacadoras (de mandíbulas, giratorias, de rodillos, etc.). Calandras. Mezcladoras. Cabrestantes. Grúas. Dragas. Maquinaria para la madera.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

## Anexo 9

Gráfico para la selección de la sección de la correa



Fuente: UTN-FRBB catedra elementos de maquinas

## Anexo 10

Tabla para la selección del mínimo diámetro de la polea

Sección	A	B	C	D	E
Diámetro primitivo mínimo [mm]	63	100	160	280	400

Fuente: UTN-FRBB catedra elementos de maquinas

## Anexo 11

### Selección de la longitud primitiva nominal

Tabla N° 6		Longitud primitiva nominal				
Correas (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	
41	1066	1075	1086	-	-	
42	1092	1106	1100	-	-	
43	1117	1134	1140	-	-	
44	1143	1153	1156	1191	-	
45	1168	1186	1184	1217	-	
46	1193	1199	1204	1242	-	
47	1219	1232	1237	1267	-	
48	1244	1262	1268	1293	-	
49	1270	1280	1288	1318	-	
50	1295	1306	1318	1344	-	
51	1320	1330	1328	1357	-	
52	1346	1354	1367	1394	-	
53	1371	1381	1392	1429	-	
54	1397	1405	1410	1442	-	
55	1422	1429	1443	1460	-	
56	1447	1459	1460	1497	-	
57	1473	1492	1491	1527	-	
58	1498	1507	1512	1550	-	
59	1524	1532	1541	1576	-	
60	1549	1556	1556	1596	-	
61	-	1584	1601	1623	-	
62	-	1605	1626	1648	-	
63	-	1633	1641	1674	-	
64	-	1658	1674	1699	-	
65	-	1683	1695	1725	-	
66	-	1714	1724	1745	-	
67	-	1742	1743	1775	-	
68	-	1767	1770	1788	-	
69	-	1785	1794	1826	-	
70	-	1813	1818	1847	-	
71	-	1841	1846	1877	-	
72	-	1862	1878	1897	-	
73	-	1887	1900	1928	-	
74	-	1913	1924	1953	-	
75	-	1937	1947	1979	-	
76	-	1963	1973	1989	-	
77	-	1989	1999	2015	-	
78	-	2013	2024	2042	-	
79	-	2033	2043	2068	-	
80	-	2065	2075	2094	-	
81	-	2093	2103	2119	-	
82	-	2116	2126	2145	-	
83	-	2133	2151	2170	-	
84	-	2167	2177	2196	-	
85	-	2193	2203	2221	-	
86	-	2220	2230	2247	-	
87	-	2245	2258	2273	-	
88	-	2273	2283	2299	2313	
89	-	2299	2304	2326	2339	
90	-	2319	2329	2348	2366	
91	-	2344	2355	2374	2392	
92	-	2370	2380	2400	2418	
93	-	2393	2403	2422	2445	
94	-	2421	2431	2448	2471	
95	-	2446	2456	2475	2497	
96	-	2471	2481	2500	2523	
97	-	2497	2508	2524	2550	
98	-	2533	2543	2562	2576	
99	-	2554	2558	2587	2602	
100	-	2573	2583	2602	2629	
101	-	2599	2609	2622	2655	
102	-	2624	2643	2653	2681	
103	-	2650	2659	2679	2707	
104	-	2683	2693	2704	2726	
105	-	2700	2710	2729	2752	
106	-	2726	2743	2754	2778	
107	-	2758	2761	2780	2805	
108	-	2776	2793	2812	2831	
109	-	2802	2819	2838	2857	
110	-	2833	2843	2862	2876	

Fuente: Correas de transmisión industrial DUNLOP

## Anexo 12

### Factor de corrección en función de la longitud de la correa

Tabla N° 4		Sección de la correa			
Longitud correa	Z	A	B	C	D
16	0.80	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-
60	-	0.98	0.92	0.82	-
68	-	1.00	0.95	0.85	-
75	-	1.02	0.97	0.87	-
80	-	1.04	0.98	0.89	-
81	-	1.04	0.98	0.89	-
85	-	1.05	0.99	0.90	-
90	-	1.06	1.00	0.91	-
96	-	1.08	1.02	0.92	-
97	-	1.08	1.02	0.92	-
105	-	1.10	1.04	0.94	-
112	-	1.11	1.05	0.95	-
120	-	1.13	1.07	0.97	0.86
128	-	1.14	1.08	0.98	0.87
144	-	-	1.11	1.00	0.90
158	-	-	1.13	1.02	0.92
173	-	-	1.15	1.04	0.93
180	-	-	1.16	1.05	0.94
195	-	-	1.18	1.07	0.96
210	-	-	1.19	1.08	0.98
240	-	-	1.22	1.11	1.00
270	-	-	1.25	1.14	1.03
300	-	-	1.27	1.16	1.05
330	-	-	-	1.19	1.07
360	-	-	-	1.21	1.09
390	-	-	-	1.23	1.11
420	-	-	-	1.24	1.12
480	-	-	-	-	1.16
540	-	-	-	-	1.18
600	-	-	-	-	1.20
660	-	-	-	-	1.23

Fuente: Correas de transmisión industrial DUNLOP

## Anexo 13

### Factor de corrección en función del arco de contacto

Tabla N° 5		Factor de corrección	
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana	
180°	1.00	0.75	
175°	0.99	0.76	
170°	0.98	0.77	
167°	0.97	0.78	
164°	0.96	0.79	
160°	0.95	0.80	
157°	0.94	0.81	
154°	0.93	0.81	
150°	0.92	0.82	
147°	0.91	0.83	
144°	0.90	0.83	
140°	0.89	0.84	
137°	0.88	0.85	
134°	0.87	0.85	
130°	0.86	0.86	
127°	0.85	0.85	
124°	0.84	0.84	
120°	0.82	0.82	
118°	0.81	0.81	
115°	0.80	0.80	
113°	0.79	0.79	
110°	0.78	0.78	
108°	0.77	0.77	
106°	0.77	0.77	
104°	0.76	0.76	
102°	0.75	0.75	
100°	0.74	0.74	
98°	0.73	0.73	
96°	0.72	0.72	
94°	0.71	0.71	
92°	0.70	0.70	
90°	0.69	0.69	

Fuente: Correas de transmisión industrial DUNLOP

## Anexo 14

### Prestación base en HP en función de la polea menor

Tabla N° 2 - Sección B																		
N° R.P.M. De la polea menor	Prestación Base (en HP)																	
	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)																	
	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	168	173	178	183	188	193	198	203
870	1.74	1.93	2.12	2.31	2.49	2.68	2.87	3.05	3.24	3.42	3.60	3.79	3.97	4.15	4.33	4.50	4.68	4.86
1160	2.12	2.36	2.61	2.85	3.09	3.32	3.56	3.80	4.03	4.26	4.49	4.72	4.94	5.17	5.39	5.61	5.83	6.05
1750	2.72	3.06	3.39	3.72	4.05	4.37	4.69	5.01	5.32	5.62	5.92	6.22	6.51	6.80	7.08	7.36	7.64	7.90
200	0.57	0.62	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.36	1.41
400	0.97	1.07	1.16	1.26	1.35	1.45	1.54	1.64	1.73	1.82	1.91	2.01	2.10	2.19	2.28	2.37	2.47	2.56
600	1.32	1.46	1.60	1.73	1.87	2.01	2.14	2.28	2.41	2.54	2.68	2.81	2.94	3.07	3.20	3.33	3.46	3.59
800	1.63	1.81	1.99	2.16	2.34	2.51	2.69	2.86	3.03	3.20	3.37	3.54	3.71	3.88	4.05	4.21	4.38	4.54
1000	1.91	2.13	2.34	2.56	2.77	2.98	3.19	3.40	3.61	3.81	4.02	4.22	4.42	4.62	4.82	5.02	5.22	5.41
1200	2.17	2.42	2.67	2.92	3.16	3.41	3.65	3.89	4.13	4.37	4.60	4.84	5.07	5.30	5.52	5.75	5.98	6.20
1400	2.39	2.68	2.96	3.24	3.52	3.79	4.07	4.34	4.61	4.87	5.13	5.39	5.65	5.91	6.16	6.41	6.66	6.90
1600	2.59	2.91	3.22	3.53	3.84	4.14	4.44	4.74	5.03	5.32	5.61	5.89	6.17	6.44	6.72	6.98	7.25	7.51
1800	2.76	3.11	3.45	3.78	4.12	4.45	4.77	5.09	5.40	5.71	6.02	6.32	6.61	6.90	7.19	7.47	7.74	8.01
2000	2.90	3.28	3.64	4.00	4.36	4.71	5.05	5.39	5.72	6.04	6.36	6.68	6.98	7.29	7.57	7.86	8.14	8.41
2200	3.02	3.41	3.80	4.18	4.56	4.92	5.28	5.63	5.98	6.31	6.64	6.96	7.27	7.57	7.87	8.15	8.42	8.69
2400	3.11	3.52	3.93	4.32	4.71	5.09	5.46	5.82	6.17	6.51	6.84	7.16	7.47	7.77	8.05	8.33	8.59	8.84
2600	3.16	3.59	4.01	4.42	4.82	5.21	5.58	5.95	6.30	6.64	6.96	7.28	7.58	7.86	8.13	8.39	8.63	8.86
2800	3.19	3.63	4.06	4.48	4.88	5.27	5.65	6.01	6.35	6.68	7.00	7.30	7.58	7.85	8.10	8.33	8.54	8.73
3000	3.18	3.63	4.06	4.48	4.89	5.28	5.65	6.00	6.33	6.65	6.95	7.23	7.48	7.72	7.94	8.13	8.31	8.46
3200	3.13	3.59	4.02	4.44	4.84	5.22	5.58	5.92	6.24	6.53	6.80	7.05	7.27	7.47	7.65	7.80	-	-
3400	3.05	3.51	3.94	4.35	4.74	5.11	5.45	5.76	6.05	6.32	6.55	6.77	6.95	7.10	-	-	-	-
3600	2.93	3.38	3.81	4.21	4.58	4.92	5.24	5.53	5.78	6.01	6.21	6.37	-	-	-	-	-	-
3800	2.77	3.21	3.62	4.00	4.35	4.67	4.96	5.21	5.42	5.60	-	-	-	-	-	-	-	-
4000	2.57	3.00	3.39	3.74	4.07	4.35	4.60	4.80	4.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4200	2.33	2.73	3.10	3.42	3.71	3.95	4.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4400	2.04	2.42	2.75	3.04	3.28	3.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4600	1.70	2.05	2.34	2.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4800	1.32	1.63	1.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5000	0.88	1.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5200	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Correas de transmisión industrial DUNLOP

## Anexo 15

### Prestación adicional por relación de transmisión

Tabla Nº 2										
Nº R.P.M. De la polea menor	Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)									
	1.00 al 1.01	1.02 al 1.04	1.05 al 1.08	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.00 y sobre
870	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38
1160	0.00	0.06	0.11	0.17	0.23	0.28	0.34	0.40	0.45	0.51
1750	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.51	0.60	0.69	0.77
200	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
400	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
600	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26
800	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.27	0.31	0.35
1000	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44
1200	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53
1400	0.00	0.07	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62
1600	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71
1800	0.00	0.09	0.18	0.26	0.35	0.44	0.53	0.62	0.71	0.79
2000	0.00	0.10	0.20	0.29	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.88
2200	0.00	0.11	0.22	0.32	0.43	0.54	0.65	0.75	0.86	0.97
2400	0.00	0.12	0.24	0.35	0.47	0.59	0.71	0.82	0.94	1.06
2600	0.00	0.13	0.26	0.38	0.51	0.64	0.76	0.89	1.02	1.15
2800	0.00	0.14	0.27	0.41	0.55	0.69	0.82	0.96	1.10	1.24
3000	0.00	0.15	0.29	0.44	0.59	0.74	0.88	1.03	1.18	1.32
3200	0.00	0.16	0.31	0.47	0.63	0.78	0.94	1.10	1.25	1.41
3400	0.00	0.17	0.33	0.50	0.67	0.83	1.00	1.17	1.33	1.50
3600	0.00	0.18	0.35	0.53	0.71	0.88	1.06	1.24	1.41	1.59
3800	0.00	0.19	0.37	0.56	0.75	0.93	1.12	1.30	1.49	1.68
4000	0.00	0.20	0.39	0.59	0.78	0.98	1.18	1.37	1.57	1.76
4200	0.00	0.21	0.41	0.62	0.82	1.03	1.24	1.44	1.75	1.85
4400	0.00	0.22	0.43	0.65	0.86	1.08	1.29	1.51	1.73	1.94
4600	0.00	0.23	0.45	0.68	0.90	1.13	1.35	1.58	1.80	2.03
4800	0.00	0.24	0.47	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12
5000	0.00	0.25	0.49	0.73	0.98	1.23	1.47	1.72	1.96	2.21
5200	0.00	0.26	0.51	0.76	1.02	1.27	1.53	1.78	2.04	2.29

Fuente: Correas de transmisión industrial DUNLOP

## Anexo 16

### Propiedades mecánicas de los materiales

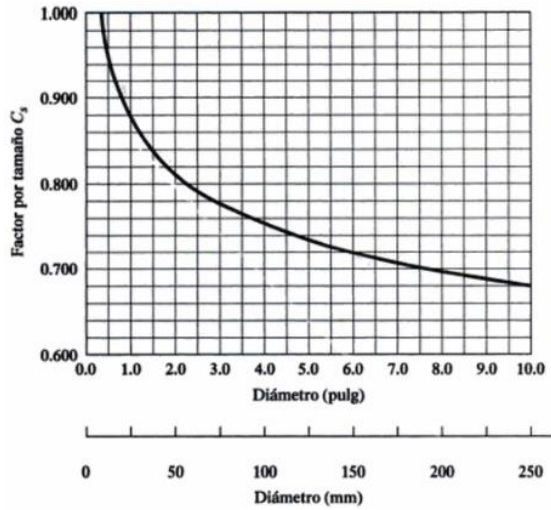
Tabla H-3 (continuación)

Material	Esfuerzo de fluencia $\sigma_y$		Esfuerzo último $\sigma_u$		Elongación porcentual (longitud calibrada 2 plg)
	ksi	MPa	ksi	MPa	
Hule	0.2–1.0	1–7	1–3	7–20	100–800
Acero					
Alta resistencia	50–150	340–1,000	80–180	550–1,200	5–25
Máquina	50–100	340–700	80–125	550–860	5–25
Resorte	60–240	400–1,600	100–270	700–1,900	3–15
Inoxidable	40–100	280–700	60–150	400–1,000	5–40
Herramientas	75	520	130	900	8
Acero estructural	30–100	200–700	50–120	340–830	10–40
ASTM-A36	36	250	60	400	30
ASTM-A572	50	340	70	500	20
ASTM-A514	100	700	120	830	15
Alambre de acero	40–150	280–1,000	80–200	550–1,400	5–40
Piedra (compresión)					
Granito			10–40	70–280	
Piedra caliza			3–30	20–200	
Mármol			8–25	50–180	
Titanio (puro)	60	400	70	500	25
Aleaciones	110–130	760–900	130–140	900–970	10
Tungsteno			200–600	1,400–4,000	0–4
Madera (flexión)					
Fresno	6–10	40–70	8–14	50–100	
Abeto rojo	5–8	30–50	8–12	50–80	
Roble	6–9	40–60	8–14	50–100	
Pino del sur	6–9	40–60	8–14	50–100	
Madera (compresión paralela a la veta)					
Fresno	4–6	30–40	5–8	30–50	
Abeto rojo	4–8	30–50	6–10	40–70	
Roble	4–6	30–40	5–8	30–50	
Pino del sur	4–8	30–50	6–10	40–70	
Hierro forjado	30	210	50	340	35

Fuente: Mecánica de materiales – J. Gere – S. Timoshenko

## Anexo 17

### Resistencia a la fatiga modificada



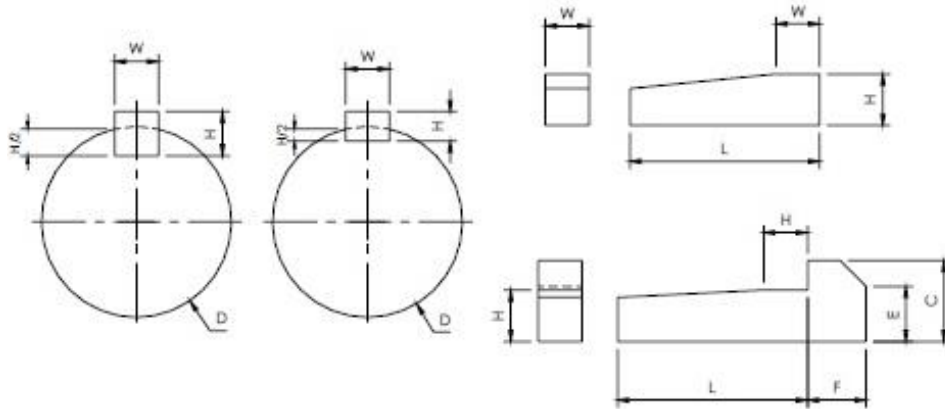
**TABLA 5-2** Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para $D$ en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para $D$ en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica – Shigley

## Anexo 18

### Los parámetros de la cuña

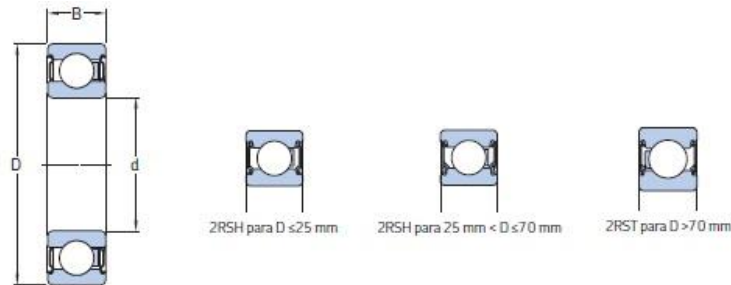


Diámetro Eje	Cuadrada	Planas	Dimensiones					
			Cuadrada			Planas		
			Altura	Longitud	Altura al chaflán	Altura	Longitud	Altura al chaflán
D	W = H	W x H	C	F	E	C	F	E
$\frac{1}{2} \text{ a } \frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8} \times \frac{3}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{5}{8} \text{ a } \frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16} \times \frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{15}{16} \text{ a } \frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \times \frac{3}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{32}$	$\frac{11}{32}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
$1 \frac{5}{16} \text{ a } 1 \frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16} \times \frac{1}{4}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$
$1 \frac{7}{16} \text{ a } 1 \frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8} \times \frac{1}{4}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{15}{32}$	$\frac{15}{32}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$
$1 \frac{13}{16} \text{ a } 2 \frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{19}{32}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{16}$
$2 \frac{5}{16} \text{ a } 2 \frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8} \times \frac{7}{16}$	$1 \frac{1}{16}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$
$2 \frac{7}{8} \text{ a } 3 \frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$
$3 \frac{3}{8} \text{ a } 3 \frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8} \times \frac{5}{8}$	$1 \frac{1}{2}$	1	1	$1 \frac{1}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$
$3 \frac{7}{8} \text{ a } 4 \frac{1}{2}$	1	$1 \times \frac{3}{4}$	$1 \frac{3}{4}$	$1 \frac{3}{16}$	$1 \frac{3}{16}$	$1 \frac{1}{4}$	1	$\frac{3}{16}$
$4 \frac{3}{4} \text{ a } 5 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{4} \times \frac{7}{8}$	2	$1 \frac{7}{16}$	$1 \frac{7}{16}$	$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{4}$	1
$5 \frac{1}{4} \text{ a } 6$	$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{2} \times 1$	$2 \frac{1}{2}$	$1 \frac{3}{4}$	$1 \frac{3}{4}$	$1 \frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{4}$

Fuente: <https://es.slideshare.net/tysonLlanos/diseo-3-diseo-de-chaveta>

## Anexo 19

### Rodamiento rígido de bolas de una hilera



### Rodamientos rígidos de bolas SKF E2 tapados

d 17 – 80 mm

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga $P_u$	Velocidades nominales		Masa	Designaciones
d	D	B	C	$C_0$		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r.p.m.		kg	-
17	35	10	5,85	3	0,127	49 000	25 000	0,039	E 2.6003-ZZ
	35	10	5,85	3	0,127	-	15 000	0,038	E 2.6003-2R5H
	40	12	9,56	4,75	0,2	41 000	21 000	0,065	E 2.6203-ZZ
	40	12	9,56	4,75	0,2	-	13 000	0,065	E 2.6203-2R5H
	47	14	13,8	6,55	0,275	37 000	19 000	0,12	E 2.6303-ZZ
	47	14	13,8	6,55	0,275	-	12 000	0,112	E 2.6303-2R5H
20	42	12	9,36	5	0,212	41 000	21 000	0,069	E 2.6004-ZZ
	42	12	9,36	5	0,212	-	12 000	0,067	E 2.6004-2R5H
	47	14	12,7	6,55	0,28	35 000	19 000	0,11	E 2.6204-ZZ
	47	14	12,7	6,55	0,28	-	11 000	0,10	E 2.6204-2R5H
	52	15	16,3	7,8	0,34	34 000	18 000	0,15	E 2.6304-ZZ
	52	15	16,3	7,8	0,34	-	11 000	0,143	E 2.6304-2R5H
25	47	12	11,1	6,1	0,26	35 000	18 000	0,08	E 2.6005-ZZ
	47	12	11,1	6,1	0,26	-	11 000	0,077	E 2.6005-2R5H
	52	15	13,8	7,65	0,325	30 000	16 000	0,13	E 2.6205-ZZ
	52	15	13,8	7,65	0,325	-	10 000	0,13	E 2.6205-2R5H
	62	17	22,9	11,6	0,49	28 000	15 000	0,23	E 2.6305-ZZ
30	55	13	12,7	7,35	0,31	30 000	15 000	0,12	E 2.6006-ZZ
	62	16	19,5	11,2	0,475	26 000	14 000	0,20	E 2.6206-ZZ
	72	19	28,1	15,6	0,67	22 000	12 000	0,36	E 2.6306-ZZ
35	62	14	15,3	9,15	0,39	26 000	13 000	0,15	E 2.6007-ZZ
	72	17	25,5	15,3	0,64	22 000	12 000	0,30	E 2.6207-ZZ
	72	17	25,5	15,3	0,64	-	7 300	0,28	E 2.6207-2RST
	80	21	33,8	19	0,83	20 000	11 000	0,48	E 2.6307-ZZ
40	68	15	15,9	9,65	0,405	24 000	12 000	0,19	E 2.6008-ZZ
	80	18	30,7	18,6	0,78	20 000	11 000	0,38	E 2.6208-ZZ
	80	18	30,7	18,6	0,78	-	6 500	0,35	E 2.6208-2RST
	90	23	41	24	1,02	18 000	10 000	0,65	E 2.6308-ZZ
45	85	19	32,5	20,4	0,865	18 000	10 000	0,43	E 2.6209-ZZ
	85	19	32,5	20,4	0,865	-	5 800	0,40	E 2.6209-2RST
	100	25	52,7	31,5	1,34	16 000	9 000	0,87	E 2.6309-ZZ
50	110	27	62,4	38	1,63	15 000	8 000	1,12	E 2.6310-ZZ
55	100	21	42,3	27,5	1,16	-	5 000	0,58	E 2.6211-2RST
	120	29	71,5	45	1,9	13 000	7 000	1,41	E 2.6311-ZZ
	120	29	71,5	45	1,9	-	4 400	1,35	E 2.6311-2RST
60	130	31	81,9	52	2,2	12 000	6 700	1,78	E 2.6312-ZZ
	130	31	81,9	52	2,2	-	3 900	1,70	E 2.6312-2RST
65	140	33	93,6	60	2,5	11 000	5 300	2,17	E 2.6313-ZZ
70	150	35	104	68	2,75	11 000	5 000	2,63	E 2.6314-ZZ
75	160	37	114	76,5	3,05	10 000	4 500	3,14	E 2.6315-ZZ
80	170	39	124	86,5	3,25	9 500	4 300	3,75	E 2.6316-ZZ

Fuente: [www.SKF.com/](http://www.SKF.com/)

## Anexo 20

### Separadores de discos a utilizar

#### Tubo LAC A500



		DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en kg/m							
Designación Nominal	Dimensión Exterior (mm)	Espesores (mm)							
		1.8	2	2.3	2.5	3	3.3	4	
REDONDO CUADRO RECTANGULAR	1/2"	21.3	0.866	0.952		1.159			
	3/4"	26.7	1.105	1.215		1.462			
	1"	33.4	1.403	1.549		1.905	2.249		
	1 1/4"	42.2	1.793	1.953		2.445	2.900		
	1 1/2"	48.3	2.054	2.254	2.809	2.524	3.351	3.662	
	2"	60.3	2.597	2.876		3.554	4.239		
	2 1/2"	73.0		3.502		4.347	5.179		
	3"	88.9		4.285		5.327	6.355		
	4"	114.3		5.539		6.592	8.234	9.064	
	CUADRO	4"	101.6						

**NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:**  
Las dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la Norma ASTM A500.

**DESCRIPCIÓN:**  
Tubo para estructura fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación pueden ser redondas y cuadradas.

**PRESENTACIÓN:**  
Longitud : 6.40 m.  
Tubos Redondos : 6 m.  
Tubos Cuadrados y Rectangulares : 6 m.  
Otras longitudes a pedido.

**Acabado de extremos:** Refrentado (plano), limpio de rebordes.  
**Recubrimiento:** Negro  
Galvanizado (solo tubo redondo).

**USOS:**  
Estructuras livianas diversas, tñeres, postes, etc.

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**  
**Redondo:**  
Resistencia a la Tracción = 310 Min. Mpa  
Límite de Fluencia = 228 Min. Mpa  
**Cuadrado y Rectangular:**  
Resistencia a la Tracción = 310 Min. Mpa  
Límite de Fluencia = 268 Min. Mpa

#### Tubo ASTM A53



DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en kg/m			
DESIGNACIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR SCH-40 (mm)	PESO SCH-40 (kg/m)
1/8"	10.3	1.73	0.370
1/4"	13.7	2.34	0.630
3/8"	17.1	2.91	0.840
1/2"	21.3	2.77	1.230
3/4"	26.7	2.81	1.590
1"	33.4	3.38	2.500
1 1/4"	42.2	3.56	3.190
1 1/2"	48.3	3.68	4.050
2"	60.3	3.91	5.440
2 1/2"	73.0	5.16	8.630
3"	88.9	5.49	11.290
3 1/2"	101.6	5.74	13.570
4"	114.3	6.02	16.070
5"	141.3	6.95	21.770
6"	168.3	7.11	28.290

**DESCRIPCIÓN:**  
Tubos para alta presión (SCH 40) fabricados con acero al carbono de calidad estructural, utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).

**NORMA TÉCNICA DE FABRICACIÓN:**  
Según Norma ASTM A53  
Comprende dos tipos (grados)  
Grado A: Schedule 10  
Schedule 20  
Schedule 30  
Schedule 40  
Grado B (Tratamiento Térmico): Schedule 40

**USOS:**  
Conducción para alta presión de agua, gas, vapor, petróleo, aire presurizado y fluidos no corrosivos.

**PRESENTACIÓN:**  
Longitud : 6.40m (21').  
Otras longitudes a pedido.

**Acabado de extremos:** Refrentado (plano), limpio de rebordes.  
Biselado.  
Roscado (según Norma ANSI B1.20.1).  
Ranura tipo Victaulic.  
**Recubrimiento:** Negro.  
Galvanizado (Según ASTM A53).  
Pintado.  
Aceitado.  
Desengrasado.  
Bajo Pedido.  
**Acabado Interno:** Escariado.

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**  
**Grado A:**  
Resistencia a la Tracción = 330 Min. Mpa  
Límite de Fluencia = 205 Min. Mpa  
**Grado B:**  
Resistencia a la Tracción = 415 Min. Mpa  
Límite de Fluencia = 240 Min. Mpa

**TOLERANCIAS DIMENSIONALES:**  
Espesor mínimo : -12.5 % del valor nominal  
Peso : + / - 10 % del valor nominal  
Diámetro : + / - 1 % del valor nominal

Fuente: Aceros Arequipa

## Anexo 21







### Características del motor seleccionado

#### W22 - IE1 Standard Efficiency - 60 Hz

Potencia		Circosia	Par nominal (kgm)	Corriente con rotor fijo (I <sub>f</sub> )	Par con rotor trabado (T <sub>f</sub> )	R <sub>r</sub> máximo (T <sub>f</sub> /T <sub>n</sub> )	Momento de inercia (J)(kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido (dB(A))	220 V						Corriente nominal (A)		
kW	HP							% de la potencia nominal				RPM	Rendimiento			Factor de potencia				
								50	75				100	50	75	100	50		75	100
<b>N Poles</b>																				
0,09	0,12	63	0,051	5,2	3,2	3,4	0,0003	22	46	7,0	46	1725	45,0	53,0	55,0	0,44	0,52	0,61	0704	
0,12	0,15	63	0,068	4,5	2,1	2,4	0,0004	25	55	8,0	48	1730	53,0	60,0	62,0	0,43	0,55	0,64	0794	
0,18	0,25	63	0,103	4,9	2,9	2,9	0,0004	26	57	8,0	48	1710	56,0	63,0	66,0	0,40	0,54	0,65	1,10	
0,25	0,33	63	0,145	4,5	2,3	2,3	0,0005	20	44	8,0	48	1690	64,0	66,0	68,0	0,50	0,64	0,73	1,32	
0,37	0,5	71	0,212	4,6	2,4	2,7	0,0007	12	35	10,5	47	1700	63,0	69,0	70,0	0,44	0,56	0,67	2,07	
0,55	0,75	71	0,323	5,3	2,5	2,5	0,0006	12	26	11,5	47	1660	73,0	73,5	74,0	0,50	0,63	0,72	2,71	
0,75	1	80	0,422	6,8	2,4	2,7	0,0032	9	20	12,5	48	1730	75,0	78,0	78,2	0,63	0,76	0,82	3,07	
1,1	1,5	80	0,627	6,4	2,5	2,8	0,0030	9	20	14,0	48	1710	76,0	79,0	79,2	0,61	0,74	0,81	4,50	
1,5	2	90S	0,845	6,4	2,1	2,6	0,0040	10	22	18,5	51	1730	80,5	81,5	82,0	0,59	0,71	0,79	6,08	
2,2	3	90L	1,25	5,7	2,1	2,4	0,0060	9	20	22,0	51	1720	82,0	83,0	83,1	0,62	0,74	0,81	8,58	
3	4	100L	1,70	6,8	2,4	2,7	0,0057	7	15	30,0	54	1730	83,5	84,0	84,1	0,63	0,77	0,83	11,3	
3,7	5	100L	2,11	6,4	2,7	2,9	0,0057	11	24	30,0	54	1710	85,0	85,5	85,5	0,63	0,75	0,81	14,0	
4,5	6	112M	2,50	7,2	2,1	2,8	0,0102	8	18	42,0	58	1750	84,5	86,0	86,2	0,61	0,73	0,79	16,6	
5,5	7,5	112M	3,08	6,0	2	2,7	0,0117	11	24	43,0	58	1740	86,0	87,0	87,0	0,61	0,74	0,80	20,6	
7,5	10	132S	4,15	7,2	2	2,8	0,0628	8	18	63,0	61	1760	86,5	89,0	87,5	0,67	0,78	0,83	27,2	
9,2	12,5	132M	5,11	6,4	1,9	2,5	0,0642	8	18	70,0	61	1755	88,0	88,5	88,0	0,69	0,79	0,84	33,0	
11	15	132M	6,10	8,3	2,3	2,8	0,0663	6	13	73,0	61	1755	87,0	88,5	88,6	0,68	0,80	0,83	39,2	
15	20	160M	8,28	6,2	2,1	2,6	0,1046	9	20	105	69	1765	89,0	90,2	90,2	0,68	0,79	0,84	52,0	
18,5	25	160L	10,2	6,3	2,2	2,7	0,1258	9	20	122	69	1765	89,5	91,0	91,0	0,68	0,79	0,84	63,6	
22	30	180M	12,2	6,0	2,2	2,5	0,1382	12	26	150	68	1760	89,6	91,0	91,1	0,68	0,79	0,84	75,4	
30	40	200M	16,5	6,0	2	2,4	0,2406	12	26	195	71	1770	91,0	91,8	91,8	0,71	0,80	0,85	101	
37	50	200L	20,4	6,0	2	2,4	0,2918	12	26	222	71	1770	92,0	92,5	92,5	0,71	0,81	0,85	123	
46	60	225SM	24,7	6,8	2,3	2,6	0,4014	10	22	367	75	1775	92,3	93,1	93,1	0,75	0,83	0,87	146	
55	75	225SM	30,2	6,9	2,3	2,6	0,3532	9	20	385	75	1775	92,8	93,4	93,3	0,75	0,83	0,87	178	
75	100	250SM	41,2	7,0	2,4	2,7	0,6767	10	22	470	75	1775	93,8	93,6	93,6	0,75	0,84	0,88	238	
90	125	250SM	49,2	6,5	1,9	2,3	1,47	17	37	625	80	1780	93,0	93,9	94,0	0,74	0,82	0,86	292	
110	150	280SM	69,2	7,3	2,2	2,3	1,87	16	35	894	80	1790	93,2	94,1	94,3	0,74	0,83	0,86	366	
132	180	315SM	71,8	6,5	2	2,3	2,33	24	53	980	82	1790	93,5	94,3	94,6	0,73	0,81	0,85	430	
132	180	315SM	71,8	6,5	2	2,3	2,33	24	53	990	82	1790	93,0	94,3	94,6	0,73	0,81	0,85	430	
150	200	315SM	81,5	6,8	2	2,4	2,85	20	44	947	82	1790	93,5	94,5	94,7	0,74	0,82	0,86	484	
185	250	315SM	101	6,6	2,1	2,3	3,42	17	37	1018	82	1790	94,0	94,6	94,8	0,75	0,83	0,86	596	
200	270	315SM	109	7,3	2,3	2,3	3,76	18	40	1062	82	1790	94,2	94,6	95,0	0,76	0,82	0,86	642	
220	300	315L	120	6,6	2,3	2,4	5,80	16	35	1160	79	1790	94,4	94,9	95,2	0,75	0,83	0,86	706	
260	350	315L	141	7,6	2,6	2,6	6,95	13	29	1297	79	1790	94,6	95,2	95,4	0,75	0,83	0,87	822	
300	400	315L	163	7,7	2,7	2,6	8,12	14	31	1398	79	1790	94,2	94,7	95,2	0,76	0,84	0,87	960	
330	450	355M/L	190	7,6	2,1	2,3	8,61	19	42	1662	83	1790	95,2	95,6	95,7	0,77	0,83	0,86	1030	
370	500	355M/L	201	7,6	2,6	2,6	10,2	12	26	1833	83	1790	95,3	95,7	95,8	0,75	0,82	0,85	1190	
400	550	355M/L	218	7,3	2,5	2,6	11,1	14	31	1946	83	1790	95,4	95,8	95,9	0,74	0,82	0,86	1270	
440	600	355M/L	239	7,1	2,2	2,5	11,6	16	35	1986	83	1790	95,5	95,9	96,0	0,74	0,82	0,86	1430	
<b>High output design</b>																				
0,12	0,15	71	0,068	4,5	2,2	2,6	0,0004	42	92	9,5	47	1730	57,0	64,0	66,0	0,40	0,50	0,60	0796	
0,18	0,25	71	0,102	4,8	2,1	2,6	0,0004	26	57	10,0	47	1715	62,0	69,0	69,0	0,42	0,55	0,64	1,12	
0,25	0,33	71	0,143	4,7	2,2	2,7	0,0004	22	48	10,0	47	1705	62,0	69,0	69,0	0,41	0,54	0,65	1,48	
0,37	0,5	80	0,206	6,0	2,1	2,6	0,0017	14	31	13,0	46	1730	68,0	67,0	71,0	0,50	0,63	0,72	1,90	
0,55	0,75	80	0,308	6,2	2,1	2,6	0,0030	12	25	15,0	46	1740	69,0	72,0	74,0	0,57	0,69	0,78	2,30	
0,75	1	90S	0,416	6,7	2	2,7	0,0033	17	37	16,0	51	1755	71,0	76,0	78,5	0,54	0,67	0,76	3,30	
1,1	1,5	90S	0,619	6,7	2,4	2,7	0,0038	11	24	17,0	51	1730	77,5	79,5	79,5	0,58	0,71	0,79	4,60	
1,5	2	90L	0,846	6,4	2,1	2,6	0,0040	10	22	18,5	51	1730	80,5	81,5	82,0	0,59	0,71	0,79	6,08	
2,2	3	100L	1,25	6,1	2,3	2,6	0,0067	19	29	27,0	54	1720	82,0	83,0	83,1	0,61	0,73	0,80	8,58	
3	4	112M	1,67	6,6	2	2,7	0,0117	17	37	39,0	58	1750	83,5	86,0	84,5	0,62	0,74	0,80	11,6	
3,7	5	112M	2,05	7,2	2	2,7	0,0130	17	37	40,0	58	1750	84,5	86,0	85,5	0,66	0,78	0,83	14,0	
4,5	6	132S	2,50	7,4	2,1	2,9	0,0201	13	29	58,0	61	1755	84,0	86,0	86,5	0,63	0,76	0,82	16,6	
5,5	7,5	132S	3,04	7,4	2,1	2,9	0,0239	9	20	60,0	61	1760	84,0	85,5	87,0	0,63	0,75	0,82	20,2	
7,5	10	132M	4,15	7,2	2	2,8	0,0628	8	18	63,0	61	1760	86,5	89,0	87,5	0,67	0,78	0,83	27,2	
9,2	12,5	132S	5,11	7,5	2,2	2,9	0,0488	7	15	70,0	61	1755	87,5	88,5	88,0	0,67	0,79	0,83	33,0	
11	15	160M	5,99	8,3	1,9	2,3	0,0646	11	24	96,0	69	1760	86,5	87,9	87,9	0,64	0,76	0,82	39,2	
15	20	160L	8,28	6,0	2	2,5	0,0767	10	22	93,0	69	1765	87,5	89,6	88,6	0,67	0,78	0,83	52,0	
18,5	25	180M	10,2	6,1	2,2	2,6	0,1218	13	29	145	68	1760	89,3	90,5	91,0	0,68	0,78	0,83	64,2	
22	30	180L	12,2	6,0	2,2	2,5	0,1392	12	26	150	68	1760	89,6	91,0	91,1	0,68	0,79	0,84	75,4	
30	40	200L	16,5	6,0	2	2,4	0,2406	12	26	195	71	1770	91,0	91,8	91,8	0,71	0,80	0,85	101	
37	50	225SM	20,3	6,8	2,1	2,6	0,4177	10	22	347	75	1775	91,7	92,4	92,5	0,75	0,83	0,87	121	
46	60	200L	24,8	6,3	2,1	2,5	0,3822	12	26	297	71	1770	92,5	93,0	93,0	0,71	0,80	0,84	151	
46	60	250SM	24,7	6,9	2,1	2,7	0,5760	14	31	407	75	1775	91,5	92,9	93,1	0,73	0,82	0,86	147	
55	75	225SM	30,2	6,9	2,2	2,6	0,5265	12	26	429	75	1775	92,5	93,3	93,3	0,75	0,84	0,87	178	
75	100	280SM	41,0	6,8	1,8	2,4	1,32	22	48	602	80	1780	92,4	93,6	93,6	0,76	0,83	0,86	244	
90	125	280SM	49,4	7,9	2,5	3	1,05	8	18	505	75	1775	93,0	93,6	93,6	0,73	0,83	0,87	290	
110	150	315SM	69,2	6,8	1,8	2,4	1,90	26	57	824	82	1790	91,5	93,0	94,0	0,72	0,81	0,85	296	
132	180	315SM	59,9	6,6	1,8	2,2	2,11	26	57	861	82	1790	92,5	93,8	94,3					

## Anexo 22

### Características del contactor y relé térmico

tamaño		9A	12A	18A	22A				
Contactor de 3 Polos									
Tipos	Bobina AC	GMC-9		GMC-12		GMC-18		GMC-22	
	Bobina DC	GMD-9		GMD-12		GMD-18		GMD-22	
Rangos / IEC 60947-4		kW A		kW A		kW A		kW A	
AC1		<b>25</b>		<b>25</b>		<b>40</b>		<b>40</b>	
AC3		200/240V		3,5 13		4,5 18		5,5 22	
		<b>4 9</b>		<b>5,5 12</b>		<b>7,5 18</b>		<b>11 22</b>	
		500/550V		7 12		7,5 13		15 22	
		4 7		7,5 12		7,5 13		15 22	
		690V		4 5		7,5 9		15 18	
		4 5		7,5 9		7,5 9		15 18	
Rangos / UL508		hp A		hp A		hp A		hp A	
Corriente continua		20		25		30		32	
Monofásico		115V		0,5		1		2	
		1		2		3		3	
Trifásico		200V		2		3		5	
		2		3		5		7,5	
		230V		2		3		5	
		4		5		7,5		10	
		7,5		10		15		15	
Tamaño NEMA		00		00		0		0	
Adicional contactos auxiliares		 2 polos Montaje Frontal		 4 polos Montaje Frontal		 2 polos Montaje Lateral			
Contactor de 4 Polos									
Tipos	Bobina AC	GMC-9/4		GMC-12/4		GMC-18/4		GMC-22/4	
	Bobina DC	GMD-9/4		GMD-12/4		GMD-18/4		GMD-22/4	
AC1(A)		<b>20</b>		<b>20</b>		<b>25</b>		<b>32</b>	

Fuente: [www.lsis.biz](http://www.lsis.biz)

32A		40A		50A		65A		75A		85A	
											
GMC-32		GMC-40		GMC-50		GMC-65		GMC-75		GMC-85	
GMD-32		GMD-40		GMD-50		GMD-65		GMD-75		GMD-85	
kW A		kW A		kW A		kW A		kW A		kW A	
<b>50</b>		<b>60</b>		<b>80</b>		<b>100</b>		<b>110</b>		<b>135</b>	
7,5 32		11 40		15 55		18,5 65		22 75		25 85	
<b>15 32</b>		<b>18,5 40</b>		<b>22 50</b>		<b>30 65</b>		<b>37 75</b>		<b>45 85</b>	
18,5 28		22 32		30 43		33 60		37 64		45 75	
18,5 20		22 23		30 28		33 35		37 42		45 45	
hp A		hp A		hp A		hp A		hp A		hp A	
45		50		70		80		90		100	
2		3		3		5		5		7,5	
5		5		7,5		10		15		15	
7,5		10		10		15		20		25	
10		10		15		20		25		30	
<b>20</b>		<b>25</b>		<b>30</b>		<b>40</b>		<b>50</b>		<b>50</b>	
20		25		30		40		50		50	
1		1		2		2		2		3	
											
GMC-32/4		GMC-40/4		GMC-50/4		GMC-65/4		GMC-75/4		GMC-85/4	
GMD-32/4		GMD-40/4		GMD-50/4		GMD-65/4		GMD-75/4		GMD-85/4	
<b>50</b>		<b>60</b>		<b>80</b>		<b>100</b>		<b>110</b>		<b>135</b>	

## Anexo 23

### Conductores eléctricos



Tabla 1. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 THHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
Cobre			Aluminio				
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

\* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no se debe superar 15 A para 14 AWG, 20 A para 12 AWG y 30 A para 10 AWG, todos de cobre.

Fuente: [www.latincasa.com/](http://www.latincasa.com/)

## Anexo 24

### Colores de pulsadores y led de acuerdo la norma DIN 60204

Color	Significado	Aclaración	Ejemplos de aplicación
ROJO	Emergencia	Accionar en un estado peligroso o en una emergencia.	Desconexión (Parada) de emergencia. Iniciar funciones de desconexión (Parada) de emergencia, en forma condicional para PARADA/NO.
AMARILLO	Anormal	Accionar en un estado anormal.	Intervención para suprimir un estado anormal. Intervención para volver a arrancar un desarrollo automático que se interrumpió.
VERDE	Seguro	Accionar en condición segura o preparar en estado normal.	ARRANQUE/SI, sin embargo se prefiere BLANCO.
AZUL	Obligatorio	Accionar en un estado que requiera una operación obligatoria.	Función de reposición.
BLANCO	No tienen asignado un significado especial	Para la iniciación general de funciones, salvo desconexión de emergencia (ver también la Nota siguiente).	ARRANQUE/SI (preferido) PARADA/NO
GRIS			ARRANQUE/SI PARADA/NO
NEGRO			ARRANQUE/SI PARADA/NO (preferido)

Fuente: [www.iac-sl.es/sites/default/files/simbolos%20normalizados.pdf](http://www.iac-sl.es/sites/default/files/simbolos%20normalizados.pdf)

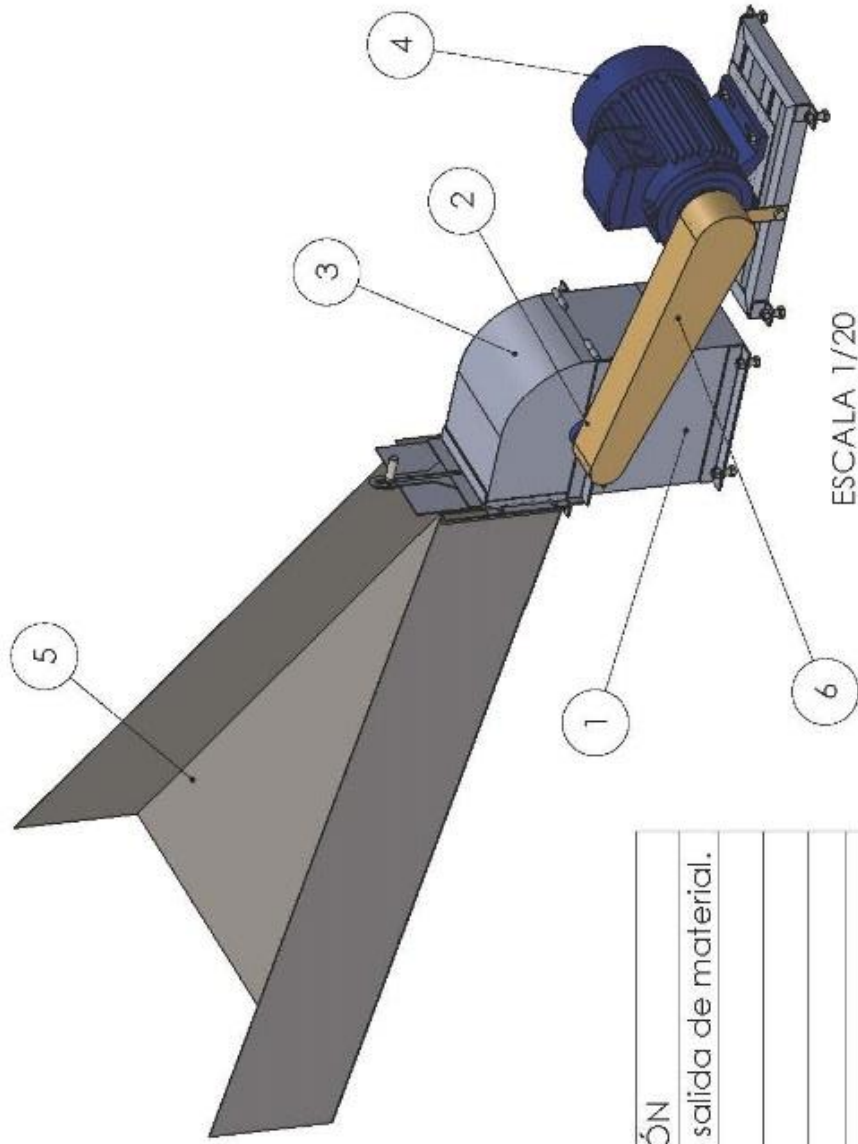
## Anexo 25

### Acciones del programa de mantenimiento

ACCIONES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO				
QUIÉN	CUANDO	ACCIÓN	COMPONENTE	CONDICIÓN
<b>Soldador</b>	Anualmente	Revestimiento con soldadura – citodur 350	Martillos	Impacto /percusión
<b>Mecánico</b>	Bimestralmente	Inspeccionar / Ajustar	Molino de martillos	Presión
<b>Operador</b>	Bimestralmente	Verificación / Cambio	Fajas trapezoidales en V	Tension
<b>Operador</b>	Semanalmente	Engrasar	Rodamientos	Fricción
<b>Operador</b>	Diariamente	Comprobación y verificación del buen funcionamiento	Cámara de trituración	Impacto /percusión
<b>Operador</b>	Diariamente	Comprobación y verificación del buen funcionamiento	Motor	Eléctrica/potencia
<b>Operador</b>	Diariamente	Comprobación y verificación del buen estado	Zaranda	Impacto

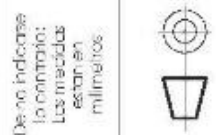
Fuente: Elaboración propia

## PLANOS



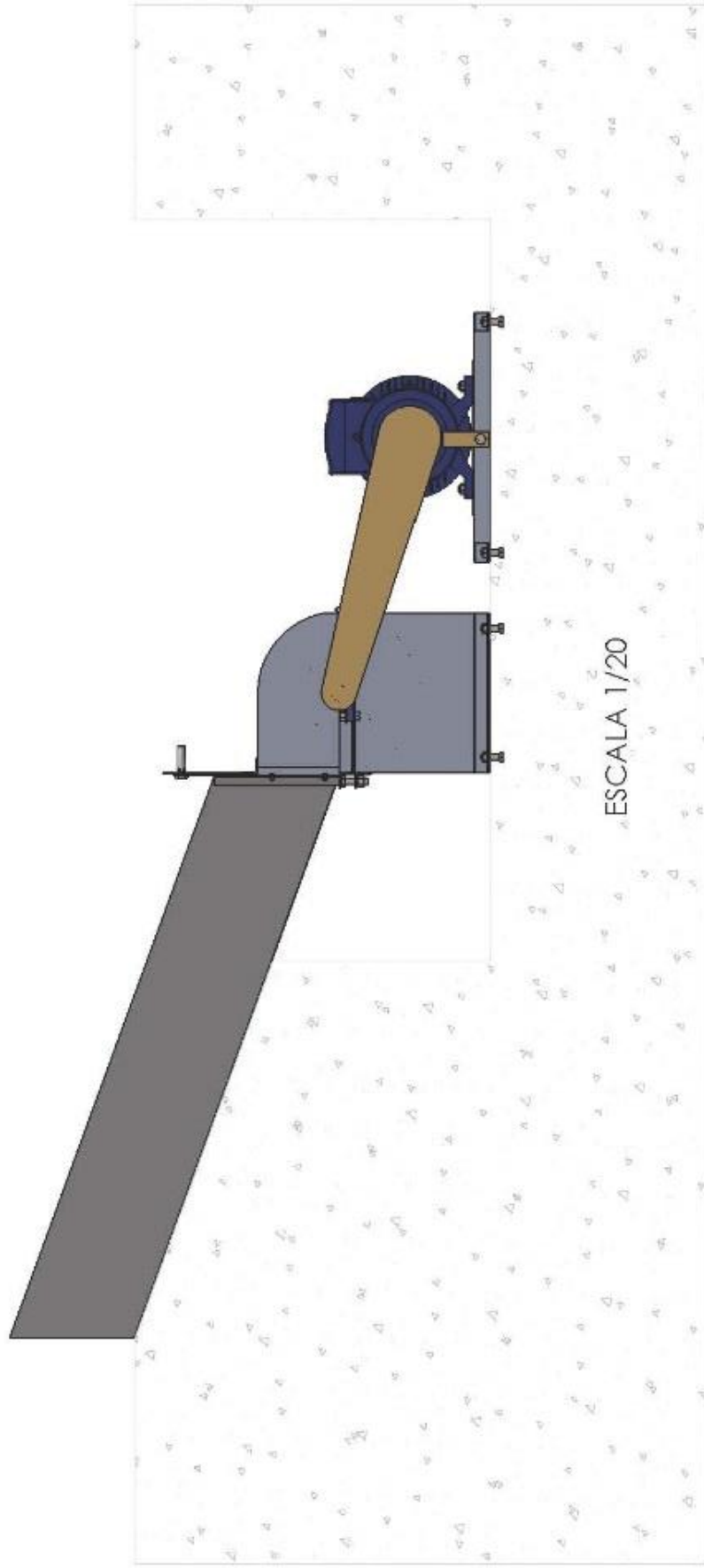
N°	CANT.	DENOMINACIÓN
1	1	Ensamble de estructura base - salida de material.
2	1	Ensamble de matriz principal.
3	1	Ensamble de cubieta - puerta
4	1	Ensamble de base - motor
5	1	Tolva de recepción.
6	1	Guarda

Dibujado por: Paul Alberth Chuucuya Quispe		Título:	MOLINO DE MARTILLOS		Hoja:	
Diseñado por: Paul Alberth Chuucuya Quispe		Firma:			1	
Revisado por: MSc. Edgardo I. Valdez Cortijo					Dibujo N°: GENERAL	
Revisado por: Ing. Víctor J. Malcañanda Antelo					Escala: 1:20	
Revisado por: Ing. Ulber Pacurita Huancza					Peso: kg	
					Escala: 1:20	
					kg	

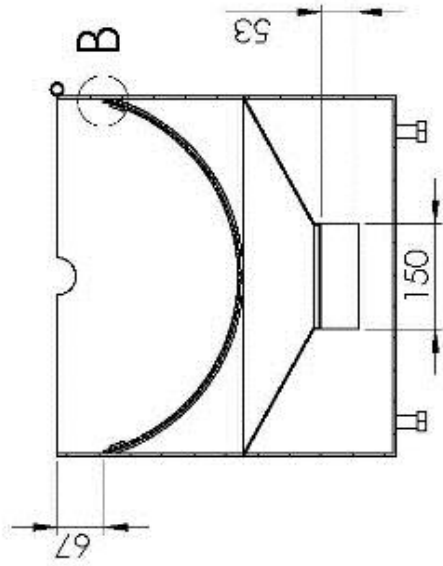
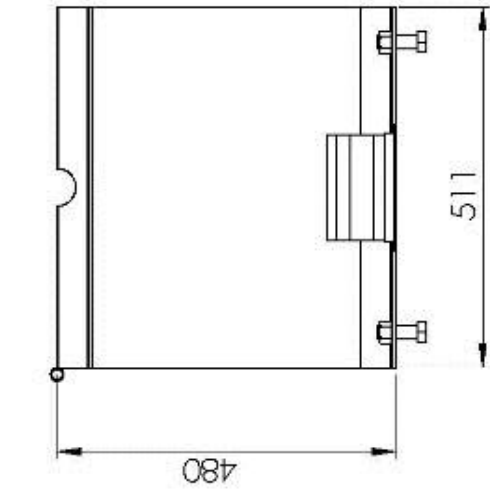


De no indicarse la cantidad, las mediciones están en milímetros.

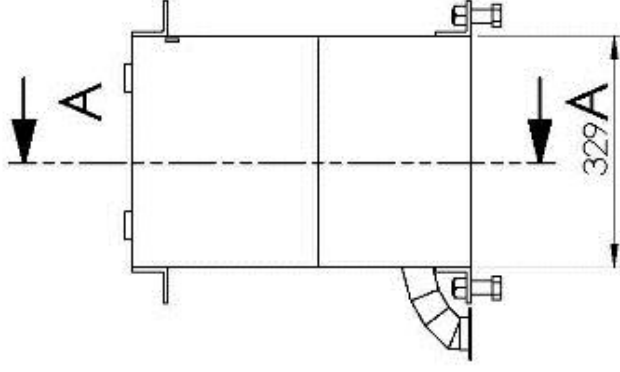
ESCALA 1/20



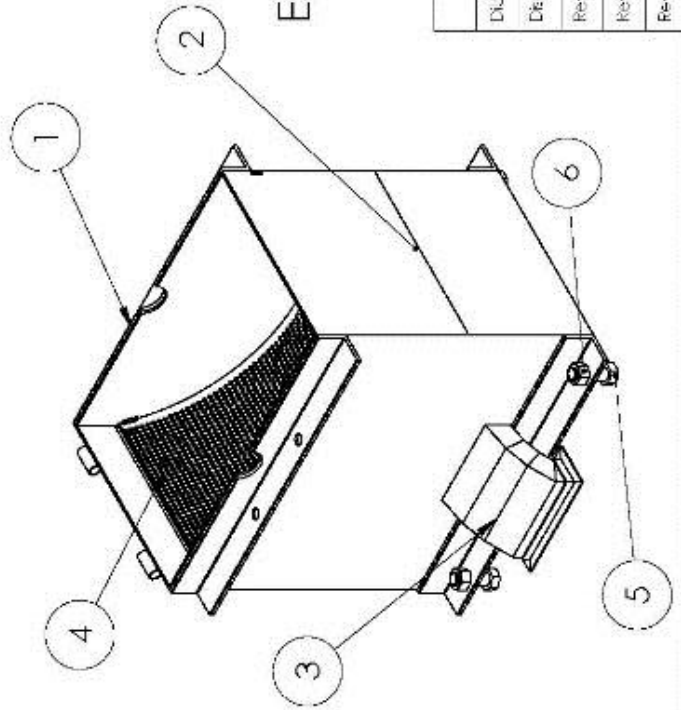
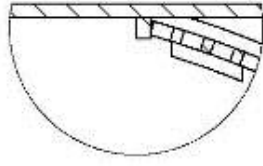
Nombre:		Título:		Firma:		De no indicarse la contrario: Las medidas están en milímetros.		Título:				
Dibujado por:	Paul Alcaerth Chucuyva Quispe	27/12/17						<b>MOLINO DE MARTILLOS</b>				
Diseñado por:	Paul Alcaerth Chucuyva Quispe	27/12/17			Escala:					1:20	Peso:	kg
Revisado por:	MSc. Edgardo T. Valdez Corfijo	27/12/17			Dibujo N°:					<b>GENERAL</b>		
Revisado por:	Ing. Víctor J. Malacachida Amela	27/12/17			Hoja:					2		
Revisado por:	Ing. Ulber Pacuito Huancá	27/12/17										



SECCIÓN A-A



DETALLE B  
ESCALA 1:2



ESCALA 1:10

Nº	DENOMINACION	CANT.
1	Estructura base del molino	1
2	Estructura salida del material	1
3	Conducto de salida	1
4	Zaranda	1
5	HBOLT 0.7500-10X2.25X1.75-N	8
6	Tuerca hexagonal 3/4"-10	8

Nombre:		Título:	
Dibujado por:	Fecha:	Revisado por:	Fecha:
Paul Albeith Chucuya Quipe	27/12/17		
Paul Albeith Chucuya Quipe	27/12/17		
Mico Esgarido I. Vardes Corallo	27/12/17		
Ing. Victor J. Maza Parilla Arrieta	27/12/17		
Ing. Jiber Paquita Huanca	27/12/17		

De no indicarse lo contrario, las medidas están en milímetros

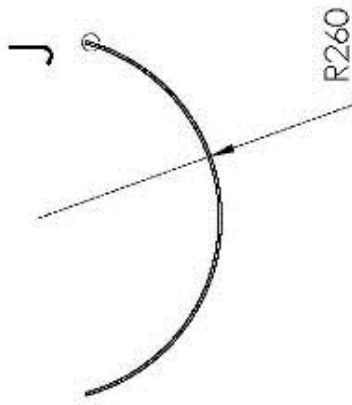
Escala: 1:10

Hoja: 3

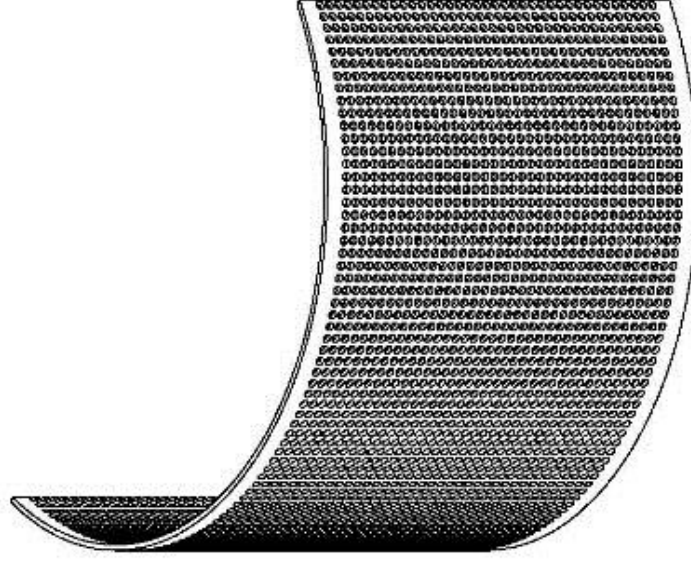
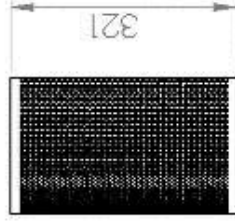
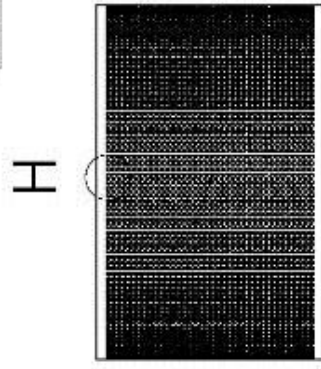
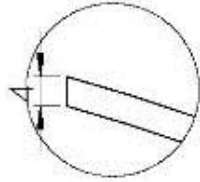
Dibujo Nº: MC-01

Peso: 49

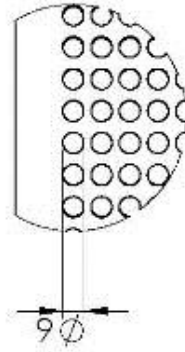
ENSAMBLE DE ESTRUCTURA  
BASE - SALIDA DE MATERIAL



**DETALLE J**  
ESCALA 1:1



**ESCALA 1:5**



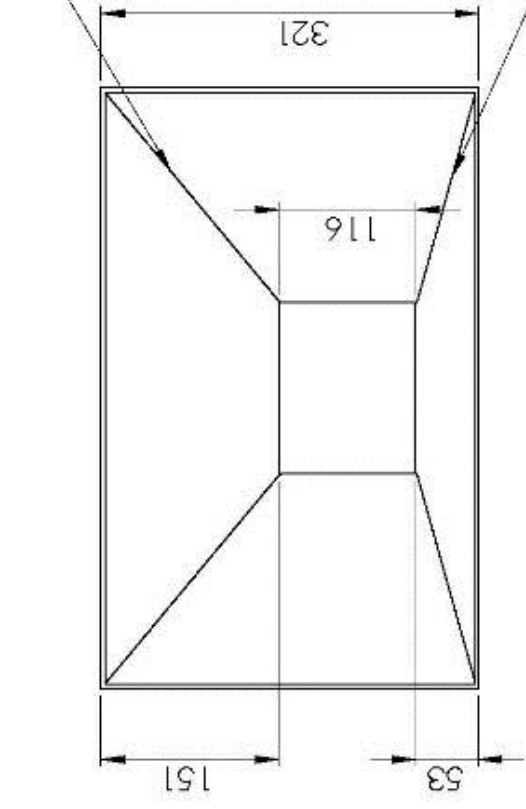
**DETALLE H**  
ESCALA 1:2

Nombre:		Fecha:		Título:	
Dibujado por:	Paul Alberth Chusuyo Quipe	27/12/17		ZARANDA	
Diseñado por:	Paul Alberth Chusuyo Quipe	27/12/17			
Revisado por:	MSc. Engardo T. Valdez Corzo	27/12/17			
Revisado por:	Ing. Vto. J. Malpaflor Amelio	27/12/17			
Revisado por:	Ing. Elber Pequera Huanca	27/12/17			
Escala:		Escala:		Escala:	
1:10		1/9		MC-01-A	
Dibujo Nº:		Peso:		Hojas:	
				4	

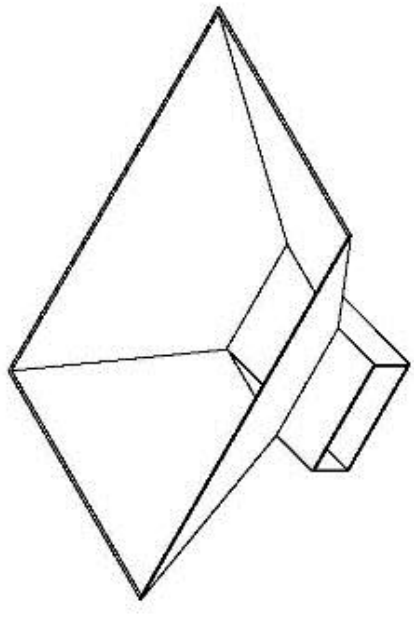
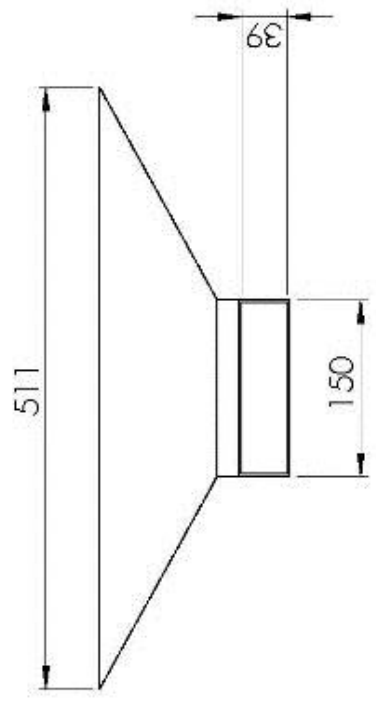
De no indicarse lo contrario, las medidas están en milímetros



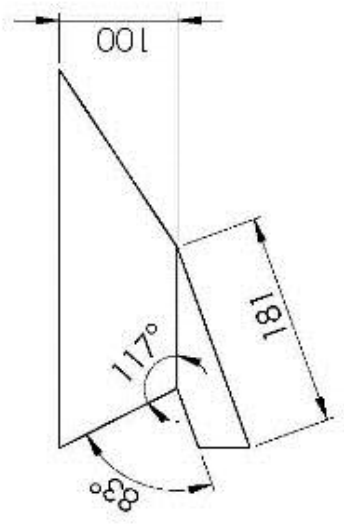
1/8" TIP.



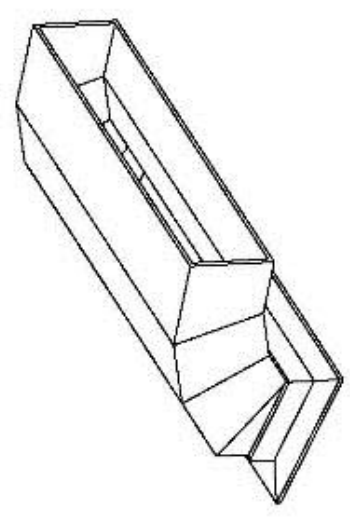
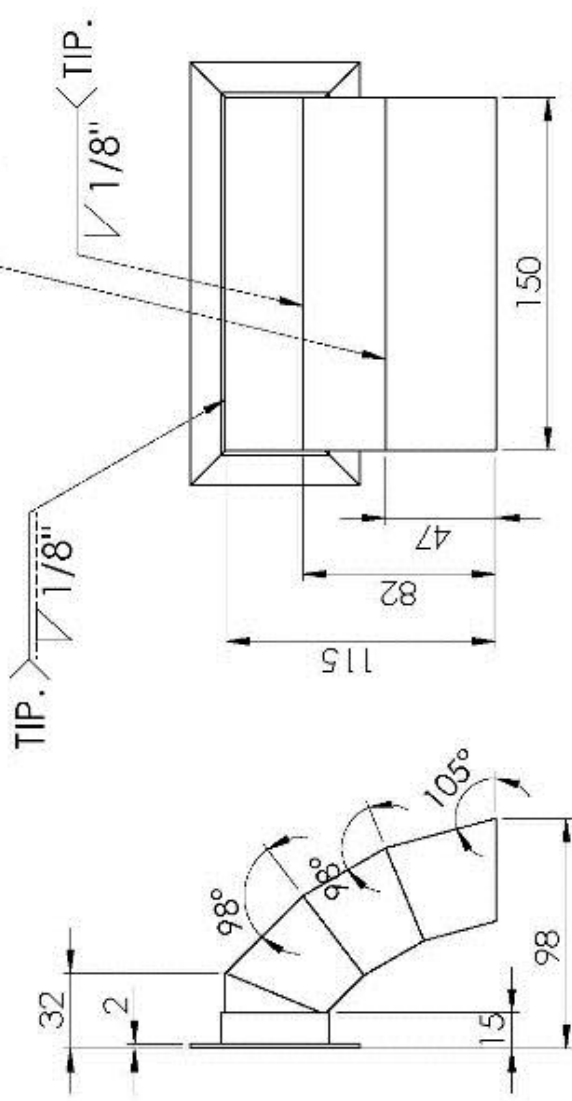
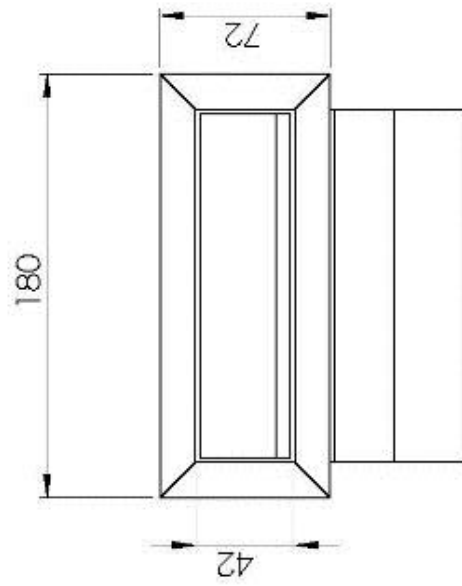
1/8" TIP.



ESCALA 1:7

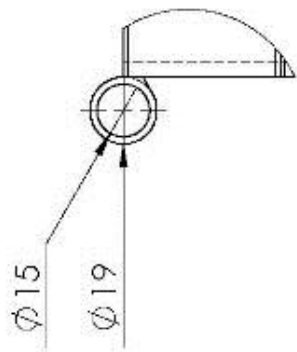


Nombre:		Fecha:	Titulo:	Hojas:		
Dibujado por:	Pau Alberto Chucuyta Guisao	27/2/17	ESTRUCTURA SALIDA DE MATERIAL	Dibujo Nº:	MC-01-B	
Diseñado por:	Pau Alberto Chucuyta Guisao	27/2/17		Peso:		4g
Revisado por:	M.Sc. Edgardo T. Valdez Corfijo	27/2/17		Isocar:		1:6
Revisado por:	Ing. Victor J. Marañón Amato	27/2/17				
Revisado por:	Ing. Jairo Tapia Huamán	27/2/17				
<p>De no indicarse lo contrario, las medidas están en milímetros</p>						

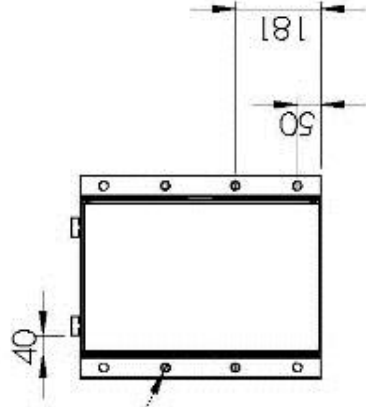


ESCALA 1:3

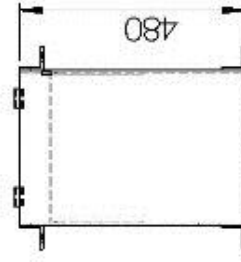
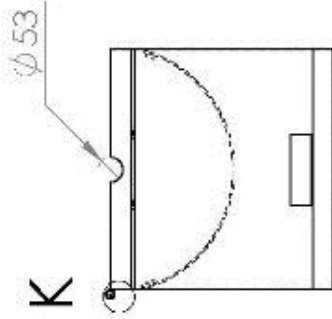
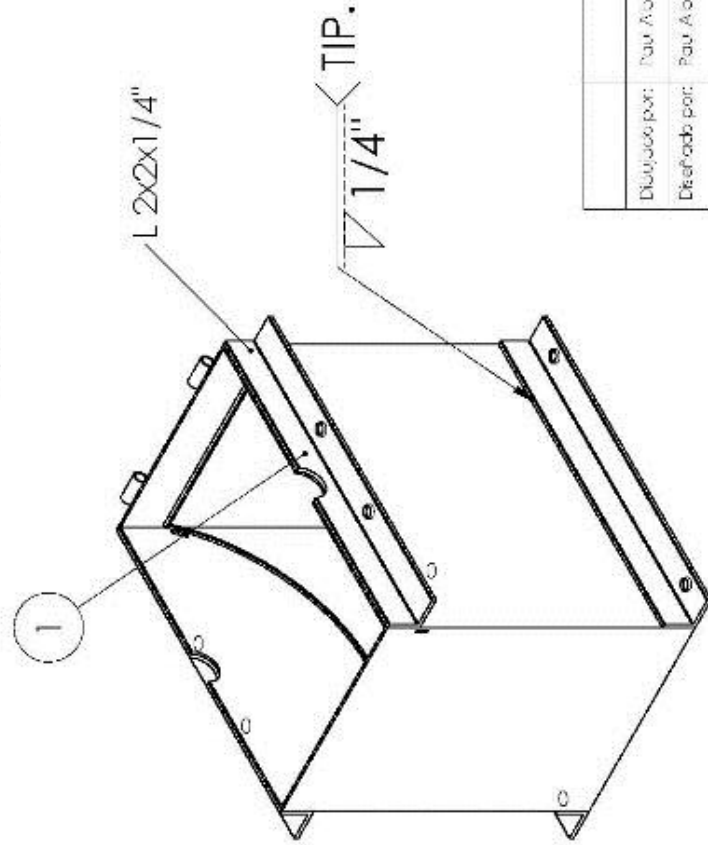
Nombre:		Fecha:	Tramo:	De no indicarse lo contrario: Las medidas están en milímetros		Título:	
Dibujado por:	Pau Abo Iti Chucuyá Guiso	27/12/17				<b>CONDUCTO DE SALIDA</b>	
Diseñado por:	Pau Abo Iti Chucuyá Guiso	27/12/17					
Revisado por:	MSc. Edgardo I. Valdez Corfio	27/12/17		Escala: 1:2		Dibujo N°: MC-01-C	
Revisado por:	Ingr. Victor J. Wacarlita Arrieta	27/12/17		Peso: 1/g		Hoja: 6	
Revisado por:	Ingr. Isbel Paolina Huana	27/12/17					



8 x  $\phi 17 \nabla 26$   
 3/4-10 UNC  $\nabla 3$   
 $\nabla \phi 20 \times 90^\circ$ , Lado cercano



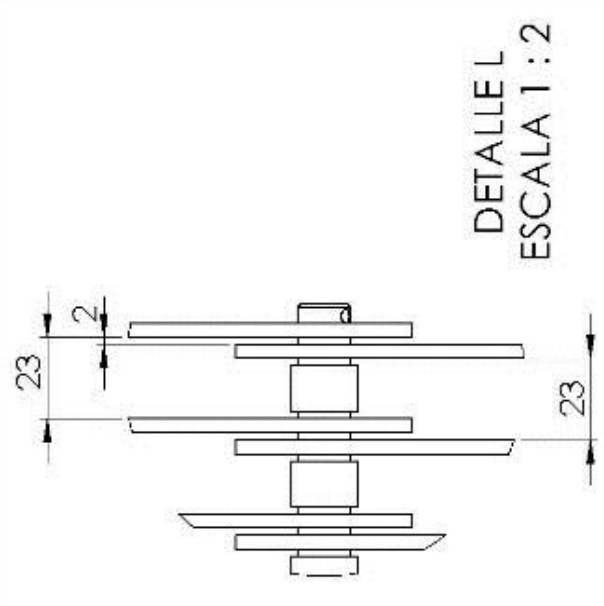
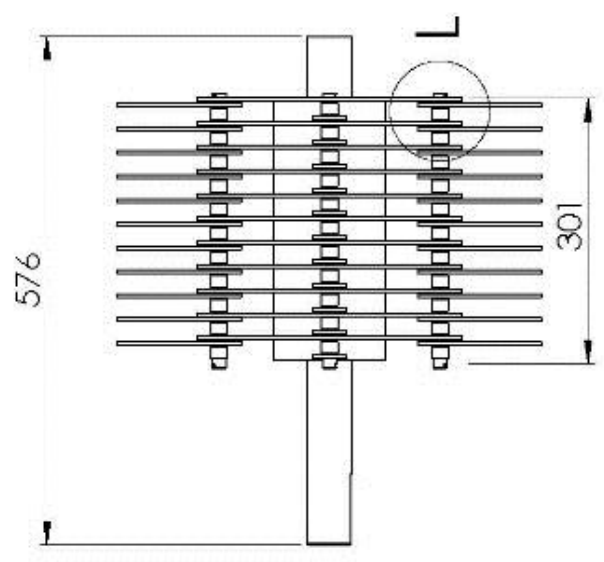
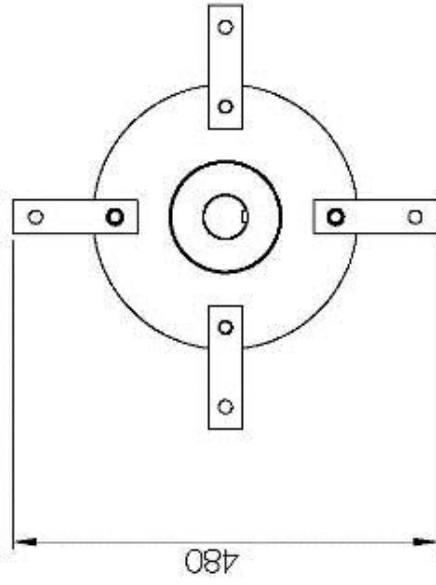
DETALLE K  
 ESCALA 1 : 2



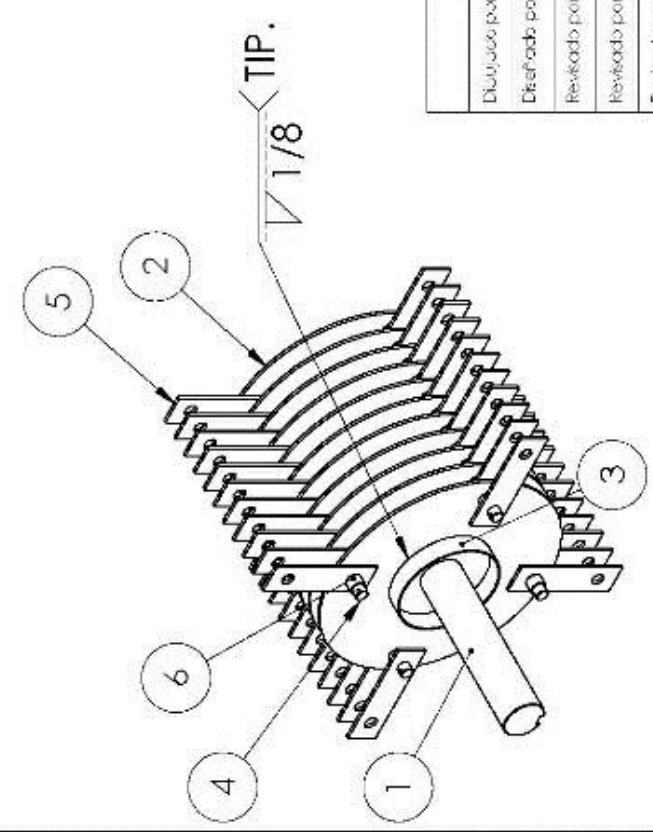
Nº	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.
1	L 2 X 2 X 1/4"	ASTM A36	2
2	L 2 X 2 X 1/4"	ASTM A36	2

Nombre:	Fecha:	Impr:	Título:
Dibujado por: Pau A de th Chucuyva Gutiso	27/2/17		ESTRUCTURA BASE DEL MOLINO
Diseñado por: Pau A de th Chucuyva Gutiso	27/2/17		
Revisado por: M.Sc. Edgardo T. Voldiez Cortijo	27/2/17		
Revisado por: Ing. Victor J. Maldonado Arriaga	27/2/17		
Revisado por: Ing. Jabor Zupia Luanaud	27/2/17		
Escala:		Dibujo Nº:	
1:15		MC-01-D	
Fase:		Hoja:	
/g		7	



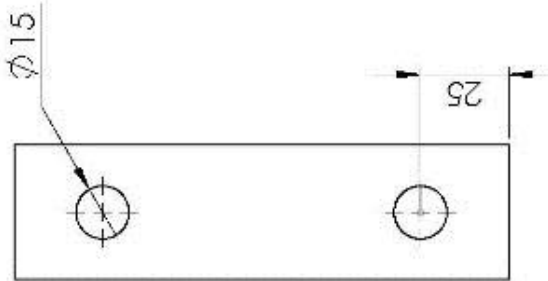
DETALLE L  
ESCALA 1 : 2



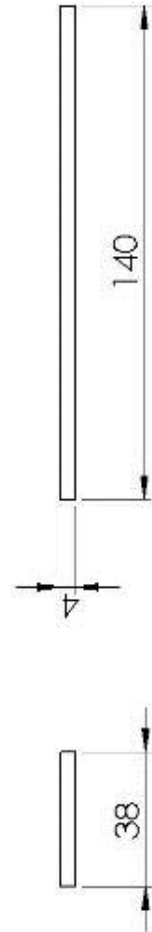
Nº	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.
1	Árbol conducido	ASTM A36	1
2	Disco porta martillos	ASTM A36	12
3	Separador de disco	ASTM A36	11
4	Eje porta martillos	ASTM A36	4
5	Martillo de percusión	ASTM A36	44
6	Separador de martillos	ASTM A36	44

Nombre:	Fecha:	Trmici:	Título:
Dibujado por: Fco. J. Alberth Chujayo Quispe	27/12/17		<b>EMSAMBLE DE MATRIZ PRINCIPAL</b>  
Diseñado por: Fco. J. Alberth Chujayo Quispe	27/12/17		
Revisado por: MSc. Egoardo T. Valdez Cortez	27/12/17		
Revisado por: Ing. Víctor J. Mielpartida Amato	27/12/17		
Revisado por: Ing. Tibbar Paqui Alvarado	27/12/17		
Escala:		Hoja:	
Fase:		Dibujo Nº:	
1/8		MC-02	
1/8		9	

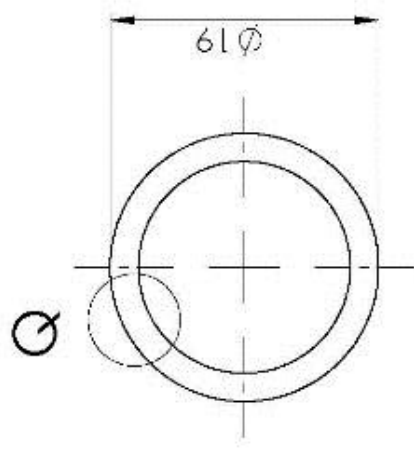




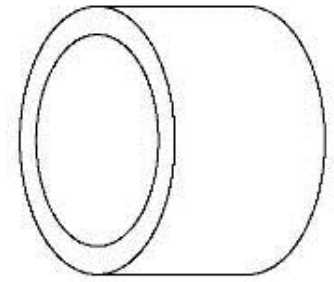
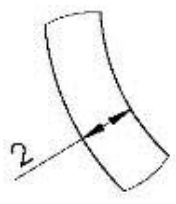
MARTILLOS DE PERCUSSION  
ESCALA 1:2



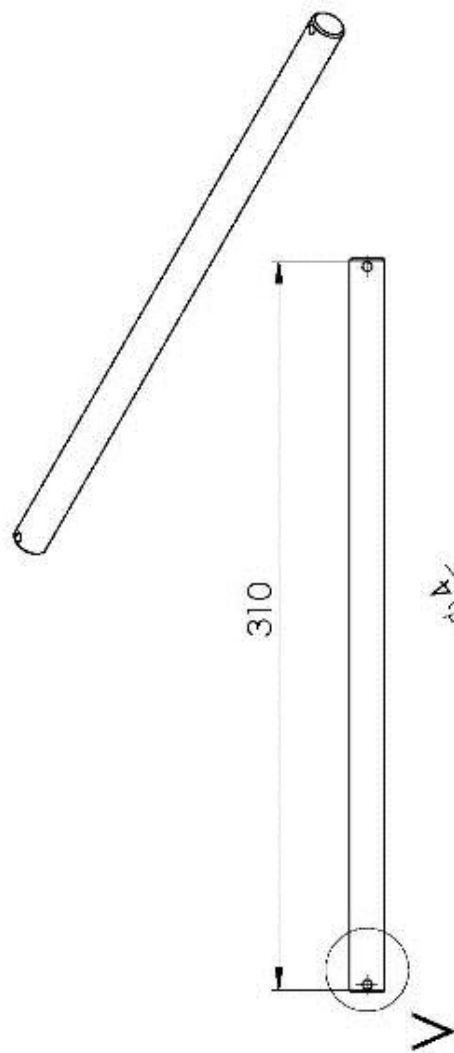
SEPARADOR DE MARTILLOS  
ESCALA 2:1



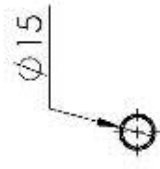
DETALLE Q  
ESCALA 4:1



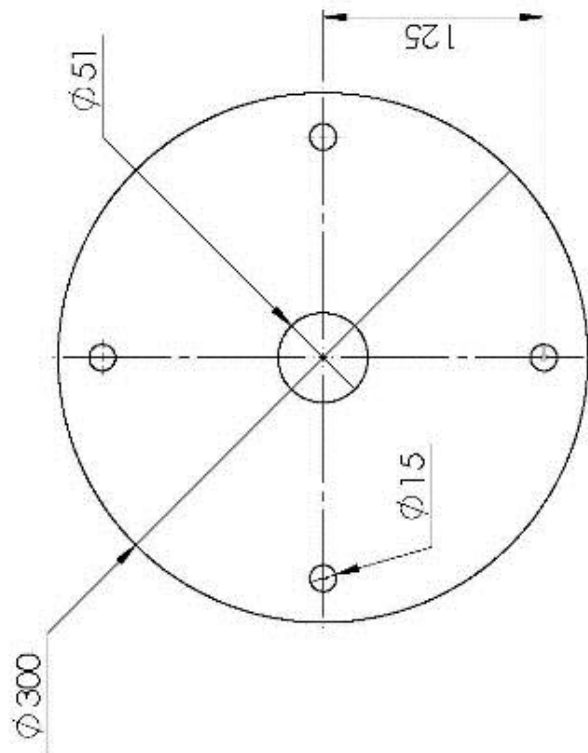
Nombre:		Fecha:	Tramo:	De no indicarse lo contrario: Las mediciones serán en milímetros		Título:		
Dibujado por:	Paq. A. ueñh Chuyaya Guispe	27/12/7			MARTILLOS DE PERCUSSION - SEPARADOR DE MARTILLOS			
Diseñado por:	Paq. A. ueñh Chuyaya Guispe	27/12/7			Escala:	1:2	Dibujo Nº:	MC-02-B
Revisado por:	MSc. Eogardo T. Velázquez Cornejo	27/12/7			Fase:	49	Hoja:	
Revisado por:	Ing. Víctor J. Walparitica Amante	27/12/7					10	
Revisado por:	Ing. Tiburcio Rodríguez Illarica	27/12/7						



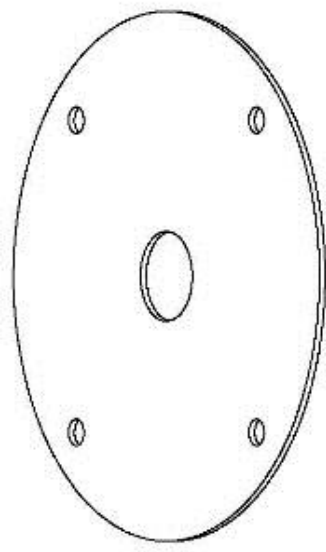
DETALLE V  
ESCALA 1 : 1



EJE PORTA MARTILLOS  
ESCALA 1 : 3

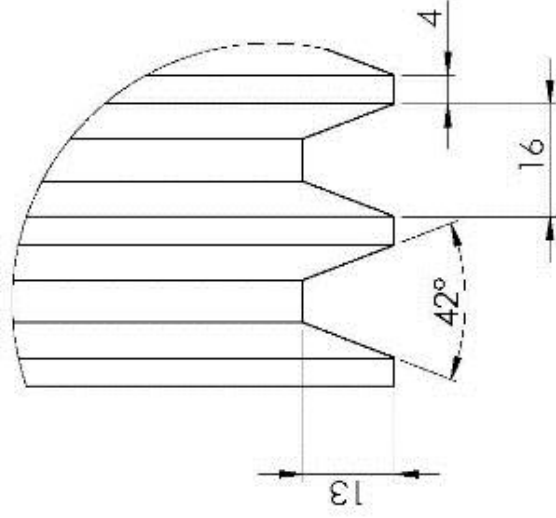
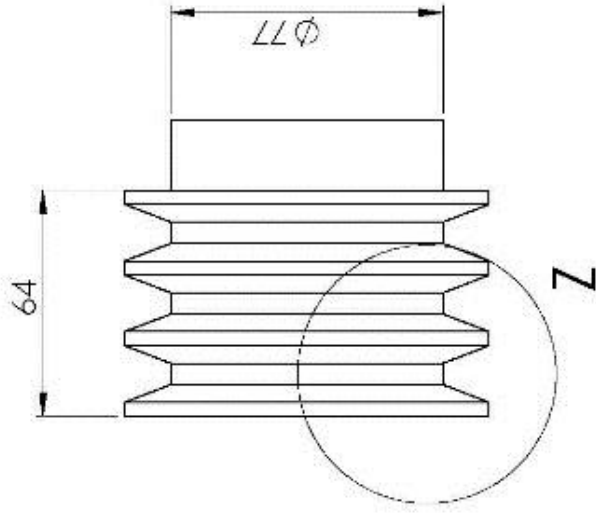
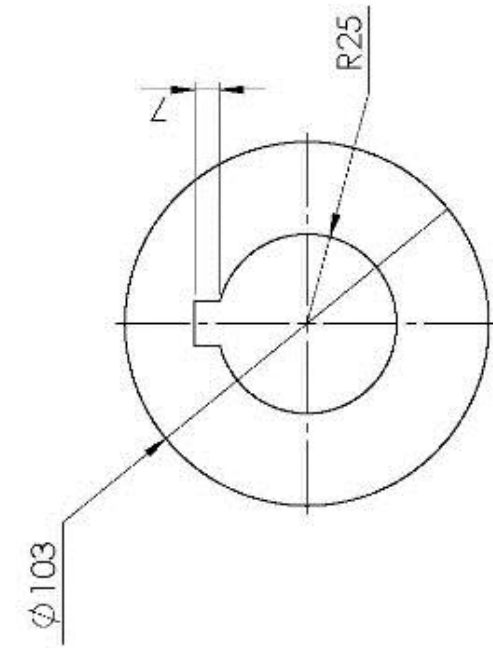


DISCO PORTA MARTILLOS  
ESCALA 1 : 4

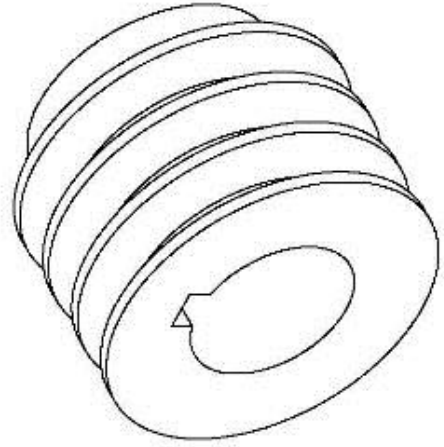


Nombre:		Fecha:	Firma:	Título:	
Dibujado por:	Pau Abelluchuyaya Guiso	27/12/7		De no indicarse o contrario: Las medidas están en milímetros	
Diseñado por:	Pau Abelluchuyaya Guiso	27/12/7			
Revisado por:	M.Sc. Edgardo T. Valdez Cortijo	27/12/7			
Revisado por:	Ingr. Víctor J. Wacariuca Arrieta	27/12/7			
Revisado por:	Ingr. Isabel Raquel Huancua	27/12/7			
				Isocar:	1:4
				Peso:	4g
				Dibujo Nº:	MC-02-C
				Hoja:	
				11	

DISCO - EJE PORTA MARTILLOS



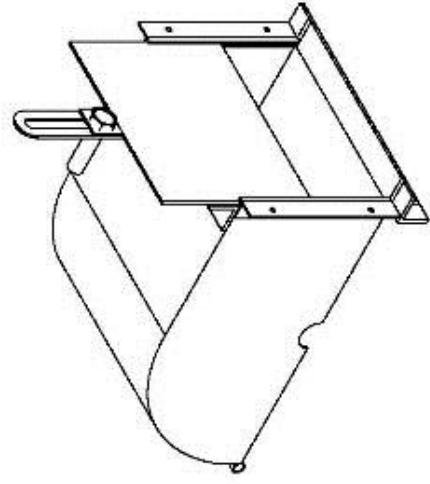
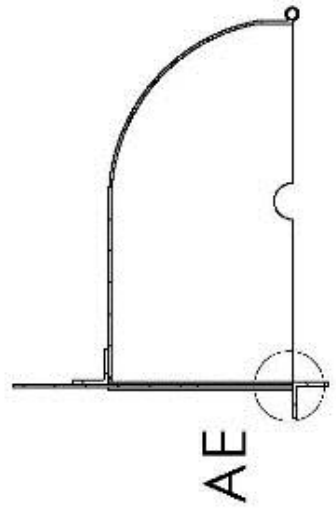
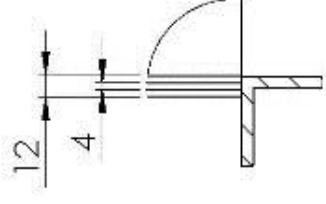
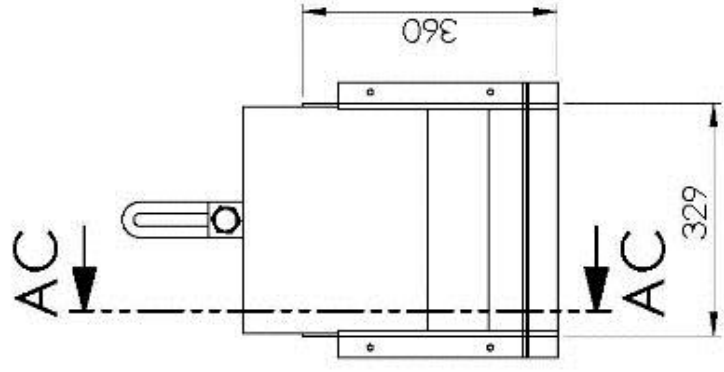
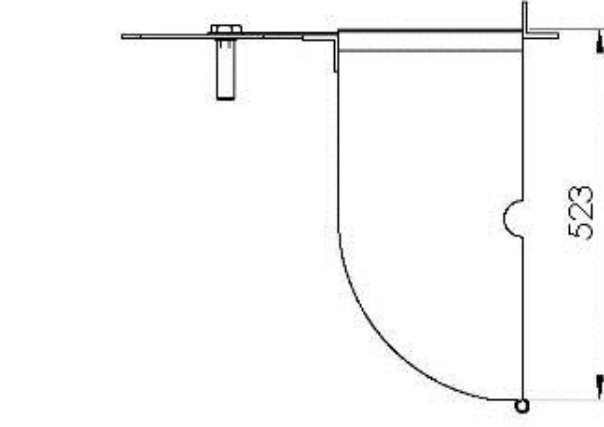
DETALLE Z  
ESCALA 1:1



Nombre:		Fecha:	Tramo:	Título:	
Dibujado por:	Pau Albert Crujeixa Guiso	27/2/7		POLEA CONDUCCIDA	
Diseñado por:	Pau Albert Crujeixa Guiso	27/2/7		Escala:	1:2
Revisado por:	M.Sc. Edgardo T. Valdez Cortijo	27/2/7		Dibujo N°:	MC-02-D
Revisado por:	Ingr. Víctor J. Macarida Amela	27/2/7		Fase:	1/9
Revisado por:	Ingr. Javier Tapia Iluchua	27/2/7			
				Hoja:	12

De no indicarse lo contrario, las medidas están en milímetros



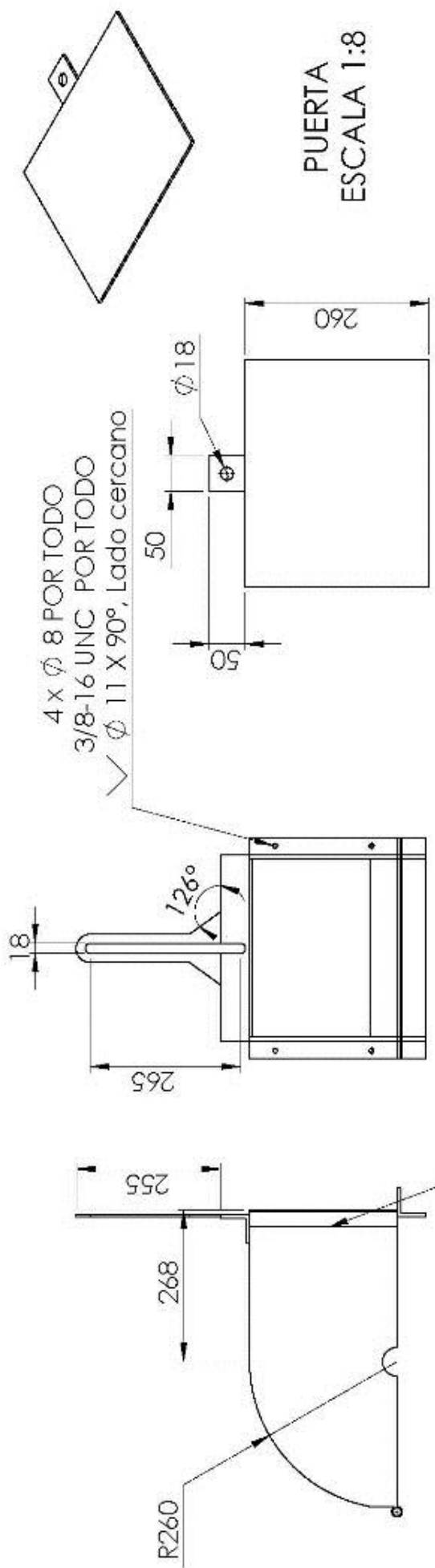


**DETALLE AE**  
**ESCALA 1 : 4**

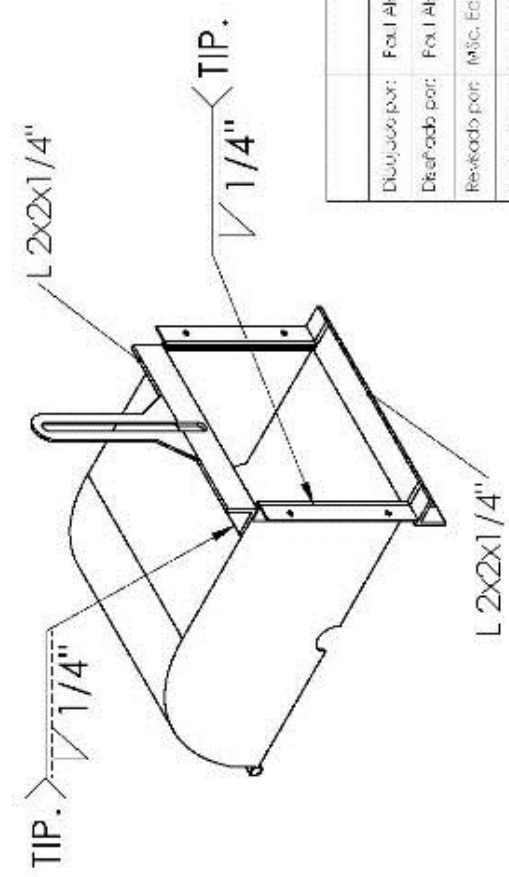
Nº	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.
1	Cubierta del molino	ASTM A36	1
2	Puerta	ASTM A36	1

Nombre:		Fecha:	Tramo:	Titulo:			
Dibujado por:	Paul Albeirh Chucuya Quipe	27/12/17		De no indicarse o contrario: Las medidas estan en milimetros			
Diseñado por:	Paul Albeirh Chucuya Quipe	27/12/17					
Revisado por:	MSc. Eogardo J. Valdez Corfijo	27/12/17					
Revisado por:	Ing. Victor J. Mapariñta Armeta	27/12/17					
Revisado por:	Ing. Isabel Paquita Huanca	27/12/17					
				Isocar:	1:10	Hoja:	12
				Fece:	yg	Dibujo Nº:	MC-03

**ENSAMBLE CUBIERTA -PUERTA**



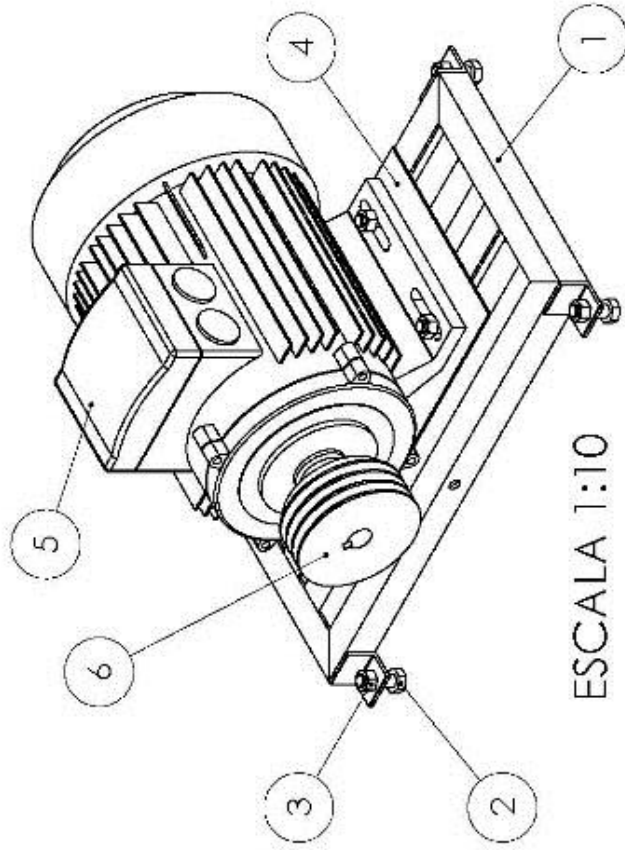
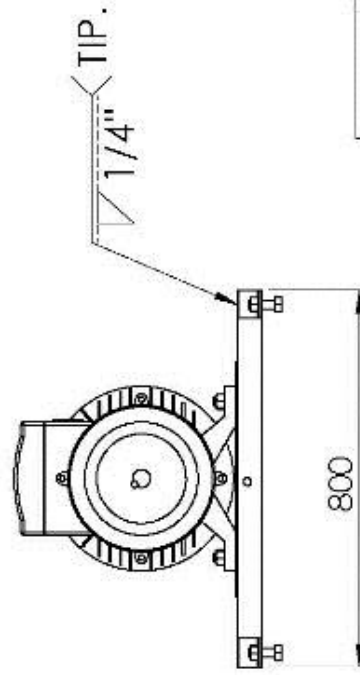
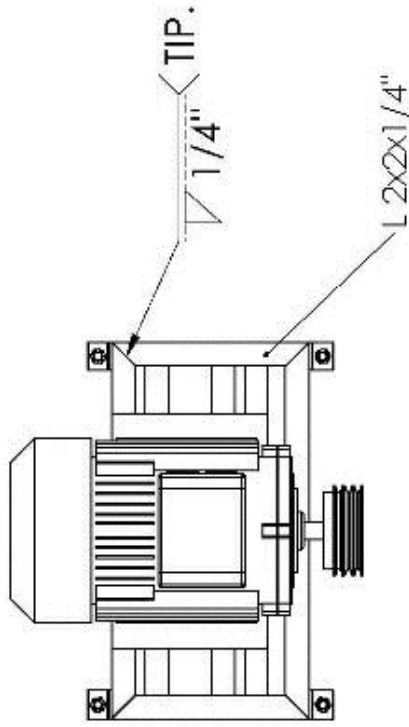
TIP. <math>1/4''</math>



Nº	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.
1	L 2 x 2 x 1/4"	ASTM A36	2
2	Plancha de acero 4mm	ASTM A36	2
3	Perno hexagonal 3/8"-16		4
4	Tuerca hexagonal 3/8"-16		4

Nombre:		Fecha:	Tramo:	Título:	
Dibujado por:	Fau Albert Chucuy Quispe	27/12/17		CUBIERTA DEL MOLINO - PUERTA	
Diseñado por:	Fau Albert Chucuy Quispe	27/12/17			
Revisado por:	MSc. Engarzo T. Valdez Conje	27/12/17			
Revisado por:	Ing. Minor J. Melpartica Amato	27/12/17			
Revisado por:	Ing. Iteber Poquira Huanca	27/12/17			

Escalar:	1:10	Fecha:	19	Dibujo Nº:	MC-03-A	Hojas:	14
----------	------	--------	----	------------	---------	--------	----

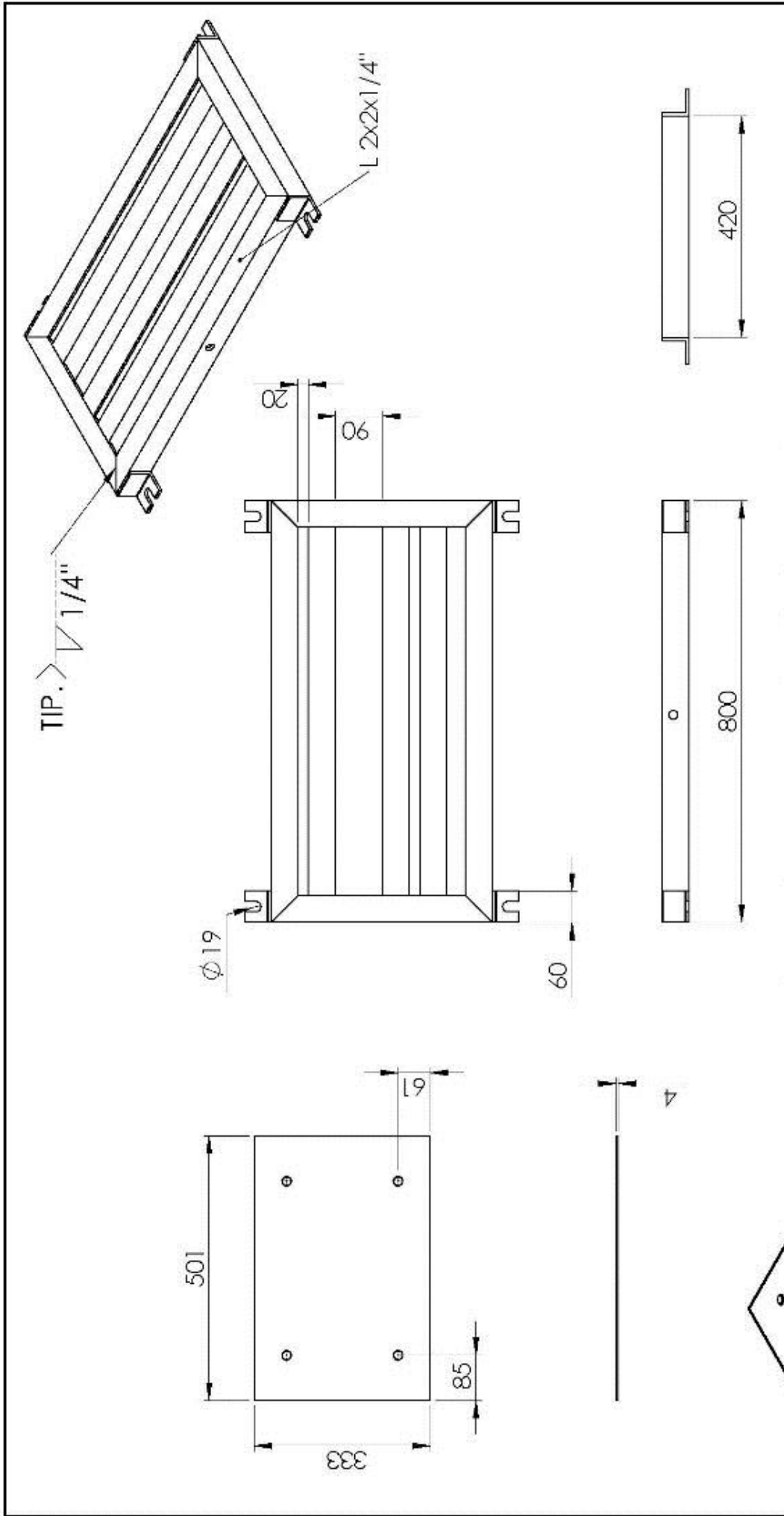


ESCALA 1:10

Nº	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.
1	Estructura de sujeción de motor	ASTM A36	1
2	HHBOLT 0.7500-10x2.25x1.375-N		8
3	Tuerca hexagonal 3/4"-10		8
4	Plancha base motor	ASTM A36	1
5	Motor W22 - IE1		1
6	Polea conductora	Aluminio	1

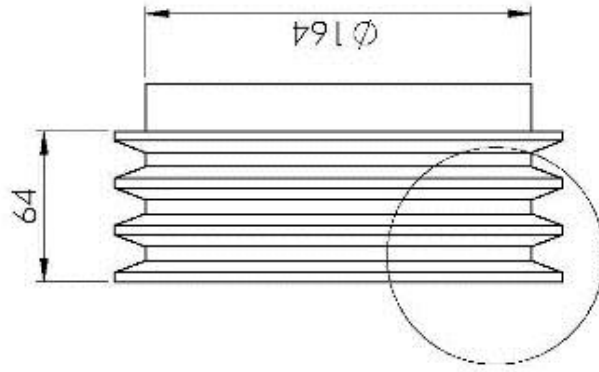
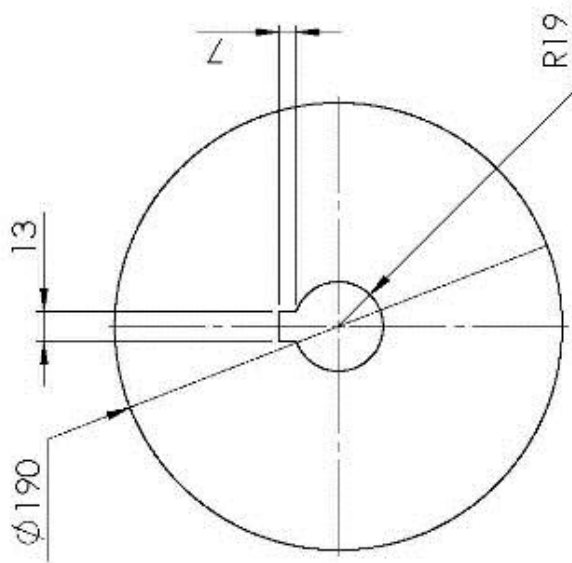
Nombre:		Fecha:	Firma:	Titulo:		
Dibujado por: Fco. J. Alberth Chucuyto Quepe		27/12/17		De no indicarse o contrario: Las medidas están en milímetros		
Diseñado por: Fco. J. Alberth Chucuyto Quepe		27/12/17				
Revisado por: MSc. Eogardo T. Vadez Cortijo		27/12/17				
Revisado por: Ing. Víctor J. Melpanida Arieta		27/12/17				
Revisado por: Ing. Jairo Paucalla Iluasca		27/12/17		Isocar:	1:15	
				Peso:	4g	
				Dibujo Nº:	MC-04	
					Hojas:	15

ENSAMBLE ESTRUCTURA  
SUJECION DE MOTOR

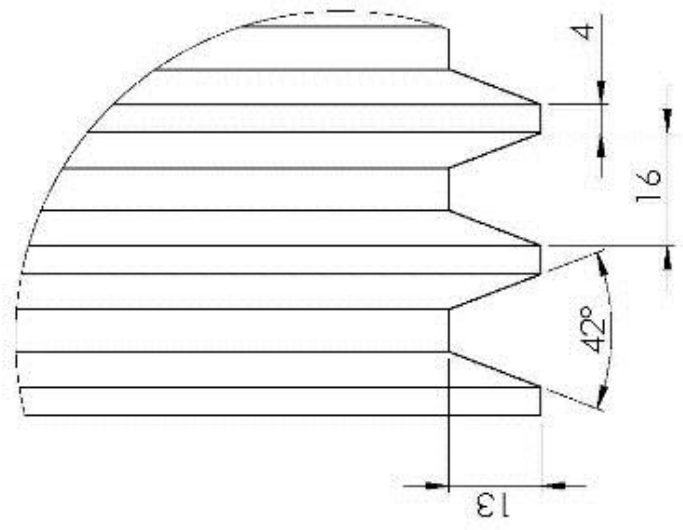


Nombre:		Fecha:	Truco:	Escala:		Hoja:	
Dibujado por: Paul Albarth Chucayo Quipe		27/12/17	De no indicarse lo contrario, las medidas están en milímetros	1:10		16	
Diseñado por: Paul Albarth Chucayo Quipe		27/12/17		MC-04-A			
Revisado por: MSc. Eogardo T. Váñez Corripio		27/12/17		Fase:		Hoja:	
Revisado por: Ing. Víctor J. Malpartida Arriola		27/12/17		99		16	
Revisado por: Ing. Ulber Papaita Huancsa		27/12/17					

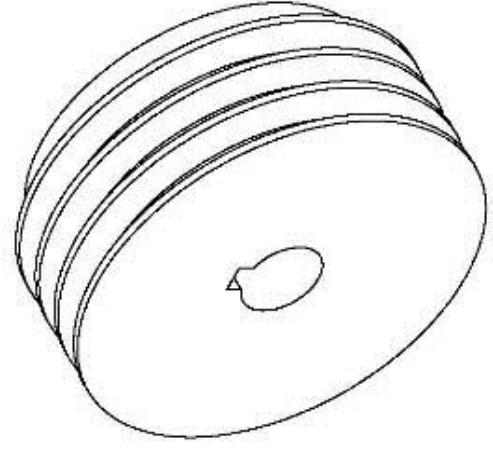
**ESTRUCTURA DE SUJECIÓN -  
PLANCHA BASE DE MOTOR**



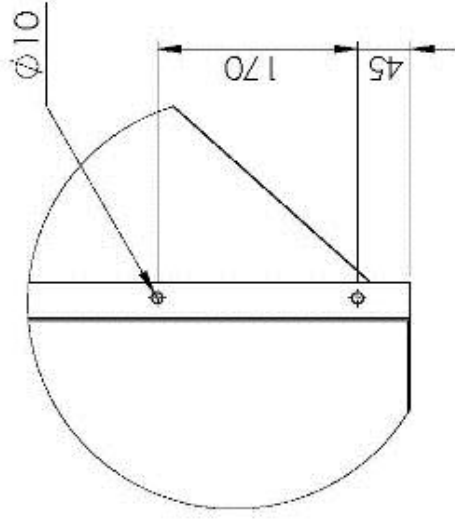
AH



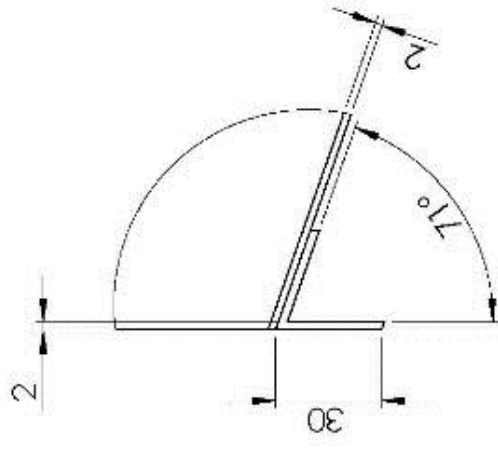
DETALLE AH  
ESCALA 1:1



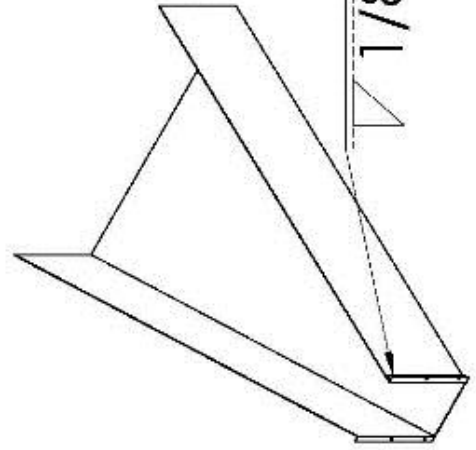
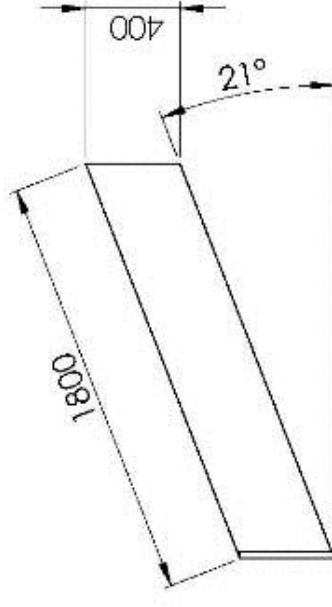
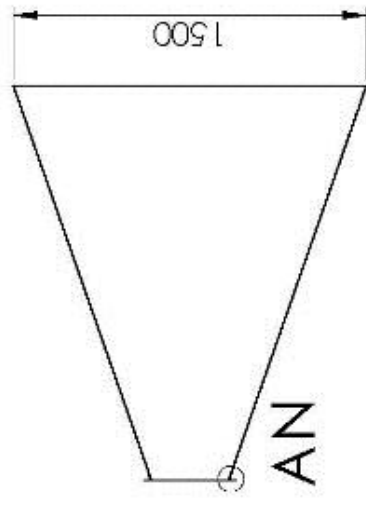
Dibujado por:	Fau. I. Albeirth Chucuyto Quipe	Fecha:	27/12/17	Titulo:	POLEA CONDUCTORA			
Diseñado por:	Fau. I. Albeirth Chucuyto Quipe	Impr:		De no indicarse lo contrario: Las medidas están en milímetros	Isocar:	1:2	Dibujo N°:	MC-04-B
Revisado por:	Márc. Egoarán T. Vardaz Corripio	Revisado por:	27/12/17		Fase:	1/9	Hoja:	17
Revisado por:	Ing. Víctor J. Melipartida Arrieta	Revisado por:	27/12/17					
Revisado por:	Ing. Jairo Paquiza Huancá	Revisado por:	27/12/17					



DETALLE AQ  
ESCALA 1 : 6



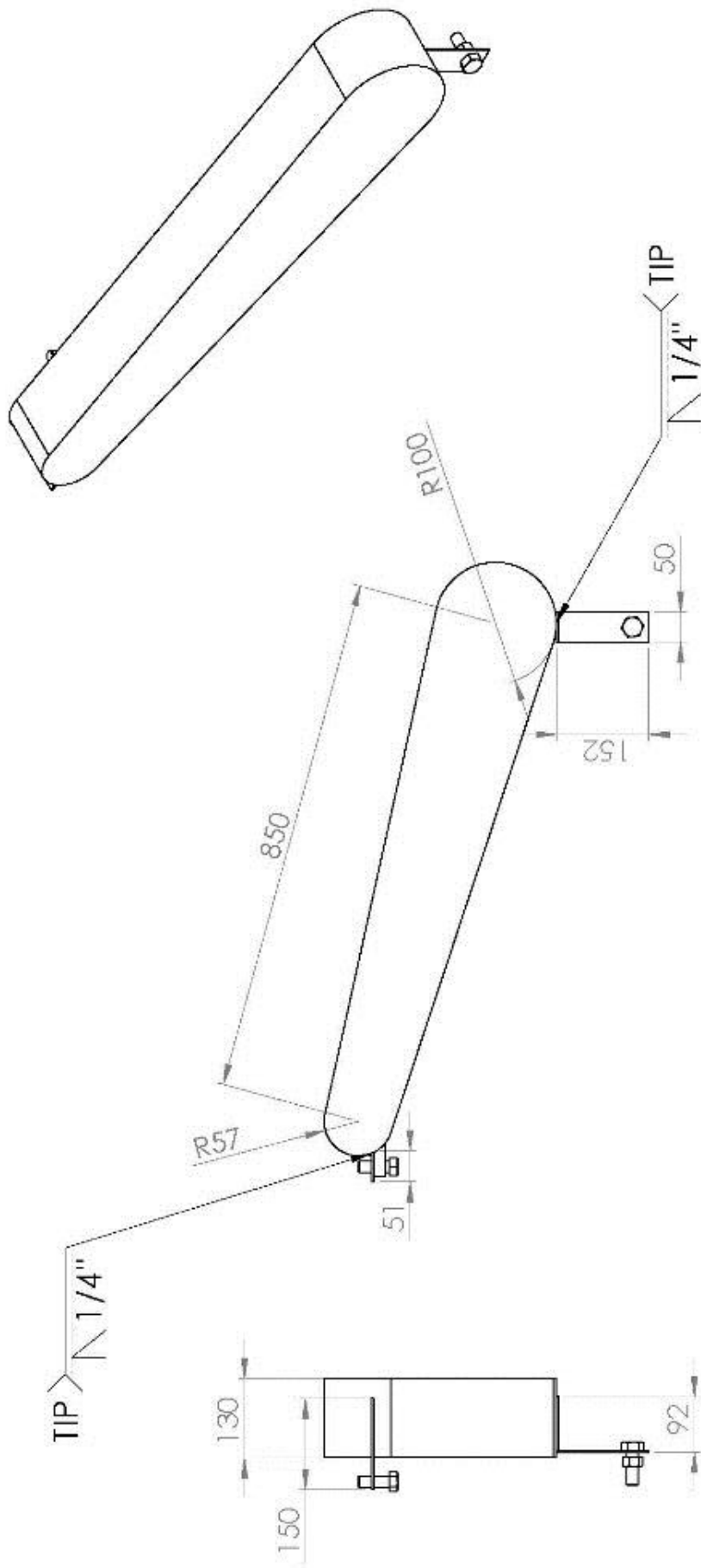
DETALLE AN  
ESCALA 1 : 2



Nombre:		Fecha:	Tramo:	Título:	
Dibujado por:	Paul Albarth Chuyayo Quipe	27/12/17		TOLVA DE RECEPCIÓN	
Diseñado por:	Paul Albarth Chuyayo Quipe	27/12/17		Escala:	1:20
Revisado por:	MSc. Egozarro T. Valdez Corfo	27/12/17		Fase:	1/9
Revisado por:	Ing. Vitor J. Melparfido Amato	27/12/17		Dibujo N°:	MC-05
Revisado por:	Ing. Libar Pucqui Iluayca	27/12/17		Hoja:	18

De no indicarse lo contrario, las mediciones están en milímetros





ESCALA 1:10

Nombre:		Fecha:		Título:	
Dibujado por:	Pau Abaiti Chucuyaya Guisoa	27/12/17		GUARDA	
Diseñado por:	Pau Abaiti Chucuyaya Guisoa	27/12/17		 De no indicadores o contornos: Las medidas están en milímetros	
Revisado por:	MSc. Edgardo J. Vicedo Cortijo	27/12/17		 Escala: 1:10	
Revisado por:	Ingeniero J. Wladimir Arrieta	27/12/17		Dibujo Nº: MC-06	
Revisado por:	Ingeniero Pablo Paruta Huancu	27/12/17		Hoja: 19	