



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS
PARA LA TRITURACION DE GRANOS SECOS DE MAIZ Y
ARVEJA PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS
INDUSTRIALES”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:

CAYAMBE GUAMAN JANNETH PILAR

DONOSO OVIEDO ALEX XAVIER

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS
PARA LA TRITURACION DE GRANOS SECOS DE MAIZ Y
ARVEJA PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS
INDUSTRIALES”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES: CAYAMBE GUAMAN JANNETH PILAR

DONOSO OVIEDO ALEX XAVIER

DIRECTOR: ING. MONICA LILIAN ANDRADE AVALOS

ASESOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Janneth Pilar Cayambe Guaman & Alex Xavier Donoso Oviedo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Janneth Pilar Cayambe Guaman & Alex Xavier Donoso Oviedo, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de abril de 2023



Janneth Pilar Cayambe Guaman
0650044878



Alex Xavier Donoso Oviedo
0605100189

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA TRITURACION DE GRANOS SECOS DE MAIZ Y ARVEJA PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES**, realizado por los señores: **JANNETH PILAR CAYAMBE GUAMAN Y ALEX XAVIER DONOSO OVIEDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. César Arturo Puente Guijarro, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2023-04-25

Ing. Mónica Lilian Andrade Ávalos, Mgs.
2023-04-25
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-04-25

Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas, MSc.
**ASESOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-04-25

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a mis padres Magdalena y Gonzalo quienes han sido el pilar fundamental en mi vida y a mis hermanos Mayra, José, Cristian y Carlitos quienes han sido la inspiración más grande que he podido tener para superar las dificultades y alcanzar mis metas, a mi abuelita Manuela que siempre me ha sabido cuidar y apoyar, a mi familia en general, ustedes son la definición de esfuerzo, disciplina, entrega y amor que pude encontrar, por ustedes he llegado a ser lo que soy.

Janneth

El resultado de este trabajo se lo dedico a mi hijo Alex Donoso, mi esposa Noella Basurto, mis padres Jorge Donoso y Marcela Oviedo gracias por enseñarme a afrontar los problemas y dificultades, que siempre me ayudaron a superarme, también se lo dedico a mis hermanos y a todas las personas que me han apoyado en el trascurso de mi vida universitaria que siempre creyeron en mí y me extendieron su mano para poder seguir adelante y cumplir mis objetivos.

Alex

AGRADECIMIENTO

A Dios, familiares, amigos y seres queridos, quien con su apoyo incondicional se convirtieron en la fuerza necesaria que me llevo a perseverar y superar cada obstáculo en el transcurso de mi vida universitaria. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a los docentes de la Facultad de Ciencias quienes con sus conocimientos formaron una parte importante en mi vida académica. Al Ing. Adrian Rodriguez director de la tesis por la ayuda fundamental para la realización de este proyecto. A la Ing. Mónica Andrade por el asesoramiento como miembro de la tesis quien con su ayuda se logró llevar de mejor manera el proyecto

Janneth

En primer lugar, agradezco a Dios y la Virgen que guían siempre mi camino, para lograr mis objetivos. Agradezco a mis padres por todo el apoyo incondicional, a mi esposa y mi hijo por darme fuerzas para salir adelante, para poder cumplir mis objetivos académicos y personales, al igual que mis hermanos Jorge y Dorian que siempre me supieron brindar el soporte necesario para no decaer en el transcurso de este proceso y nunca abandonarme e de igual manera a mis amigos y profesores que me brindaron todo su apoyo.

Alex

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>.....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de investigación.....	4
2.2. Referencias teóricas.....	5
2.2.1. <i>Características de los granos</i>.....	5
2.2.2. <i>Maíz</i>.....	5
2.2.2.1. <i>Maíz como alimento</i>.....	6
2.2.2.2. <i>Maíz como harina</i>.....	6
2.2.2.3. <i>Información nutricional</i>.....	6
2.2.3. <i>Arveja</i>.....	7
2.2.3.1. <i>Arveja como alimento</i>.....	7
2.2.3.2. <i>Arveja como harina</i>.....	7
2.2.3.3. <i>Información nutricional</i>.....	7
2.2.4. <i>Molienda</i>.....	8
2.2.4.1. <i>Mecanismos de molienda</i>.....	8
2.2.4.2. <i>Clasificación de equipos de molienda</i>.....	9
2.2.4.3. <i>Tipos de máquinas utilizadas para la reducción de tamaño</i>.....	10

2.2.5. Molino	11
2.2.5.1. Molino de martillos	11
2.2.5.2. Características	11
2.2.5.3. Partes del molino de martillos	12
2.2.5.4. Principio de Funcionamiento	14
2.2.5.5. Ventajas y desventajas	14

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR	16
3.1. Localización del proyecto	16
3.2. Ingeniería del proyecto	17
3.2.1. Caracterización de la materia prima	17
3.2.1.1. Maíz	17
3.2.1.2. Arveja	18
3.2.2. Muestreo para la realización de pruebas	19
3.2.3 Determinación de humedad, masa, densidad y volumen para maíz y arveja	20
3.2.3. Determinación de materias extrañas orgánicas, inorgánicas y suciedad	21
3.2.4. Determinación de Mohos y Echerichia coli	22
3.2.5. Material de construcción	23
3.2.5.1. Acero inoxidable	23
3.2.6. Parámetros de diseño	23
3.2.6.1. Balance de masa	24
3.2.6.2. Cálculo de la eficiencia	24
3.2.7. Diseño del equipo	25
3.2.7.1. Factor de seguridad	25
3.2.7.2. Capacidad del equipo de molienda	25
3.2.7.3. Cálculo del volumen útil para la tolva	25
3.2.7.4. Cálculo del volumen interior de la cámara de molienda	26
3.2.7.5. Volumen de la cámara de molienda	26
3.2.7.6. Discos sujetadores de ejes secundarios	27
3.2.7.7. Diseño de los martillos	28
3.2.7.8. Longitud de los martillos	28
3.2.7.9. Eje Principal	28
3.2.7.10. Tolva	29
3.2.7.11. Discos	30
3.2.7.12. Velocidad tangencial de los martillos	31

3.2.7.13. <i>Velocidad tangencial final</i>	33
3.2.7.14. <i>Energía necesaria para el rompimiento de granos</i>	33
3.2.7.15. <i>Velocidad angular del rotor del molino</i>	34
3.2.7.16. <i>Cálculo de la fuerza centrífuga</i>	35
3.2.7.17. <i>Relación de transmisión</i>	36
3.2.7.18. <i>Cálculo de la potencia del motor sin carga</i>	36
3.2.7.19. <i>Factor dependiente de la velocidad de rotación</i>	37
3.2.7.20. <i>Cálculo de la potencia necesaria para la trituración</i>	37
3.2.7.21. <i>Potencia total para el funcionamiento del molino con carga</i>	38

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1. Resultados de la caracterización de la materia prima	39
4.2. Construcción del molino	40
4.2.1. Montaje del molino	41
4.2.2. Descripción de los implementos	43

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1 Conclusiones	45
5.2 Recomendaciones	46

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Información nutricional de la arveja.....	7
Tabla 2-2: Mecanismos de molienda	8
Tabla 3-2: Casos de reducción.	9
Tabla 4-2: Información nutricional del maíz	9
Tabla 5-2: Elementos de la cámara de trituración.....	12
Tabla 6-2: Ventajas y desventajas del molino de martillos.....	15
Tabla 1-3: Coordenadas geográficas la ESPOCH.....	16
Tabla 2-3: Clasificación por grados del maíz según sus características físicas	17
Tabla 3-3: Requisitos físicos del maíz	17
Tabla 4-3: Requisitos microbiológicos del maíz.....	18
Tabla 5-3: Clasificación por grados de la arveja según sus características físicas.....	18
Tabla 6-3: Requisitos físicos de la arveja	19
Tabla 7-3: Requisitos microbiológicos de la arveja.....	19
Tabla 8-3: Requisitos organolépticos del maíz	20
Tabla 9-3: Requisitos organolépticos de la arveja	20
Tabla 10-3: Determinación de humedad, masa, densidad y volumen para maíz y arveja	20
Tabla 11-3: Determinación de materias extrañas orgánicas, inorgánicas y suciedad	21
Tabla 12-3: Determinación de Mohos y Echerichia coli	22
Tabla 13-3: Características del maíz para el dimensionamiento del equipo	23
Tabla 14-3: Características de la arveja para el dimensionamiento del equipo	24
Tabla 1-4: Caracterización física de la materia prima	39
Tabla 2-4: Caracterización de microorganismos de la materia prima.....	40
Tabla 3-4: Pasos para el Montaje del Molino	41
Tabla 4-4: Resultados balance de masa	41
Tabla 5-4: Eficiencia del molino.....	42
Tabla 6-4: Implementos que intervienen en la molienda	42
Tabla 7-4: Resultados de volumen de implementos externos	43
Tabla 8-4: Velocidad tangencial de operación.....	43
Tabla 9-4: Energía específica de percusión	43
Tabla 10-4: Velocidad angular de operación	44
Tabla 11-4: Relación de transmisión	44
Tabla 12-4: Potencia del motor	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Maíz	5
Ilustración 2-2: Información nutricional del maíz.....	6
Ilustración 3-2: Arvejas	7
Ilustración 4-2: Molino de martillos.....	11
Ilustración 5-2: Partes principales de un molino de martillos	12
Ilustración 6-2: Información nutricional del maíz.....	12
Ilustración 7-2: Información nutricional del maíz.....	13
Ilustración 1-3: Localización del Laboratorio de Procesos Industriales.....	16
Ilustración 2-3: Martillos.....	28
Ilustración 3-3: Eje principal	29
Ilustración 4-3: Tolva	29
Ilustración 5-3: Discos	30
Ilustración 6-3: Diagrama de flujo de la construcción del molino	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO B: DISEÑO DEL MOLINO

ANEXO C: DISEÑO INFERIOR DE LA CÁMARA DE MOLIENDA

ANEXO D: DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL

ANEXO E: DISEÑO DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN

ANEXO F: DISEÑO DE LA COMPUERTA DE REVISIÓN

ANEXO G: DISEÑO DE LOS DISCOS

ANEXO H: DISEÑO DE LOS MARTILLOS

ANEXO I: DISEÑO SUPERIOR DE LA CÁMARA DE MOLIENDA

ANEXO J: CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación, se llevó a cabo el diseño y construcción de un Molino de Martillos, a fin de implementarlo en el laboratorio de procesos industriales, con objetivo de difundir el aprendizaje y el desarrollo investigativo en la comunidad politécnica. Para el diseño del molino de martillos se realizó la caracterización de la materia prima (granos secos de maíz y arveja) según las normas INEN NNTTE 187:2013- INEN NNTTE 1562:2013 respectivamente, se realizó ensayos experimentales para la determinación de: masa (maíz 0.6 gramos; arveja 0.35 gramos), volumen (maíz 0.46 centímetros cúbicos; arveja 0.25 centímetros cúbicos), densidad (maíz 1.29 gramos/ centímetro cubico; arveja 1.42 gramos/ centímetro cubico), diámetro de entrada y salida, una vez definidos estos parámetros se procedió al dimensionamiento físico del dispositivo obtenido mediante fórmulas deducidas y recopiladas de bibliografía para la medidas adecuadas del diseño de molienda obteniendo como resultados: el radio de giro de 15 centímetros, volumen útil de la tolva de 3875 centímetros cúbicos, volumen de la cámara de molienda de 17424 centímetros cúbicos. Un número total de implementos de: 20 martillos, un eje concéntrico, 4 ejes secundarios, 1 tolva de carga, 1 tolva de descarga, 2 discos portan martillos y 20 separadores de martillos construidos en acero inoxidable AISI 304. En cuanto el dimensionamiento mecánico se obtuvo: velocidad de operación 2400 RPM, velocidad de rotor 3520 RPM, potencia del motor 1 HP, relación de transmisión 1.5 y una eficiencia del 95 %. El dispositivo construido también se puede utilizar en granos de menor y mayor densidad y tamaño variando únicamente la eficiencia del equipo y el tiempo de molienda, esto con el fin de abrir un amplio campo de investigación dentro de la operación unitaria de molienda y su aplicación en los diversos procesos industriales e investigativos de la industria de alimentos.

Palabras clave: < DISEÑO>, <CONSTRUCCIÓN >, <GRANOS >, <MOLIENDA >, <MAÍZ>, <DIMENSIONAMIENTO FÍSICO >, <ARVEJA>.



1036-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

In this research project, the design and construction of a hammer mill was carried out in order to implement it in the industrial process laboratory, with the objective of disseminating learning and research development in the polytechnic community. For the design of the hammer mill, the characterization of the raw material (dry corn and pea grains) was performed according to INEN NTE 187:2013- INEN NTE 1562:2013 standards respectively. Experimental tests were performed for the determination of: mass (corn 0.6 grams; peas 0.35 grams), volume (corn 0.46 cubic centimeters; peas 0.25 cubic centimeters), density (corn 1.29 grams/ cubic centimeter; peas 1.42 grams/cubic centimeter), inlet and outlet diameter. Once these parameters were defined, the physical dimensioning of the device obtained by means of formulas deduced and compiled from bibliography was carried out for the adequate measures of the milling design, obtaining the following results: the turning radius of 15 centimeters, useful volume of the hopper of 3875 cubic centimeters and the volume of the milling chamber of 17424 cubic centimeters. A total number of attachments of: 20 hammers, one concentric shaft, 4 secondary shafts, 1 loading hopper, 1 unloading hopper, 2 hammer-holding discs and 20 hammer separators built in AISI 304 stainless steel. As for the mechanical dimensioning, the following was obtained: operating speed 2400 RPM, rotor speed 3520 RPM, motor power 1 HP, transmission ratio 1.5 and an efficiency of 95%. The constructed device can also be used in grains of lower and higher density and size varying only the efficiency of the equipment and the grinding time, this in order to open a wide field of research within the unitary operation of grinding and its application in the various industrial and research processes of the food industry.

Key words: <DESIGN>, <CONSTRUCTION>, <GRAINS >, <GRINDING >, <MILLING >, <CORN>, <PHYSICAL DIMENSIONING >, <PEAS>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.
Ced:1103696132

INTRODUCCIÓN

El maíz es una planta gramínea que se caracteriza por tener tallos largos y macizos ha existido desde la antigüedad, la arveja es una planta leguminosa extendida en todo el mundo tiene varias aplicaciones entre ellas se lo utiliza para elaborar harinas, con el tiempo se han ido remplazando los procesos manuales por la implementación de equipos que mecanizan estos procesos y ayudan obtener el producto reduciendo el tiempo y costo.

En la ingeniería química, uno de los campos es en la industria alimenticia, la cual contiene mayor demanda en el mercado al ser un producto con varios beneficios nutricionales que ayudan al metabolismo de las personas.

En la provincia de Chimborazo existe mayor producción de maíz y arveja a nivel nacional, es importante implementar el conocimiento teórico-practico de la transformación de granos de maíz y arveja en harina que contengan un mayor valor agregado.

Por lo mencionado anteriormente, el presente Trabajo de Integración Curricular consiste en el diseño y construcción de molino de martillos para maíz y arveja, es un equipo que permitirá a los estudiantes de la Facultad de Ciencias para fines académicos, vinculación e investigación.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Debido al avance tecnológico industrial que se ha desarrollado en el país en la última década particularmente en la industria harinera, cuyo propósito es minimizar el tamaño de partículas de varios granos secos de interés común, con el fin de brindar productos inocuos para un correcto refinado y posterior distribución.

Los granos utilizados para este tipo de industrias deben tener un tamaño adecuado y homogéneo, caso contrario dichas partículas pueden afectar a procesos posteriores, como pulverización, mezclado, extrusión, etc., de varios productos. Una de las alternativas factibles para la reducción de tamaño es la de romper el material en partículas más pequeñas por la acción mecánica de la intervención de martillos logrando que nuestro material de interés llegue a un tamaño de partícula deseado con el menor costo posible tanto de implementación como de producción.

En el laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuenta con un molino de martillos en estado obsoleto, lo cual perjudica el desarrollo integral de los estudiantes Politécnicos. Por lo cual, se ha optado por la elaboración de un nuevo diseño y construcción de un molino de martillos para arveja y maíz. El mismo que será de gran utilidad en proyectos de vinculación e investigación, reduciendo los costos de adquisición de materia prima además de un mejor estudio de este procedimiento.

1.2. Justificación

La meta del diseño y construcción del molino de martillos es reducir los valores de producción de harinas de arveja y maíz, para lo cual, es necesario minimizar los costos en la obtención de la materia de interés, es decir, realizar el proceso de trituración de arveja y maíz y no en una molienda ajena. Realizar el proceso de trituración del grano de forma manual representa tiempo y gran esfuerzo físico además de mayores costes de adquisición de la materia prima.

Por lo tanto, se genera la necesidad de la construcción de dicho molino, lo cual implica reducción de costos de productividad y por lo tanto mayor competitividad al comercializar las harinas, además evita la contaminación del alimento por el transporte y garantiza el consumo de productos naturales y no químicos para la línea de producción.

La realización de este proyecto se justifica primero desde el punto de vista ingenieril, ya que en el diseño y construcción del molino se requerirán criterios y parámetros de diseño importantes y necesarios para el óptimo funcionamiento, y segundo, porque una de las maneras de mejorar la

producción y aumentar la competitividad de las empresas, no solo nacionales es el de reemplazar los antiguos procesos artesanales de producción por procesos más sofisticados.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y construir un molino de martillos para granos secos de arveja y maíz para el laboratorio de Procesos Industriales

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima de interés mediante la utilización de las normas pertinentes INEN NNTTE 187:2013- INEN NNTTE 1562:2013 para maíz y arveja respectivamente.
- Realizar cálculos de ingeniería para el dimensionamiento físico y mecánico del molino de martillos.
- Ensamblar el molino de martillos para la trituración de granos con el uso de materiales adecuados
- Validar experimentalmente la eficiencia del equipo mediante una práctica de laboratorio
- Realizar la documentación respectiva que contenga el manejo adecuado del molino de martillos y guía de prácticas de laboratorio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Según Bermeo, (2014, p. 26) el proceso de reducción de tamaño de partícula con el fin de obtener una amplia variedad de harinas finas, por medio la desintegración de granos secos sometidos a una acción mecánica por la intervención de molinos eléctricos su crecimiento considerablemente en la última década. Regidos a los criterios de la operación unitaria de molienda el artículo sugiere un modelo de trituración con la utilización de un molino de martillos. Con el fin de evaluar el rendimiento el dispositivo de molienda se tomó en cuenta esencialmente los flujos de entrada y salida del proceso para determinar mediante balances de masa y energía la potencia necesaria para el funcionamiento del dispositivo, la cantidad de harina obtenida entre otros subproductos que se someterán a reproceso.

En su investigación el espesor del martillo para ruptura a los granos del maíz, tienen un ancho promedio de 4mm, se establece el espesor con base al ancho del grano, la capacidad del molino de martillos es de 10 quintales por hora, la velocidad angular del molino es de 3000 rpm, el sistema de potencia lo realiza a través de bandas de transmisión, donde la velocidad del motor es de 1750 rpm transmitiendo una velocidad 3000 rpm al sistema de molienda (Bermeo, 2014, p. 15).

Los resultados de la experimentación mostraron que el dispositivo seleccionado para los procesos de trituración de granos secos tiene una eficiencia del 94% para la obtención de harinas y partículas de menor tamaño esta intervención será eficaz con una correcta caracterización de la materia de interés. Debido a que el equipo es multifuncional resulta conveniente utilizar un motor cambiante con un variador de frecuencia el cual regula la potencia del mismo, esto con la finalidad de poder trabajar con variedad de granos (Bermeo, 2014, p. 35).

En el proyecto de grado realizado por (Moncayo, et al, 2009, p. 80) estudiantes de la Universidad San Francisco de Quito, el molino de martillos construido con acero inoxidable AISI 304, por su excelente resistencia a la corrosión y prevención de la contaminación de productos adecuados para mantener la inocuidad durante el proceso.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Características de los granos

Para caracterizar los granos hay que enfatizar algunas propiedades de la partícula individual y sobre las cuales se centra el estudio de comportamientos de las partículas sólidas en la reducción de tamaño; entre ellas se encuentran: volumen, área superficial, masa, densidad, tamaño y forma de la partícula, las tres últimas son de mayor importancia

- Densidad: Cuando un sólido es homogéneo, su densidad será la misma al romperse, sin embargo, cuando es heterogéneo cambiara la densidad de las partículas rotas formadas
- Forma: Sirve para plantear una ecuación de la partícula que involucre su volumen y superficie
- Tamaño: Es la propiedad física con la que se partirá para estipular el nuevo tamaño de la partícula.

2.2.2. Maíz

Es un alimento que aporta numerosos nutrientes y materiales energéticos, caracterizada por poseer tallos en forma de caña, aunque macizos en su interior a diferencia del resto de la familia a la que pertenece, destaca principalmente por su inflorescencia femenina llamada mazorca, en donde se ubican las semillas (granos de maíz) agrupados a lo largo de un eje, como se muestra en la figura



Ilustración 1-2: Maíz

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

2.2.2.1. Maíz como alimento

- El maíz como presenta grandes propiedades alimenticias debido a la gran cantidad de vitamina del grupo B, posee una alta riqueza en fibra soluble contribuyendo en el control del peso y una adecuada digestión.
- Este tipo de harina tiene como característica principal el hecho de carecer de gluten, lo cual resulta adecuada en la preparación de diferentes platos para personas con enfermedad celiaca.

2.2.2.2. Maíz como harina

El maíz en condición de harina, es utilizado para la elaboración de pan, tortillas, biscochos entre otros productos, sin embargo, desde el punto de vista industrial, esta planta tiene diferentes beneficios, a partir de las partes no aprovechables de la planta de maíz y de los residuos de la molienda, se obtiene el furfural el cual es utilizado en las industrias de resinas, plásticos, insecticidas.

2.2.2.3. Información nutricional

La composición química del maíz se observa en la Ilustración 2-2:

Composición del maíz por cada 100 gr.		
	Seco	Fresco
Agua	10, 3 gr.	75, 9 gr.
Calorías	365 Kcal	86 Kcal
Grasa	4, 7 gr.	1,18 gr.
Proteína	9, 4 gr.	3, 22 gr.
Hidratos de carbono	74, 2 gr.	19, 02 gr.
Fibra	1 gr.	2,7 gr.
Potasio	287 mg	270 mg
Fósforo	210 mg	89 mg
hierro	2,7 mg	0, 52 mg
Sodio	35 mg	15 mg
Manganeso	0,48 mg	0, 16 mg
Magnesio	127 mg	37 mg
Calcio	7 mg	2 mg
Cinc	2, 21 mg	0,45 mg
selenio	15,5 mcg	0, 6 mcg
Vitamina C	0	6,8 mg
Vitamina A	469 UI	281 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0, 38 mg.	0, 20 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0, 20 mg	0, 06 mg
Vitamina E	0, 78 mg	0, 090 mg
Niacina	3, 62 mg	1, 7 mg

Ilustración 2-2: Información nutricional del maíz

Fuente: Ortega 2014, p. 45

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

2.2.3. Arveja

La arveja pertenece a la familia de las leguminosas, forman parte de los primeros cultivos realizados por el hombre, es uno de los alimentos que mayor cantidad de carbohidratos y proteínas posee por unidad de peso



Ilustración 3-2: Arvejas

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

2.2.3.1. Arveja como alimento

- La arveja es uno de los vegetales con mayor cantidad de vitamina B1 la cual es primordial para la producción de energía, además contiene bajo porcentaje de grasas
- Proporciona energía la cual permanece más tiempo en la glucosa ayudando en el fortalecimiento de los huesos

2.2.3.2. Arveja como harina

La arveja en condición de harina es una fuente de proteínas además contiene ácido pantoténico que lo convierte en antioxidante ayudando a la función digestiva y mejorando la velocidad metabólica.

2.2.3.3. Información nutricional

La composición química de la arveja se observa en la Tabla 1-2

Tabla 1-2: Información nutricional de la arveja.

Valores nutritivos de 100 g de arveja desvainada		
Energía	81	Kcal

Grasas Totales	0.4	g
Proteínas	5.4	g
Carbohidratos	14.5	g
Fibra	5.1	g
Vitamina C	10	mg
Folato	65	mg
Niacina	2.1	
Magnesio	33	mg
Potasio	244	mg
Hierro	1.5	mg
Calcio	56	mg
Zinc	1.2	mg

Fuente: (Bernardi, 2017, p. 2)

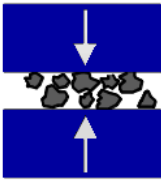
Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

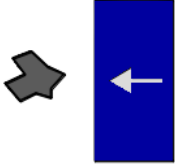
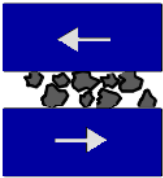
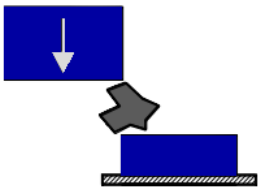
2.2.4. Molienda

La molienda es una operación de reducción de tamaño para minimizar el diámetro de las partículas para obtener mejores características. Los mecanismos de molienda más utilizados son: impacto, desgaste, corte y compresión, obteniendo como resultado productos más finos y subproductos catalogados bajo especificaciones de calidad. La desintegración de partículas incrementa el grado de utilidad del material, esta operación se lleva a cabo mediante procesos mecánicos que permite una mejor interacción con el producto deseado y sus residuos, disminuyendo costes de transporte y operaciones de refinación (Ramirez, 2018, p. 1).

2.2.4.1. Mecanismos de molienda

Tabla 2-2: Mecanismos de molienda

<p>a. Compresión</p> 	<p>La compresión se utiliza para la reducción tosca de partículas duras, dando lugar a pocos finos y muchas partículas gruesas.</p>
<p>b. Impacto</p>	<p>El impacto genera productos gruesos, medios o finos, indistintamente.</p>

	
<p>c. Frotación</p> 	<p>Conduce a productos muy finos de materiales blandos no abrasivos.</p>
<p>d. Corte</p> 	<p>El corte da lugar a un tamaño definido de la partícula, a veces también determina su forma.</p>

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

En todos los mecanismos se define como una reducción tosca o grosera, existen tres casos:

Tabla 3-2: Casos de reducción.

Tipo de reducción	Oscila entre
Reducción mayor	040 u
Reducción intermedia	75 y 840
Reducción fina	< 75u
Reducción ultrafina	1

Fuente: (Dávila & Álvarez 2011, p. 23)

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

2.2.4.2. Clasificación de equipos de molienda

Tabla 4-2: Información nutricional del maíz

Tipo de molienda	Características de operación	Consumo de energía	Distribución de tamaños
<p>Molienda Circuito Cerrado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el tiempo de resistencia de las partículas del molino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto consumo de potencia. • Elevado, producto de alta calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Producto final fino y muy homogéneo. • Ingresan partículas gruesas, se reciclan varias veces

	<ul style="list-style-type: none"> • No realiza gran esfuerzo en reducción de tamaños. 		obteniendo partículas finas.
Molienda Circuito Abierto	<ul style="list-style-type: none"> • Partículas grandes, pasan más rápido. • Partículas grandes, se quedan grandes. • Tiempo de residencia corto. • Tiempo de residencia del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo consumo de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Homogeneidad. • Amplia distribución de tamaño.
Molienda Sofocada en Exceso	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en partículas finas. • El producto permanece adentro hasta que la partícula cumpla el tamaño requerido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo consumo de energía en comparación con el circuito cerrado. • Alto consumo de energía en comparación con el circuito cerrado. 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay distribución de tamaños, ya que es una molienda excesiva para partículas, obteniendo partículas muy finas.

Fuente: (Cruz, 2016, p. 3)

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

La molienda es una operación de transformación física de la materia prima sin alterar su naturaleza, tiene importancia en diversos procesos industriales, dado a que el tamaño de la partícula afecta en forma indirecta al tamaño de áreas que a su vez alteran las magnitudes de diversos fenómenos (Córdova et al. 2021, p. 15).

2.2.4.3. Tipos de máquinas utilizadas para la reducción de tamaño

a) **Trituradores.** - Se utilizan para productos gruesos y finos

Triturador de quijadas

Triturados giratorio

Triturador de rodillos

b) **Molinos.** - Se ocupados para productos intermedios y finos

- Molino de martillos
- Molino de rodillos por compresión
- Molino de tazón
- Molino de rodillos
- Molino de fricción
- Molino de revolvedores
- Molino de barras
- Molino de bolas

- Molino de tubos

2.2.5. Molino

Según la real academia española un molino “máquina para moler, compuesta de una muela, una solera y los mecanismos necesarios para transmitir y regularizar el movimiento producido por una fuerza motriz, como el agua, el viento u otro agente mecánico”

2.2.5.1. Molino de martillos

Este tipo de molinos es diseñado para la reducción de tamaño de las partículas, es utilizado en la industria de los alimentos, se produce mediante el impacto entre los martillos en rotación, las partículas y un deflector montado en la cubierta del molino funcionan a altas temperaturas, el eje del rotor puede ser vertical u horizontal, aunque predomina esta última modalidad, el eje sostiene los martillos y pueden ser elementos en forma de T, de estribo, barras o anillos fijos o pivotados al eje o a los discos fijos que van sobre el eje (Miranda et al, 2008, p. 241).

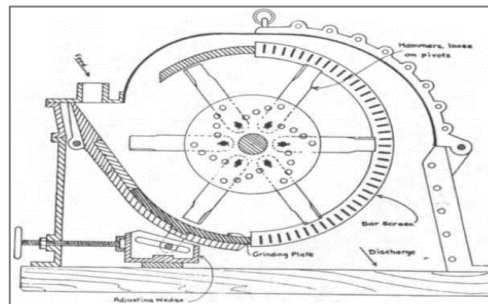


Ilustración 4-2: Molino de martillos

Fuente: Ortega 2014, p. 46

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

2.2.5.2. Características

- Alta proporción de trituración y bajo consumo de energía
- Sistema de martillos fijos u oscilatorios
- Facilidad de cambiar sus piezas, fácil realizar la respectiva limpieza
- Ocupan poco espacio y tienen gran capacidad de molienda
- Cuentan con una boca de alimentación grande y un diseño moderno y seguro con deflector para evitar que el producto regrese
- Tolva de descarga con salida directa del producto

2.2.5.3. Partes del molino de martillos

Un molino de martillos cuenta con elementos como:

- La cubierta
- Cámara de desintegración
- Boca de entrada del producto en la parte superior
- Boca de descarga cerrada por una rejilla o criba

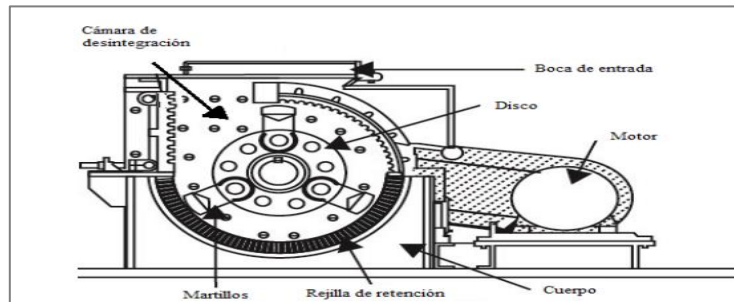


Ilustración 5-2: Partes principales de un molino de martillos

Fuente: (Bermeo, 2014, p. 39)

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

- **Cámara de trituración o desintegración**

La cámara de trituración es la parte fundamental de un molino



Ilustración 6-2: Información nutricional del maíz

Fuente: Ortega 2014, p. 47

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Tabla 5-2: Elementos de la cámara de trituración

Elemento	Característica
Eje Principal	Es el eje de rotación en que se encuentran acoplados los discos, y soporta el del sistema de trituración (ejes

	secundarios, martillos). Ambos extremos de los ejes son roscados para fijarlos al sistema de trituración por medio de discos de separación.
Ejes Secundarios:	También denominados ejes portan martillos contiene a los martillos de trituración.
Discos:	Son discos de separación que sujetan a los ejes secundarios
Herramienta de percusión:	Es la encargada del proceso de molienda o trituración. Los martillos son móviles, este sistema se utiliza ya que le otorga la capacidad de transmitir toda la fuerza acumulada hacia el producto a moler, cada martillo es distribuido de tal manera que no se golpeen entre ellos, esto se logra por medio de separadores

Fuente: (Bermeo, 2014, p. 41)

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

- **Criba**

Se encuentra ubicada en el interior del molino de martillos, su función es definir el tamaño de la partícula, esto va a depender del diámetro de perforación de la planta, la malla de cribado debe cubrir un ángulo de 60° desde el centro en los dos sentidos es decir un ángulo de 120° (Bermeo, 2014, p. 41).

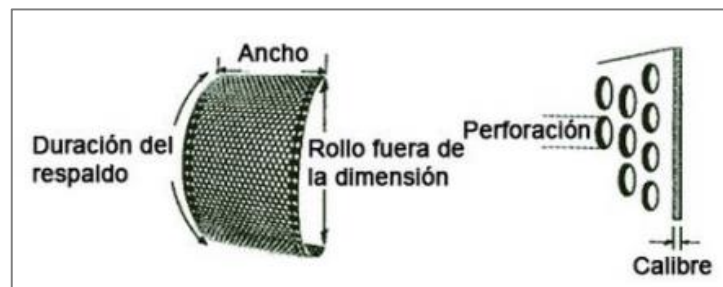


Ilustración 7-2: Información nutricional del maíz

Fuente:(Bermeo, 2014, p. 41)

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

- **Martillos**

Son planchuelas de material duro o con aporte, que oscilan libres sobre pernos, la distancia entre ellos está determinada por el fabricante que configura una posición diferente para cada perno, para aprovechar al máximo todo el ancho de la placa perforada (Celis, 2017, p. 1).

2.2.5.4. Principio de Funcionamiento

La materia prima ingresa a través de la tolva de alimentación y por gravedad cae al interior de la cámara de trituración, empieza a girar y la fuerza centrífuga permite que los martillos se coloquen perpendicularmente golpeando al material, este proceso ocurre sucesivamente hasta obtener la granulometría deseada mediante el paso del material de la criba.

En el caso de los granos de cereal, el grano tiene en un momento un valor insignificante de energía cinética, mientras que en la punta del martillo se mueve con una velocidad altísima alcanzado gran energía cinética, en este caso la transferencia de energía que resulta de esta colisión provoca fracturas del grano en muchas partes

El tamaño de salida de la materia triturada puede variar cambiando la rejilla la cual determina el tamaño de los orificios de la criba de salida, la velocidad del eje o configuración del martillo, es recomendable que la velocidad de rotación del molino de martillos se encuentre entre 2500 a 3500 rpm, la velocidad en las puntas de los martillos puede oscilar entre 70 y 100 m/s mientras que la separación de los martillos se encuentra de 1,5 a 7,5 cm esto dependerá del producto a triturar (Castro, 2019, p. 1).

La operación del molino de martillos viene dada por el giro de un eje atraviesa la cámara de molienda en la misma se encuentran sujetos los martillos que trituran la materia de interés por una serie de golpes sucesivos, a una velocidad determinada y dirigida por un motor eléctrico.

El diámetro de los orificios del tamiz del molino de martillos indica el tamaño máximo de las partículas de trabajo a las cuales se desea llegar, si las partículas no llegan al tamaño determinado se realiza una retroalimentación, ingresando nuevamente las partículas a la cámara de molienda, las partículas que logren atravesar las mallas no son consideradas como harinas finas aptas para el consumo humano, debido a que este proceso se considera como una readecuación para procesos más sofisticados como la pulverización en el cual se obtienen productos más inocuos o harinas más finas.

La selección de los materiales de construcción de un molino de martillos va en función al producto el cual se va a realizar la reducción de tamaño debido a los diversos campos de desarrollo del mismo entre los principales minero y alimenticio, en el caso de molinos destinados a la industria alimentaria o producción de harinas el principal material de construcción de sus martillos suelen ser aceros altamente carbonados o aleaciones de magnesio, para el resto de materiales como la tolva, cámara de molienda y eje rotatorio se utiliza acero inoxidable inocuo para la industria alimentaria (Bermeo, 2014, p. 54).

2.2.5.5. Ventajas y desventajas

Las principales ventajas y desventajas del molino de martillos se consideran:

Tabla 6-2: Ventajas y desventajas del molino de martillos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Fácil construcción• Bajo costo de los repuestos• Disponibilidad de una amplia gama de tamaños• Larga duración de los martillos• La eficiencia no reduce mientras se encuentra en funcionamiento• Mantenimiento simple• Opera en un sistema cerrado reduciendo el riesgo de explosión y contaminación cruzada	<ul style="list-style-type: none">• La calidad de molienda no es buena si los granos presentan humedad• Produce alta temperatura en la cámara de molienda• La molienda no es uniforme

Fuente: (Méndez & Orellana, 2019, p. 39)

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

- **Motor**

Puede ser eléctrico o de combustión, es el encargado de proporcionar la potencia necesaria para girar el sistema de trituración a una velocidad angular preestablecida.

Los molinos de martillos generalmente usan motores grandes, así los motores considerados pequeños tienen motores entre 100 HP y 125 HP y los motores grandes sobre los 200 HP, girando a 3600 RPM, analizando el consumo de energía y tratando de mejorar la capacidad obtenida por cada HP del motor cualquier mejora que se representara eficiencia (Bazurto et al, 2009, p. 59).

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1. Localización del proyecto

El proyecto será desarrollado en el laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la facultad de ciencias, Carrera de Ingeniería Química, ubicado en la Panamericana Sur km ½, en la ciudad de Riobamba

Tabla 7-3: Coordenadas geográficas la ESPOCH

Latitud	1°39'29"S
Longitud	78°40'35"O
Rango Altitudinal	2754 m.s.n.m
Clima	Temperatura promedio 19°C

Fuente: Google Maps, 2022

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.



Ilustración 8-3: Localización del Laboratorio de Procesos Industriales

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Caracterización de la materia prima

3.2.1.1. Maíz

El maíz es uno de los cultivos más importantes y extendidos en todo el mundo, contribuye de fuentes principales de alimento a millones de personas, se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron alrededor del mundo (Ortega, 2014, p. 3).

Según las características físicas el maíz se clasificará en grados de acuerdo a los requisitos señalados en la Tabla 2-3.

Tabla 8-3: Clasificación por grados del maíz según sus características físicas

Grado	Granos quebrados % Máximo m/m	Granos cristalizados % Máximo m/m
1	Hasta 2	Menor que 5
2	> 2 a 5	5
3	> 5 a 7	6
4	> 7 a 10	7

Nota: según esta clasificación el maíz en grano grado 4 no cumple los requisitos de granos quebrados.

Fuente: INEN 187 2013

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

- **Requisitos físicos que debe cumplir el maíz en grano**

Tabla 9-3: Requisitos físicos del maíz

Requisito	Valores	
	Mínimo	Máximo
Humedad, % (m/m)	-	13.0%
Materias orgánicas extrañas, % (m/m)	-	1.5%
Materias inorgánicas extrañas, % (m/m)	-	0.5%
Suciedad, % (m/m)	-	0.1%
Granos defectuosos % (m/m)	-	7%
Granos infectados, % (m/m)	-	0.5%
Otros granos	-	2.0%

NOTA 1. Además, debe estar exento de las siguientes semillas tóxicas o nocivas que, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana: la crotalaria (*Crotalaria* spp.), la neguilla (*Agrostemma githago* L.), el ricino (*Ricinus communis* L.), el estramonio (*Datura* spp.) y otras semillas, son comúnmente reconocidas como nocivas para la salud.

Fuente: INEN 187 2013

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

Tabla 10-3: Requisitos microbiológicos del maíz

Microorganismo	N	c	Valores		
			M	M	Método de ensayo
Mohos	5	2	10 ²	10 ³	INEN 1529-10

Fuente: INEN 187 2013

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

Donde:

n. Numero de muestras que se van a examinar

c: Número de muestras permisibles con resultados entre m y M

m: Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M: Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable

3.2.1.2. Arveja

La ciencia ha comprobado que la arveja es uno de los alimentos con mayor porcentaje de carbohidratos y proteínas que son útiles para la salud.

Tabla 11-3: Clasificación por grados de la arveja según sus características físicas

Grados	Porcentaje máximo en masa	
	Granos imperfectos	Granos dañados
1	3,0	1,0
2	5,0	3,0
3	6,0	5,0

Fuente: INEN 1562 2013,

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

Tabla 12-3: Requisitos físicos de la arveja

Requisito	Valores		
	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Humedad, %(m/m)	-	12%	ISO 24557:2009
Materias extrañas, %(m/m)	-	1%	Anexo A
3	6,0	5,0	

Nota: Las materias extrañas son la materia mineral u orgánica, del 1% máximo permitido de materias extrañas, máximo el 0,25% puede corresponder a materia mineral y no más del 0,10% de insectos muertos.

Fuente: INEN 1562 2013

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

Tabla 13-3: Requisitos microbiológicos de la arveja

Microorganismo	N	C	Valores		
			M	M	Método de ensayo
E.coli	5	2	10 ²	10 ³	INEN 1529-8

Fuente: INEN 1562 2013

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

Donde:

n. Numero de muestras que se van a examinar

c: Número de muestras permisibles con resultados entre m y M

m: Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M: Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable

3.2.2. Muestreo para la realización de pruebas

Para realizar la caracterización de los granos secos de maíz y arveja se debe hacer un previo muestreo estandarizado para las variedades que existen de los granos de interés. Para la caracterización de maíz y arveja se especifica:

Pesar 5 Kg de grano seco, aventándolo al aire de un recipiente a otro, en envases adecuados para evitar la contaminación por microorganismos que proliferan por humedad

Posteriormente se vuelve a pesar para la determinación del porcentaje de impurezas en relación masa- masa.

La muestra destinada a laboratorio debe permanecer seco a temperatura ambiente con el fin de mantener una humedad no superior al 13 %.

Tabla 14-3: Requisitos organolépticos del maíz

Parámetros	Descripción
Color	Blanco tipo mate
Aspecto	Homogéneo libre de impurezas

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

Tabla 15-3: Requisitos organolépticos de la arveja

Parámetros	Descripción
Color	Verde opaco
Aspecto	Homogéneo libre de impurezas

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

3.2.3 Determinación de humedad, masa, densidad y volumen para maíz y arveja

Tabla 16-3: Determinación de humedad, masa, densidad y volumen para maíz y arveja

Método/norma	Materiales y equipos
PROPUESTO	<ul style="list-style-type: none">• Probeta de 100 cc• Balanza analítica• Termobalanza
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">• La muestra sometida a experimentación debe cumplir con una humedad inferior al 13% para lo cual se toma 200 gramos de grano para su medición de porcentaje de agua en la termobalanza• Para la muestra que haya pasado la prueba de humedad posteriormente se somete a pesaje.• La muestra adquirida admite varios diámetros y pesos entre granos para lo cual se selecciona al azar una población de 100 unidades y se lleva a pesaje para sacar un promedio y la masa estimada por unidad• Para la determinación del volumen se llena una probeta de 100 ml para posteriormente contabilizar el número de unidades con el fin de determinar un estimado promedio del volumen de los granos• Al final de este procedimiento se realiza la relación matemática que existe entre masa y volumen de los granos con el fin de obtener un valor estimado de la densidad.•	

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

3.2.3. Determinación de materias extrañas orgánicas, inorgánicas y suciedad

Tabla 17-3: Determinación de materias extrañas orgánicas, inorgánicas y suciedad

Método/ Norma	Materiales y equipos
NTE INEN 187	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Criba • Bandeja de fondo • Divisor de muestras mecánico • Termobalanza • Micrómetro • Molino
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Para la determinación del nivel de infestación de materias extrañas de granos y cereales secos se toma una muestra con un peso de 1 Kg a partir de un lote de trabajo. • Una vez muestreado se procede al tamizaje por una criba con diámetros menores al grano presto a caracterización con el fin de eliminar impurezas de menor tamaño. Con la utilización de un agitador mecánico con el fin de que las impurezas se separen de manera adecuada de los granos. • posteriormente la muestra libre de impurezas se somete a un análisis en una termobalanza para determinar el porcentaje de humedad para evitar la proliferación de microorganismos • Una vez determinado la humedad del grano se mide un aproximado del diámetro de una muestra d granos de 25 unidades para determinar un diámetro promedio y determinar la luz de malla para estimar un análisis granulométrico con el diámetro de salida y consideramos todos los residuos como impurezas • Someter a molienda 	

Fuente: NTE INEN 187. 2023

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

El contenido de impurezas en granos y cereales viene definido por la siguiente expresión

$$I = \frac{m - m1}{m} * 100$$

Donde:

I: porcentaje de impurezas

M: masa de la muestra original ingresada a laboratorio

M1: masa de los granos luego del proceso de limpieza

Esta expresión aplica para cada tipo de impurezas presentes en la muestra ingresada al laboratorio tales como (granos partidos, insectos, materias extrañas, etc)

3.2.4. *Determinación de Mohos y Echerichia coli*

Tabla 18-3: Determinación de Mohos y Echerichia coli

Método/ Norma	Materiales y equipos
NTE INEN 1529	<ul style="list-style-type: none"> • Placas Petri • Pipetas • Esparcidoras • Tubos de Durham • Aparato de esterilización • Potenciómetro • Mechero de Bunsen • Incubadora • Baño de agua
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Para la determinación de mohos debido a la rápida sedimentación de las esporas en la pipeta, mantener la pipeta en un punto de vista horizontal, posicionarse cuando se llena con el volumen adecuado de la suspensión inicial y diluciones. Agitar la suspensión inicial y dilución para evitar la sedimentación de partículas microbianas. • Sobre una placa de agar previamente fundido, utilizando una pipeta estéril, transferir 0,1 ml de la suspensión inicial, sobre una segunda placa de agar, utilizando una pipeta estéril fresco, transferir 0,1ml de la dilución decimal primera. • Para facilitar la enumeración de bajas poblaciones de levaduras y mohos, los volúmenes pueden alcanzar hasta 0,3 ml de una dilución 10-1 de muestra, o de la muestra de ensayo. • Se inoculan las placas por el método de vertido, pero en este caso la equivalencia de los resultados será validados en comparación con la inoculación • Incubar las placas preparadas aeróbicamente, con las tapas en posición vertical en la incubadora a 25 ° C ± 1 ° C durante 5 días. Si es necesario, deje las placas de agar con luz natural difusa durante 1 día a 2 días. • Para la confirmación leer las placas entre 2 días y 5 días de incubación. Si estos mohos son de rápido desarrollo puede ser un problema, al momento del conteo, por ello se recomienda ejecutar un recuento a los 2 días y otra vez después de 5 días de incubación. 	

- Para determinar *Echerichia coli*, disolver los componentes del medio completo deshidratado en agua, por calentamiento si es necesario. Ajustar el pH, si es necesario, de modo que después de la esterilización sea $6,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a 25°C . Los reactivos añadidos para ajustar el pH se pueden utilizar según la especificación del fabricante, se recomienda usar hidróxido de sodio (NaOH) o ácido clorhídrico (HCl) de concentración 0,1 mol/L, según sea el caso. Esterilizar por 15 min en una autoclave a $121 \text{ }^{\circ}\text{C}$, con una presión de 103 421,3 Pa (15 PSI). Los tubos Durham no deben tener burbujas de aire después de la esterilización.
- Agregar 1 mL de suspensión inicial a 9 mL de caldo lauril sulfato (medio de enriquecimiento selectivo) de concentración simple o 10mL de suspensión inicial a 10 mL de caldo lauril-
- Incubar los tubos a $37 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ h}$ por 24 h, si no se observa ninguna opacidad ni producción de gas incubar hasta $48 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

Fuente NTE INEN 187. 2023.

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

3.2.5. *Material de construcción*

3.2.5.1. *Acero inoxidable*

El acero inoxidable adecuado para la construcción del molino es el AISI 304 por su excelente resistencia a la corrosión y a su valor, contiene entre 16 y 24 por ciento de cromo y hasta 35 por ciento de níquel, también posee cantidades de carbón y manganeso, adecuado para mantener la inocuidad del producto.

3.2.6. *Parámetros de diseño*

Tabla 19-3: Características del maíz para el dimensionamiento del equipo

Característica	Límite inferior	Límite superior	Unidades
Masa	0,400	0,600	g
Volumen	0,310	0,465	cm ³
Densidad	1,290	1,290	g/cm ³

Realizado por: Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

Tabla 20-3: Características de la arveja para el dimensionamiento del equipo

Característica	Límite inferior	Límite superior	Unidades
Masa	0,300	0,350	g
Volumen	0,210	0,250	cm ³
Densidad	1,428	1,428	g/cm ³

Realizado por: Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2022.

3.2.6.1. Balance de masa

El balance masa es una técnica utilizada para conocer los flujos de entrada y salida de un proceso sea este físico o químico con el fin de determinar la eficiencia del equipo y conocer cuáles son los puntos de pérdida (estado no estacionario). La molienda al ser un proceso físico en la cual interviene un solo una operación, su balance de masa se rige por la siguiente expresión.

Ecuación 1-3: Ecuación de balance de masa

$$E = S + P$$

Donde.

E: Flujo de entrada

S: Flujo de salida

P: Pérdidas o residuos

$$5kg = 4.8kg + 0.2kg$$

$$5kg = 5kg$$

3.2.6.2. Cálculo de la eficiencia

Para el cálculo de la eficiencia se toma en cuenta el balance de masa ya que es un indicador, de las corrientes o flujos que participan en el proceso. Para la eficiencia de molinos, al ser operaciones físicas solo se considera la productividad del equipo que viene definido como la relación entre entrada, salida y residuos (Productividad) expresada en porcentaje, teniendo la siguiente expresión:

Ecuación 2-3: Cálculo de la eficiencia

$$n = \left(\frac{E - P}{E} \right) * 100\%$$

Donde.

E: Flujo de entrada

S: Flujo de salida

P: Pérdidas o residuos

n: Eficiencia

$$n = \left(\frac{5kg - 0.2kg}{5kg} \right) * 100\%$$
$$n = 96\%$$

3.2.7. *Diseño del equipo*

3.2.7.1. *Factor de seguridad*

El factor de seguridad empleado en estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente es 2.5 a 4, en el diseño se trabajará con un factor de seguridad mínimo de 3 (Bermeo, 2014, p. 55).

3.2.7.2. *Capacidad del equipo de molienda*

Unos de los principales factores para el diseño de un equipo de molienda es capacidad de procesamiento de materia prima con relación a la entrada y salida de producto por unidad de tiempo. Para el presente proyecto se impone una capacidad de 5kg cada 3 min o con una equivalencia igual 100 kg/h

Ecuación 3-3: Capacidad de molienda (conversión)

$$\frac{100kg}{h} * \frac{1000gr}{1kg} * \frac{1h}{60min} = \frac{1667gr}{min} ; 0.027kg/s$$

3.2.7.3. *Cálculo del volumen útil para la tolva*

Una vez obtenidos las características de la materia prima de interés para la investigación procedemos a la selección de del gano con mayor volumen para el dimensionamiento del equipo tomando en consideración que la capacidad de materia para la cual va a estar diseñado (Bermeo, 2014, p. 83).

Ecuación 4-3: Determinación del volumen útil para la tolva

$$v = m * 1/d$$

Donde.

v: Volumen

m: Masa

d: Densidad

$$v = 5000g * \frac{0,465cm^3}{0.600g} = \mathbf{3875cm^3}$$

3.2.7.4. Cálculo del volumen interior de la cámara de molienda

La cámara de molienda es la residencia donde sucede el proceso de trituración de los granos en esta se van alojados todos los materiales presentes en el proceso tales como ejes, martillos y discos porta ejes además esta sirve como soporte para la criba y chumaceras. Las dimensiones de la cámara van correlacionadas con el sistema de molienda (Bermeo, 2014, p. 75).

3.2.7.5. Volumen de la cámara de molienda

El volumen de la cámara de molienda se determina por los implementos que se alojan dentro de la misma, tales como martillos, separadores, discos porta ejes, radio de giro y tolerancias de seguridad. Según fabricantes (SIRCA Maquinaria Agroindustrial) una vez definido el radio de giro se considera tolerancias de seguridad de 1 cm entre la cámara y el implemento, también define el espesor de martillos que no debe ser menor a la mitad del diámetro del grano más grande, separadores no menores a 1,5 cm de ancho entre martillos y el ancho del disco debe ser proporcional al de los martillos. Con estas consideraciones se obtiene las medidas pertinentes:

Arista 1 = 33cm

Arista 2= 33 cm

Arista 3 = 16 cm

$$v = a1 * a2 * a3$$

$$v = 33cm * 33cm * 16cm$$

$$v = \mathbf{17424 cm^3}$$

3.2.7.6. Discos sujetadores de ejes secundarios

Los discos sirven para dar rotación a los martillos y alcanzar la velocidad necesaria para la percusión de los granos.

Ecuación 5-3: Cálculo de la masa de discos y ejes

$$V=\pi*r^2*l$$

Donde.

d: Densidad

l: Longitud

r: Radio

P: Peso

Para discos

$$V= \pi*(12\text{cm})^2*0.5\text{cm}$$

$$\mathbf{V=226,2\text{cm}^3}$$

$$P=226.2\text{cm}^3 *(7.3\text{g/cm}^3)*2$$

$$\mathbf{P=3302,52\text{g}}$$

Para ejes

$$V=\pi*(0.77\text{cm})^2*15\text{cm}$$

$$\mathbf{V=27,94 \text{ cm}^3}$$

$$P=27.94\text{cm}^3*(7.3\text{g/cm}^3)*4$$

$$\mathbf{P= 815,9\text{g}}$$

Eje principal

$$V=\pi*(1.90\text{cm})^2*40\text{cm}$$

$$\mathbf{V=453,64 \text{ cm}^3}$$

$$P=453.64\text{cm}^3*(7.3\text{g/cm}^3)*1$$

$$\mathbf{P= 3311,61\text{g}}$$

Masa total =815.9+3302.52+3311,61=**7430,03g ; 7,430kg**

Peso total en N

Peso total= 7.430* 9,8= **72.81N**

3.2.7.7. Diseño de los martillos

Es el material de percusión el reduce el tamaño de los granos por acción mecánica de golpes repetitivos, este material se encuentra ubicado dentro de la cámara de molienda y su material de construcción inocuo para el tratamiento de alimentos es el AISI 304.

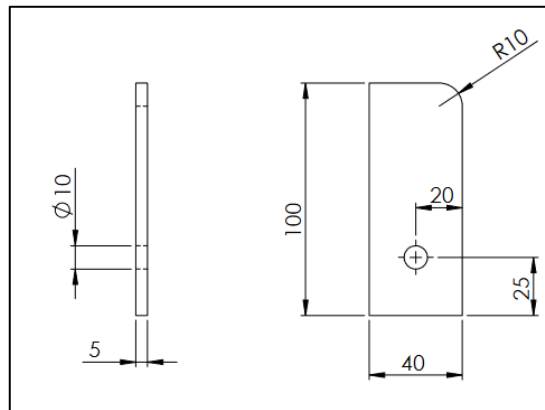


Ilustración 9-3: Martillos

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

3.2.7.8. Longitud de los martillos

Según fabricantes (Ovalle & Duarte, 2012, p. 51) mencionan que el largo del martillo varia de 70 a 100mm eso depende de la selección, el espesor del martillo tiene que ser no menor a la mitad del diámetro seleccionado del grano de la materia prima.

3.2.7.9. Eje Principal

Una vez definida la velocidad de rotación en RPM buscamos la selección de chumaceras, con el radio mínimo para tolerancia de la velocidad. En base a esta primicia seleccionamos el diámetro del eje principal. Y su longitud en base a las especificaciones indicadas en la determinación del volumen de la cámara de molienda.

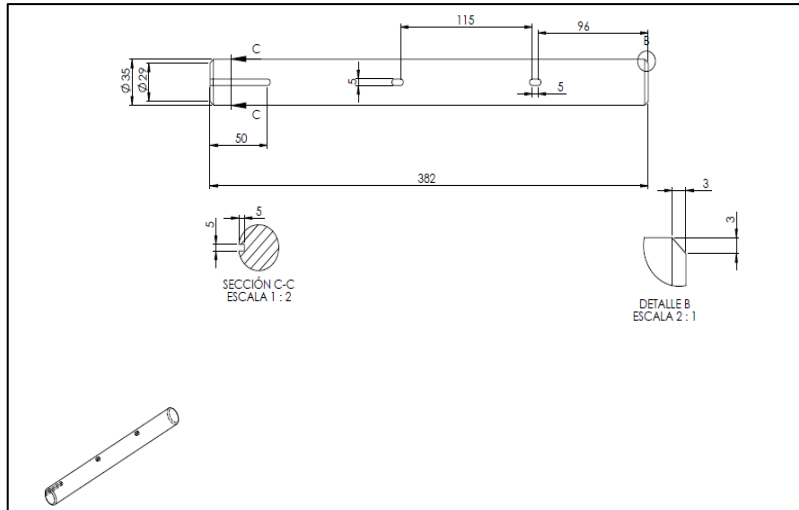


Ilustración 10-3: Eje principal

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

3.2.7.10. Tolva

La tolva viene definido acorde al volumen del grano de mayor magnitud para este caso es el maíz. El volumen del grano se relaciona con la capacidad para la cual se quiere diseñar y se toma un factor de seguridad de 1.5 y se distribuye en este volumen en una figura geométrica cónica rectangular.

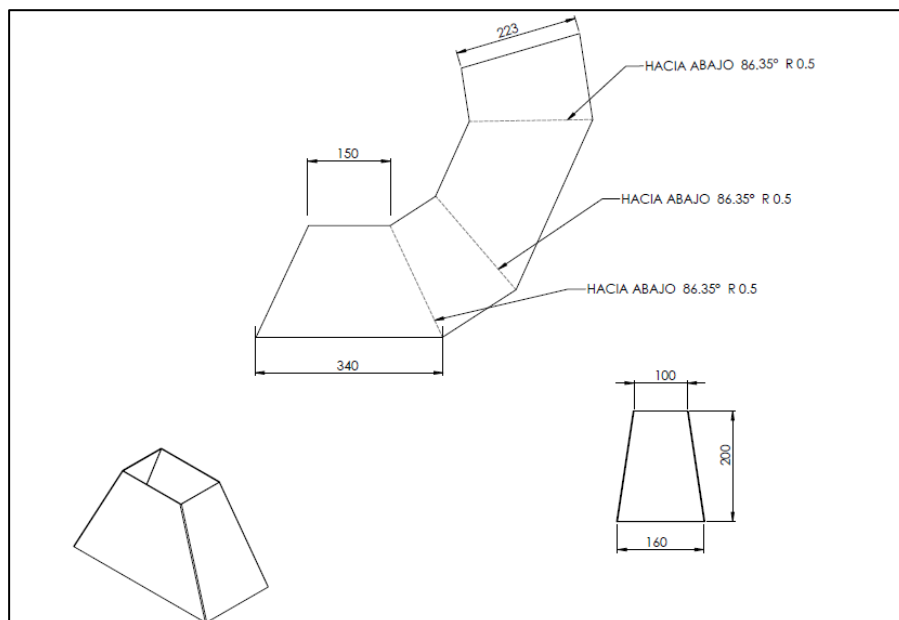


Ilustración 11-3: Tolva

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

3.2.7.11. Discos

Los discos relacionan los martillos y al diámetro de giro. Para el diseño de se debe tomar la longitud saliente del martillo sobre el disco. sumados el diámetro y la longitud del martillo debe resultar el diámetro de giro antes calculado. En cuanto a su espesor deber ser igual o mayor al de los martillos.

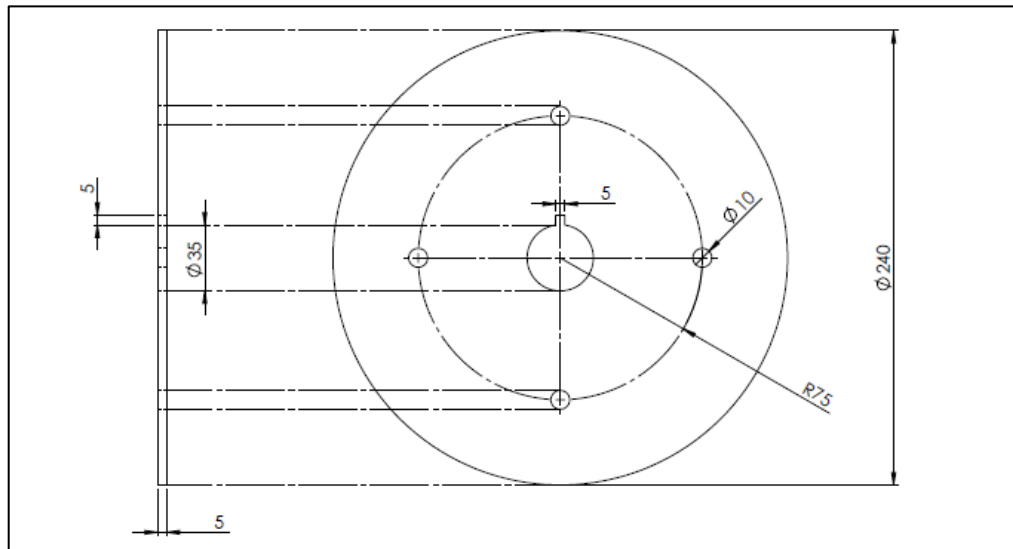


Ilustración 12-3: Discos

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Cálculo de la masa de martillo

Ecuación 6-3: Determinación de la masa del martillo

$$\text{masa del martillo} = d * l * a * gr$$

Donde.

d: Densidad

l: Longitud

a: Ancho

gr: Grosor

$$\text{masa del martillo} = \frac{7.3g}{cm^3} * 10cm * 4cm * 0.5cm$$

$$\text{masa del martillo} = 146g$$

$$\text{Peso de martillo} = 0,146kg * 20(\# \text{ de martillos}) * 9,8 \text{ m/s}^2 = \mathbf{28.61N}$$

3.2.7.12. Velocidad tangencial de los martillos

El motor al impulsar una velocidad angular a través de la transmisión hacia los martillos, estos adquieren una velocidad de rotación, que puede ser expresada como energía cinética y potencial que al igualar las expresiones se obtiene la velocidad tangencial a la que el martillo debe llegar (Pavón, 2013, p. 37).

Ecuación 7-3: Cálculo de la energía cinética

$$Ec = \frac{1}{2} mm * vm^2$$

Ecuación 8-3: Cálculo de la energía potencial

$$Ep = m * g * h$$

La velocidad tangencial viene definida como la velocidad en un punto de corte en la trayectoria de la rotación y esta es necesaria para el cálculo de la velocidad necesaria para romper el grano en el proceso de molienda. Esta expresión es obtenida al reemplazar las ecuaciones de energía cinética y potencial mencionadas en la ecuación 7 y 8 (Pavón, 2013, p. 38).

Para la aplicación de la expresión hallada se toma en consideración el grano de mayor peso con una altura de 0.45 m para el maíz y 0.35 m para arveja, en caso de trabajar con un dimensionamiento para granos de mayor masa y tamaño se deberá tomar este dato como referencia y hallar las variables mediante conversión. (Pavón, 2013, p. 38).

Ecuación 9-3: Cálculo de la velocidad tangencial del martillo

$$vt = \sqrt{\frac{mm * g * h}{mg}}$$

Donde.

vt: Velocidad tangencial

mm: Masa del martillo

g: Gravedad

h: Altura de caída libre

mg: Masa del grano

Cálculo de la velocidad tangencial para el maíz

$$vt = \sqrt{\frac{mm * g * h}{mg}}$$

$$vt = \sqrt{\frac{146gr * \frac{9.8m}{s^2} * 0.45m}{0.6gr}}$$

$$vt = 32.75 \text{ m/s}$$

Cálculo de la velocidad tangencial para la arveja

$$vt = \sqrt{\frac{146gr * \frac{9.8m}{s^2} * 0.35m}{0.35gr}}$$

$$vt = 37.83 \text{ m/s}$$

Velocidad tangencial media y coeficiente de fluctuación

Ecuación 10-3: Cálculo de la velocidad tangencial media

$$Cs = \frac{Vv - Vc}{V}$$

Donde.

Cs: velocidad tangencial media

Vv: velocidad tangencial de los martillos sin carga

Vc: velocidad tangencial de los martillos con carga

V: velocidad tangencial para romper la inercia

Ecuación 11-3: Cálculo del coeficiente de fluctuación

$$Cs = \frac{Vv - Vc}{V}$$

Donde:

Cs: coeficiente de fluctuación

Vv: velocidad tangencial de los martillos sin carga

Vc: velocidad tangencial de los martillos con carga

V: velocidad tangencial para romper la inercia

3.2.7.13. Velocidad tangencial final

La velocidad tangencial final tomara en cuenta todos los parámetros que ingresan en molienda como pesos de los materiales que se encuentran en la cámara de la molienda y el material que se va a someter al proceso (Pavón, 2013, p. 38).

La velocidad tangencial media y el coeficiente de fluctuación comparten los mismos términos, para lo cual se reemplazar dichas expresiones en la variable (velocidad para romper la inercia).

Ecuación 12-3: Cálculo de la velocidad tangencial final

$$Vc = -V * \frac{Cs - 2}{Cs + 2}$$

Donde.

Cs: velocidad tangencial media

Vv: velocidad tangencial de los martillos sin carga

Vc: velocidad tangencial de los martillos con carga

Según (Pavón 2013, p. 38) los valores de cs (coeficiente de fluctuación) para equipos de vibración y molienda es 0.02

$$Vc = -37.83 * \frac{0,02 - 2}{0.02 + 2}$$
$$vc = 37.08m/s$$

3.2.7.14. Energía necesaria para el rompimiento de granos

Una vez obtenidas las velocidades tangenciales necesarias para el rompimiento de los granos de maíz y arveja se procede al cálculo de la energía necesaria para la molienda de los granos en función de la capacidad del equipo.

Ecuación 13-3: Energía necesaria para romper un grano

$$E = \left(\frac{mg * v^2}{2}\right)/mg$$

Donde.

E: energía

Mg: masa

V: velocidad

Maíz

$$E = \left(\frac{mg * v^2}{2} \right) / mg$$
$$E = \left(\frac{6x10^{-4}kg * 32.75 \frac{m^2}{s}}{2} \right) / 6x10^{-4}$$
$$E = 536.29 J/Kg$$

Arveja

$$E = \left(\frac{mg * v^2}{2} \right) / mg$$
$$E = \left(\frac{3.5x10^{-4}kg * 37.83 \frac{m^2}{s}}{2} \right) / 3.5x10^{-4}$$
$$E = 715.55J/Kg$$

3.2.7.15. Velocidad angular del rotor del molino

El radio de giro es un aspecto fundamental para el diseño del molino ya que este determinara el tamaño mínimo de la cámara de molienda y este viene determina por la velocidad angular del rotor. Que según (Pavón, 2013, p. 35) las velocidades angulares de rotor para este tipo de molinos varían entre 1600 y 1800 RPM.

Ecuación 14-4: Cálculo del radio de giro

$$Wm = \frac{Vc * 60}{2\pi * rg}$$

Donde.

Vc: Velocidad tangencial final

Wm: Velocidad angular de rotor seleccionada

rg: Radio de giro

$$Wm = \frac{Vc * 60}{2\pi * rg} + \text{porcentaje de seguridad}$$

$$rg = \frac{vc * 60}{2\pi * wm}$$

$$rg = \frac{\frac{37.08m}{s} * 60}{2\pi * 3520}$$

$$rg = 0,1232 m + (0.22 * 0.1232)$$

$$rg = 0.15 m$$

Velocidad angular final

La velocidad angular final es la relación que existe entre la velocidad tangencial final y el radio de giro.

Ecuación 15-3: Cálculo de la velocidad angular final

$$Wf = \frac{vc}{rg}$$

Donde.

Wf: Velocidad angular final

Vc: Velocidad tangencial final

rg: Radio de giro

$$Wf = \frac{vc}{rg} + \text{porcentaje de seguridad}$$

$$Wf = \frac{37.08m/s}{0.15m} = 247.2 \text{ rad/s}$$

$$Wf = 2360.58 + (2360 * 0.02)rpm$$

$$wf = 2400rpm$$

3.2.7.16. Cálculo de la fuerza centrífuga

La energía angular es un aspecto fundamental para el caculo de la potencia ya que mediante la sumatoria de energía necesaria a para el procesamiento de la capacidad impuesta y la energía necesaria para la ruptura del grano obtenemos la potencia el equipo.

Ecuación 16-3: Cálculo de la fuerza centrífuga

$$Fc = wf^2 * mm * rg$$

Donde.

Fc: fuerza centrífuga

Mm: masa de martillo

Rg: radio de giro

$$F_c = \omega^2 * m * r$$
$$F_c = \left(\frac{247.2 \text{ rad}}{s}\right)^2 * 0.146 \text{ kg} * 0.15 \text{ m}$$
$$F_c = 1338.3 \text{ N}$$

3.2.7.17. Relación de transmisión

La relación de transmisión es un factor importante cuando se requiere multiplicar o desmultiplicar velocidades por medio de una banda. Es la relación que existe entre velocidad deseada con la velocidad obtenida tomando en cuenta siempre la velocidad que sea de mayor magnitud como referencia o dominador por parte del dispositivo que genera la rotación (motor). Mediante esta relación se maneja un juego de poleas por diferencia de tamaños siempre.

Ecuación 17-3: Relación de transmisión

$$R_t = \text{velocidad del mayor} / \text{velocidad menor}$$

En el presente proyecto se requiere alcanzar una velocidad antes especificada de 2400 RPM por lo cual se adquirió un motor de 3520 RPM para desmultiplicar la velocidad de rotación del dispositivo que según fabricantes es la manera más idónea.

$$R_t = 3520 \text{ RPM} / 2400 \text{ RPM}$$

$$R_t = 1,5$$

Una vez obtenida la relación de transmisión se procede a la selección de poleas con la consideración de tamaños de 1 a 1,5 o lo que quiere decir que la polea 1 deber ser 1,5 veces más grande que la polea 2.

3.2.7.18. Cálculo de la potencia del motor sin carga

La potencia del motor es un aspecto fundamental ya que este determinara la eficiencia del equipo. Para lo cual se debe tomar en cuenta todos los instrumentos que intervienen en el proceso de molienda para la determinación de la potencia mínima para el funcionamiento del equipo.

3.2.7.19. Factor dependiente de la velocidad de rotación

Según (Bermeo, 2014, p. 79) para velocidades tangenciales que oscilan entre 30 y 40 m/s el factor dependiente es de 0.00022.

Ecuación 18-3: Potencia del motor sin carga

$$p = \frac{w * r^2 * n^3 * e * f}{8 * 100000 * nm * nt}$$

Donde:

P: potencia del motor, en HP

W: peso de un martillo, en Kg

R: diámetro del disco, en m.

e: número de martillos

n: vueltas por minuto del rotor

f: factor dependiente de la velocidad de rotación de los martillos

nt : Rendimiento mecánico por transmisión. (85%)

nm: Rendimiento del motor. (80%)

$$p = \frac{0.146 \text{ kg} * 0.24^2 \text{ m} * 2360^3 \text{ rpm} * 20 * 0.00022}{8 * 100000 * 0.8 * 0.85}$$

$$P = 0.89 \text{ hp}$$

3.2.7.20. Cálculo de la potencia necesaria para la trituración

Para calcular la potencia necesaria de trituración para los granos secos se utiliza la ley de Rittinger. Que según (Bermeo 2014, p. 81) la constante de Rittinger para cereales es 0.25 (hp*h cm)/ ton para el cálculo de esta expresión es necesario conocer la capacidad del equipo en ton/h cuyo valor lo obtenemos mediante conversión, la ley de Rittinger manifiesta la potencia requerida para la percusión de las partículas partiendo de su diámetro inicial y final de partícula de mayor tamaño, que para este caso es el maíz.

$$p = c * kr \left(\frac{1}{d2} - \frac{1}{d1} \right)$$

Donde:

P: potencia

C: capacidad del equipo

D1: diámetro de entrada

D2: diámetro de salida

Kr: contante de Rittinger para cereales 0.25(hp*h *cm)/ ton

$$p = 0.1 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 0.25 \frac{\text{hp} * \text{h} * \text{cm}}{\text{ton}} \left(\frac{1}{0.2\text{cm}} - \frac{1}{0.9\text{cm}} \right)$$

$$\mathbf{P = 0.098 hp}$$

3.2.7.21. *Potencia total para el funcionamiento del molino con carga*

Esta se expresión se obtiene de la sumatoria de la potencia del dispositivo con carga y sin carga.

$$Pt = p1 + p2$$

$$p = 0.89 + 0.098$$

$$\mathbf{p = 0.992hp ; 1 hp}$$

En el mercado no se puede construir una bomba de esta potencia por eso se adquiere una de 1hp.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la caracterización de la materia prima

Parámetros impuestos según la norma NTE INEN 187 para la determinación de impurezas, correlacionados con datos obtenidos experimentalmente.

Tabla 21-4: Caracterización física de la materia prima

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método	Análisis maíz	Análisis arveja
Humedad	%(m/m)	-	13.0%	NTE INEN 187	11.35 %	11.0%
Materias orgánicas extrañas	%(m/m)	-	1.5%	NTE INEN 187	1.1%	1.3%
Materias inorgánicas extrañas	%(m/m)	-	0.5%	NTE INEN 187	0.3%	0.5%
Suciedad	%(m/m)	-	0.1%	NTE INEN 187	0.1%	0.1%
Granos defectuosos	%(m/m)	-	7%	NTE INEN 187	5.0%	4.2%
Granos infectados	%(m/m)	-	0.5%	NTE INEN 187	0.5%	0.5%

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Se realizó la caracterización de los granos maíz y arveja según la Norma NTE INEN 187 y NTE INEN 1562 respectivamente, de forma que se determinó que los granos cumplen los requisitos y se encuentran en condiciones inocuas como materia prima para su posterior proceso.

Tabla 22-4: Caracterización de microorganismos de la materia prima

Microorganismo	N	c	Valores			Análisis	
			M	M	Método de ensayo	Maíz	Arveja
Mohos	5	2	10 ²	10 ³	INEN 1529-8	10 ³	10 ³
E coli	5	2	10 ²	10 ³	INEN 1529-10	10 ³	10 ³

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Es importante cumplir con la caracterización de microorganismos para evitar la contaminación por aflatoxinas.

4.2. Construcción del molino

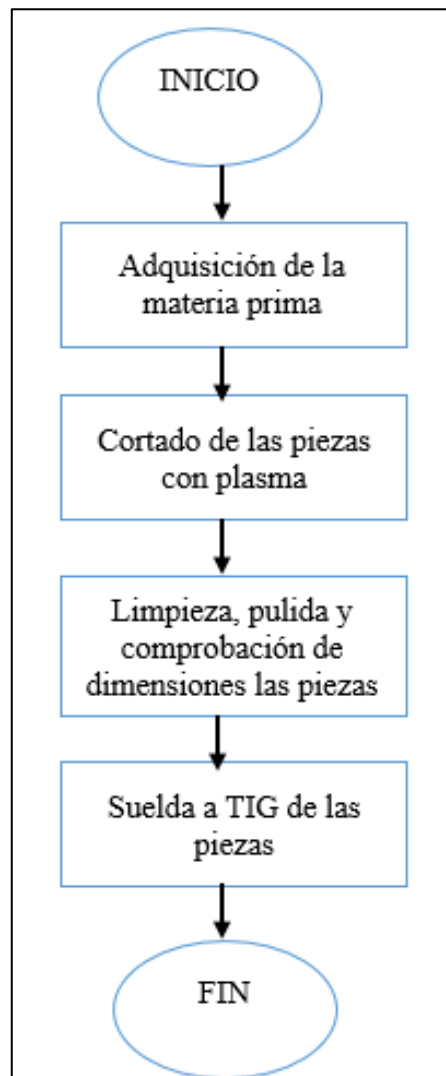


Ilustración 13-3: Diagrama de flujo de la construcción del molino

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

4.2.1. Montaje del molino

Tabla 23-4: Pasos para el Montaje del Molino

Secuencia de etapas	Actividad
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Montar la cámara de molienda sobre la base y colocar los pernos de sujeción 2. Insertar en el eje principal los discos respectivos porta martillos 3. Precisar las chumaceras en los extremos del eje principal 4. Alternamente colocar los anillos separadores y los respectivos martillos en el eje 5. Ensamblar todo este conjunto en la caja de molienda y sujetar con pernos 6. Colocar en uno de los extremos del eje la polea 7. Ubicar la criba en la posición inferior de la caja de molienda con sus respectivos ejes y se seguros 8. Instalar el motor de 1hp con la respectiva polea sobre el soporte, colocar los pernos para sujetarlo 9. Colocar y tensar las bandas 10. Colocar el protector de seguridad de bandas 11. Instalar el sistema eléctrico 12. Comprobar el sentido del giro del motor 13. Conectar la maquina a un tomacorriente de luz eléctrica 14. Presionar el botón ON de la caja de control, ubicado en la base 15. Ingresar el maíz o arveja por la tolva de alimentación 16. Al terminar la practica presionar el botón OFF, ubicado en la caja de control.

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Tabla 24-4: Resultados balance de masa

Descripción	Cantidad	Unidades
Entrada	5	kg
Salida	4.8	Kg
Perdidas	0.2	kg
Total, suma perdidas + salida	5	Kg

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

El balance de masa es necesario para calcular la cantidad de producto terminado y las pérdidas presentes durante el proceso. Como se puede observar en la Tabla 5-4 se cumple la ley de conservación de la materia.


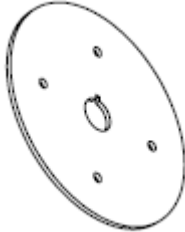
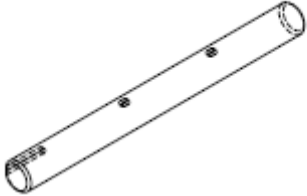
Tabla 25-4: Eficiencia del molino

Descripción	Cantidad	Unidades
Entrada	5	Kg
Salida	4.8	Kg
Perdidas	0.2	Kg
Eficiencia	96	%

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

La eficiencia del equipo cumple con estándares de fabricación en este tipo de dispositivos alcanzando un 96% lo que indica que el molino se encuentra en condiciones de operación.

Tabla 26-4: Implementos que intervienen en la molienda

Implemento	Material	Figura	Cantidad
Martillo	Acero AISI 304		20
Discos	Acero AISI 304		2
Eje	Acero AISI 304		1

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

4.2.2. Descripción de los implementos

Martillo: Posee una longitud de 10 cm, un ancho de 4 cm y un espesor de 0.5 cm

Disco: Posee un diámetro de 24 cm y en espesor 0.5 cm

Eje: Posee una longitud de 35 cm y un diámetro de 3.5 cm.

Tabla 27-4: Resultados de volumen de implementos externos

Implemento	Material	Dimensión	Unidad
Tolva	Acero AISI 304	3875	Cm ³
Cámara de molienda	Acero AISI 304	17424	Cm ³

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

La tolva se dimensionado acorde a las características del grano de mayor tamaño y a la capacidad impuesta para el dispositivo. La cámara de molienda se ha dimensionado acorde a todos los implementos que residen dentro de la misma tanto en todas sus dimensiones para lo cual se a optado por una figura cubica para la construcción del molino.

Tabla 28-4: Velocidad tangencial de operación

Velocidad	Cantidad	Unidades
Velocidad de percusión del maíz	32.75	m/s
Velocidad de percusión de la arveja	37.85	m/s
Velocidad de operación	37.08	m/s

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Para el cálculo de la velocidad de operación del dispositivo se ha tomado la de mayor magnitud y se ha procedido a la ejecución.

Tabla 29-4: Energía específica de percusión

Energía	Cantidad	Unidades
Maíz	536.29	J/Kg
Arveja	715.55	J/Kg

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Se puede evidenciar que la arveja necesita más energía para su molienda por lo que se recomienda utilizar este valor para el dimensionamiento del equipo.

Tabla 30-4: Velocidad angular de operación

Velocidad	Cantidad	Unidades
Velocidad angular de operación	2400	RPM

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

Para el cálculo de la velocidad angular final se tomó en consideración la velocidad tangencial final proveniente de la velocidad necesaria para la percusión de la arveja.

Tabla 31-4: Relación de transmisión

Velocidad	Cantidad	Unidades
Velocidad de rotor	3520	RPM
Velocidad requerida	2400	RPM
Relación de transmisión	1.5	-

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

La relación de transmisión es necesaria para la determinación de las poleas ya que esta nos indica los tamaños de cada una y su dependencia a subir o bajar la velocidad del rotor hacia el equipo por diferencia de tamaños.

Tabla 32-4: Potencia del motor

Potencia	Cantidad	Unidades
Potencia del motor para el funcionamiento sin carga	0.89	Hp
Potencia del motor para la percusión de los granos	0.098	Hp
Potencia total para el funcionamiento del equipo	1	Hp

Realizado por: Cayambe J.; & Donoso A., 2023.

La potencia del motor se calcula por etapas para poder definir la adecuada para el proceso de molienda, en esta etapa se toma en cuenta todos los parámetros de diseño tales como velocidades, eficiencia de transmisión energía necesaria para la percusión del grano pesos, y la eficiencia del motor.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se realizó la caracterización física y microbiológica de la materia prima, en base a los parámetros establecidos en la norma INEN NTE 187:2013- INEN NTE 1562:2013 para maíz y arveja, se pudo evidenciar que ningún parámetro se encuentra fuera de la norma. Esta caracterización fue de vital importancia ya que en base a esta se realizó el diseño y dimensionamiento del equipo, ya que si la materia prima no se encuentra en condiciones de operación todas las variables del proceso cambiarían y su diseño también.
- Se realizaron cálculos de ingeniería con base a la caracterización de la materia prima que cumple con los estándares de calidad según las normas NTE INEN pertinentes para los granos de interés. Una vez caracterizados los granos se procedió a la comparación de variables de velocidad y energía de percusión de cada uno tomando como punto crítico al material que necesita mayor energía para la operación, por otra parte, también se consideró los volúmenes críticos para el dimensionamiento de implementos necesarios para la ejecución del proceso.
- En consideración a las características de variables contenidas en los cálculos de ingeniería se procedió a la construcción del equipo en acero AISI 304 el cual fue seleccionado como el material más adecuado para la elaboración del equipo, se cortó, doblo y soldó con profesionales expertos en la construcción manipulación de acero inoxidable también se consideró recomendaciones de dichos profesionales con el fin de darles un plus en la elaboración del dispositivo.
- A través de pruebas de laboratorio se validó el equipo en el laboratorio de Procesos Industriales de la facultad de Ciencias se consideraron los balances de masa y se determinó la eficiencia del equipo, verificando que el equipo se encuentra en condiciones de operación siendo apto para la manipulación de docentes y estudiantes para fines académicos, vinculación e investigación.
- Se elaboró la guía de laboratorio para la realización de prácticas académicas por parte del sector estudiantil para que conozcan los principios de operación de molienda durante su formación académica.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda verificar previa a la obtención el tamaño de polvo que se desea obtener para realizar los ajustes necesarios.
- Se recomienda para la construcción indagar acerca de los precios de los materiales y buscar varios proveedores con el fin de encontrar precios con mayor accesibilidad y reducir los costos de construcción, además hacer la correcta selección de materiales para no hacer gastos en vanos.
- Se recomienda utilizar todas las medidas de seguridad para la fabricación del equipo con el fin de evitar cualquier accidente o incidente durante el proceso de elaboración y montaje.
- Se recomienda utilizar señalética de protección en el equipo con el fin de informar a los estudiantes y docentes que vayan a hacer uso del equipo de los riesgos a los cuales se encuentran expuestos y así evitar accidentes de laboratorio.
- Se recomienda utilizar una manga de extracción de harinas para evitar la fuga de polvos y así evitar pérdidas de producto durante el proceso.
- Se recomienda utilizar una malla menor a la de operación con el fin de separar las partículas gruesas de las finas para posteriores procesos de recirculación.

BIBLIOGRAFÍA

BAZURTO, J.; et al. Resideño de la cámara de molienda en molinos de martillos para la industria de alimentos balanceados acuicola. [en línea]. (Tesis) (Licenciatura) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Economía y negocios, Diseño y Comunicación visual, Ecuador. 2009. p. 59. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53030/1/T-69300%20Bazurto%20-%20Farf%c3%a1n%20-%20Orellana.pdf>

BERMEO, D. Diseño y contrucción de un molino de martillos triturador de granos para granjas avícolas. [en línea]. (Proyecto de titulación) (Ingeniera) Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Ecuador. 2014. pp. 15-81. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/8299>

BERNARDI, L. *Perfil De Las Arverjas (Pisum Sativum)*. [blog] Dirección Información Agropecuaria y Forestal: E.E.A- INTA Balcarce, 2016 [Consulta: 21 diciembre 2022]. Disponible en: https://docs.google.com/presentation/d/1OwbJ4mmnAXMQT1so-coliAPI6qXIXPuQIiePEUKiB8Q/present?includes_info_params=1&eisi=CNPGkp_yiuYCFdUugQodpJsAFA&slide=id.g5c974c03cf_0_81

CASTRO, W. *Funcionamiento Del Molino*. [blog] Laboratorio de Molienda, 2019 [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/416185452/funcionamiento-del-molino-docx#>

CELIS, S. *Sistema de Molienda con Molino a Martillos*. [blog] Balanceados - Piensos. 2017. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/sistema-molienda-con-molino-t40415.htm>.

CÓRDOVA, H., et al. "Effects of corn kernel hardness and grain drying temperature on particle size and pellet durability when grinding using a roller mill or hammermill". *Animal Feed Science and Technology*, [en línea], 2017, (Netherlands) vol 271, p. 15. [Consulta: 14 enero 2023]. ISSN 0377-8401. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840120306192>

CRUZ, S. *Reduccion de tamaño*. [blog] Universidad Autónoma de México, Laboratorio experimental Multidisciplinario [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/FanychanCosplayer/reduccion-de-tamao>.

DÁVILA, J. & ÁLVAREZ, C. Diseño y construcción de un molino de atricción para moler materiales cerámicos. [en línea]. (Proyecto de titulación) (Ingeniero) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. 2011. p. 23. [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3920/1/CD-3627.pdf>

NTE INEN 1562, 2013. *Cereales y Leguminosas. Arveja Seca en Grano. Requisitos.*

NTE INEN 2176 : 2013. *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo.*

MÉNDEZ, J. & ORELLANA, A. Diseño y construcción de un molino de martillos triturador de 15 qq/h de mineral pétreo para producir biofertilizantes. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniero) Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Mecánica. 2018. p. 39. [Consulta: 19 febrero 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15963>

MIRANDA, G. *Balance de materia y energía. Procesos industriales.* [en línea]. Ciudad de México - México: Grupo Editorial Patria, 2014. [Consulta: 25 febrero 2023]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=aflhBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

MONCAYO, R. & RUEDA, L. Diseño y Construcción de un molino de martillos. [en línea]. (Tesis) (Ingeniero) Universidad San Francisco de Quito, Facultad de Ingeniería Mecánica. 2009. p. 80. [Consulta: 05 marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1126/1/91259.pdf>.

ORTEGA, I. "Maíz I (Zea mays)". Reduca (Biología). Serie Botánica. [en línea], 2014 (España) 7(2), p. 3. [Consulta: 11 enero 2023]. ISSN 1989-3620. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/>

OVALLE, C. & DUARTE, N. Diseño De Un Molino De Martillos Para La Produccion De Pegamento Ceramico Para La Empresa Ragraquimicos. [en línea]. (Tesis) (Ingeniero) Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Facultad de Ingenierías. 2012. p. 51. [Consulta: 10 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/521/1/25998.pdf>.

PAVÓN, J. Diseño Y Construcción De Un Molino Artesanal Para La Molienda De Granos Secos De Capacidad 250 Kg/H. [en línea]. (Tesis) (Ingeniero) Escuela Politécnica Nacional, Facultad

de Ingeniería Mecánica. 2013. pp. 35-38. [Consulta: 26 febrero 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6940/1/CD-5195.pdf>.

RAMIREZ, N Molienda. [blog] ProIndustriales,2011 [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <http://proindustriales.blogspot.com/2013/05/molienda.html>.



ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Características técnicas

Aplicación	Reducción de tamaño, cizallamiento y destrucción
Campos de aplicación	Alimentos
Tipo de material	AISI 304
Principio de molienda	Impacto
Volumen recipiente de molienda	17424cm ³
Velocidad	0 a 2400 RPM
Material de los martillos	AISI 304
Capacidad de molienda	5kg
Criba	2mm
Motor	1 hp
Material de contacto con el alimento	AISI 304

Instrucciones de operación

Pasos para operar el molino

- Revisar la tensión y el alineamiento correcto de las bandas
- Verificar que no se encuentren elementos extraños dentro de la cámara de molienda ni sobre la tolva de alimentación del molino.
- Al ser ingresado el producto hacia la cámara de molienda debe ser constante y uniforme.
- Es importante tener en cuenta que la materia prima a ingresar debe estar con la humedad especificada

Instrucciones de Seguridad

Todo usuario del molino de martillos debe cumplir con las siguientes recomendaciones de seguridad


- Usar todo el equipo de protección personal (mandil, guantes, mascarilla)
- Verificar que la maquina este en perfectas condiciones, no realizar mantenimiento cuando el equipo se encuentre en movimiento
- No utilizar ropa holgada o muy suelta, se recomienda que el mandil tenga mangas adecuadas para el laboratorio
- Mantener el lugar siempre limpio
- Utilice la herramienta adecuada para cualquier reparación o ajuste
- Llevar el cabello amarrado para prevenir accidentes.
- No vestir joyería como, anillos pulsera, anillos entre otros

- Conocer los controles, el respectivo funcionamiento de la maquina y como detener su operación

Simbología

Tomar en cuenta las diferentes las diferentes medidas de seguridad que contiene el molino antes de ser utilizado.

Simbología	Descripción
	<p>Apagar el equipo para realizar el respectivo mantenimiento.</p>
	<p>Los elementos de protección personal para ingresar a la práctica son necesarios así se puede prevenir accidentes en caso de existir, es necesario usar (mandil, guantes, tapones de odios, gafas, casco, mascarilla)</p>
	<p>No introducir las manos a la tolva de alimentación cuando el equipo se encuentre en funcionamiento.</p>
	<p>No tocar, el motor puede calentarse por la fuerza que realiza al momento del funcionamiento.</p>

 <p>PELIGRO RIESGO ELÉCTRICO</p>	<p>No tocar el cableado eléctrico cuando el equipo se encuentre en operación.</p>
---	---

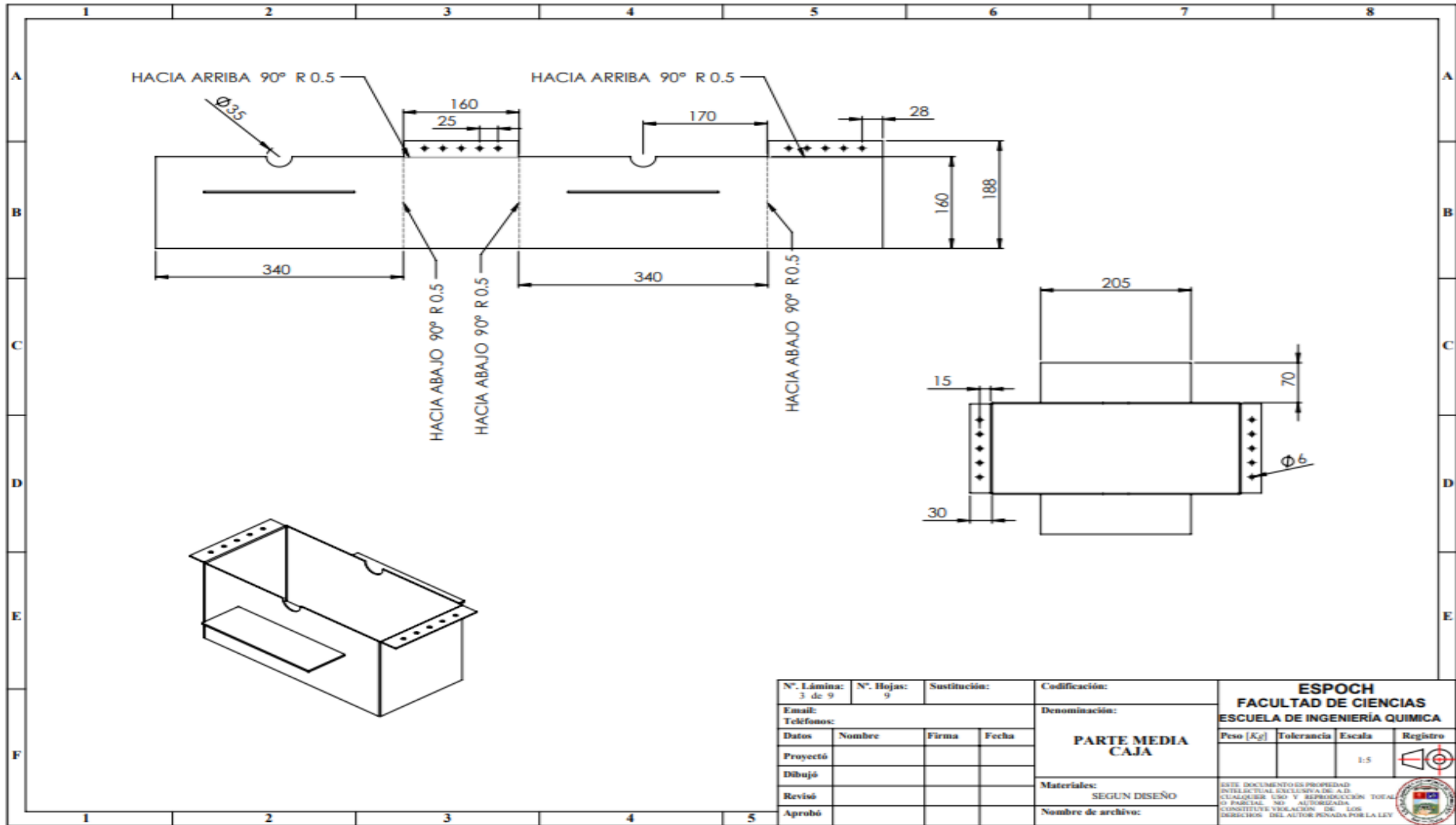
Recomendaciones de mantenimiento

- Para mantener el molino en buen funcionamiento es necesario seguir el plan de mantenimiento preventivo que permita prolongar su vida útil.
- Verificar el desgaste de los martillos y realizar el intercambio si así lo amerita, con el objetivo de aprovechar al máximo su desempeño.
- Revisar a diario la tensión y alineación de las bandas para prevenir accidentes.
- Para un funcionamiento óptimo y durabilidad del molino y sus elementos rotativos, es necesario revisar las piezas para evaluar el estado en que se encuentran, la frecuencia de estas revisiones depende del aseo y mantenimiento que le den.
- Después de ser utilizado el equipo realizar el adecuado aseo en especial la criba para eliminar residuos que puedan obstruirla.
- Verificar periódicamente el ajuste de los tornillos y alineación del eje principal con respecto a los soportes para evitar vibraciones y daños futuros.
- Se debe realizar el respectivo engrase a los soportes de los rodamientos, debido a que funcionan a elevada velocidad y durante un tiempo considerable.
- Según la condición de trabajo a los cuales van a ser sometidos los rodamientos es necesario chequearlos periódicamente con el fin de verificar si hay un desgaste que ocasione las vibraciones perjudiciales.

ANEXO B: DISEÑO DEL MOLINO

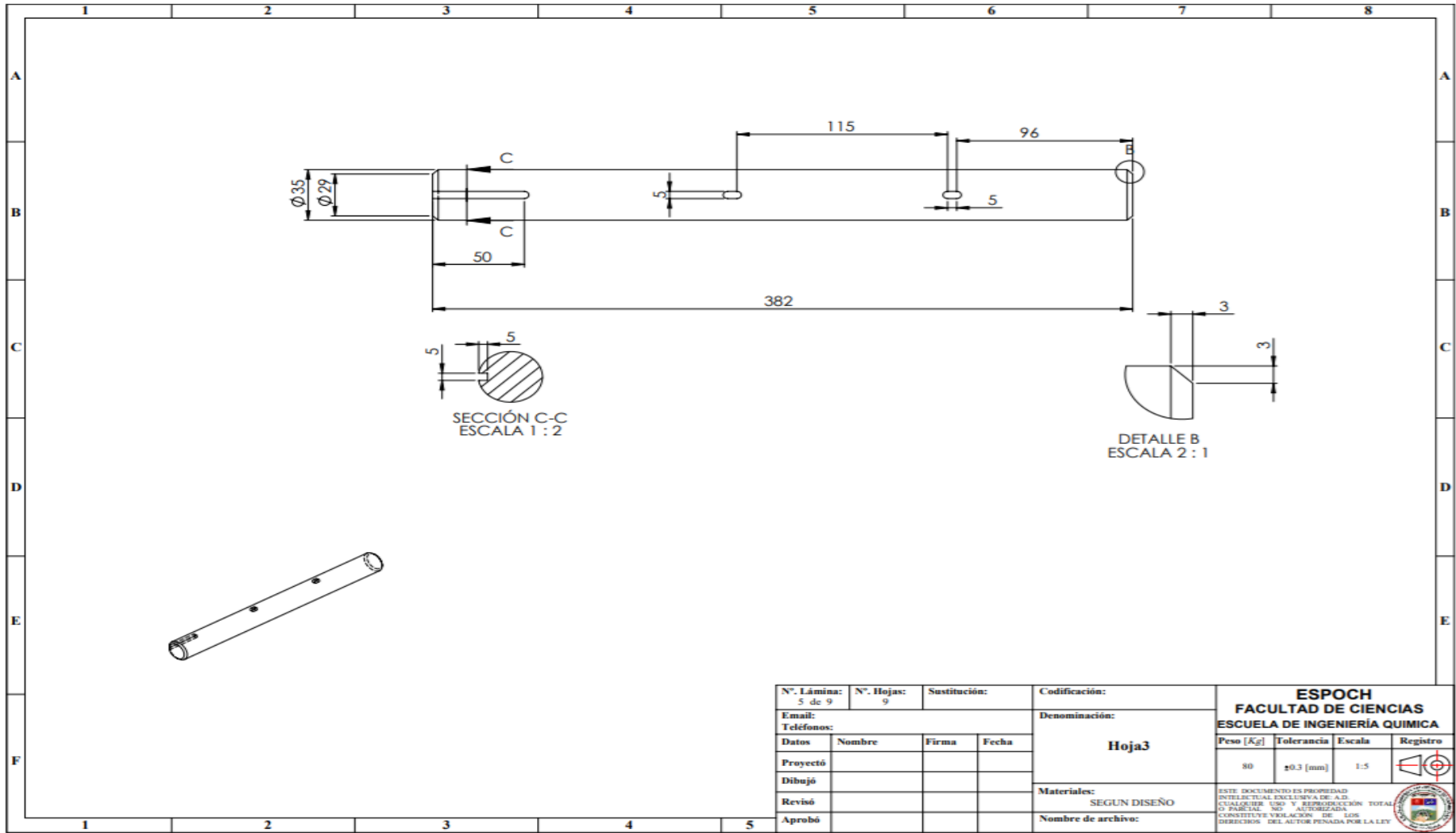
N°. Lámina: 2 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Email:	Hoja9			Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Teléfonos:				80	±0.3 [mm]	1:5	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO <small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DEL GRUPO DE ASESORIA CALIDAD, CUI Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR SEÑALADA POR LA LEY</small>			
Proyectó							
Dibujó							
Revisó							
Aprobó				Nombre de archivo:			

ANEXO C: DISEÑO INFERIOR DE LA CÁMARA DE MOLIENDA



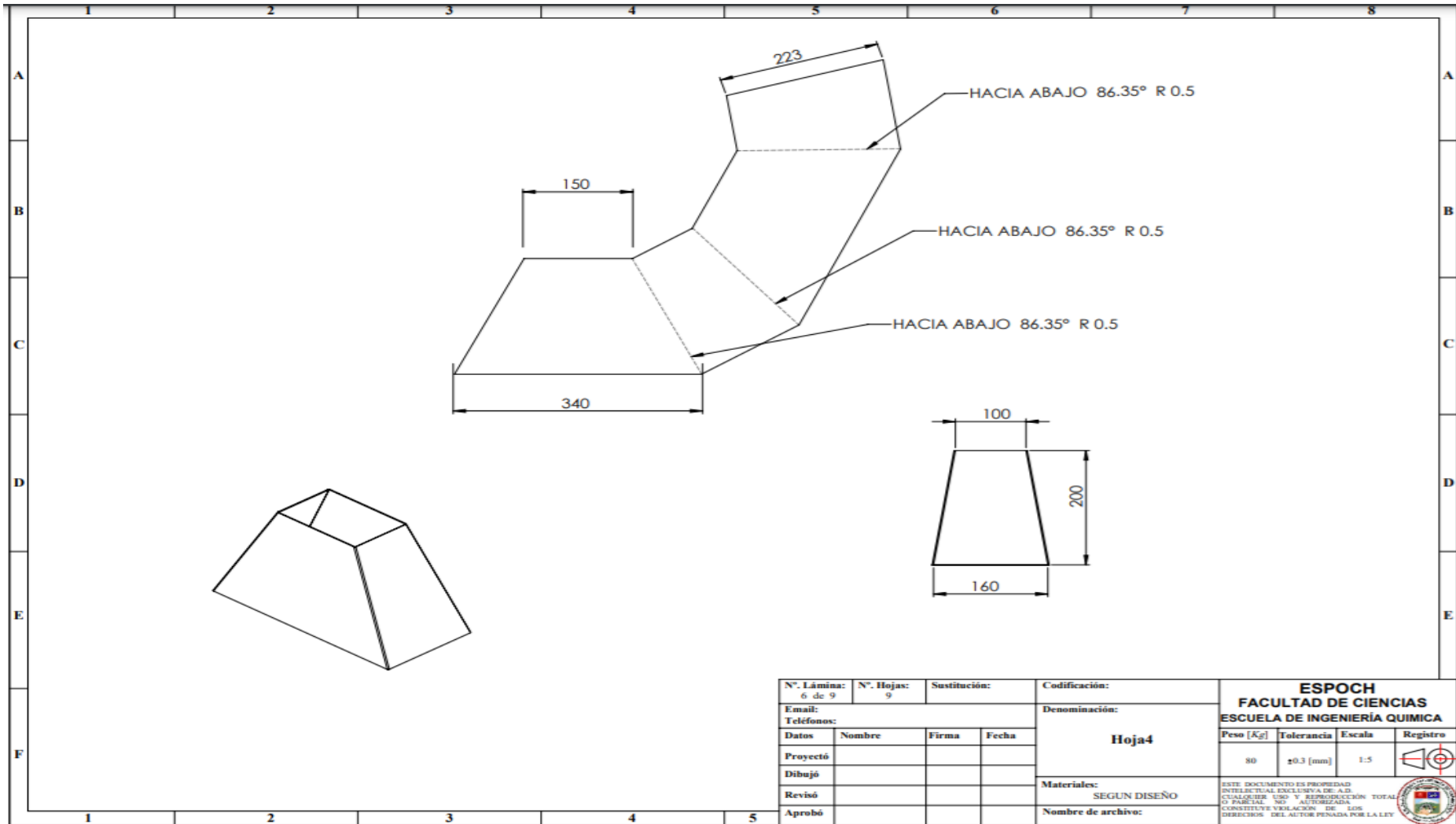
N° Lámina: 3 de 9		N° Hojas: 9		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA					
Email: Teléfonos:				Denominación:				Peso [Kg]		Tolerancia		Escala	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PARTE MEDIA CAJA					
Proyectó										1:5			
Dibujó								Materiales:		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.D. CALABAZO S.A. Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 			
Revisó								SEGUN DISEÑO					
Aprobó								Nombre de archivo:					

ANEXO D: DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL



N°. Lámina: 5 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA				
Email: Teléfonos:			Denominación: Hoja3					Peso [Kg]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.D. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY				
Proyectó								
Dibujó								
Revisó								
Aprobó				Materiales: SEGUN DISEÑO	Nombre de archivo:			

ANEXO E: DISEÑO DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN



N°. Lámina: 6 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación:
Email:			Denominación: Hoja4
Teléfonos:			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó			
Dibujó			
Revisó			
Aprobó			
Materiales: SEGUN DISEÑO			Nombre de archivo:

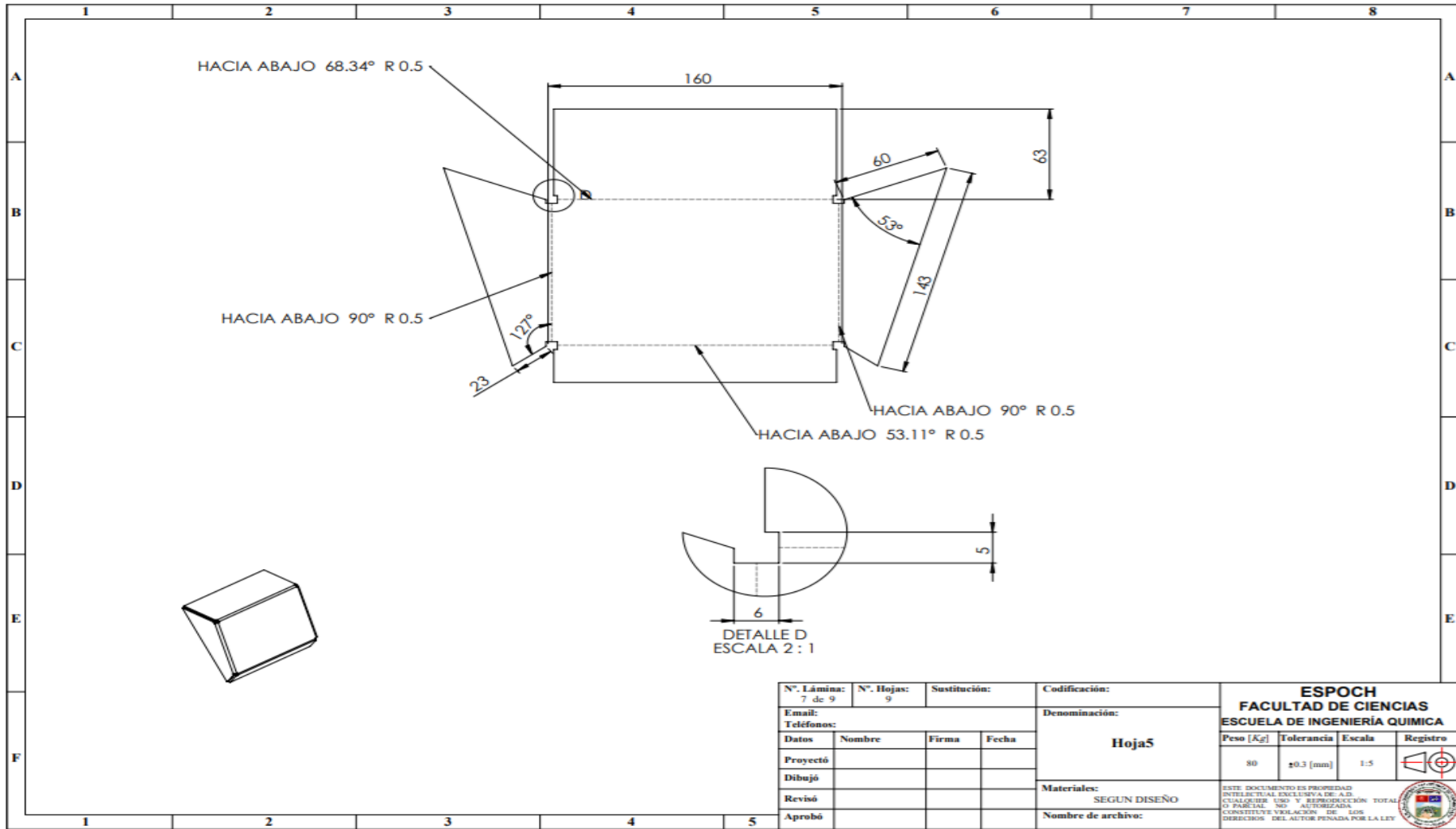
ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
80	±0.3 [mm]	1:5	

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.D. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY

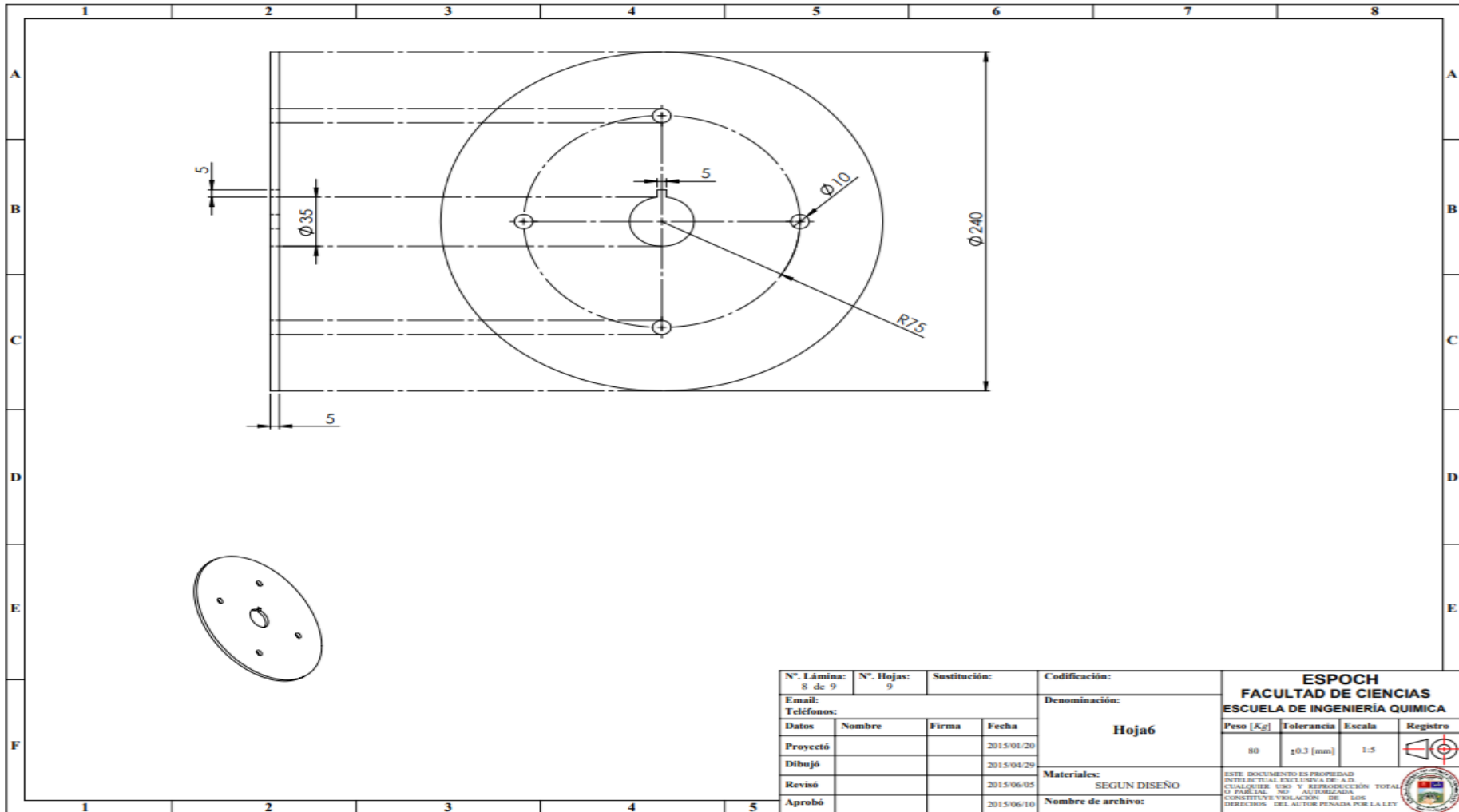


ANEXO F: DISEÑO DE LA COMPUERTA DE REVISIÓN



N°. Lámina: 7 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Email: Teléfonos:			Denominación: Hoja5				
Datos			Peso [Kg]		Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Nombre	Firma	Fecha	80	±0.3 [mm]	1:5	
Dibujó				Materiales: SEGUN DISEÑO			
Revisó				Nombre de archivo:			
Aprobó				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.D. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			

ANEXO G: DISEÑO DE LOS DISCOS



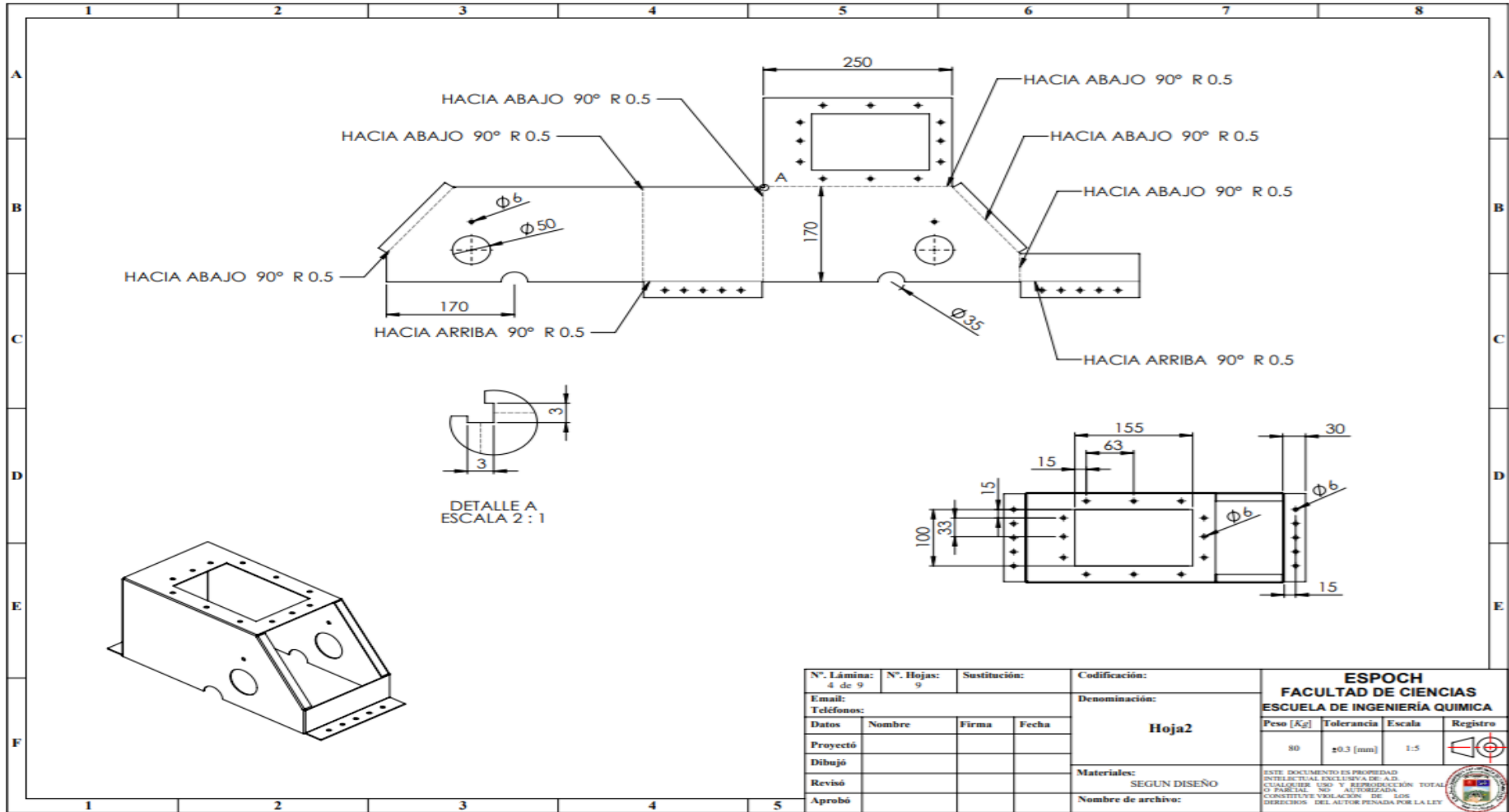
N°. Lámina: 8 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Email: Teléfonos:			Denominación: Hoja6				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó			2015/01/20	80	± 0.3 [mm]	1:5	
Dibujó			2015/04/29	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE A.D. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó			2015/06/05				
Aprobó			2015/06/10				
Materiales: SEGUN DISEÑO			Nombre de archivo:				

ANEXO H: DISEÑO DE LOS MARTILLOS

1	2	3	4	5	6	7	8
A							A
B							B
C							C
D							D
E							E
F							F

N°. Lámina: 9 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA					
Email: Teléfonos:			Hoja 7		Denominación:	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma			Fecha	80	±0.3 [mm]	1:5	
Proyectó			Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y L.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.				
Dibujó									
Revisó									
Aprobó			Nombre de archivo:						

ANEXO I: DISEÑO SUPERIOR DE LA CÁMARA DE MOLIENDA



N°. Lámina: 4 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA					
Email: Teléfonos:			Denominación: Hoja2		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	
Datos	Nombre	Firma	Fecha			80	±0.3 [mm]	1:5	
Proyectó				Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.D. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó				Nombre de archivo:					
Revisó									
Aprobó									

ANEXO J: CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

a)



b)



c)



NOTAS:

- a) Corte de las piezas
- b) Doblado de las piezas
- c) Verificación de las piezas

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE
CIENCIAS ESCUELA
DE INGENIERIA
QUIMICA
ELABORADO POR:
CAYAMBE GUAMAN JANNETH PILAR
DONOSO OVIEDO ALEX XAVIER

CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	18/12/2022



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 23/ 04 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Janneth Pilar Cayambe Guaman Alex Xavier Donoso Oviedo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero/a Químico/a
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1036-DBRA-UPT-2023

