

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO
DE PINES**

COMPONENTE B:

DISCO ROTATORIO DEL MOLINO DE PINES

PINES DEL DISCO ROTATORIO

SOPORTE DE RETENEDOR

EJE DEL MOLINO

SOPORTE DE RODAMIENTOS DEL EJE DEL MOLINO

POLEA DEL EJE DEL MOLINO

CHAVETAS DEL EJE DEL MOLINO

CONJUNTO DEL TAMIZ CIRCULAR

PERILLA DE SUJECIÓN DE LA PUERTA DEL MOLINO

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

MESÍAS JOSUÉ SIMBAÑA ESCOBAR

mesias.simbana@epn.edu.ec

DIRECTOR: MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA

mario.cesen@epn.edu.ec

DMQ, 13 de septiembre de 2022

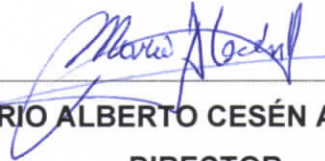
CERTIFICACIONES

Yo, MESÍAS JOSUÉ SIMBAÑA ESCOBAR declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



MESÍAS JOSUÉ SIMBAÑA ESCOBAR

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por MESÍAS SIMBAÑA, bajo mi supervisión.



MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA
DIRECTOR

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.

EDGAR FERNANDO SARMIENTO
BORJA
REVISOR1 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR

SEGUNDO CARLOS SUNTAXI
GUALLICHICO
REVISOR2 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como los productos resultantes del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

MESÍAS JOSUÉ SIMBAÑA ESCOBAR

MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| CERTIFICACIONES | I |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | III |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | IV |
| RESUMEN..... | VI |
| ABSTRACT..... | VII |
| 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO..... | 1 |
| 1.1 Objetivo general | 2 |
| 1.2 Objetivos específicos | 2 |
| 1.3 Alcance | 3 |
| 1.4 Marco teórico | 4 |
| Reducción de tamaño | 4 |
| Molienda | 4 |
| Molinos de pines..... | 5 |
| 2 METODOLOGÍA..... | 9 |
| 2.1 Parámetros de cumplimiento de los objetivos propuestos | 10 |
| 2.2 Disco rotatorio del molino de pines | 11 |
| 2.3 Pines del disco rotatorio..... | 13 |
| 2.4 Soporte del retenedor del eje..... | 14 |
| 2.5 Eje del molino de pines | 16 |
| 2.6 Soportes de rodamientos | 22 |
| 2.7 Polea del eje | 23 |
| 2.8 Chavetas del eje del molino | 24 |
| 2.9 Conjunto de tamiz circular..... | 25 |
| 2.10 Perilla de sujeción de la puerta del molino..... | 27 |
| 2.11 Costos de construcción..... | 29 |
| Costo de la materia prima (CMP) | 29 |
| Costos de mano de obra/maquinado (CMOM) | 31 |
| Costo de Fabricación | 31 |
| 3 PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.... | 32 |

| | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Pruebas..... | 32 |
| | Verificación de dimensionamiento | 32 |
| | Ensamblaje de los componentes A, B y C | 33 |
| 3.2 | Resultados | 36 |
| | Protocolo de pruebas..... | 36 |
| | Máquina desconectada..... | 37 |
| | Máquina conectada y encendida | 37 |
| | Máquina en operación: obtención de maíz partido | 37 |
| | Máquina en operación: Harina de maíz | 39 |
| 3.3 | Conclusiones..... | 40 |
| 3.4 | Recomendaciones..... | 42 |
| 4 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |
| 5 | ANEXOS..... | 45 |
| | ANEXO I. CATÁLOGO DE SOPORTE DE RODAMIENTOS | 46 |
| | ANEXO II. CATÁLOGO DE RODAMIENTOS..... | 47 |
| | ANEXO III. CATÁLOGO DE POLEA EN V | 48 |
| | ANEXO IV. CATÁLOGO DE CASQUILLOS CÓNICOS..... | 49 |
| | ANEXO V. PROTOCOLO DE PRUEBAS | 50 |
| | ANEXO VI. HOJAS DE PROCESOS..... | 53 |
| | ANEXO VII. CÓDIGOS G | 56 |
| | ANEXO VIII. PLANOS | 57 |

RESUMEN

El siguiente Trabajo de Integración Curricular denominado “Optimización del Diseño y Construcción de un Molino de Pines” parte de un diseño previo realizado por Edwin Amaguaña e Inti Casco en el Trabajo de Integración Curricular “Diseño de un Molino de Pines”. Este TIC es elaborado por tres integrantes, por lo que el diseño del molino de pines presentado anteriormente se dividió en tres componentes. Este escrito específicamente contiene detalles del componente B. Se realizó el análisis del diseño previo, y se verificó si era necesario la optimización de cada uno de los elementos que constituyen el componente B. Después de tener el rediseño, se utilizó el software SolidWorks para hacer un modelado 3D del molino de pines, con el fin de verificar interferencias y acoples al ensamblar todas las piezas. Partiendo de este modelado 3D, se obtuvo los CAM, códigos G y planos de taller de las piezas, con lo que se procedió a la construcción del componente B del molino de pines. Con la fabricación de todos los elementos, se hizo el montaje de todo el molino, y por último se efectuó el protocolo de pruebas para verificar la funcionalidad y el desempeño de la máquina.

PALABRAS CLAVE: molino de pines, optimización, construcción, disco rotatorio, tamiz circular, pines.

ABSTRACT

The following Curricular Integration Work named “Optimization of Design and Construction of a Pin Mill” is based on the previous design accomplished by Edwin Amaguaña and Inti Casco in their Curricular Integration Work “Design of a Pin Mill”. This work is elaborated by three members, so the previous design was divided in three components. This writing specifically contains details of component B. An analysis of the prior design was made, and it was verified if an optimization of every single piece of the component B was needed. After having the redesign, the software SolidWorks was used to make a 3D model of the pin mill, in order to check interferences and coupling when assembling all the parts. Based in this 3D model, the CAM, G codes and detail drawings of the parts were obtained, and based on those documents, the fabrication of the component B of the pin mill was started. With the construction of all the parts, an assembly of all the pieces of the pin mill was made, and lastly, test protocols were prepared in order to verify the functionality and development of the machine.

KEYWORDS: pin mill, optimization, construction, rotating disc, circular sieve, pins.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Este escrito trata del Trabajo de Integración Curricular que se denomina “Optimización del Diseño y Construcción de un Molino de Pines”, el cual es la continuación del Trabajo de Integración Curricular presentado en el periodo 2021B por los estudiantes Edwin Amaguaña e Inti Casco denominado “Diseño de un Molino de Pines” [1]. El trabajo presentado es elaborado por 3 integrantes, por lo que el mismo se ha dividido en tres componentes A, B y C, cada uno con sus respectivos elementos, los cuales fueron asignados aleatoriamente para cada estudiante. El objetivo de este trabajo es que cada estudiante, para el componente que le corresponda, revise el diseño presentado en el anterior Trabajo de Integración Curricular, y, junto con los otros integrantes, determinen si es óptimo realizar un rediseño del elemento dentro del componente que le corresponda y con los planos definitivos realizar la construcción del molino de pines propuesto.

En este escrito se realiza el análisis del componente B, el cual está constituido por los siguientes elementos:

- Disco rotatorio del molino de pines: elemento rotatorio que sostiene a los pines del molino.
- Pines del disco rotatorio: elemento a mecanizar que es el responsable de la reducción del tamaño del elemento a moler.
- Eje del molino: elemento que transmite el movimiento rotatorio del motor al disco rotatorio.
- Soporte del rodamiento del eje del molino: elemento que servirá como apoyo de los rodamientos que serán utilizados para el soporte del eje.
- Polea del eje del molino: elemento que tiene como función la transmisión de potencia del motor al eje.
- Chaveta del eje del molino: elemento que sirve para el acople entre la polea y el eje para transmitir el torque entre el eje y la polea del motor.
- Conjunto del tamiz circular: elemento que tiene la función de tamizar los tamaños de grano que han sido reducidos para así obtener un tamaño de grano apropiado. El tamiz está compuesto por una malla y unos dos aros. Estos elementos son sujetados utilizando pernos.

- Perilla de sujeción de la puerta del molino: elemento el cual tiene la función de asegurar la puerta del disco de pines fijo al cuerpo de la máquina.

Después de realizar el análisis del diseño y la optimización donde sea posible de los elementos del componente B, se realiza el ensamble de todos los elementos del componente B, y se obtienen los planos definitivos del molino de pines. Existen elementos dentro del componente B que pueden ser mecanizados en máquinas CNC, por lo que se realiza el CAM de estos elementos en el software SolidCAM y a partir del CAM se obtiene el código G de cada elemento. Más adelante, se utilizan los equipos CNC disponibles en el laboratorio LABINTECDIMP de la Facultad de Ingeniería Mecánica, y se obtienen las piezas mecanizadas. Para los elementos en donde no sea posible un mecanizado CNC, se utilizarán métodos de mecanizado convencionales de torno, fresadora, etc. Con los elementos construidos se procede a realizar el montaje del componente B para después combinar con los otros componentes A y C. Por último, con el molino de pines armado completamente se efectúa el protocolo de pruebas y se verifica el funcionamiento de la máquina.

1.1 Objetivo general

Optimizar el diseño y realizar la construcción del componente B de un molino de pines (constituido por los siguientes elementos: disco rotatorio del molino de pines, pines del disco rotatorio, eje del molino, soporte del rodamiento del eje del molino, polea del eje del molino, chavetas del eje del molino, conjunto tamiz circular, perilla de sujeción de la puerta del molino).

1.2 Objetivos específicos

Cabe recalcar que el componente B está compuesto por los siguientes elementos:

- Disco rotatorio del molino de pines
- Pines del disco rotatorio
- Eje del molino
- Soporte del rodamiento del eje del molino
- Polea del eje del molino
- Chavetas del eje del molino
- Conjunto del tamiz circular

- Perilla de sujeción de la puerta del molino.

Para cada uno de los elementos detallados anteriormente que forman parte del componente B se desea cumplir con los siguientes objetivos específicos:

1. Revisar el diseño de cada elemento del componente B propuesto en el Trabajo de Integración Curricular “Diseño de un Molino de Pines” [1].
2. Analizar y, de ser necesario, optimizar el diseño de los elementos del componente B del Molino de Pines.
3. Realizar el modelado 3D, ensamblaje y planos definitivos del componente B.
4. Elaborar el CAM y obtener el código G de los elementos del componente B que serán construidos en los equipos CNC disponibles en el laboratorio LABINTECDIMP.
5. Determinar los costos de construcción del componente B.
6. Construir los elementos del componente B, utilizando equipos CNC y equipos convencionales.
7. Desarrollar el montaje de los elementos del componente B y, junto con los componentes A y C, armar el Molino de Pines.
8. Efectuar el protocolo de pruebas en el Molino de Pines construido.

1.3 Alcance

El Trabajo de Integración Curricular “Optimización del Diseño y Construcción de un Molino de Pines” está enfocado en el rediseño, la optimización y la construcción de un molino de pines partiendo de las especificaciones técnicas del usuario y del trabajo realizado en el Trabajo de Integración Curricular “Diseño de un Molino de Pines” [1]. Para la realización del proyecto, se tomó en cuenta el componente B para analizar y definir si el diseño de cada elemento que forma parte del componente B era el óptimo, o si era necesario un rediseño tomando en cuenta los parámetros de optimización pertinentes. En base a lo anterior, se procede a modelar cada elemento del componente B y a ensamblarlos en SolidWorks para obtener los planos de conjunto y de taller. Además, utilizando SolidCAM, partiendo de una pieza en bruto se simulan los mecanizados de los componentes que deben ser fabricados, para después obtener los Códigos G necesarios para el mecanizado utilizando las máquinas CNC que dispone el laboratorio LABINTECDIMP de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Al obtener las piezas mecanizadas se realiza el montaje del

componente B para luego, junto con los otros componentes, elaborar el armado del Molino de Pines. Por último, se efectúa el protocolo de pruebas y se verifica la funcionabilidad de la máquina con lo cual se presenta el producto final al usuario.

1.4 Marco teórico

Cabe recalcar que este Trabajo de Integración Curricular (TIC) se basa en el TIC denominado “Diseño de un Molino de Pines” presentado por Edwin Amaguaña e Inti Casco [1].

Reducción de tamaño

En la industria agrícola principalmente, pero también aplica para la industria farmacéutica, es de vital importancia la reducción de tamaño de varios productos. Esta reducción puede darse por varios métodos, entre los cuales se destacan: el cortado, el triturado y la molienda. La reducción de tamaño es muy importante en la industria ya que permite disminuir las dimensiones de productos (cereales, granos, medicamentos, etc.) con el fin de obtener la magnitud que se requiere para diferentes artículos como chocolate en polvo, azúcar en polvo, y, por otro lado, elaborar nuevos artículos esenciales en la vida cotidiana como los diferentes tipos de harinas existentes en el mercado [2]. Este trabajo se enfoca en reducción de tamaño mediante el método de molienda utilizando maíz como producto a moler.

Molienda

Los molinos son muy vitales para la reducción de tamaño debido a la eficiente disminución de magnitud, la uniformidad y calidad del producto final. El rendimiento de los molinos dependerá tanto de las condiciones de funcionamiento del equipo, como de las propiedades físicas (tamaño, forma de la partícula) y mecánicas del material [3]. Debido a esto, se han desarrollado varios tipos de molinos, los cuales varían dependiendo de la manera en la que son aplicadas las fuerzas (impacto, corte, presión, etc.) [4]. A continuación, la tabla 1 muestra los diferentes molinos existentes en el mercado junto con el tamaño del producto final, la relación de reducción y la fuerza aplicada.

Tabla 1. Tipos de Molinos existentes en el mercado [2].

| Tipo de reducción de tamaño | Equipo | Tamaño del producto final | Relación de reducción (tamaño inicial/final) | Fuerza principal aplicada |
|--|-------------------------|------------------------------------|--|---------------------------|
| Esfuerzo entre dos herramientas abrasivas | Triturador de rodillos | >10 mm | 4-6 | Presión y corte |
| | Molino de rodillos | 5-100 μm | >20 | Presión (corte) |
| | Molino de martillos | 50 μm -10 μm | 10 | Impacto (corte) |
| | Triturador de martillos | >8 mm | 5 | Impacto |
| Esfuerzo de una herramienta abrasiva | Molino de pines | 2-50 μm | >50 | Impacto |
| | Molino coloidal | 5-20 μm | >50 | Corte |
| | Desintegrador | >100 μm | >20 | Impacto y corte |
| | Molino rotatorio | 20-100 μm | 10-25 | Corte (Impacto) |
| Esfuerzo por movimiento relativo de partículas | Impulsor de trituración | 20-300 μm | >30 | Corte e Impacto |

Este escrito examina a detalle el método de molienda para la reducción de tamaño, específicamente el de molino de pines que se detalla en la siguiente sección.

Molinos de pines

El molino de pines es una máquina que utiliza fuerzas de impacto para reducir el tamaño del producto. El molino de pines es un aparato mecánico que contiene 2 discos, un disco que es rotatorio, y otro disco que permanece estacionario.



Figura 1. Molino de pines de la marca MUNSON [5].

Ambos discos tienen pines montados simétricamente y concéntricamente los cuales pueden tener diferentes configuraciones, tamaños y formas dependiendo del uso que se quiera darle al molino. La velocidad de rotación del disco móvil también varía dependiendo del tamaño y del tipo de producto que se desea moler.

Para la molienda, el producto es alimentado por el centro del molino donde tiene una compuerta reguladora que permite el paso del grano. Al girar el disco rotatorio, la fuerza centrífuga hace que el grano se mueva hacia afuera, provocando que se choque el producto con los pines, y como consecuencia de ese choque se reduzca el tamaño del grano. Para que no se escape el polvo de la cámara, se utilizan empaques que funcionan como sello hermético. También se usa un tamiz que ayuda a controlar que el tamaño de grano sea el requerido y que se tenga una distribución de grano uniforme. Este tamiz varía de número de malla dependiendo el uso que se quiera dar al molino, ya que para se puede requerir diferentes tamaños de producto con diferentes números de malla. Por último, el producto que se obtiene de la molienda pasa a través de un sistema de descarga al recipiente donde se almacena. Por estas características, el molino de pines llega a obtener un tamaño del producto final de entre 5 a 100 μm [2].

Para el presente trabajo, se tomó en cuenta el TIC de “Diseño de un Molino de Pines” [1] presentado por los estudiantes Amaguaña y Casco, como base para realizar la optimización del diseño y la construcción de la máquina. En la siguiente figura se observa el diseño conceptual del molino de pines realizado por Amaguaña y Casco.

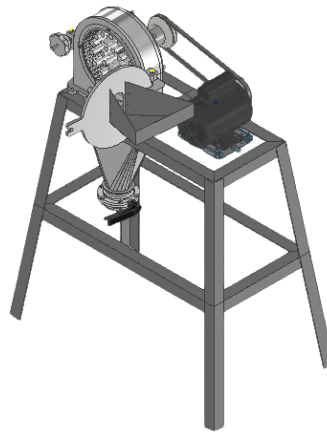


Figura 2. Diseño conceptual del molino de pines [1].

En base al diseño que se muestra en la figura 2, se procedió a dividir en tres grupos o componentes todos los elementos del molino de pines, tratando de que los elementos del componente se relacionen. Como resultado, el primer componente A tiene como elementos a todas las piezas que son fijas dentro y fuera de la cámara de molienda; el segundo componente B, en cambio, a los elementos que giran a altas revoluciones para que se produzca la molienda; y por último, el componente C que se encargará de la parte eléctrica, la protección de bandas y la estructura metálica donde se asentará el molino, junto con las bases tanto para el motor como para los rodamientos. En las siguientes tablas se detalla el resultado de la división de los componentes junto con sus elementos correspondientes asignados a cada estudiante que participa en el TIC actual.

Tabla 2. Detalle de elementos del componente A.

| Componente (Estudiante asignado) | Elemento |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">Componente A (Byron Vásconez)</p> | Tolva de alimentación con compuerta de dosificación. |
| | Disco fijo del molino de pines |
| | Bisagra y compuerta |
| | Conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda |
| | Pines del disco fijo |
| | Cámara de molienda |

Tabla 3. Detalle de elementos del componente B.

| Componente (Estudiante asignado) | Elemento |
|---|---|
| Componente B (Mesías Simbaña) | Disco rotatorio del molino de pines |
| | Pines del disco rotatorio |
| | Elemento de sujeción del disco rotatorio |
| | Eje del molino |
| | Soporte del rodamiento del eje del molino |
| | Polea del eje del molino |
| | Chaveta del eje del molino |
| | Conjunto del tamiz circular |
| | Perilla de sujeción de la puerta del molino |

Tabla 4. Detalle de elementos del componente C.

| Componente (Estudiante asignado) | Elemento |
|---|--|
| Componente C (Jaiber Albuja) | Polea del motor |
| | Chaveta de la polea del motor |
| | Bastidor del molino |
| | Protección del sistema de bandas |
| | Base del motor y sistema de templado de bandas |
| | Tolva de descarga |
| | Sistema de regulación de descarga |
| | Sistema eléctrico. |

Este escrito se enfoca en los elementos del componente B, los cuales se detallarán profundamente en el capítulo 2.

2 METODOLOGÍA

Para la realización del presente Trabajo de Integración Curricular, es necesario entender primero acerca de la metodología de la investigación existente para así definir varios parámetros que son esenciales para la investigación científica que se hizo para la obtención del TIC en cuestión. Primeramente, se debe entender el concepto de la metodología de la investigación científica. Según Bernal el método de investigación científica hace referencia al “conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación” [6]. A lo largo de la historia se han determinado varios métodos de investigación científica (deductivo, inductivo, inductivo-deductivo, hipotético-deductivo, entre otros) dependiendo de los enfoques que se deseen usar para llegar a la solución de un problema. Para el presente trabajo, se determinó que se usará el método hipotético-deductivo el cual parte de una generación de hipótesis para la solución de un problema que depende de dos premisas: una universal que hace referencia a las leyes y teorías científicas, y otra empírica con problemas específicos para su resolución [7]. Aplicado al presente trabajo, se partió de un problema específico de la necesidad de un molino para la trituración de maíz específicamente (método deductivo), y junto con las leyes y teorías científicas de la molienda, además de la metodología del diseño de máquinas (método hipotético), se propuso un diseño hipotético de un molino de pines de acuerdo a las especificaciones del cliente.

Por otro lado, el enfoque de investigación de este trabajo es un enfoque cuantitativo el cual se relaciona con el método de investigación seleccionado ya que el enfoque cuantitativo utiliza una “recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas y probar teorías” [8]. Es decir, se parte de un diseño preliminar (hipótesis) del molino, el cual debe cumplir con normas y leyes de diseño existentes, y se realizan las pruebas necesarias para el cumplimiento de estos estándares. Para este trabajo, se realizó un análisis y optimización del diseño realizado en el TIC “Diseño de un Molino de Pines” [1], con lo que se propuso otra hipótesis la cual va a ser verificada con la construcción y funcionamiento correcto de dicha máquina. De manera que, el trabajo que se realizó se enfoca específicamente en la optimización y la construcción del molino de pines, con lo que se obtiene un prototipo de la máquina diseñada, el cual será sometido a un protocolo de pruebas para la verificación de funcionalidad del mismo.

Un aspecto vital para el proceso de investigación es la recolección de información. Según Torres, la información recolectada debe ser “verificable, que responda lo que se pretende demostrar con la hipótesis formulada” [9]. Además, la confiabilidad, validez y objetividad

son requisitos imprescindibles en la recolección de información [8]. Para este trabajo, se usó la Web como base de datos para la recopilación de información que sea útil para un mayor entendimiento del funcionamiento de los molinos, específicamente de los molinos de pines. Para la adquisición de esta información, se emplearon varios tipos de documentos: artículos, catálogos, libros, manuales, tesis y videos. De estos tipos de documentos se obtuvieron diferentes perspectivas nacionales e internacionales con las que se adquieren los parámetros necesarios para un rediseño y construcción del molino de pines en cuestión.

Después de la recolección de información, se realizó un análisis de la información para escoger los parámetros que son importantes para la ejecución del presente trabajo. Se verificó que la información sea veraz y confiable, y se sintetizó de manera que los aspectos vitales se presenten en el marco teórico. Por otro lado, para el análisis del producto final, se propuso realizar un protocolo de pruebas que verifique que los elementos de los componentes del molino de pines se encuentren funcionando correctamente y que cumplan con los requisitos mínimos de operatividad.

2.1 Parámetros de cumplimiento de los objetivos propuestos

Para definir los parámetros de cumplimiento de los objetivos específicos propuestos, se debe tener claro que elementos forman parte del componente B, los cuales se detallan a continuación:

- Disco rotatorio del molino de pines
- Pines del disco rotatorio
- Eje del molino
- Soportes del rodamiento del eje del molino
- Polea del eje del molino
- Chaveta del eje del molino
- Conjunto del tamiz circular
- Perilla de sujeción de la puerta del molino.

Para cada uno de los elementos detallados anteriormente que forman parte del componente B se debe cumplir con lo siguiente:

1. Revisar el diseño propuesto del elemento en el TIC “Diseño de un Molino de Pines” [1].
2. Analizar y, de ser necesario, optimizar el diseño del elemento en cuestión.
3. Realizar el modelado 3D, ensamblaje y planos definitivos del componente B.
4. Elaborar el CAM y obtener el código G de los elementos del componente B que serán construidos en los equipos CNC disponibles en el laboratorio LABINTECDIMP.
5. Determinar los costos de construcción del componente B.
6. Construir los elementos del componente B, utilizando equipos CNC y equipos convencionales.
7. Desarrollar el montaje de los elementos del componente B y, junto con los componentes A y C, armar el Molino de Pines.
8. Efectuar el protocolo de pruebas en el Molino de Pines construido.

Es necesario mencionar que los numerales 7 y 8 serán verificados en la sección 3: Pruebas, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones. Por otro lado, los numerales 3 y 4, que hacen referencia a los planos y códigos G, se encuentran en los anexos VII para los códigos G y VIII para los planos. Por último, el numeral 5 será analizado en conjunto al final de este capítulo

A continuación, se hará un profundo detalle de cada elemento del componente B, donde se verificará que cumpla con los numerales 1, 2 y 6 de los objetivos específicos.

2.2 Disco rotatorio del molino de pines

En el trabajo “Diseño de un Molino de Pines” [1] este elemento se denomina como “Disco Móvil”. El disco móvil funciona principalmente para generar el movimiento de rotación de la máquina, por ende, es el elemento que va acoplado al eje conducido que transmite la potencia del motor. Además, en el disco móvil van alojados los pines que son los que provocan la reducción de tamaño de grano del producto a moler, en este caso maíz.

A continuación, se hará una comparación del diseño previo y el diseño actual, como se muestra en la figura 3 en donde se observa a la izquierda un esquema del diseño del elemento anterior, y a la derecha el rediseño del mismo elemento:

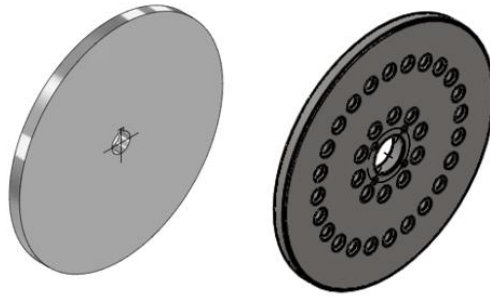


Figura 3. Vista isométrica del disco móvil o disco rotatorio. Izq: diseño anterior [1], Der: diseño actual.

El disco móvil se lo diseñó utilizando acero inoxidable AISI 304 debido a que este elemento va a estar en contacto con alimentos. Primeramente, se observa que el diseño anterior no tiene los agujeros donde van los pines ya que se tenía planificado soldar los pines directamente al disco rotatorio. En el presente diseño se discutió y se tomó la decisión de realizar agujeros en el disco rotatorio para una mejor sujeción de los pines ya que por un lado los pines entrarán con ajuste al disco rotatorio, y por otro lado se utilizará soldadura de relleno para una mejor penetración y mayor área de soldadura y por consiguiente mejor sujeción. En consecuencia, se realizaron avellanados tanto en el disco rotatorio como en los pines para preparar el bisel para la soldadura.

Por otro lado, en el diseño previo, se realizó el mecanizado para el chavetero en el disco rotatorio, como se muestra en la figura 3. Sin embargo, se decidió optimizar este diseño mediante un elemento donde se aloja el eje que transmite la potencia, el cual se denominó “manzana”. La manzana, que va empernada al disco rotatorio, cumple la función de un buje, que en este caso es el de transmitir la potencia de giro del eje al disco rotatorio. Este elemento fue incluido para darle mayor estabilidad al disco rotatorio.

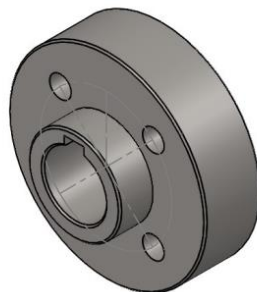


Figura 4. Vista isométrica de la manzana del disco rotatorio.

Por último, a pesar de que en las notas del plano de taller se especifica la eliminación de aristas vivas, se tomó la decisión de hacer chaflanes de 0.5 [mm] x 45° en algunos casos,

y en otros de 1 [mm] x 45°. Las especificaciones de cada uno de estos chaflanes se encuentran en los planos de taller de cada elemento.

En la siguiente figura se muestra el maquinado en el centro de mecanizado CNC Romi D800 del laboratorio LABINTECDIMP, del disco rotatorio.

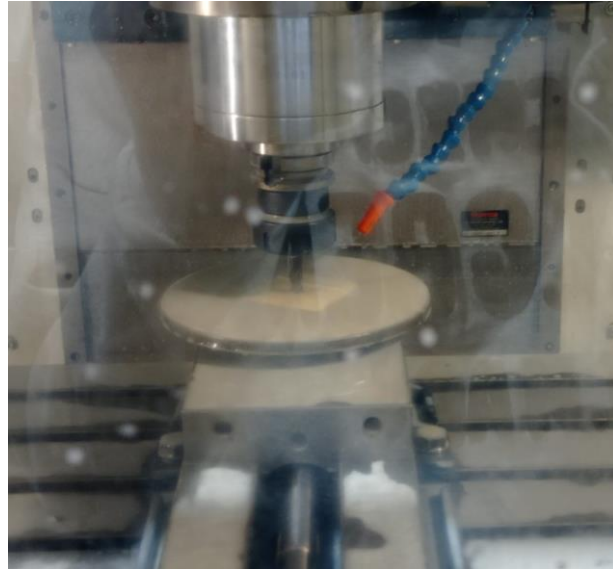


Figura 5. Mecanizado del disco rotatorio.

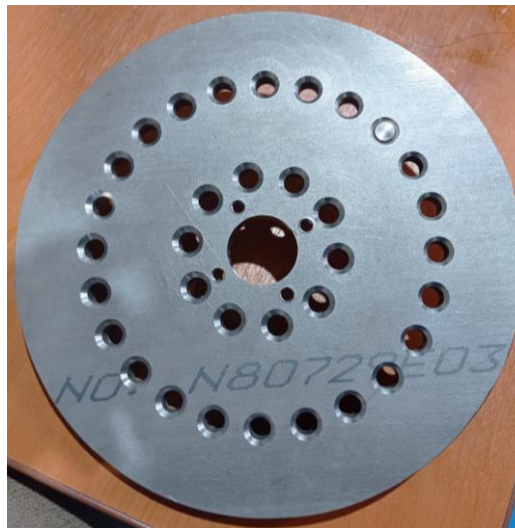


Figura 6. Disco rotatorio.

2.3 Pines del disco rotatorio

Se muestra en la figura a continuación a la izquierda un esquema del diseño del elemento anterior, y a la derecha el rediseño del mismo elemento:

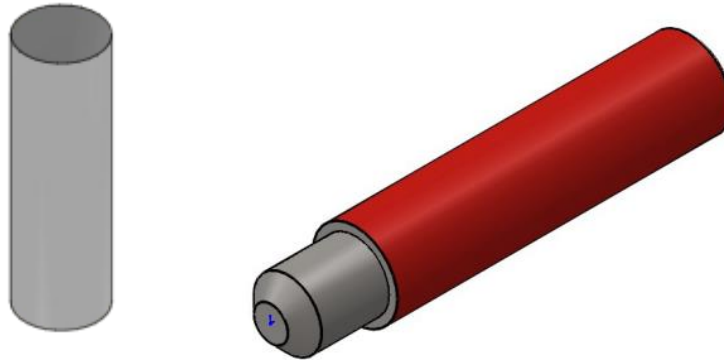


Figura 7. Vista 3D del pin del disco rotatorio. Izq: diseño anterior [1], Der: diseño actual.

Los pines, al igual que el disco rotatorio, se los diseñaron utilizando acero inoxidable AISI 304 debido a que estas piezas trabajan con alimentos. El diseño anterior muestra un eje de una misma dimensión debido a que estos pines iban asegurados al disco con soldadura de filete, por lo que no era necesario ninguna preparación. No obstante, debido al rediseño del disco rotatorio, para un fácil montaje se determinó realizar una disminución del diámetro del pin para la parte donde se juntarán el disco rotatorio con el pin, creando así un tope para poder acoplar ambas piezas con mayor facilidad.

Para las dimensiones de los pines, se utilizó el software SolidWorks para modelar en 3D los ensamblajes de tanto el disco rotatorio como del disco fijo dentro de la cámara de molienda con el propósito de verificar si existe alguna interferencia al cerrar la compuerta, y si es el caso, modificar las medidas para eliminar esta interferencia.

Por otro lado, por las modificaciones de diseño en el disco móvil, se efectuaron avellanados en todos los pines para disponerlos para ser soldados al disco rotatorio utilizando soldadura por arco con electrodo revestido.

2.4 Soporte del retenedor del eje

En el diseño realizado en el TIC “Diseño de un Molino de Pines” no existía este elemento, sin embargo, fue añadido en el nuevo diseño ya que este soporte aloja un retenedor que evita que el polvo de la cámara de la molienda salga entre la abertura del eje y la carcasa del molino.

Se muestra en la figura a continuación el diseño del mismo:



Figura 8. Vista 3D del soporte del retenedor.

Por otro lado, se muestra el retenedor que se utilizará con el propósito de mantener el polvo dentro del molino, y que no se escape por el eje del molino.



Figura 9. Retenedor del eje del molino de pines.

En la siguiente imagen se observa el maquinado del soporte de retenedor en el centro de mecanizado CNC que se encuentran en el LABINTECDIMP.

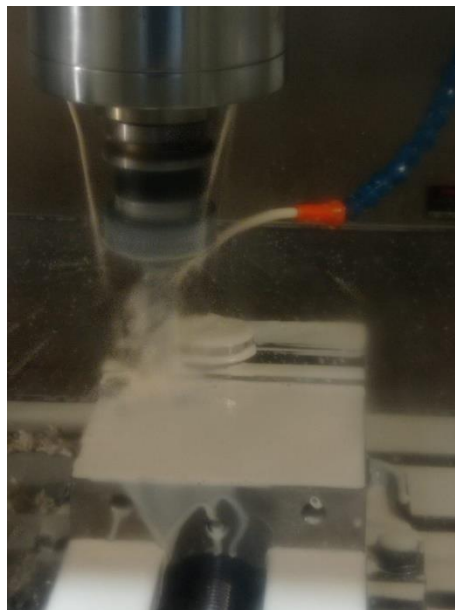


Figura 10. Maquinado del soporte de retenedor.

2.5 Eje del molino de pines

Para el eje del molino, al comparar con el diseño anterior mostrado en el TIC “Diseño de un Molino de Pines” [1] se observa que las dimensiones de diámetros que son fundamentales se mantienen iguales en su mayoría ya que no se realizaron cambios en ningún elemento que va acoplado en el eje. Se muestra en la siguiente figura la vista superior del nuevo diseño del eje.

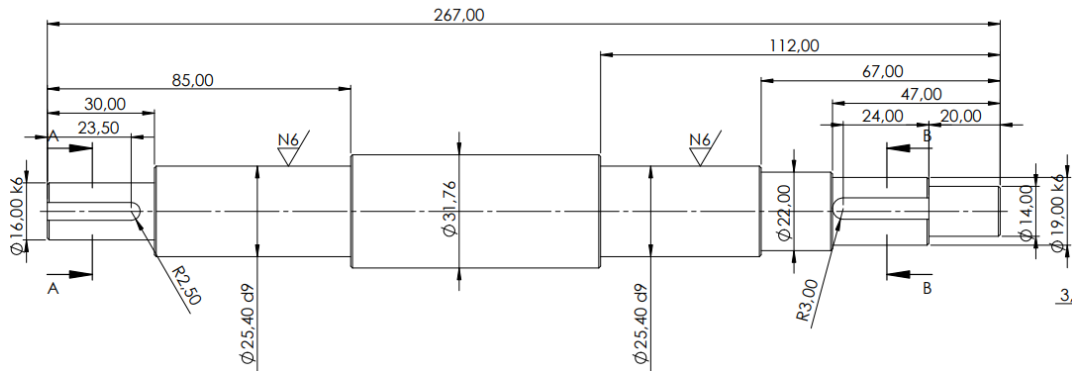


Figura 11. Vista superior del eje conducido.

Al comparar con el diseño anterior, se analizaron las diferencias que existen en los largos de cada sección, de donde se concluyó que las longitudes de las secciones si cambiaron por lo que se debe verificar el diseño estático y a fatiga del eje. A continuación, se presenta el diagrama de cuerpo libre del eje:

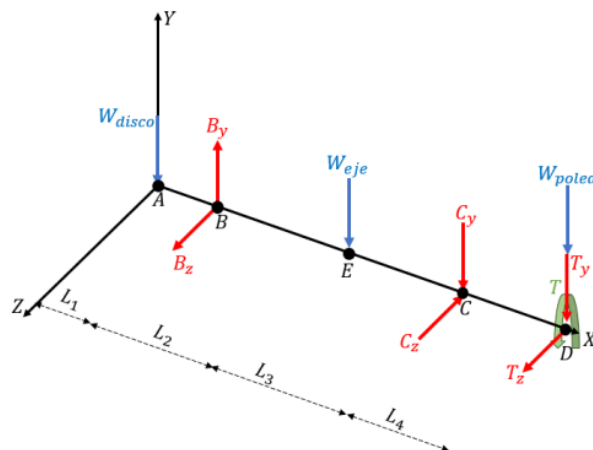


Figura 12. DCL del eje conducido.

Donde el punto B representa las reacciones de la chumacera 1, mientras que el punto C las reacciones de la chumacera 2. Se buscó referencias bibliográficas que nos ayuden con el peso estimado por m, denominado P , de barras de acero inoxidable AISI 304 [10], con

lo que se obtuvieron los pesos del eje y del disco al multiplicar por la longitud de la barra y la gravedad. Es decir,

$$W_{barra} = P \left[\frac{kg}{m} \right] * L [m] * g \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Ecuación 1. Peso de una barra de acero inoxidable.

A continuación, se reemplaza en la ecuación 1 para obtener los pesos del disco rotatorio, el eje, la manzana y los pines.

$$W_{disco} = 246,63 \left[\frac{kg}{m} \right] * 0,01[m] * 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right] = 24,17 [N]$$

$$W_{pines} = 10,28 [N]$$

$$W_{manz} = 5,93 [N]$$

$$W_{eje} = 10,12 [N]$$

Además, se tiene:

$$W_{disco,t} = W_{disco} + W_{pines} + W_{manz}$$

Ecuación 2. Peso del disco rotatorio total.

$$W_{disco,t} = 24,17 + 10,28 + 5,93 = 40,38 [N]$$

Por otro lado, para la polea, se acudió al catálogo y se tomó el peso tanto de la polea en V [11] como del casquillo cónico [12], con lo que se obtuvo un peso igual a $W_{polea} = 11,86 [N]$.

Comparando la figura 12 y 13 se puede obtener las longitudes de cada sección: $L_1 = 56 [mm]$, $L_2 = 57,5 [mm]$, $L_3 = 62,5 [mm]$, $L_4 = 57,5 [mm]$ y $L_T = 267 [mm]$.

Con estos datos se calculan las reacciones de los apoyos de los rodamientos.

$$\sum M = 0$$

Ecuación 3. Sumatoria de momentos.

$$\sum MB_z = 0$$

$$W_{disco,t} * L_1 - W_{eje} * L_2 - C_y * (L_2 + L_3) - (W_{polea} + T_y) * (L_2 + L_3 + L_4) = 0$$

$$C_y = -38,54 [N]$$

$$\sum MC_z = 0$$

$$W_{disco,t} * (L_1 + L_2 + L_3) - B_y * (L_2 + L_3) + W_{eje} * L_3 - (W_{polea} + T_y) * (L_4) = 0$$

$$B_y = 65.38 [N]$$

$$\sum MB_y = 0$$

$$C_z * (L_2 + L_3) - T_z * (L_2 + L_3 + L_4) = 0$$

$$C_z = 262.2 [N]$$

$$\sum F_z = 0$$

$$B_z - C_z + T_z = 0$$

$$B_z = -84.93 [N]$$

De los resultados se obtienen los diagramas de cortante y momento flector.

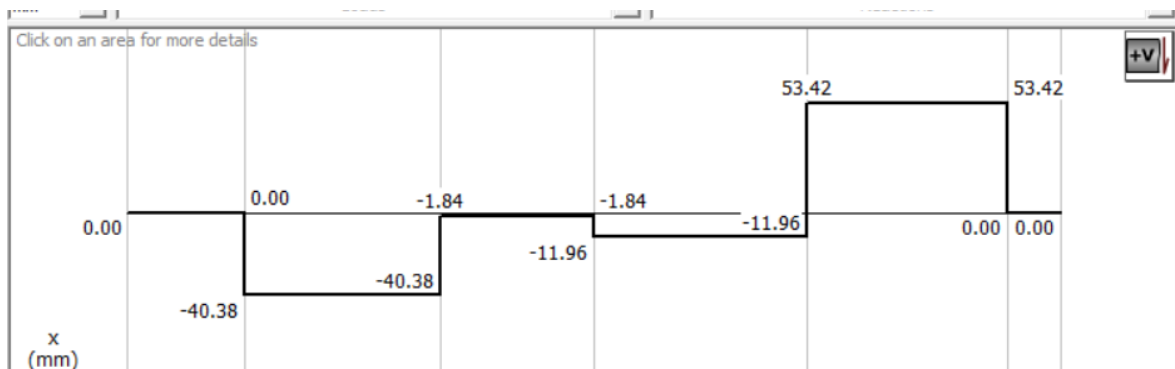


Figura 13. Diagrama de cortante X-Y del eje conducido.

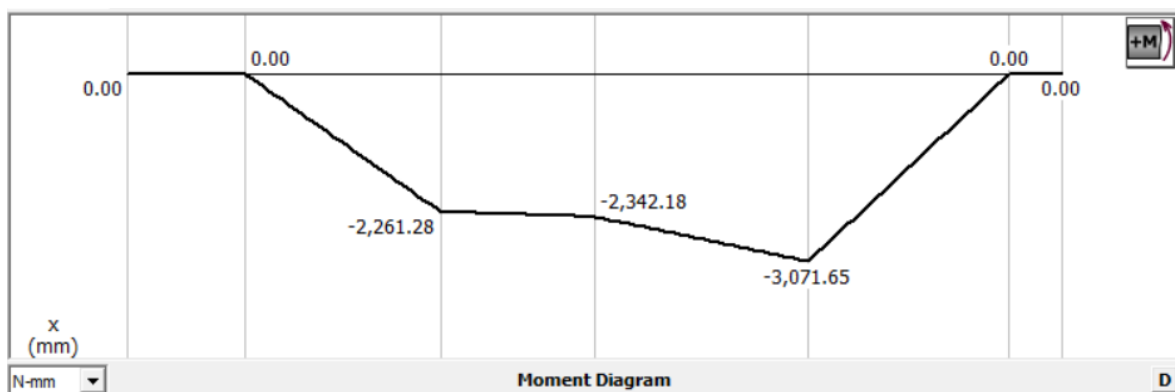


Figura 14. Diagrama de momento flector X-Y del eje conducido.

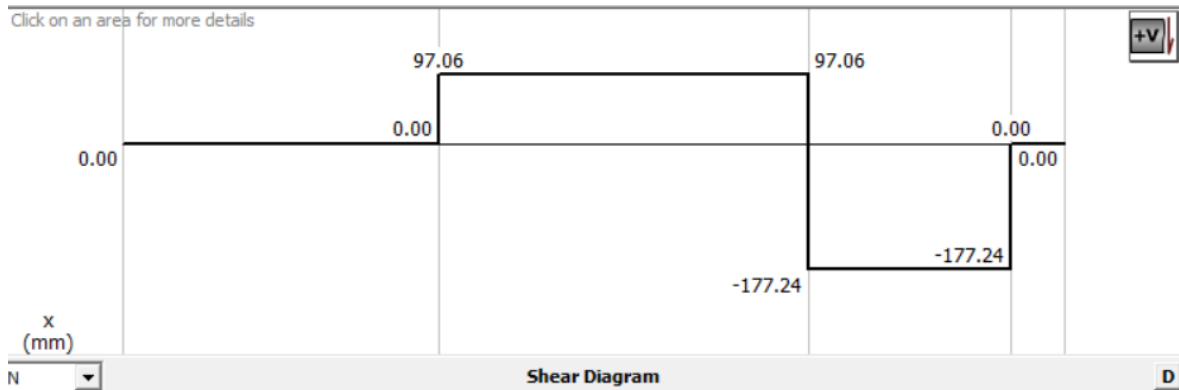


Figura 15. Diagrama de cortante X-Z del eje conducido.

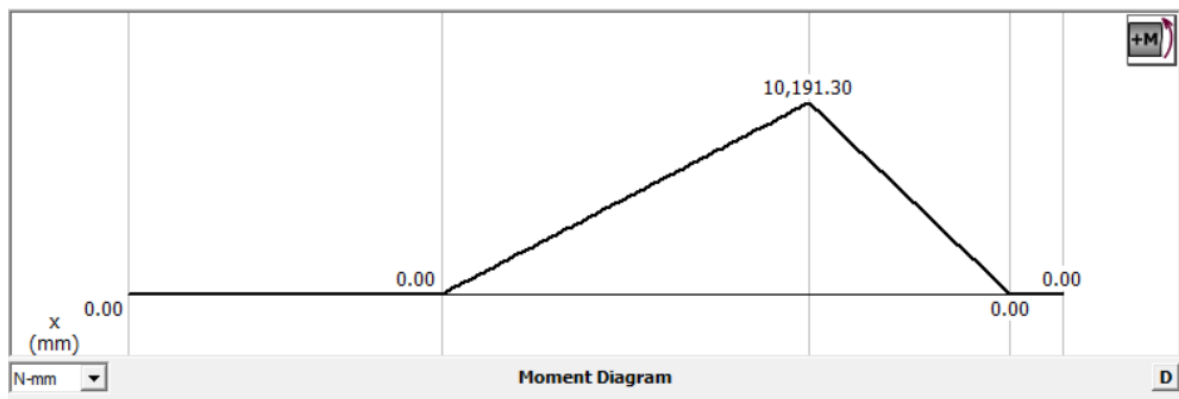


Figura 16. Diagrama de momento flector X-Z del eje conducido.

De las figuras 14 y 16 se observa que el momento mayor se genera en C, con lo que se tiene:

$$M_{total} = \sqrt{MC_{xy} + MC_{xz}}$$

$$M_{total} = 10644,13 [Nmm]$$

Diseño estático

De Von-Misses se tiene:

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 * T_{xy}^2}$$

Ecuación 4. Esfuerzo de Von-Misses [11].

Con $S_y = 276 \text{ Mpa}$, y $n = 3$:

$$\frac{S_y}{n} = \sqrt{\left(\frac{32 * M_{max}}{\pi d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{16 * T}{\pi d^3}\right)^2}$$

$$d^6 = \frac{\left(\frac{32 * M_{max}}{\pi d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{16 * T}{\pi d^3}\right)^2}{\left(\frac{S_y}{n}\right)^2}$$

$$d^6 = \frac{\left(\frac{32 * 10644,13 [Nmm]}{\pi}\right)^2 + 3 * \left(\frac{16 * 4060 [Nmm]}{\pi}\right)^2}{\left(\frac{276Mpa}{3}\right)^2}$$

$$d = 10.75 [mm]$$

El diámetro que se calculó es el mínimo que soporta las cargas estáticas sometidas al eje, con lo que si cumple el diseño propuesto en la figura 11. Sin embargo, el eje estará girando a altas revoluciones por lo que se debe verificar a fatiga.

Diseño a fatiga

Para calcular el diseño a fatiga, se deben tener en cuenta los factores de Marin que se expresan en la siguiente ecuación.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e$$

Ecuación 5. Límite de resistencia a la fatiga de Marin [11].

Donde:

k_a = factor de modificación por la condición superficial.

k_b = factor de modificación por el tamaño.

k_c = factor de modificación por la carga.

k_d = factor de modificación por la temperatura.

k_e = factor de confiabilidad.

k_f = factor de modificación por efectos varios.

S'_e = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

S_e = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina

en la geometría y condición de uso.

Para el cálculo de k_a se tiene:

| Acabado superficial | Factor a | | Exponente b |
|------------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| | S_{ut} , kpsi | S_{ut} , MPa | |
| Esmerilado | 1.34 | 1.58 | -0.085 |
| Maquinado o laminado en frío | 2.70 | 4.51 | -0.265 |
| Laminado en caliente | 14.4 | 57.7 | -0.718 |
| Como sale de la forja | 39.9 | 272. | -0.995 |

Figura 17. Parámetros para cálculo de k_a [11].

$$k_a = aS_{ut}^b = 0.8$$

Para el cálculo del S_e se considera lo siguiente: $k_b = k_c = k_d = k_e = k_f = 1$

Con $S'_e = 276$ [MPa], se tiene:

$$S_e = 0.8(276) = 220.8$$
 [MPa]

Utilizando el criterio de ED-Goodman, se tiene la siguiente ecuación

$$d = \sqrt[3]{\left\{ \frac{16n}{\pi} \left(\frac{2K_f M_a}{S_e} \right) + \frac{\sqrt{3(K_{fs} T_m)^2}}{S_{ut}} \right\}}$$

Ecuación 6. Estimación del diámetro por el criterio ED – Goodman [11].

Donde $K_f = K_t = 1.7$ son factores de concentración para flexión, y $K_{fs} = K_{ts} = 1.5$ son factores de concentración para torsión, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5. Valores de factores de concentración K_t y K_{ts} [11].

| | Flexión | Torsión | Axial |
|---|---------|---------|-------|
| Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$) | 2.7 | 2.2 | 3.0 |
| Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$) | 1.7 | 1.5 | 1.9 |
| Cuñero fresado ($r/d = 0.02$) | 2.2 | 3.0 | — |
| Cuñero de patín o trapezoidal | 1.7 | — | — |
| Ranura para anillo de retención | 5.0 | 3.0 | 5.0 |

Para un factor de seguridad $n = 2$, se remplazan los valores en la ecuación 6, con lo que se obtiene lo siguiente:

$$d = 11.92$$
 [mm]

Con eso se comprueba que el diámetro mínimo es de 11.92 [mm]. En el nuevo diseño, figura 12, se observa que el diámetro más pequeño es de 14 [mm] con lo que se verifica que el eje está diseñado estáticamente y a fatiga.

2.6 Soportes de rodamientos

Este elemento es diferente a los demás ya que tanto las chumaceras como los rodamientos no fueron construidos, sino que solamente fueron seleccionados de catálogos de distribuidores locales.

Se muestra en la figura a continuación a la izquierda un esquema del diseño del elemento anterior, y a la derecha el rediseño del mismo elemento:

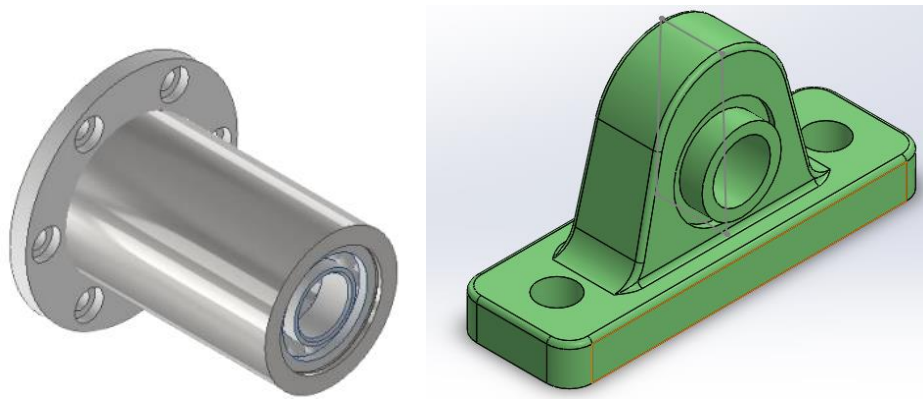


Figura 18. Vista 3D del soporte de rodamientos. Izq: diseño anterior [1], Der: diseño actual.

Para los soportes de rodamientos, el diseño anterior tenía un soporte tipo eje hueco el cual tenía una brida soldada para sujetar el soporte de los dos rodamientos con la cámara de molienda. Sin embargo, se decidió cambiar por rodamientos con chumaceras para aliviar cargas de peso y darle mayor estabilidad al eje.

Por otro lado, buscando distribuidores locales de chumaceras, y tomando en cuenta las cargas obtenidas del TIC “Diseño de un Molino de Pines” [1], se seleccionó la marca Translink el rodamiento UC 205-16 y el soporte de pie del rodamiento UCP 205-16. En el anexo I y anexo II se encuentra el catálogo de Translink [10] para soporte de rodamientos y rodamientos, respectivamente. De acuerdo con el fabricante, la carga dinámica que soporta este rodamiento es de 10,78 [kN], que al compararla con la carga de 5,178 [kN] calculada en el trabajo de los estudiantes Amaguaña y Casco [1], se comprueba que los rodamientos soportan las cargas de los elementos que se alojan en el eje.

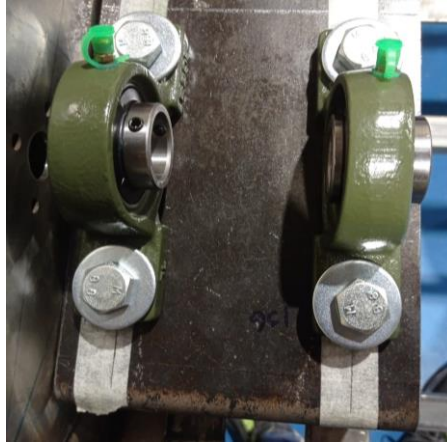


Figura 19. Posicionamiento chumaceras.

2.7 Polea del eje

Al igual que los soportes de rodamiento, este elemento solamente fue calculado para realizar la selección de poleas que cumplan con las especificaciones para el movimiento del eje. Por lo tanto, para esta pieza solo se hablará acerca de la selección del proveedor de poleas.

Para la polea del eje, responsable de la transmisión de potencia, no se realizó ningún cambio con respecto a los cálculos de los parámetros para la selección del mismo realizados en el TIC de “Diseño de un Molino de Pines” [1]. Sin embargo, se cambió de proveedor ya que INTERMEC es una distribuidora de bandas y poleas de Colombia, y no tiene sede aquí en Ecuador. Por lo tanto, se decidió utilizar la marca alemana Optibelt que se encuentra en nuestro medio y que vende principalmente productos de correas de todo tipo (trapeziales, dentadas, múltiples) y poleas (acanaladas, dentadas, estriadas).

De acuerdo al documento, se necesita una polea para el eje del molino de pines de un canal que tenga de diámetro 67 [mm] y que tenga una relación de transmisión de 1:2 para la polea del eje con respecto a la polea del motor. Con esto, se busca que el eje reciba una velocidad de giro de 3500 rpm partiendo de las 1750 rpm que entrega el motor. Con estos datos se va al catálogo del distribuidor, en este caso Optibelt, donde nos provee de una calculadora para obtener varias opciones de poleas con los parámetros dados anteriormente. También se decidió escoger una polea en V con casquillos de sujeción cónicos por su facilidad de instalación y acoplamiento con el eje del molino. El software nos sugirió los siguientes modelos para las poleas y casquillos cónicos respectivamente: SPA 100-1 (diámetro externo: 100 mm, 1 canal) y casquillo cónico fue 1610-16 (diámetro interno: 16 mm). Los catálogos de poleas [11] y casquillos cónicos [12] se encuentran en el anexo

III y IV respectivamente. También se muestran en las siguientes imágenes la polea y el casquillo cónico comprado.



Figura 20. Polea en V de un canal seleccionada marca Optibelt.



Figura 21. Casquillo de sujeción cónico seleccionado marca Optibelt.

2.8 Chavetas del eje del molino

Con respecto a las chavetas del eje del molino, el diseño previo realizado en el TIC “Diseño de un Molino de Pines” fue revisado y se determinó que no era necesaria ninguna optimización, por lo que se mantuvo el mismo diseño. Las chavetas que se utilizarán servirán para el acople del eje con la polea y con la manzana, y por ende, con el disco rotatorio. Las chavetas aseguran tanto el eje con la manzana o polea para que no exista ningún movimiento relativo entre ellos. Para ambos casos, se decidió fabricar las chavetas con las siguientes dimensiones:

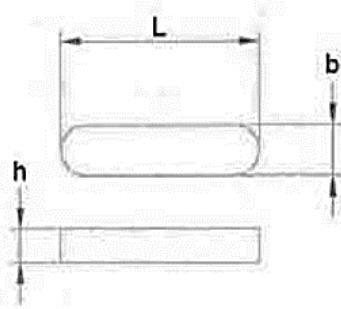


Figura 22. Esquema de una chaveta.

Tabla 6. Dimensionamiento de las chavetas

| Chaveta | h [mm] | b [mm] | L [mm] |
|-------------|--------|--------|--------|
| Eje-polea | 5 | 5 | 26 |
| Eje-manzana | 6 | 6 | 27 |

Con respecto a los chaveteros, la polea ya viene incorporado el chavetero, y en el caso del eje y de la manzana, se especifican en cada plano de taller las dimensiones de dichos chaveteros.

2.9 Conjunto de tamiz circular

Se muestra en la figura a continuación a la izquierda un esquema del diseño del elemento anterior, y a la derecha el rediseño del mismo elemento:

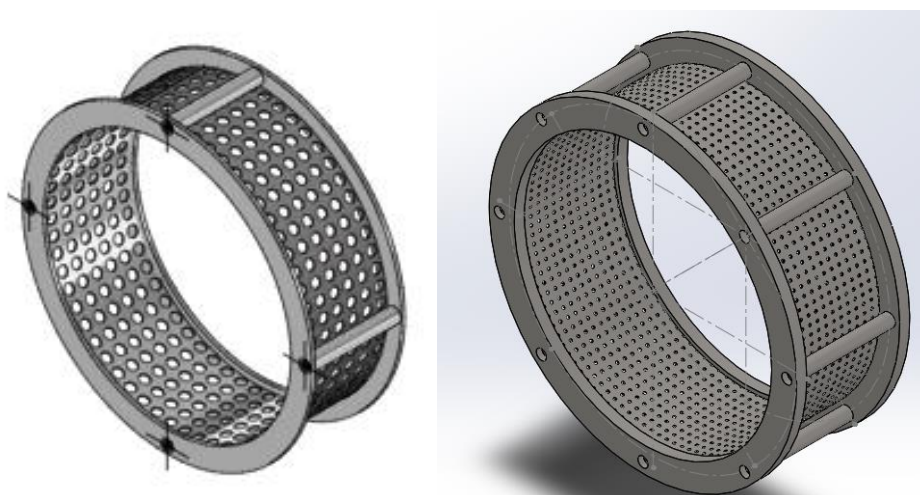


Figura 23. Vista 3D del conjunto tamiz circular. Izq: diseño anterior [1], Der: diseño actual.

En el diseño anterior, se denominó criba al conjunto que por medio de un tamiz controla el tamaño de grano mínimo que cumpla con los requerimientos del usuario. En el diseño

actual se le cambió de nombre a conjunto del tamiz circular. Primeramente, se observa en el diseño previo que se utilizaron 4 espaciadores para los aros del tamiz circular. Para dar un mayor soporte entre aros, se decidió aumentar el número de espaciadores a 8, consiguiendo así un conjunto más robusto. Para el anclaje de los espaciadores a los aros, se realizaron agujeros y se hicieron roscas M6 por medio de machuelos para que el tamiz se sujete dentro de las aberturas que se maquinaron en los aros.

Por otro lado, para el tamiz circular, se decidió seleccionar un tamiz de proveedores locales en vez de construirlo con el fin de que se realice un correcto control del producto molido.

Por último, para los aros se aumentó el espesor de los aros de 3 [mm] a 8 [mm] con el fin de que los aros del tamiz sean más firmes. Además, se realizó una ranura de 1 [mm] de diámetro y 3 [mm] de profundidad que es donde se alojará el tamiz circular.

En las figuras a continuación se observa el maquinado de los elementos en cuestión.



Figura 24. Mecanizado del aro del tamiz circular.

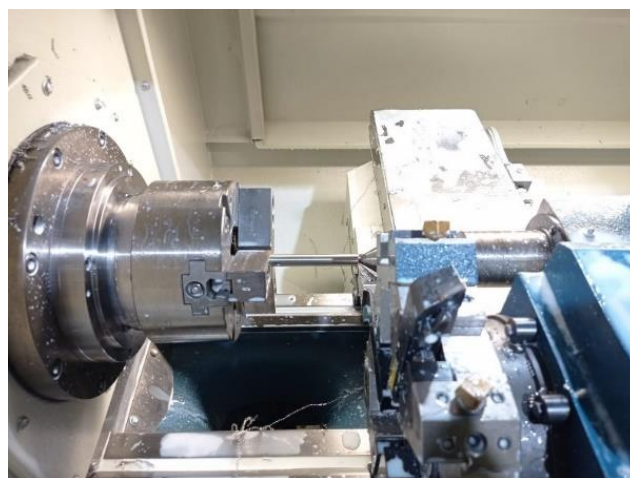


Figura 25. Mecanizado de los espaciadores del tamiz circular.

En las siguientes imágenes en cambio se observa el ensamble del tamiz circular con los aros y los espaciadores.

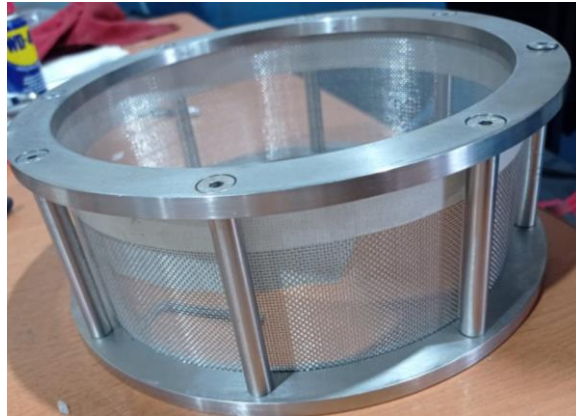


Figura 26. Ensamble tamiz circular.

2.10 Perilla de sujeción de la puerta del molino

En el TIC de “Diseño de un Molino de Pines” [1] la perilla consta de dos conjuntos: conjunto cilindro de bisagra y perno, y la manija o perilla. En el presente trabajo, se verificó y se mantuvo el diseño del conjunto cilindro de bisagra y perno; y, por otro lado, se realizaron cambios en el diseño de la perilla. Primeramente, el conjunto cilindro de bisagra y perno consta de 2 elementos: un cilindro hueco donde pasa una bisagra para permitir el movimiento rotatorio del conjunto, y un perno M12 el cual fue cortada la cabeza, con el fin de permitir el movimiento de la perilla para facilitar el ajuste. Estos elementos fueron unidos mediante soldadura, como se muestra en la figura 27.

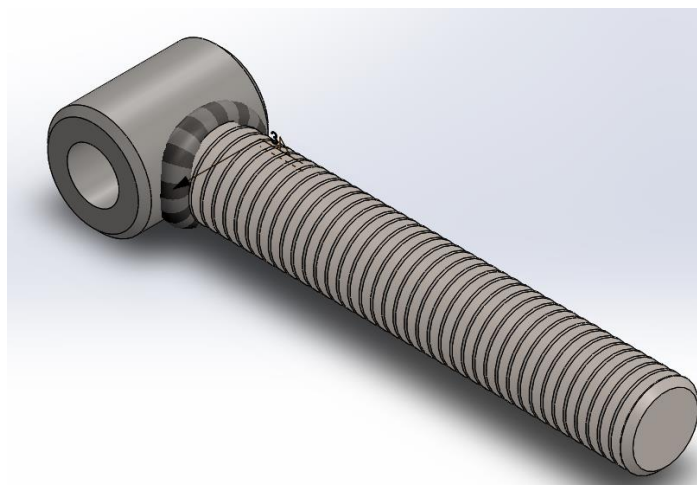


Figura 27. Vista 3D del conjunto cilindro de bisagra y perno.

Por otro lado, se realizaron varias modificaciones al diseño de la perilla de sujeción a la puerta del molino. En la figura 28 se muestran tanto el diseño previo como el diseño actual de la pieza.

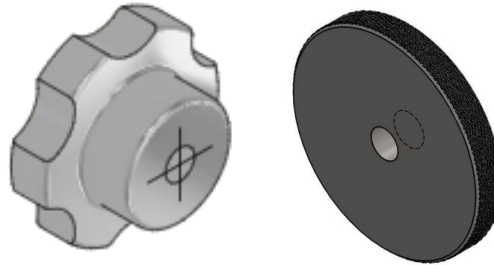


Figura 28. Vista 3D de la perilla de sujeción. Izq: diseño anterior [1], Der: diseño actual.

En el diseño anterior, se muestra una perilla hendiduras para poder agarrar de mejor manera. Sin embargo, se decidió hacer una perilla de sujeción mucho más simple, ahorrando material, tiempo de maquinado y reduciendo el costo. Se eliminaron las hendiduras y se cambió por un moleteado para brindar el agarre necesario en la perilla; y, por otro lado, se disminuyó el espesor de la perilla en 16 [mm]. Además, se especificaron los chaflanes de $1 \times 45^\circ$ para eliminar las aristas vivas en el diámetro externo de la perilla. Esta perilla, como muestra en la figura 29 fue soldada a una tuerca M12 para darle mayor estabilidad al enroscarse con el perno M12.

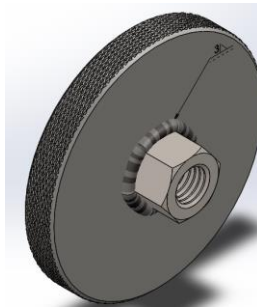


Figura 29. Vista 3D del ensamblaje perilla y tuerca M12.

En las siguientes figuras se observa la construcción de los elementos mencionados anteriormente.



Figura 30. Conjunto cilindro de bisagra-perno.



Figura 31. Perilla de sujeción.

2.11 Costos de construcción

Para el cálculo de los costos de la construcción del molino de pines, se tomó en cuenta las siguientes variables que cumplen con la fórmula:

$$CC = CMP + CMOM$$

Ecuación 7. Costo total de construcción.

Donde:

CC representa el costo total de construcción.

CMP representa el costo de la materia prima.

CMOM representa el costo de mano de obra/maquinado.

El costo de la materia prima contempla varios elementos: la materia prima, los equipos y los elementos normalizados. Por otro lado, en el costo de mano de obra/maquinado se encuentran los precios de mano de obra directa e indirecta (mantenimiento, depreciación, energía eléctrica, indirectos de fabricación).

A continuación, se muestran a detalle los rubros para la determinación de cada uno de los costos para la fabricación del componente B del molino de pines.

Costo de la materia prima (CMP)

En la siguiente tabla se muestra los costos de la materia prima del componente B.

Tabla 7. Detalle de costos de la materia prima del componente B.

| Elemento | Descripción | Cant. | Mag. | Precio Unitario | Precio Total |
|-----------------------------|--|--------------|-------------|------------------------|---------------------|
| Manzana disco rotatorio | Eje A. Inoxidable 304 2 1/2" x50 | 0.055 | MT | \$ 210.00 | \$ 10.27 |
| Manzana disco rotatorio | Perno Allen avellanado Inox. 6 x 1 x 16 mm | 6 | UND | \$ 0.10 | \$ 0.60 |
| Disco rotatorio | Plancha 205x205x10 mm A. Inox 304 | 1 | UND | \$ 28.59 | \$ 28.59 |
| Pines | Eje Inox. 304 RED 10mm x 6m | 6 | MT | \$ 5.36 | \$ 32.16 |
| Soporte de retenedor | Eje A. Inoxidable 304 55 x 10 mm | 1 | UND | \$ 1.94 | \$ 1.94 |
| Soporte de retenedor | Perno Allen avellanado Inox. 6 x 1 x 12 mm | 6 | UND | \$ 0.11 | \$ 0.66 |
| Eje conductor | Eje Inox. 304 RED 1 1/4" | 0.36 | MT | \$ 53.60 | \$ 19.30 |
| Chumaceras | Chumacera Translink UCP205-16 | 2 | UND | \$ 8.40 | \$ 16.80 |
| Polea del eje | Polea SPA 100mm 1 canal Bushing 1610 | 1 | UND | \$ 20.00 | \$ 20.00 |
| Aros tamiz circular | Plancha 250x250x8 mm A. Inox 304 | 2 | UND | \$ 34.67 | \$ 69.33 |
| Espaciadores tamiz circular | Eje Inox. 304 RED 1/2" | 0.6 | MT | \$ 8.91 | \$ 5.35 |
| Tamiz circular | Malla del tamiz circular | 1 | UND | \$ 25.00 | \$ 25.00 |
| Perilla de sujeción | Eje A. Inoxidable 304 75 x 10 mm | 1 | UND | \$ 3.62 | \$ 3.62 |
| Parte ext. Bisagra | Plancha 28x22x10 mm A. Inox 304 | 2 | UND | \$ 3.52 | \$ 7.04 |
| Bisagra perilla de sujeción | Perno Hex. Inox. 931/933 8 x 1.25 x 40 mm | 1 | UND | \$ 0.35 | \$ 0.35 |
| Bisagra perilla de sujeción | Tuerca Hex. Inox. 8 x 1.25 mm | 2 | UND | \$ 0.11 | \$ 0.22 |
| Bisagra perilla de sujeción | Arandela Plana SAE Inox. 5/16 (8mm) | 4 | UND | \$ 0.06 | \$ 0.24 |
| | Broca HSS Cobalto 6 mm | 2 | UND | \$ 1.80 | \$ 3.60 |
| | Lija disco flap 4 1/2 GR120 | 1 | UND | \$ 3.50 | \$ 3.50 |
| Subtotal | | | | | \$248.56 |
| IVA 12% | | | | | \$ 29.83 |
| Total | | | | | \$278.39 |

Costos de mano de obra/maquinado (CMOM)

En la siguiente tabla se muestra los costos de mano de obra/maquinado del componente B. En este detalle se incluyen los costos de material de aporte y gas argón que fueron utilizados para realizar los trabajos de soldadura.

Tabla 8. Detalle de los costos de mano de obra y maquinado del componente B.

| Descripción | Cant. | Mag. | Precio Unitario | Precio Total |
|---------------------------------------|-------|------|-----------------|--------------|
| Maquinado en torno CNC | 600 | MIN | \$ 12.39 | \$ 189.52 |
| Maquinado en centro de mecanizado CNC | 120 | MIN | \$ 15.59 | \$ 58.72 |
| Maquinado en torno convencional | 10 | HORA | \$ 6.00 | \$ 60.00 |
| Soldador | 1 | DIA | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| Gas argón para soldadura TIC | 0.17 | UND | \$ 80.00 | \$ 13.33 |
| Varilla de aporte soldadura TIC | 2 | UND | \$ 1.67 | \$ 3.33 |
| Electrodo AGA 1/8 6011 C-13 1Kg | 0.667 | UND | \$ 5.80 | \$ 3.87 |
| Servicio de corte de plasma | 4 | HORA | \$ 1.79 | \$ 7.14 |
| | | | Subtotal | \$ 385.91 |
| | | | IVA 12% | \$ 46.31 |
| | | | Total | \$ 432.22 |

Costo de Fabricación

Para el costo de fabricación se suman los dos rubros de costo de materia prima con el costo de mano de obra/maquinado, por lo que la siguiente tabla muestra el costo de fabricación del componente B del molino de pines en cuestión.

Tabla 9. Detalle de costo de fabricación del componente B.

| Descripción | Precio Total |
|--|--------------|
| Costo de materia prima (CMP) | \$ 278.39 |
| Costo de mano de obra/maquinado (CMOM) | \$ 432.22 |
| Costo total (CMP+CMOM) | \$ 710.61 |

3 PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Pruebas

Verificación de dimensionamiento

En esta sección se comparará las dimensiones reales con las dimensiones modeladas en el software Solidworks que son fundamentales para el acople entre piezas de los elementos que son parte del componente B. En la tabla 10 se muestra una tabla con las mediciones reales y modeladas que se consideraron las más fundamentales para el funcionamiento óptimo del molino de pines.

Tabla 10. Dimensiones reales vs. Modeladas del componente B.

| Elemento | Parte | Dim. Real [mm] | Dim. Modelada [mm] | Diferencia [mm] |
|---------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Disco rotatorio | Agujero para pin | 8.15 | 8 | 0.15 |
| | Agujero para manzana | 29.1 | 29 | 0.1 |
| | D. exterior | 200.03 | 200 | 0.03 |
| Manzana | D. interno eje | 18.45 | 18 | 0.45 |
| | D. externo eje (disco rotatorio) | 28 | 28 | 0 |
| Pines del disco rotatorio | D. menor | 8.3 | 8.02 | 0.28 |
| | Largo | 52.9 | 53 | 0.1 |
| Soporte de retenedor | D. int. mayor | 30.4 | 30.1 | 0.3 |
| | D. int. eje | 21.35 | 21 | 0.35 |
| Aro del tamiz circular | Agujero para malla | 1.5 | 1 | 0.5 |
| | D. externo | 245 | 245 | 0 |
| Espaciadores | Largo | 75.08 | 75 | 0.08 |
| Perilla de sujeción | D. externo | 75.2 | 75 | 0.2 |
| Cilindro de bisagra | D. interno | 9.4 | 9 | 0.4 |
| | Largo | 20.22 | 20 | 0.22 |

En la columna de diferencia se observa que este valor varía entre 0 a 0.5 [mm]. Esta diferencia de valor se pudo dar por tolerancias de las herramientas utilizadas para el maquinado, y también por el desgaste que puede producirse en las herramientas por el uso prolongado de las mismas. Estas diferencias existentes no afectan en la funcionalidad ni en el desempeño del molino de pines.

Ensamblaje de los componentes A, B y C

Después de haber fabricado todos los elementos de cada componente, y haber verificado la diferencia de las dimensiones reales y modeladas de los mismos, se procedió a ensamblar todos los elementos de cada componente y armar el molino de pines.

En la figura 32 se muestra la sujeción con prensas para realizar puntos de soldadura SMAW para ensamblar la cámara de molienda. También se muestra en la figura 33 el cordón de soldadura TIC realizado a la cámara.



Figura 32. Sujeción para puntos de suelda en la cámara de molienda.



Figura 33. Cordón de soldadura de la cámara de molienda.

Cabe recalcar que un aspecto de mucha importancia de manera negativa al soldar la cámara fue la deformación producto de la alta temperatura a la que se le somete al material. A pesar que, si se tomó en cuenta este aspecto, no se puede saber a ciencia cierta que tanto se va a deformar, por lo que hubo complicaciones cuando se trató de ensamblar todo

el molino. Estas deformaciones fueron corregidas en su mayoría por medio del uso de la prensa y se pudo ensamblar todo el molino obteniendo un producto dentro de los parámetros funcionales.

En la siguiente figura se muestra el armado de la puerta del molino en donde se observan los siguientes elementos: la perilla de sujeción, bisagra, tolva de alimentación, compuerta de alimentación.



Figura 34. Puerta del molino.

Después se ensamblaron los elementos faltantes, y se revisaron posicionamientos, paralelismos, con lo que se señalaron los lugares donde debía colocarse cada elemento con el fin de facilitar el montaje de todos los componentes. En la figura 35 se muestra este posicionamiento realizado y el montaje del motor y las poleas junto con la banda.



Figura 35. Montaje del motor, poleas y banda.

Por otro lado, se muestra en la siguiente figura el relleno de soldadura que se hizo para juntar los pines al disco rotatorio.



Figura 36. Relleno de soldadura para unir los pines al disco rotatorio.

Después de esto, se desmontó todo para realizar una limpieza con ácido a la cámara de molienda, ya que se encontraba negra por la soldadura. El resultado de esta limpieza se muestra a continuación, junto con el montaje de todo el molino de nuevo.

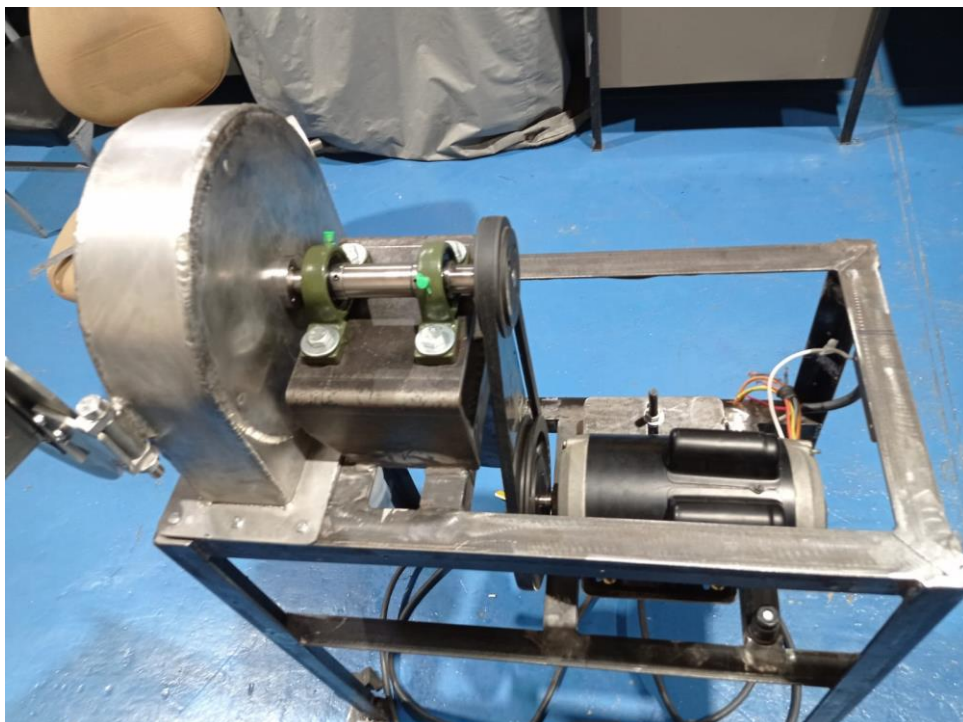


Figura 37. Montaje de los componentes del molino.



Figura 38. Montaje de la cubierta.

3.2 Resultados

Protocolo de pruebas

Para verificar el correcto funcionamiento de la máquina, y también para observar el producto final que se obtiene al moler maíz, se realizó un protocolo de pruebas en el cual se comprueba primeramente el acople correcto de los elementos que son fundamentales para la molienda (perilla de sujeción de la puerta, empaque, eje conductor con la polea, etc), como también de los toques adecuados y tensados para las poleas y la banda. Por otro lado, se chequeó el producto final sin el tamiz circular para ver como molía sin una malla a diferentes caudales de alimentación, obteniendo así maíz partido como producto. Por último, se revisó el producto final, que en este caso fue harina de maíz, montando el tamiz circular, con lo que se busca ver la diferencia de grano final comparando sin tamiz circular y con el mismo.

El protocolo de pruebas se encuentra en el anexo V. En base al protocolo de pruebas, a continuación, se detallan los resultados obtenidos en cada sección del protocolo.

Máquina desconectada

Del anexo V se observa en el protocolo de pruebas que se aprobaron todos los parámetros que se consideraron vitales para el correcto funcionamiento de la máquina. Para cuando la máquina se encontraba desconectada, se verificó alineación de ejes y poleas, torque de apriete de poleas, tensión de banda, apriete de perilla de la compuerta, etc. Con estos datos satisfactorios, se comprueba que la máquina ha sido correctamente montada, y así se evitan problemas por desalineación del eje o tambaleo de poleas por dar el torque de apriete incorrecto.

Máquina conectada y encendida

Al encender la máquina, se tomaron datos de intensidad de corriente en arranque y en vacío, obteniendo valores de 47 [A] en el arranque y 9.7 [A] en vacío. Además, se verificó que el sentido de giro del disco rotatorio sea contrario al ajuste de la tuerca que sujeta el disco para así evitar que se desajuste por el giro del disco. Dado que la tuerca se ajustaba de manera horaria, se configuró el sentido de rotación del motor para que el disco rotatorio gire de manera antihoraria.

Por otro lado, se verificó con un tacómetro las revoluciones por minuto a las que giraba tanto la polea del eje conductor como la polea del motor, obteniendo 3556 [rpm] y 1784 [rpm] respectivamente, manteniéndose la relación de 2. Estos datos son muy cercanos a los valores que se establecieron preliminarmente en el TIC "Diseño de un Molino de Pines" [1] (3500 [rpm] y 1750 [rpm]). Con esta prueba se confirma que se entrega la velocidad angular correcta al disco rotatorio.

Máquina en operación: obtención de maíz partido

Durante la operación de la máquina, se observa que existen vibraciones, por lo que se recomienda hacer un balanceo al eje, esto debido a la distribución de masas desiguales originadas por la soldadura.

Dentro del protocolo de pruebas establecido, primero se obtuvo el producto partido, es decir sin la malla de tamiz circular, por lo que se quitó este elemento de la máquina y se procedió a cargar un volumen equivalente a 2 litros de maíz en la tolva de alimentación, como muestra la siguiente figura.



Figura 39. Carga de maíz en la tolva de alimentación

Para el caudal de alimentación, se hicieron 3 diferentes pruebas cambiando la abertura de la compuerta (3, 4 y 5 [cm]). Después de verificar el apriete de la perilla de la compuerta, se encendió la máquina y 3 personas tomaron el tiempo que se demoraba en moler el maíz dependiendo de la abertura de la compuerta. Como se observa en el anexo V, se obtuvo un promedio de 1 minuto con 13.86 segundos para la abertura de la compuerta de 3 [cm]. Al aumentar la abertura, se observa que el tiempo se reduce más de la mitad, por lo que se concluye que el caudal óptimo de alimentación es entre 3 y 4 [cm], ya que se obtuvo 35.97 segundos y 29.69 segundos respectivamente. Con esto se observa el producto que se molió.



Figura 40. Producto final sin tamiz circular.

Máquina en operación: Harina de maíz

Para obtener harina de maíz, se colocó la malla para poder tamizar y así controlar que pase a la tolva de descarga maíz molido con un tamaño de grano muy pequeño. Se realizó el mismo procedimiento que para maíz partido, sin embargo, se mantuvo constante la apertura de la compuerta en 5 [cm], y se varió el tiempo en que se dejaba encendida la máquina: 2 [min], 2.5 [min] y 3 [min]. Con esto, se deseaba ver la cantidad de producto que se molía comparada con la cantidad inicial a moler. Se observa que, para los 2 minutos de molienda, solo el 1/4 del maíz se molió y salió por la tolva de descarga, mientras que la mayoría se encontraba dentro del molino en el proceso de reducción del tamaño de grano. En cambio, para los 2 minutos y 30 segundos y para los 3 minutos, se vio que más del 1/4 y casi el 1/2 del maíz inicial fue molido, respectivamente. El resto del maíz se encontraba en el proceso de molienda. El producto final que se obtuvo se muestra a continuación.

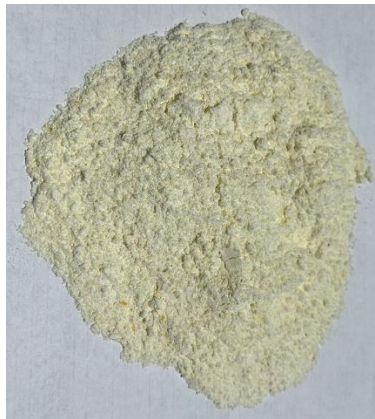


Figura 41. Producto final con el tamiz circular.

Por último, se muestra en la siguiente figura los 3 diferentes estados del producto con los que se interactuó en el proceso de molienda en un molino de pines: maíz crudo, maíz partido y harina de maíz. Aquí se observa claramente la reducción de tamaño que se obtuvo tanto para cuando se molió sin tamiz, como cuando se molió utilizando el tamiz circular.



Figura 42. Diferentes tipos de maíz usados y obtenidos utilizando un molino de pines.

3.3 Conclusiones

- En general, se seleccionó el Acero Inoxidable AISI 304 para el diseño y construcción de los elementos que se encuentran en contacto con grano debido a que este acero es el más recomendado para el uso alimenticio debido a su buena resistencia a la corrosión. Una desventaja de este acero es su costo elevado comparado con otras aleaciones de acero, por lo que se diseñó de tal forma que todo elemento que se encuentre en contacto con el grano sea de acero inoxidable (cámara, discos, criba, etc.), y por otro lado los elementos tales como la estructura metálica que sirve como base del molino, o la base del motor se usó Acero ASTM A36 para reducir los costos de fabricación.
- Para el componente B, se revisó el diseño propuesto en el Trabajo de Integración Curricular TIC denominado “Diseño de un Molino de Pines” [1]. Después de la revisión se determinó que el disco rotatorio, los pines, la perilla y el tamiz circular podían ser optimizados, y se rediseñaron estas piezas. Como optimizaciones se realizaron preparaciones de biseles para soldadura en el disco rotatorio, cambios de sección para dar el tope hasta donde debía entrar el pin, fabricación de la perilla en vez de compra local, y aumento de espaciadores de tamiz para darle una mayor estabilidad al tamiz circular. Por otro lado, con respecto a los elementos normalizados (polea, chumaceras) se cambió de proveedor debido a que los anteriores proveedores no eran locales. Por último, se agregó una pieza que fue la manzana que va acoplada con el eje en la cual se maquinó el chavetero.
- Se realizó el modelado 3D de todos los elementos del componente B para verificar que acoples y ensamblajes de todos los elementos se den de la manera correcta. Se puso énfasis especial en la apertura y cierre de la compuerta del molino, ya que, al tener un disco rotatorio, por un lado, y un disco fijo por otro lado, ambos con pines soldados, era muy probable que se produjera una interferencia al cerrar la compuerta. Para eliminar esta interferencia, se modificaron las dimensiones de los pines. Además, del modelado realizado se obtuvieron los planos de taller de cada elemento que servirán para la fabricación del molino de pines.
- Para la fabricación de los elementos del componente B, las piezas se separaron en dos grupos para el mecanizado: utilizando máquinas CNC disponibles en el LABINTECDIMP de la EPN, o usando máquinas convencionales en el Laboratorio de Máquinas-Herramientas de la EPN. Por lo tanto, para las piezas que se mecanizaron en CNC se elaboraron los programas por medio de CAM y se

obtuvieron los códigos G los cuales son cargados en el controlador de la máquina CNC para el mecanizado. En cambio, se emplearon las máquinas convencionales cuando las piezas no podían ser mecanizadas en CNC, ya sea por su tamaño o su forma. Para estas piezas se realizó la hoja de procesos para cada una de los elementos a mecanizar.

- Después de evaluar los costos de fabricación del molino de pines, se efectuó la construcción de todos los elementos del componente B que serían maquinados, en donde se observó que existen varios aspectos que no son considerados cuando se modela en 3D (tolerancias de maquinado, deformaciones por soldadura, entre otros). Las deformaciones por soldadura son bastante difíciles de controlar y es lo que ocasionó problemas al tratar de ensamblar los componentes, por lo que fue necesario corregirlos para no afectar la funcionalidad del molino, para así poder obtener entregar una máquina que cumpla con las especificaciones.
- Ya con la máquina construida y ensamblada en su totalidad, se efectuó el protocolo de pruebas con lo que se busca verificar que la máquina fabricada cumpla con los objetivos y estándares propuestos en el plan. Para comprobar su funcionalidad, se realizaron pruebas de la máquina sin conectar, encendida, en operación sin tamiz circular y en operación con tamiz circular. Para todas estas pruebas, se revisaron varios parámetros que son importantes para el funcionamiento de la máquina, entre los cuales se destacan: caudal de alimentación, intensidad de corriente, tiempo de molienda y producto final. Se concluyó, como se observan en las imágenes 41 y 42, que la máquina si realiza la reducción de tamaño del maíz de manera satisfactoria, obteniendo un producto de grano muy fino, harina de maíz, cuando se utilizó el tamiz circular.
- Debido a que este es el primer modelo de un molino de pines fabricado en el Ecuador, no existe tanta información acerca del producto, por lo que todo el diseño que se realizó fue en base a los conocimientos de otros tipos de molinos, y en base a la experiencia de los operadores y tutor. Como consecuencia, al fabricar la máquina, se observaron varios aspectos que pueden ser optimizados o a su vez añadidos con el fin de mejorar la funcionalidad de la máquina, y darle un mejor desempeño a la misma.

3.4 Recomendaciones

- Después de la fabricación se observó que el maíz que se estaba moliendo permanecía atrapado en el tamiz por su tamaño de grano muy grande, por lo que, para mejorar la eficiencia del molino, se sugiere cambiar la configuración de pines del disco rotatorio al disco fijo y viceversa ya que los pines externos del disco fijo tenían su centro a un diámetro más grande, para así generar el movimiento del maíz a moler que se encuentra en el tamiz para reducir su tamaño y consecuentemente poder pasar a la tolva de descarga.
- Tener en cuenta que cuando se suelda se trabaja a altas temperaturas, por lo que se debe tener claro que se producen deformaciones debido a estas temperaturas. Se sugiere aumentar los espesores de los elementos para así disminuir estas deformaciones, y conseguir piezas con menos defectos y afectaciones.
- Dado que se trabaja con Acero Inoxidable AISI 304, hay que tener en cuenta las velocidades de maquinado para este tipo de acero ya que su dureza es mucho mayor a un acero estructural, y si se trabaja a las mismas velocidades podría dañarse la herramienta. Para maquinado CNC, se recomienda hacer a $\frac{1}{4}$ de la velocidad de mecanizado de un acero estructural.
- Cuando se soldó la base del molino, se generaron deformaciones que para ser corregidas es necesario maquinaslas. Para evitar la fuga de polvo de maíz por la pequeña abertura que existe entre la base del molino y la tolva de descarga, se recomienda colocar un empaque entre la base del molino y la tolva de descarga para evitar esta fuga de polvo.
- Se recomienda galvanizar la estructura metálica para dar un recubrimiento y proteger a la estructura de la corrosión.
- Cuando se trabaja dentro de los laboratorios de máquinas herramientas y de soldadura, se debe seguir las indicaciones del encargado, y se debe utilizar los equipos de protección personal EPP necesarios para salvaguardar y proteger la integridad del ser humano.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

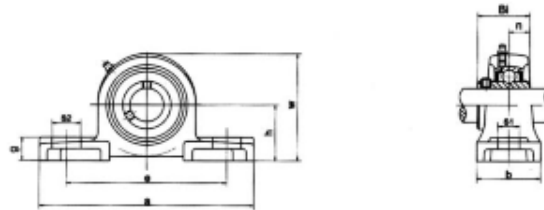
- [1] E. Amaguaña y I. Casco, «Diseño de un Molino de Pines,» *Escuela Politécnica Nacional*, Febrero 2022.
- [2] G. Saravacos y A. Kostaropoulos, *Handbook of Food Processing Equipment*, New York: Springer, 2016.
- [3] T. Bonakdar y M. Ghadari, «AIP Conference Proceedings,» 18 Junio 2013. [En línea]. Available: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4812086>. [Último acceso: 12 Junio 2022].
- [4] Z. Berk, *Food Process Engineering and Technology*, New York: Elsevier, 2009.
- [5] Munson, «Centrifugal Impact Mills (Pin Mills),» [En línea]. Available: https://www.tecengr.com/Product_Literature/Munson/CIM_Pulverizer.pdf. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [6] C. Bernal, *Metodología de la Investigación*, Naucalpan: Pearson Education, 2006.
- [7] F. Sánchez, «Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos,» 15 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>. [Último acceso: 25 Julio 2022].
- [8] R. Sampieri, *Metodología de la Investigación*, México D.F.: McGRAW-HILL Education, 2014.
- [9] M. Torres y K. Paz, «Métodos de recolección de datos para una investigación,» 2018. [En línea]. Available: https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL_03_BAS01.pdf. [Último acceso: 25 Julio 2022].
- [10] Inoxidable, «Peso Teorico en kg/m. Barras de Acero Inoxidable,» 06 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://inoxidable.com/barras.htm>. [Último acceso: 06 Septiembre 2022].
- [11] R. Budynas y J. Keith, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2012.

- [12] Translink, «Catálogo de rodamientos,» [En línea]. Available: https://www.translinkpt.com/wp-content/uploads/2018/02/catalogo_soportes.pdf. [Último acceso: 31 Julio 2022].
- [13] Optibelt, «Optibelt KS V-Grooved Pulleys,» [En línea]. Available: <https://www.optibelt.com/fileadmin/pdf/produkte/scheiben/optibelt-sl-v-grooved-pulleys-SPA.pdf>. [Último acceso: 13 Agosto 2022].
- [14] Optibelt, «optibelt TB Taper Bushings,» [En línea]. Available: <https://www.optibelt.com/fileadmin/pdf/produkte/scheiben/optibelt-sl-taper-bushings.pdf>. [Último acceso: 13 Agosto 2022].

5 ANEXOS

ANEXO I. CATÁLOGO DE SOPORTE DE RODAMIENTOS

SOPORTES / PILLOW-BLOCKS / PALIERS / STEHLAGERGEHÄUSE UCP200



| Soportes Pillow blocks Paliere Stahlagergehäuse No. | Diámetro del eje Shaft Diameter Diamètre du axe Achsendurchmesser d | | Dimensiones Dimensions Dimensionen Dimensionen | | | | | | | | | | Rodamiento Bearing Roulement Kugellager No. | Caja Housing Boîte Gehäuse No. | Peso Weight Poids Gewicht (kg) |
|---|---|----|---|-----|-----|----|----|----|----|-----|------|------|---|--|--|
| | in | mm | b | a | e | b | a1 | a2 | g | w | s | D1 | | | |
| UCP 201 201-8 | 1/2 | 12 | 30,2 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 14 | 62 | 11,5 | 27,4 | UC 201 201-8 | P201 | 0,65 |
| UCP 202 202-10 | 5/8 | 15 | 30,2 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 14 | 62 | 11,5 | 27,4 | UC 202 202-10 | P202 | 0,63 |
| UCP 203 203-11 | 11/16 | 17 | 30,2 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 14 | 62 | 11,5 | 27,4 | UC 203 203-11 | P203 | 0,60 |
| UCP 204 204-12 | 3/4 | 20 | 33,3 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 14 | 62 | 11,5 | 27,4 | UC 204 204-12 | P204 | 0,66 |
| UCP 205 205-14 | 7/8 | 25 | 36,5 | 140 | 105 | 38 | 13 | 19 | 15 | 71 | 14,3 | 34,1 | UC 205 205-14 | P205 | 0,80 |
| UCP 206 206-18 | 1 | 30 | 42,9 | 165 | 121 | 48 | 17 | 21 | 17 | 83 | 15,9 | 38,1 | UC 206 206-18 | P206 | 1,30 |
| UCP 207 207-20 | 1-3/16 | 35 | 47,6 | 167 | 127 | 48 | 17 | 21 | 18 | 93 | 17,5 | 42,9 | UC 207 207-20 | P207 | 1,00 |
| UCP 208 208-24 | 1-1/2 | 40 | 49,2 | 184 | 137 | 54 | 17 | 21 | 18 | 98 | 19,0 | 49,2 | UC 208 208-24 | P208 | 1,83 |
| UCP 209 209-26 | 1-5/8 | 45 | 54,0 | 190 | 146 | 54 | 17 | 21 | 20 | 106 | 19,0 | 49,2 | UC 209 209-26 | P209 | 2,18 |
| UCP 210 210-30 | 1-7/8 | 50 | 57,2 | 206 | 159 | 60 | 20 | 25 | 21 | 114 | 19,0 | 51,6 | UC 210 210-30 | P210 | 2,68 |
| UCP 211 211-32 | 2 | 55 | 63,5 | 219 | 171 | 60 | 20 | 25 | 23 | 126 | 22,2 | 55,6 | UC 211 211-32 | P211 | 3,27 |
| UCP 212 212-36 | 2-1/4 | 60 | 69,8 | 241 | 184 | 70 | 20 | 25 | 25 | 138 | 25,4 | 65,1 | UC 212 212-36 | P212 | 4,52 |
| UCP 213 213-39 | 2-3/8 | 65 | 76,2 | 265 | 203 | 70 | 25 | 29 | 27 | 151 | 25,4 | 65,1 | UC 213 213-39 | P213 | 5,70 |
| UCP 214 214-43 | 2-1/2 | 70 | 79,4 | 266 | 210 | 72 | 25 | 31 | 27 | 157 | 30,2 | 74,6 | UC 214 214-43 | P214 | 6,66 |
| UCP 215 215-47 | 2-15/16 | 75 | 82,6 | 275 | 217 | 74 | 25 | 31 | 28 | 163 | 33,3 | 77,8 | UC 215 215-47 | P215 | 7,40 |
| UCP 216 216-52 | 3 | 80 | 88,9 | 292 | 232 | 78 | 25 | 31 | 30 | 175 | 33,3 | 82,6 | UC 216 216-52 | P216 | 9,00 |
| UCP 217 217-56 | 3-1/4 | 85 | 95,2 | 310 | 247 | 83 | 25 | 31 | 32 | 187 | 34,1 | 85,7 | UC 217 217-56 | P217 | 11,00 |
| UCP 218 218-56 | 3-1/2 | 90 | 101,6 | 327 | 262 | 88 | 27 | 33 | 33 | 200 | 39,7 | 96,0 | UC 218 218-56 | P218 | 13,00 |

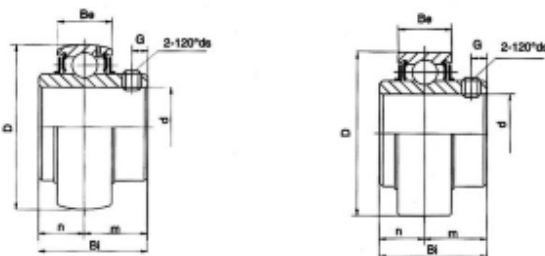


Fuente: [12].

SOPORTES - PILLOW BLOCKS - PALIERS - STEHLAGERGEHÄUSE

ANEXO II. CATÁLOGO DE RODAMIENTOS

RODAMIENTOS / BEARINGS / ROULEMENTS / KUGELLAGER UC200 - UR200



| Rodamientos Bearing Unit Roulement Kugellager No. | Diámetro del eje Shaft Diameter Diamètre du axe Achsenmesser d | | Dimensiones Dimensions Dimensions Dimensione | | | | | | Radio de carga dinámica Basic dynamic load rating Rayon de charge dynamique Dynamische Kraft | | | Radio de carga estática Basic static load rating Rayon de charge statique Statische Kraft | | Peso Weight Poids Gewicht (kg) |
|---|--|----|---|----------------|----------------|------|------|------|---|---------|-------|--|------|--|
| | in | mm | D | B _i | B _e | a | m | G | mm | in | mm | in | | |
| UC 201 (UR) 201-8 | 1/2 | 12 | 40 | 27,4 | 14 | 11,5 | 15,9 | 4,5 | M5X0,8 | 10-32 | 7,36 | 4,79 | 0,15 | |
| UC 202 (UR) 202-10 | 5/8 | 15 | 40 | 27,4 | 14 | 11,5 | 15,9 | 4,5 | M5X0,8 | 10-32 | 7,36 | 4,79 | 0,14 | |
| UC 203 (UR) 203-11 | 11/16 | 17 | 40 | 27,4 | 14 | 11,5 | 15,9 | 4,5 | M5X0,8 | 10-32 | 7,36 | 4,79 | 0,13 | |
| UC 204-12 (UR) 204 | 3/4 | 20 | 47 | 31,0 | 17 | 12,3 | 18,7 | 5,0 | M6X1,0 | 1/4-28 | 9,88 | 6,05 | 0,18 | |
| UC 205-14 (UR) 205-15 | 7/8 | 25 | 52 | 34,1 | 17 | 14,3 | 19,8 | 5,0 | M6X1,0 | 1/4-28 | 10,78 | 6,65 | 0,22 | |
| 205-16 | 1 | 30 | 62 | 38,1 | 19 | 15,9 | 22,2 | 5,0 | M6X1,0 | 1/4-28 | 11,31 | 7,05 | 0,20 | |
| UC 206-18 (UR) 206 | 1-1/8 | 30 | 62 | 38,1 | 19 | 15,9 | 22,2 | 5,0 | M6X1,0 | 1/4-28 | 11,31 | 7,05 | 0,19 | |
| 206-19 | 1-3/16 | 35 | 72 | 42,9 | 20 | 17,5 | 25,4 | 7,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 15,30 | 9,52 | 0,34 | |
| 206-20 | 1-1/4 | 35 | 72 | 42,9 | 20 | 17,5 | 25,4 | 7,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 15,30 | 9,52 | 0,32 | |
| UC 207-20 (UR) 207-21 | 1-1/4 | 35 | 72 | 42,9 | 20 | 17,5 | 25,4 | 7,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 15,30 | 9,52 | 0,30 | |
| 207-22 | 1-3/8 | 40 | 80 | 49,2 | 21 | 19,0 | 30,2 | 8,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 19,84 | 12,36 | 0,52 | |
| 207-23 | 1-7/16 | 40 | 80 | 49,2 | 21 | 19,0 | 30,2 | 8,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 19,84 | 12,36 | 0,50 | |
| UC 208-24 (UR) 208-25 | 1-1/2 | 40 | 80 | 49,2 | 21 | 19,0 | 30,2 | 8,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 19,84 | 12,36 | 0,48 | |
| 208 | 1-9/16 | 45 | 85 | 49,2 | 22 | 19,0 | 30,2 | 8,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 20,46 | 12,70 | 0,46 | |
| UC 209-26 (UR) 209-27 | 1-5/8 | 45 | 85 | 49,2 | 22 | 19,0 | 30,2 | 8,0 | M8X1,0 | 5/16-24 | 20,46 | 12,70 | 0,46 | |
| 209-28 | 1-3/4 | 50 | 90 | 51,6 | 22 | 19,0 | 32,6 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 23,18 | 14,48 | 0,68 | |
| UC 210-30 (UR) 210-31 | 1-7/8 | 50 | 90 | 51,6 | 22 | 19,0 | 32,6 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 23,18 | 14,48 | 0,85 | |
| 210 | 1-15/16 | 55 | 100 | 55,6 | 25 | 22,2 | 33,4 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 29,22 | 18,10 | 0,80 | |
| UC 211-32 (UR) 211-34 | 2 | 55 | 100 | 55,6 | 25 | 22,2 | 33,4 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 29,22 | 18,10 | 0,78 | |
| 211 | 2-1/8 | 60 | 110 | 65,1 | 27 | 25,4 | 39,7 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 32,93 | 20,74 | 1,22 | |
| UC 211-35 | 2-3/16 | 60 | 110 | 65,1 | 27 | 25,4 | 39,7 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 32,93 | 20,74 | 1,10 | |
| UC 212-36 (UR) 212 | 2-1/4 | 60 | 110 | 65,1 | 27 | 25,4 | 39,7 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 32,93 | 20,74 | 1,07 | |
| 212-38 | 2-3/8 | 65 | 120 | 65,1 | 29 | 25,4 | 39,7 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 40,00 | 25,36 | 1,05 | |
| 212-39 | 2-7/16 | 65 | 120 | 65,1 | 29 | 25,4 | 39,7 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 40,00 | 25,36 | 1,05 | |
| UC 213-39 (UR) 213-40 | 2-7/16 | 65 | 120 | 65,1 | 29 | 25,4 | 39,7 | 10,0 | M10X1,25 | 3/8-24 | 40,00 | 25,36 | 1,56 | |
| 213 | 2-1/2 | 70 | 125 | 74,6 | 30 | 30,2 | 44,4 | 12,0 | M12X1,5 | 7/16-20 | 45,03 | 28,67 | 1,94 | |
| UC 214-43 (UR) 214-44 | 2-11/16 | 70 | 125 | 74,6 | 30 | 30,2 | 44,4 | 12,0 | M12X1,5 | 7/16-20 | 45,03 | 28,67 | 1,88 | |
| 214 | 2-3/4 | 75 | 130 | 77,8 | 30 | 33,3 | 44,5 | 12,0 | M12X1,5 | 7/16-20 | 49,30 | 31,23 | 2,06 | |
| UC 215-47 (UR) 215 | 2-15/16 | 75 | 130 | 77,8 | 30 | 33,3 | 44,5 | 12,0 | M12X1,5 | 7/16-20 | 49,30 | 31,23 | 2,05 | |
| 215-48 | 3 | 80 | 140 | 82,6 | 33 | 33,3 | 49,3 | 12,0 | M12X1,5 | 7/16-20 | 53,31 | 34,04 | 2,04 | |
| UC 216 (UR) 217-52 | 3-1/4 | 80 | 140 | 82,6 | 33 | 33,3 | 49,3 | 12,0 | M12X1,5 | 7/16-20 | 53,31 | 34,04 | 2,30 | |
| 217 | 3-1/2 | 85 | 150 | 85,7 | 35 | 34,1 | 51,6 | 12,0 | M12X1,5 | 7/16-20 | 63,98 | 40,81 | 2,21 | |
| UC 218-56 (UR) 218 | 3-1/2 | 90 | 160 | 96,0 | 37 | 39,7 | 56,3 | 12,0 | M12X1,5 | 1/2-20 | 73,83 | 46,70 | 2,13 | |
| | | | | | | | | | | | | | 2,79 | |
| | | | | | | | | | | | | | 3,38 | |
| | | | | | | | | | | | | | 4,56 | |
| | | | | | | | | | | | | | 4,46 | |

ANEXO III. CATÁLOGO DE POLEA EN V

optibelt KS V-Grooved Pulleys for Taper Bushings
Profile SPA



| Datum diameter d_f (mm) | No. of grooves | Type | Type No. | Weight without bushing (=kg) | Taper bushing | Datum diameter d_f (mm) | No. of grooves | Type | Type No. | Weight without bushing (=kg) | Taper bushing |
|---------------------------|----------------|------|----------|------------------------------|---------------|---------------------------|----------------|------|----------|------------------------------|---------------|
| TB SPA/13 | | | | | | | | | | | |
| 63 | 1 | ● | 8 | 0.6 | 1008 | 132 | 1 | ● | 8 | 1.6 | 1610 |
| | 2 | ● | 6 | 0.8 | 1008 | | 2 | ● | 6 | 1.8 | 2012 |
| 67 | 1 | ● | 8 | 0.3 | 1108 | | 3 | ● | 2 | 2.3 | 2012 |
| | 2 | ● | 6 | 0.5 | 1108 | | 4 | ● | 2 | 2.6 | 2517 |
| 71 | 1 | ● | 8 | 0.3 | 1108 | | 5 | ● | 4 | 2.9 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 0.5 | 1108 | 140 | 1 | ● | 8 | 1.8 | 1610 |
| | 3 | ● | 6 | 0.7 | 1108 | | 2 | ● | 6 | 2.0 | 2012 |
| 73 | 1 | ● | 8 | 0.4 | 1108 | | 3 | ● | 6 | 2.8 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 0.6 | 1108 | | 4 | ● | 2 | 3.1 | 2517 |
| 80 | 1 | ● | 8 | 0.5 | 1210 | | 5 | ● | 4 | 3.4 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 0.6 | 1210 | 150 | 1 | ● | 8 | 1.4 | 1610 |
| | 3 | ● | 6 | 0.9 | 1210 | | 2 | ● | 6 | 2.4 | 2012 |
| 85 | 1 | ● | 8 | 0.6 | 1210 | | 3 | ● | 6 | 3.5 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 0.7 | 1210 | | 4 | ● | 2 | 3.8 | 2517 |
| 90 | 1 | ● | 8 | 0.7 | 1210 | | 5 | ● | 4 | 4.2 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 0.7 | 1610 | 160 | 1 | ● | 8 | 1.9 | 1610 |
| | 3 | ● | 6 | 1.0 | 1610 | | 2 | ● | 6 | 2.9 | 2012 |
| | 4 | ● | 6 | 1.2 | 1615 | | 3 | ● | 6 | 3.9 | 2517 |
| 95 | 1 | ● | 8 | 0.8 | 1210 | | 4 | ● | 2 | 4.4 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 0.9 | 1610 | | 5 | ● | 4 | 5.1 | 2517 |
| | 3 | ● | 6 | 1.1 | 1610 | 170 | 1 | ● | 8 | 2.0 | 1610 |
| | 4 | ● | 6 | 1.4 | 1615 | | 2 | ● | 6 | 3.1 | 2012 |
| 100 | 1 | ● | 8 | 0.8 | 1610 | | 3 | ● | 6 | 4.6 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 0.9 | 1610 | | 4 | ● | 2 | 5.5 | 2517 |
| | 3 | ● | 2 | 1.2 | 1610 | | 5 | ● | 4 | 5.9 | 2517 |
| | 4 | ● | 2 | 1.7 | 1615 | 180 | 1 | x | 7 | 2.1 | 1610 |
| | 5 | ● | 2 | 1.9 | 1615 | | 2 | ○ | 9 | 3.4 | 2012 |
| 106 | 1 | ● | 8 | 0.9 | 1610 | | 3 | ● | 6 | 5.1 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 1.1 | 1610 | | 4 | ● | 2 | 5.9 | 2517 |
| | 3 | ● | 2 | 1.4 | 1610 | | 5 | ● | 4 | 6.2 | 3020 |
| | 4 | ● | 6 | 2.0 | 2012 | 190 | 1 | x | 7 | 2.3 | 1610 |
| | 5 | ● | 6 | 2.0 | 2012 | | 2 | ○ | 9 | 3.8 | 2012 |
| 112 | 1 | ● | 8 | 1.0 | 1610 | | 3 | ● | 6 | 5.4 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 1.2 | 1610 | | 4 | ● | 2 | 6.8 | 2517 |
| | 3 | ● | 6 | 1.3 | 2012 | | 5 | ● | 2 | 7.4 | 3020 |
| | 4 | ● | 6 | 1.9 | 2012 | 200 | 1 | x | 7 | 2.6 | 2012 |
| | 5 | ● | 6 | 2.1 | 2012 | | 2 | ○ | 5 | 4.1 | 2517 |
| 118 | 1 | ● | 8 | 1.2 | 1610 | | 3 | ○ | 9 | 4.9 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 1.4 | 1610 | | 4 | ● | 2 | 7.4 | 3020 |
| | 3 | ● | 2 | 1.8 | 2012 | | 5 | ● | 4 | 8.4 | 3020 |
| | 4 | ● | 2 | 2.0 | 2012 | 212 | 1 | x | 7 | 2.7 | 2012 |
| | 5 | ● | 2 | 2.4 | 2012 | | 2 | x | 7 | 4.3 | 2517 |
| 125 | 1 | ● | 8 | 1.4 | 1610 | | 3 | x | 10 | 5.2 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 1.7 | 1610 | | 4 | ● | 2 | 7.3 | 3020 |
| | 3 | ● | 2 | 2.0 | 2012 | | 5 | ● | 2 | 8.2 | 3020 |
| | 4 | ● | 2 | 2.5 | 2012 | 224 | 1 | x | 7 | 2.7 | 2012 |
| | 5 | ● | 4 | 2.7 | 2012 | | 2 | x | 7 | 4.4 | 2517 |
| | 1 | ● | 8 | 1.4 | 1610 | | 3 | x | 10 | 5.5 | 2517 |
| | 2 | ● | 6 | 1.7 | 1610 | | 4 | ● | 2 | 7.4 | 3020 |
| | 3 | ● | 2 | 2.0 | 2012 | | 5 | ● | 2 | 8.3 | 3020 |
| | 4 | ● | 2 | 2.5 | 2012 | | | | | | |
| | 5 | ● | 4 | 2.7 | 2012 | | | | | | |

ANEXO IV. CATÁLOGO DE CASQUILLOS CÓNICOS

optibelt TB Taper Bushings



| | 1008 | 1108 | 1210 | 1410 | 1615 | 2012 | 2517 | 3020 | 3030 | 3525 | 3535 | 4030 | 4040 | 4535 | 4545 | 5040 | 5050 |
|---------------------------------------|---|---|--|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| TB with metric bores. DIN 6885 part 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bore diameter d_2 (mm) | 10 11 12 14 15 16 17 18 19 20 22 24 25▲ | 10 11 12 14 15 16 17 18 19 20 22 24 28▲ | 11 12 14 15 16 17 18 19 20 22 25 28 | 14 15 16 18 19 20 22 24 25 28 30 32 40▲ | 14 15 16 18 19 20 22 24 25 28 30 32 40▲ | 14 15 16 18 19 20 22 24 25 28 30 32 40▲ | 16 18 19 20 22 25 28 30 32 35 40 45 50 55 60 65▲ | 18 20 22 25 28 30 32 35 40 45 50 55 60 65▲ | 25 28 30 32 35 40 45 50 55 60 65▲ | 35 38 40 42 45 48 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100▲ | 35 38 40 42 45 48 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100▲ | 40 42 45 48 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100▲ | 40 42 45 48 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100▲ | 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 | 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 | 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 | 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 |
| Hexagon Socket screws (inch) | 1/4 x 1/2 | 1/4 x 1/2 | 3/8 x 5/8 | 3/8 x 5/8 | 3/8 x 5/8 | 7/16 x 7/8 | 1/2 x 1 | 5/8 x 1 1/4 | 5/8 x 1 1/4 | 1/2 x 1 1/2 | 1/2 x 1 1/2 | 5/8 x 1 3/4 | 5/8 x 1 3/4 | 3/4 x 2 | 3/4 x 2 | 7/8 x 2 1/4 | 7/8 x 2 1/4 |
| Bushing length (mm) | 22 | 22 | 25 | 25 | 38 | 32 | 45 | 51 | 76 | 64 | 89 | 76 | 102 | 89 | 114 | 102 | 127 |
| Weight at d_{max} (in kg) | 0.12 | 0.16 | 0.28 | 0.41 | 0.60 | 0.75 | 1.06 | 2.50 | 3.75 | 3.90 | 5.13 | 5.76 | 7.68 | 11.00 | 12.70 | 12.14 | 15.17 |

| Shallow keyways for taper bushings | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|
| Bore diameter d_2 (mm) | Keyway width b (mm) | Keyway depth t_1 (mm) min. | Bore diameter d_2 (mm) | Keyway width b (mm) | Keyway depth t_1 (mm) min. |
| 24 | 8 | 2.0 | 65 | 18 | 2.3 |
| 25 | 8 | 1.3 | 100 | 28 | 4.4 |
| 28 | 8 | 2.0 | 115 | 32 | 5.4 |
| 42 | 12 | 2.2 | | | |

▲ These bores have shallow keyways

| | 1008 | 1108 | 1210 | 1410 | 1615 | 2012 | 2517 | 3020 | 3030 | 3525 | 3535 | 4040 | 4545 | 5050 |
|---|---------------------------------------|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|---|---|--|
| TB with inch bores british standard. BS 46 part 1 * | | | | | | | | | | | | | | |
| Bore diameter d_2 (inch) | 3/8 1/2 5/8 3/4 7/8 1▲ | 3/8 1/2 5/8 3/4 7/8 1 1 1/8▲ | 1/2 5/8 3/4 7/8 1 1 1/8 | 1/2 5/8 3/4 7/8 1 1 1/8 1 1/4 1 3/8 1 1/2 1 5/8 | 1/2 5/8 3/4 7/8 1 1 1/8 1 1/4 1 3/8 1 1/2 1 5/8▲ | 5/8 3/4 7/8 1 1 1/8 1 1/4 1 3/8 1 1/2 1 5/8 1 7/8▲ | 3/4 7/8 1 1 1/8 1 1/4 1 3/8 1 1/2 1 5/8 1 7/8 2 | 1 1/4 1 3/8 1 1/2 1 5/8 1 7/8 2 2 1/8 2 1/4 2 3/8 2 7/8 | 1 1/4 1 3/8 1 1/2 1 5/8 1 7/8 2 2 1/8 2 1/4 2 3/8 2 7/8 | 1 1/2 1 5/8 1 3/4 1 7/8 2 2 1/8 2 1/4 2 3/8 2 7/8 3 3 1/2▲ | 1 1/2 1 5/8 1 3/4 1 7/8 2 2 1/8 2 1/4 2 3/8 2 7/8 3 3 1/2▲ | 1 3/4 1 7/8 2 2 1/8 2 1/4 2 3/8 2 7/8 3 3 1/4 3 3/4▲ | 2 1/4 2 3/8 2 1/2 2 3/4 2 7/8 3 3 1/2 3 3/4 4 4 1/4▲ | 3 3 1/4 3 3/4 4 4 1/2 4 3/4 5▲ |
| Hexagon Socket screws (inch) | 1/4 x 1/2 | 1/4 x 1/2 | 3/8 x 5/8 | 3/8 x 5/8 | 3/8 x 5/8 | 7/16 x 7/8 | 1/2 x 1 | 5/8 x 1 1/4 | 5/8 x 1 1/4 | 1/2 x 1 1/2 | 1/2 x 1 1/2 | 5/8 x 1 1/4 | 3/4 x 2 | 7/8 x 2 1/4 |
| Bushing length (mm) | 22 | 22 | 25 | 25 | 38 | 32 | 45 | 51 | 76 | 64 | 89 | 102 | 114 | 127 |
| Weight at d_{max} (in kg) | 0.12 | 0.16 | 0.28 | 0.41 | 0.60 | 0.75 | 1.06 | 2.50 | 3.75 | 3.90 | 5.13 | 7.68 | 12.70 | 15.17 |

* Non stock items. ▲ These bores have shallow keyways.

© ARNTZ OPTIBELT GROUP, GERMANY

Fuente: [14].

ANEXO V. PROTOCOLO DE PRUEBAS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

| | | | |
|--------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|
| MAQUINA: | MOLINO DE PINES | FECHA: | 31/8/2022 |
| ESTUDIANTES | Albuja Arellano Jaiber Sebastián | PROFESOR: | Ing. Mario Cesén, M.Sc. |
| | Simbaña Escobar Mesías Josué | HORA INICIAL | 11:00 a. m. |
| | Vásconez Nuñez Byron Andres | HORA FINAL | 1:00 p. m. |

| LISTA DE VERIFICACIÓN DE ESTADO DE LA MÁQUINA ANTES DEL INICIO DE PRUEBAS (MÁQUINA DESCONECTADA) | | |
|--|----------------|---|
| ASPECTO DE INSPECCIÓN | CHEQUEO | OBSERVACIÓN |
| Verificación de alineación de eje | ✓ | |
| Verificación de alineación de poleas | ✓ | |
| Verificación de torque de apriete de poleas | ✓ | Polea pequeña: 20 [Nm], Polea grande: 31: [Nm] |
| Verificación de tensión de banda | ✓ | |
| Verificación de movimiento manual para escuchar si existe rozamiento entre elementos móviles | ✓ | |
| Verificación de sujeción de tuerca de plato rotativo móvil | ✓ | |
| Verificación de ajuste de pernos de ensamblaje de componentes | ✓ | |
| Verificación que no existan cables eléctricos no aislados | ✓ | |
| Verificación de las características eléctricas de la toma eléctrica | ✓ | V = 220 [V] |
| Verificar la distancia de apertura de la compuerta de carga, para dosificar la alimentación | ✓ | La compuerta es regulable dependiendo del caudal con el que se desee alimentar. |

| TOMA DE DATOS (MÁQUINA CONECTADA Y ENCENDIDA) | | |
|--|----------------|-----------------------------|
| ASPECTO DE INSPECCIÓN | CHEQUEO | OBSERVACIÓN |
| Verificación de sentido de giro del disco rotatorio | ✓ | Sentido de giro antihorario |
| Intensidad de corriente eléctrica del motor en arranque | ✓ | I = 47 [A] |
| Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (sin producto) | ✓ | I = 9.7 [A] |
| Verificar del movimiento de las partes de la máquina previa a la carga | ✓ | |
| Verificación del número de rpm de la polea del motor | ✓ | 1784 [rpm] |
| Verificar el número de rpm de la polea conducida | ✓ | 3556 [rpm] |

| FUNCIONAMIENTO (MÁQUINA EN OPERACIÓN) PARA OBTENER MAIZ PARTIDO - SIN TAMIZ | | |
|---|--------------------------|--|
| ASPECTO DE INSPECCIÓN | PARÁMETRO | OBSERVACIÓN |
| Material a moler | maíz | |
| Volumen de material a moler | 2 Litros | |
| Verificación de ajuste perilla de compuerta para regular flujo de entrada | ✓ | |
| Retiro de tamiz | ✓ | |
| Verificar apriete de perilla de apriete de compuerta | ✓ | |
| Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (mientras se muele) | ✓ | I = 8.52 [A] |
| Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo | Apertura de comp. 3 [cm] | t1 = 1:13.65 [min:seg], t2 = 1:13.70 [min:seg], t3 = 1:14.25 [min:seg] |
| Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo | Apertura de comp. 4 [cm] | t1 = 35.63 [seg], t2 = 35.26 [seg], t3 = 35.90 [seg] |
| Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo | Apertura de comp. 5 [cm] | t1 = 29.33 [seg], t2 = 30.15 [seg], t3 = 29.60 [seg] |

| FUNCIONAMIENTO (MÁQUINA EN OPERACIÓN) PARA OBTENER HARINA DE MAIZ 8CON TAMIZ) | | |
|---|------------------|--|
| ASPECTO DE INSPECCIÓN | PARÁMETRO | OBSERVACIÓN |
| Material a moler | maíz | |
| Volumen de material a moler | 2 Litros | |
| Verificación de ajuste perilla de compuerta para regular flujo de entrada | ✓ | |
| Colocar el tamiz | ✓ | |
| Verificar apriete de perilla de apriete de compuerta | ✓ | |
| Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (mientras se muele) | ✓ | I = 8.52 [A] |
| Verificación de cantidad de producto final molido con apertura de puerta de 5 [cm] | t = 2 [min] | Se molió alrededor el 1/4 del maíz, el restante se encontraba en la cámara de molienda triturándose. |
| Verificación de cantidad de producto final molido con apertura de puerta de 5 [cm] | t = 2.5 [min] | Se molió alrededor el 1/3 del maíz, el restante se encontraba en la cámara de molienda triturándose. |
| Verificación de cantidad de producto final molido con apertura de puerta de 5 [cm] | t = 3 [min] | Se molió alrededor el 1/2 del maíz, el restante se encontraba en la cámara de molienda triturándose. |

ANEXO VI. HOJAS DE PROCESOS

| HOJA DE PROCESOS | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|------------|------------------------------|-------|------------------------------------|-----|
| Nombre de la Unidad: Molino de pines: componente B | | | | | | Tiempo de duración (min): | | Tiempo total para 20 Piezas (min): | |
| | | | | | | 26 | | 520 | |
| Pos. | Cant. | Denominación | Material | Dim. en bruto | Obs. | | | | |
| 1 | 1 | Cilindro de bisagra | Acero Inoxidable AISI 304 | 35 mm Ø 1" | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Fase | Sub fase | Nº | Operaciones | Croquis | RPM | Útiles | | Tiempo Estimado | |
| | | | | | | Trab. | Cont. | | |
| Torno | 10 | 11 | Refrentar 1 | | 625 560 | C.C | - | 5 | min |
| | 20 | 21 | Cilindrar 3, Ø 16 mm x 20 mm | | 625 560 | C.C | Cal. | 10 | min |
| | | 22 | Chaflan 4, 1 x 45° | | 625 560 | C.C | Cal. | 3 | min |
| | 30 | 31 | Refrentar 5 | | 625 560 | C.C | Cal. | 5 | min |
| | | 32 | Chaflan 6, 1x45° | | 625 560 | C.C. | Cal. | 3 | min |
| CODIGO DE ÚTILES C.C.=cuchilla de cilindrar C.H.=Cuenta Hilos C.R.=Cuchilla de roscar C.T.=Cuchilla de tronzar Cal.=Calibrador B.C.=Broca de centros Mo.= Moleateador Gal.= Galga de roscas 60 grados | | | | CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | | | |
| | | | | | | ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL | | | |

| HOJA DE PROCESOS | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------|------------------------------|-------|------------------------------------|-----|
| Nombre de la Unidad: Molino de Pines: componente B | | | | | | Tiempo de duración (min): | | Tiempo total para 20 Piezas (min): | |
| | | | | | | 52 | | 1040 | |
| Pos. | Cant. | Denominación | Material | Dim. en bruto | Obs. | | | | |
| 1 | 1 | Manzana del disco rotatorio | Acero Inoxidable AISI 304 | 55 mm Ø 2 1/2" | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Fase | Sub fase | Nº | Operaciones | Croquis | RPM | Útiles | | Tiempo Estimado | |
| | | | | | | Trab. | Cont. | | |
| Torno | 10 | 11 | Refrentar 1 | | 625 560 | C.C | - | 5 | min |
| | 20 | 21 | Cilindrar 3, Ø 60 mm x 40 mm | | 625 560 | C.C | Cal. | 10 | min |
| | | 22 | Cilindrar 4, Ø 28 mm x 10 mm | | 625 560 | C.C | Cal. | 10 | min |
| | | 23 | Chaflan 5, 0.5x45° | | 625 560 | C.C | Cal. | 3 | min |
| | | 24 | Chaflan 6, 0.5x45° | | 625 560 | C.C | Cal. | 3 | min |
| | | 25 | Chaflan 7, 0.5x45° | | 625 560 | C.C. | Cal. | 3 | min |
| | | 26 | Refrentar 6, 32 mm | | 625 560 | C.C | Cal. | 3 | min |
| | 30 | 31 | Refrentar 9 | | 625 560 | C.C | - | 5 | min |
| | | 32 | Taladrar 10, 4 x Ø6.60 mm | | 625 560 | B.D. | Cal. | 5 | min |
| | | 33 | Taladrar 11, 4x Ø9 mm | | 625 560 | C.C. | Cal. | 5 | min |
| CODIGO DE ÚTILES C.C.=cuchilla de cilindrar C.H.=Cuenta Hilos C.R.=Cuchilla de roscar C.T.=Cuchilla de tronzar Cal.=Calibrador B.C.=Broca de centros Mo.= Moleateador B.D. = Broca desbaste | | | | CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | | | |
| | | | | | | ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL | | | |

ANEXO VII. CÓDIGOS G

ANEXO VIII. PLANOS