

PROPUESTA CONCEPTUAL DEL SISTEMA MECÁNICO PARA EL PROCESAMIENTO DE COCOA EN LA EMPRESA CERÁMICA BLANCA DE HOLGUÍN.

TRABAJO DE DIPLOMA

Autor: Carlos Rafael Miranda Díaz

Tutores: Ing. Lianet Batista Martínez

Msc. Idalia Isla Vilachá.

Ing. Alexis Junior López Fernández

HOLGUÍN 2021



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el diseño del sistema mecánico para procesar la Cocoa en la Empresa Cerámica Blanca. Durante el trabajo se desarrollaron soluciones mecánicas, basadas en el diseño asistido por computación (CAD). Para la realización del trabajo en el capítulo 1 se realizó una búsqueda de cuáles son los sistemas mecánicos que se pueden utilizar para procesar el material y se manejan las variantes más factibles a utilizar. En el capítulo 2 se realizaron los cálculos del accionamiento del transportador del sistema mecánico seleccionado. Este estudio incluye un análisis del impacto socioeconómico y su aporte al país de la propuesta planteada. La Investigación fue desarrollada entre investigadores de la Universidad de Holguín y Especialistas de la Empresa Cerámica Blanca de Holguín.



SUMMARY

The objective of this research is the design of the mechanical system to process Cocoa in the White Ceramic Enterprise in Holguin. During the work, mechanical solutions were developed, based on computer-aided design (CAD). To carry out the work in chapter 1, a search was made of which are the mechanical systems that can be used to process the material and the most feasible variants to use are handled. In chapter 2 the calculations of the conveyor drive of the selected mechanical system were performed. This study includes an analysis of the socioeconomic impact and its contribution to the country of the proposed proposal. The research was developed among investigators from the University of Holguin and specialists from the White Ceramic Enterprise.



Índice

Introducción.....	1
Capítulo I Fundamentación Teórica	8
1.1 Materiales que se van a transportar.....	8
1.1.1 Carbonato de calcio (Andrade & Chiriboga, 2018).....	8
1.1.2 Cocoa	10
1.1.3 Arcilla (J. Linars*, 2017).....	10
1.1.4 Feldespato (J. Linars*, 2017).....	13
1.2 Sistemas de alimentaciones del transportador para el procesamiento de materiales	14
1.2.1 Transportadores. (Zúñiga, 2006)	15
1.2.2 Molinos. (Calderón, 2018).....	22
1.2.3 Transmisión por cadena. Generalidades (Shigley, 2008)	30
1.3 Diseño Conceptual.....	37
Capítulo II Solución Técnica.....	39
2.1. Propuesta del sistema mecánico	39
2.1.1 Propuesta de accionamiento del transportador	39
2.2 Metodología de cálculo para determinar la eficiencia del accionamiento.....	44
2.2.1 Metodología de cálculo para las pérdidas de potencia en cojinetes de rodamientos	44
2.2.2 Metodología de cálculo para las pérdidas de potencia en transmisión por cadena y rueda de estrella.....	47
2.2.3 Análisis de los resultados	53
2.3 Selección de los materiales	54
2.3.1 Diseño.....	56
2.4 Propuesta para el transportador (Catálogo 910.04 SACMI IMOLA).....	57
Tabla 9. Distancias de separación entre estaciones de rodillos.....	58
2.5 Propuesta de reacondicionamiento a los elementos existentes.....	59
2.6 Valoración económica de la propuesta planteada.....	60
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	65
Anexos	66





Bibliografía74



INTRODUCCIÓN

El trabajo constituye una solución para la Empresa Cerámica Blanca de Holguín que se encuentra ubicada en Calle 3era No. 27 entre 49 y Carretera Central, Zona Industrial, Holguín. Está subordinada directamente al OSDE Materiales de la Construcción, GEICON, perteneciente al MICONS. Comenzó su producción el día 20 de octubre de 1976. Se dedica actualmente a la producción de azulejos formato de 20 cm x 20 cm, muebles sanitarios y la producción de Feldespato Sódico procesado.

Según 'el plan de acción de la empresa' (PLANEAC 2020) el Objeto Social para la Empresa de Cerámica Blanca es producir y comercializar productos de cerámica blanca, así como otros materiales y productos para la construcción y satisfacer una parte importante de la demanda nacional. Sus actividades secundarias son transportar materias primas, materiales y productos cerámicos para la construcción, producir y comercializar cerámica artística, figuras ornamentales e inventarios ociosos de lento movimiento, brindar servicios de transportación de carga y comercialización de desechos de producciones de cerámica.

La planta de azulejos inicia sus inversiones en el año 1976, culminando el 24 de julio del año 1979, fecha en que se puso en explotación manteniéndose como la única planta productora de azulejos de revestimiento en el país. En el año 2001 se ejecutó una remodelación donde se introdujo tecnología actualizada capaz de mejorar los volúmenes de producción y lograr mayores índices de calidad. (PLANEAC 2020)

Los azulejos cerámicos son baldosas cerámicas utilizadas como revestimientos. Estas baldosas cerámicas se clasifican en varios grupos atendiendo al método de conformación y al valor de la absorción de agua del producto terminado. Los azulejos producidos en la empresa, son baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua mayor al 10% o sea revestimiento poroso.

El material de revestimiento se fabrica utilizando en el cuerpo pasta roja constituida por materiales arcillosos de cocción roja por el alto contenido de hierro y por

materiales complementarios como feldespato y carbonato de calcio. El proceso de fabricación es el de bicocción rápida en hornos de rodillos. Las arcillas y materiales complementarios se muelen vía húmeda en molinos discontinuos de bolas, para luego preparar un polvo de granulometría controlada mediante el proceso de secado por pulverización en un atomizador. Este polvo semiseco pasa a las prensas hidráulicas, donde se encuentra un molde utilizado para la conformación de las piezas de forma automatizada. (PLANEAC 2020)

Las piezas prensadas son secadas y reciben una primera cocción formando un producto intermedio llamado bizcocho. Sobre los bizcochos se aplica el engobe y el esmalte en una línea de transporte por correas donde se encuentran instalados los equipos utilizados en esta operación. El esmalte constituye una fina capa vítrea que le otorga al azulejo las propiedades estéticas y funcionales propias de los revestimientos, en este punto los productos pueden clasificarse como brillantes o mates, blancos o coloreados y decorados con técnicas como la decoración serigráfica. El producto esmaltado es sometido a una segunda cocción para lograr la vitrificación del esmalte aplicado.

La planta de muebles sanitarios inicia su producción en el año 1978, con una capacidad inicial de 120 000 piezas al año, mediante la cocción en horno túnel continuo, actualmente se realiza un proceso inversionista con tecnología de punta donde se incrementa la capacidad de producción hasta 320 000 piezas al año. (PLANEAC 2020)

El material cerámico que compone a los muebles sanitarios y accesorios es una porcelana sanitaria, formada por arcillas, cuarzos y feldespatos. El método de formación de las piezas es el vaciado manual en moldes de yeso. Durante el vaciado la barbotina o pasta cerámica se vierte en moldes de yeso ya preparados con la forma adecuada. Estos crean las condiciones en las que la barbotina es capaz de gelificar y perder agua hasta alcanzar el espesor deseado.

El cuerpo una vez formado se somete a un proceso de secado y acabado superficial

para luego recibir el esmalte, este en una mezcla de caolines, cuarzo y feldspatos, generalmente opacificado mediante el uso de silicato de circonio o coloreados con óxidos metálicos y/o pigmentos. Las piezas esmaltadas reciben una cocción en hornos intermitentes a una temperatura de 1180°C logrando la sinterización necesaria para alcanzar bajos niveles de absorción de agua en el producto terminado.

Las actividades de apoyo de la empresa son brindar servicios de montaje, aplicación, de posventa, producir, transportar y comercializar partes, piezas y accesorios de la producción para la industria de materiales de construcción y otros. Brindar servicios de mantenimiento, reparación y montaje a instalaciones y equipos tecnológicos industriales y no tecnológicos de producción de materiales de construcción reciclables. Asistencia técnica, consultoría y asesoría en actividades de producción de la cerámica; prestar servicios de maquinado, soldadura y enrollado de motores, arrendamiento de locales y espacios, realización de actividades constructivas, venta de materias primas y desechos. (PLANEAC 2020)

Es una empresa capaz de cubrir satisfactoriamente la parte que le corresponde de la creciente demanda de materiales de la cerámica en apoyo a programa de la vivienda y la batalla de ideas. Lo distingue la competitividad en el sector cerámico nacional, la calidad y el uso eficiente de la energía respaldados por la investigación y el desarrollo tecnológico y medio ambiental.

En la Empresa Cerámica Blanca de Holguín, las materias primas que se utilizan en la pasta para la producción del azulejo cerámico llegan desde las canteras de los diferentes materiales, estos materiales llegan a la empresa de sus respectivos yacimientos procesados o sin procesar.

Por las dificultades presentadas por el país por el déficit de combustible las canteras de materiales no siempre tienen la disponibilidad para procesar estos materiales por lo que crea un déficit de materias primas para la empresa.

Teniendo en cuenta lo señalado, especialistas en química de la empresa realizaron un estudio que demostró que para la producción del azulejo cerámico se puede sustituir el carbonato de calcio por la Cocoa (carbonato de calcio contaminado con arcillas que se encuentran en las canteras de pedernales) ya que cumple con la granulometría requerida para la producción.

La Cocoa proviene de un yacimiento que se encuentra ubicado en la zona de pedernales, en la actualidad cuando esta materia prima llega a la empresa sin procesar hay que dirigir este material a la UEB Feldespato que se dedica al procesamiento del feldespato cerámico, por lo que se interrumpe la producción de esta UEB para procesar la Cocoa.

La utilización de la Cocoa (carbonato de calcio contaminado con arcillas que se encuentran en las canteras de pedernales) como materia prima en la producción de azulejos de 20 cm x 20 cm; crea la necesidad de diseñar un sistema mecánico para su procesamiento, en el cual se va a trabajar con algunos prototipos de los equipos existentes dentro de la industria (molino de martillo, estructuras mecánicas y piezas para armar un transportador de banda) y la fabricación de otros. Este proyecto se crea sobre la base de sustituir una materia prima por otra para lograr disminuir los costos de producción e índices de consumo de los portadores energéticos de la empresa, así como los gastos de materias primas y materiales.

Situación problemática: La empresa cuenta con un molino de martillo, una tolva y las piezas para armar un transportador pero la no existencia de un sistema mecánico para procesar la Cocoa en la fábrica de azulejos en la Empresa de Cerámica Blanca de Holguín.

El problema de investigación: La necesidad de la propuesta conceptual de un sistema mecánico para procesar la Cocoa utilizada en la producción de azulejos en la Empresa de Cerámica Blanca de Holguín.

Objeto de Investigación: Sistema mecánico para el procesamiento de Cocoa.

Campo de acción: Sistema mecánico de accionamiento.

Objetivo general: Realización del sistema mecánico para procesar la Cocoa.

Objetivos específicos:

- Confeccionar los fundamentos teórico-metodológicos de la investigación.
- Caracterizar el sistema de alimentación para procesar la Cocoa así como conocer los factores que influyen sobre él.
- Diseño conceptual del sistema mecánico y diseño del accionamiento.
- Diseñar en 3D las piezas que forman parte del sistema, y elaborar el plano constructivo en 2D en SolidWorks para la fabricación.

Hipótesis: Si se logra una correcta propuesta conceptual del sistema mecánico se realizará el procesamiento de la Cocoa con la eficiencia requerida dentro de los parámetros necesarios para la producción de azulejos.

Tareas de investigación:

1. Desarrollar una revisión bibliográfica del tema.
2. Determinar los parámetros de explotación a los cuales va a estar sometido el sistema que se propone.
3. Consultas con expertos en la Universidad de Holguín y de la Fábrica de Cerámica Blanca.
4. Diseño conceptual del sistema mecánico.
5. Realizar el modelado del sistema en SolidWorks.
6. Concepción del sistema mecánico y diseño del accionamiento.
7. Valoración económica de la propuesta y análisis del impacto medioambiental del proceso.
8. Redacción del informe final.

Métodos de investigación:

Dentro de los métodos de investigación utilizados se destacan los siguientes:

- **Empíricos:**

- Consultas con expertos: Se realizaron consultas y entrevistas a tecnólogos e ingenieros de la empresa con el propósito de obtener información y elementos suficientes sobre el problema a investigar, para la realización de este proyecto.
- Observación científica: en las visitas realizadas a la fábrica se logró la recopilación de información preliminar acerca de la función que cumple el sistema que se propone para el procesamiento de la Cocoa, el régimen de trabajo y los esfuerzos a los que va a estar sometido durante su funcionamiento.
- Mediciones: se tomaron prototipos de piezas existentes que van a formar parte general del sistema y se realizaron posteriormente las mediciones correspondientes para que acoplen en el sistema que se propone.

- **Teóricos:**

- Histórico – lógico: se aplica para establecer el estado del arte del tema de investigación, permitiendo conocer que se ha investigado sobre el tema y qué leyes o aspectos generales se abordan en el fenómeno que se estudia.
- Análisis y síntesis: Se analizan todas las posibles variantes para el sistema de alimentación y se procesa la información analizando con herramientas estadísticas para la determinación del sistema adecuado y más factible para su fabricación.
- Inducción – deducción: A partir del estudio de diferentes casos particulares se llegan a establecer aspectos que son generales y las leyes empíricas, que constituyen puntos de partida para inferir o confirmar formulaciones teóricas; de las cuales se deducen nuevas conclusiones lógicas que son sometidas a prueba, de acuerdo con las generalizaciones empíricas. Se utilizó para la

evaluación de los diferentes criterios que intervienen en la aplicación de la metodología.

- Modelación geométrica y matemática: se utilizó el Software profesional SolidWorks, para la modelación de la pieza, lo que permitió realizar estudios sobre la resistencia de la misma, para su posterior comprobación por cálculos matemáticos.

Resultados esperados:

1. La propuesta conceptual del sistema mecánico para el procesamiento de la Cocoa para la producción de azulejos en la Empresa de Cerámica Blanca de Holguín.
2. Diseño del accionamiento.

CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Introducción

El proceso de producción de azulejos se inicia con la molienda de las materias primas que intervienen en la fórmula química de azulejo las cuales son:

FORMULA DE PASTA 20-2-17		BASE: 7000 kg
MATERIAS PRIMAS	%	kg
ARC BAYAMO	33	2310
ARC SAN JUAN	32	2240
FELDESPATO HOLGU	25	1750
CARBONATO	10	700
DESECHO	100 kg	100 kg

1.1 Materiales que se van a transportar.

1.1.1 Carbonato de calcio (Andrade & Chiriboga, 2018).

El carbonato de calcio (Ver Figura 1) es un compuesto químico cuya fórmula es CaCO_3 . Se trata de un compuesto ternario, que entra en la categoría de las oxosales. Es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal, en todas partes del mundo y es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos (p.ej. moluscos, corales) o de las cáscaras de huevo. Es la causa principal del agua dura. En medicina se utiliza habitualmente como suplemento de calcio, como antiácido y agente adsorbente. Es fundamental en la producción de vidrio y cemento, entre otros productos.

El carbonato de calcio es un componente abundante en la naturaleza. Se presenta de varias formas y grados de pureza, especialmente como roca. Su formulación química es CaCO_3 . Es extraído de las minas, en forma natural pasan por procesos de extracción, trituración y molienda.

Las propiedades químicas del material son detalladas a continuación:

- La dureza en Mohs es de 2 a 3.
- Insoluble en el agua.
- Contiene como máximo 40% de Cal.

Es el componente principal de minerales como la calcita o el aragonito y de rocas carbonáticas como la caliza y sus variedades (travertino, creta, carniola) o el mármol, procedente del metamorfismo de calizas. También forma parte principal de la composición de estructuras sedimentarias de origen orgánico como tobas calcáreas, espeleotemas, estromatolitos, oncolitos, etc.

El carbonato cálcico es componente principal de muchas estructuras presentes en organismos vivos, como el talo de algunas algas, por ejemplo *Padina pavonica*, las esponjas de la clase Calcárea, conchas de moluscos, esqueletos de corales o las cáscaras de huevo de reptiles y aves. (Andrade & Chiriboga, 2018)

PARÁMETROS FÍSICOS CARBONATO DE CALCIO	
Granulometría	
Retenido en Tamiz 0,063 micrones (230 mesh)	3% Máximo.
Humedad	1% Máximo.

Tabla 1.1 Parámetros físicos del carbonato de Calcio (Archivo de Cerámica Blanca Holguín)



Fig. 1: Carbonato de Calcio (Andrade & Chiriboga, 2018)

1.1.2 Cocoa

Cocoa: carbonato de calcio contaminado con arcillas de pedernales.

PARÁMETROS FÍSICOS POLVO DE PIEDRA PEDERNALES	
Granulometría	1mm Máximo
Contenido de CaO	44-49%
Humedad	7% Máximo

Tabla 1.2 Parámetros de la Cocoa (polvo de piedra de pedernales) (Archivo de Cerámica Blanca Holguín)

1.1.3 Arcilla (J. Linars*, 2017)

El término "arcilla" puede tener diversas acepciones dependiendo de que su uso sea común o especializado. En términos comunes, las arcillas son materiales naturales muy repartidos en la superficie de la corteza terrestre y que en ocasiones, pueden formar al ser mezclados con agua, masas plásticas a partir de las cuales es factible fabricar productos cerámicos. Estos materiales arcillosos tienen una variada granulometría debido a lo cual, en Edafología y Sedimentología, se habla de "fracción arcilla" o "fracción fila" de un suelo o sedimento. Normalmente se entiende que esta fracción es el conjunto de partículas minerales que tienen un diámetro esférico equivalente o inferior a 2 micras.

En otras ocasiones se habla de "minerales de la arcilla" o, mejor aún, "filosilicatos de la arcilla". Esta acepción indica que dentro de la fracción fila de suelos y sedimentos existen una serie de minerales cristalinos con estructura laminar (filosilicatos) y que normalmente, es la parte mayoritaria de dicha fracción. De acuerdo con todo ello, se puede decir que los materiales arcillosos naturales son asociaciones de minerales de muy diverso tamaño con predominio de fracciones filas. Como minerales groseros se encuentran normalmente cuarzo, feldespatos (alcalinos y plagioclasas), carbonatos (calcita y dolomita), yeso y óxidos de hierro. Entre los minerales de grano fino

(filosilicatos) se encuentran illita, montmorillonita, clorita, caolinita e interestratificados, como mayoritarios.(J. Linars*, 2017)

Significados del término arcilla

1. Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales (minerales de la arcilla), filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físico-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, muy fino (Inferior a 2 μm).
2. Desde el punto de vista petrológico la arcilla es una roca sedimentaria, en la mayor parte de los casos de origen detrítico, con características bien definidas. Para un sedimentólogo, arcilla es un término granulométrico, que abarca los sedimentos con un tamaño de grano inferior a 2 μm .
3. Para un ceramista una arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada se convierte en una pasta plástica. Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones.
4. La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminios hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio. Presentan diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de rocas que contienen feldespato.
5. Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural de arcilla puede haber partículas no minerales, los fotolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Son el producto de disgregación total o parcial de las rocas ígneas por acción del agua y los agentes atmosféricos (en especial el dióxido de carbono).

En el proceso de generación de las arcillas estas se ven sometidas durante largos períodos de tiempo a temperaturas y presiones determinadas. Por esta razón el término industrial de la arcilla no corresponde a una composición química o mineralógica definida; las arcillas son mezcla de diversas especies minerales, esto dependerá de la composición de la roca madre de partida. Esto hace muy complicado el estudio de las mismas y la evaluación de los yacimientos que, por el mismo motivo, presentan una elevada heterogeneidad. (J. Linars*, 2017)

Clasificación de las arcillas

Se pueden distinguir entre primarias las del tipo hipogénico y residuales que permanecieron en el mismo lugar de su formación y las secundarias que fueron acarreadas a lugares diferentes al de su origen.

- Fluviales: depositadas por ríos y siendo la mayor parte depósitos de baja calidad.
- Lacustres: asentados en lagos y estando en capas uniformes de buena calidad.
- En deltas: son arenosas y de composición irregular.
- Glaciales: formadas por la acción de grandes masas de hielo sobre rocas cristalinas.

De acuerdo con su plasticidad

- Arcillas plásticas: Presentan alta plasticidad las arcillas bentoníticas y Mormonilloníticas.
- Pocas plásticas: Presentan esta característica las arcillas esmécticas, que absorbe las grasas. (J. Linars*, 2017)

Arcilla que se encuentra en el yacimiento de Bayamo

Humedad	20% Máximo
Contracción al secado	8-9% Máximo
Contracción al quemado con temperatura de hasta 1120 ⁰ c	10% Máximo
Contracción total	12% Máximo
Color al quemado	Rojizo
Absorción	6-12%

Tabla 1.3 Parámetros físicos arcilla Bayamo (Archivo de cerámica Blanca Holguín)

Arcilla que se encuentra en el yacimiento de San Juan

PARÁMETROS FÍSICOS ARCILLA SAN JUAN	
Humedad	20% Máximo
Contracción al secado	5-6% Máximo
Contracción al quemado con temperatura de hasta 1120 ⁰ c	5% Máximo
Contracción total	7% Máximo
Color al quemado	Rojizo
Absorción	6-18%

Tabla 1.4 Parámetros físicos arcilla San Juan (Archivo de cerámica Blanca Holguín)

1.1.4 Feldespato (J. Linars*, 2017)

Los feldespatos, sobre todo los alcalinos, contribuyen a la formación de vidrio desapareciendo a una temperatura de 1000°C a 1100°C. Cale y Segnit demostraron que por encima de estas temperaturas se forma anortita como consecuencia de la reacción producida al unirse óxido cálcico (procedente de la destrucción de la calcita) y aluminosilicatos. Los iones alcalinos presentes en la estructura favorecen la

formación de vidrio al tiempo que inhiben la aparición de fases de alta temperatura, no impidiendo la nucleación pero sí el desarrollo de los cristales. (J. Linars*, 2017)

PARÁMETROS FÍSICOS FELDESPATO SÓDICO PROCESADO	
Retenido en Tamiz 0,063 micrones (230 mesh)	5% Máximo
Humedad	1% Máximo
Prueba del cono	Idem al patrón

Tabla 1.5 Parámetros físicos feldespato sódico procesado (Archivo de Cerámica Blanca Holguín)

1.2 Sistemas de alimentaciones del transportador para el procesamiento de materiales

Existen diferentes tipos de formas de alimentar a los transportadores esta varían en diferencia de la modernidad de las maquinarias entre ellas las más utilizadas son:

Compuerta tipo Basculante (Bulmatic, 2020)

Las compuertas tipo basculante son adecuadas para la descarga masiva sin restricciones de materiales a granel desde silos y búnkeres. En una posición abierta, las almejas están situadas fuera del área de flujo de material, mejorando así el ciclo de vida de la cubierta debido al desgaste reducido. La compuerta tipo almeja está diseñada para que la mayoría del material no tienda a abrir las compuertas en condiciones normales de funcionamiento, lo que da como resultado una compuerta "a prueba de fallas" en caso de que se pierda presión de aire en el cilindro neumático. Los interruptores de límite montados en el cilindro se pueden instalar como extras opcionales (Bulmatic, 2020). (Inga, 2020)

Tornillo Sinfín (Inga, 2020)

Entre los sistemas de manutención, entendido como el conjunto de medios técnicos, instrumentos y dispositivos que hacen posible la manipulación y traslado de los

materiales, más empleados en la industria están los Transportadores de Tornillo Sinfín.

Básicamente, un transportador normalizado de tornillo helicoidal está constituido por una hélice montada sobre un eje que se encuentra suspendido en un canal, generalmente en forma de "U".

Un grupo motor reductor situado en uno de los extremos del eje del tornillo hace girar la hélice que arrastra el producto a transportar.

Es un sistema de manipulación y transporte de material extremadamente versátil, que puede ser empleado, además de como equipo de trasiego de material, como dispositivo dosificador, o también como elemento que funciona como mezclador o agitador. (Inga, 2020)

Dentro de la empresa los transportadores existentes, se alimentan utilizando el método de alimentación de tornillo sinfín y de compuerta basculante.

Propuesta a utilizar

Para el transportador se decide utilizar un conjunto mecánico que consta con un chavetero en la tolva la cual se va a cerrar y abrir por medio de un palanca manual que va a regular la cantidad de material que se la va a suministra al transportador. Ya que este sistema mecánico se puede elaborar en la empresa en su taller, además suple las necesidades de alimentación del transportador.

1.2.1 Transportadores. (Zúñiga, 2006)

“El funcionamiento de las máquinas de transporte continuo está dado por la transportación de la carga o por la pieza a través de una ruta dada, sin que se produzcan paradas para la carga y descarga del material transportado. Cuando la carga es a granel suele trasportarse en forma de una vena continua o en porciones separadas depositadas en recipientes colocados a corta distancia entre sí. Cuando la carga es compacta también se moverá en forma continua pero la entrega del producto se hará por unidades de acuerdos con lo expresado, el recorrido del

elemento de la maquina encargado de rotar la carga y el retorno de este vacío ocurrirá al mismo tiempo y en forma continuada. Estas características fundamentales: movimiento continuo de la carga, ausencia de paradas para la carga y descarga y simultaneidad del movimiento del órgano portador cargado y vacío en el retorno, confieren a las máquinas de transporte continuo una gran productividad, condición de gran importancia en la industria moderna en la cual son típicos los grandes flujos.” Según Orior Guerra.

Transportadores magnéticos

Es un dispositivo provisto de una banda con parte magnética que, colocada debajo de la banda, permite arrastrar los productos metálicos hacia abajo, dándoles así estabilidad.

Los transportadores de tambor magnético permiten la separación de partículas o desechos metálicos. Se utiliza a menudo en fundiciones para extraer desechos metálicos de un transportador de arena después de la operación de fundición.

Ventajas de un transportador magnético:

- Aumentar tiempos productivos.
- Reducir calentamientos en la bancada.
- Ahorro de la mano de obra necesaria para extraer la viruta.
- Superficie de desplazamiento de acero inoxidable resistente al roce.
- Sin averías y mantenimiento mínimo.

Transportador de correa dentada

En los transportadores de correa dentada el entallado de la correa permite el desplazamiento de los materiales con gran precisión, sin temor a posibles deslizamientos como ocurre con una correa lisa. Son ideales para el transporte cíclico de materiales de transporte rígido o de pallets porta piezas.

Algunas ventajas de un transportador de correa dentada:

- Marcha sincronizada de las cadenas de accionamiento gracias a la unión ideal entre la polea dentada y la correa dentada.
- Buena resistencia al desgaste gracias al nivel bajo de fricción.
- Arrastre óptimo de las piezas, gracias a diferentes recubrimientos de la correa dentada.
- Alcanzar altas velocidades manteniendo un funcionamiento silencioso y limpio.

1.2.1.1 Transportador de rodillos

Los transportadores de rodillos (Ver Fig. 2) se utilizan para el transporte de productos suficientemente largos para evitar que no caigan entre dos rodillos, también deben ser rígidos y de fondo plano. Por su forma de construcción y su accionamiento, podemos clasificarlos en los siguientes tipos:



Fig. 2 Transportador de rodillo. (Zúñiga, 2006)

Transportador de rodillos por gravedad

El dispositivo se apoya en la fuerza de gravedad del producto para deslizarse entre los rodillos. Dependiendo de la naturaleza de la carga a transportar, es decir, dependiendo de la rigidez de su cara de contacto y su masa, la pendiente requerida estará entre 1,5 % a 5 %.

Transportador de rodillos por banda

En este tipo de transportadores, la banda motoriza los rodillos accionados. Un transportador de banda consta, en general, de dos tamboras, una de ellas motriz y la otra de cola o de retorno, unidas entre sí por una banda, la cual se mantiene en tensión por un sistema de atesado. Para evitar que se produzca una flecha grande en la banda, esta se apoya en rodillos, en la rama cargada y en la descargada los cuales están sujetos a la estructura del transportador.

El movimiento de la banda es impartido, a través de la tambora motriz, por el sistema de transmisión. La transportación del material se efectúa por la rama superior de la banda transportadora, aunque existen diseños especiales en los que permite la transportación por el ramal inferior, incluso por ambos ramales. La carga se coloca sobre la banda mediante una tolva alimentadora que suministra constantemente material al transportador. La descarga se efectúa a través de una canal que dirige el material a la salida del transportador.

Existen dispositivos que permiten la descarga intermedia del material. El transportador puede tener también tamboras deflectoras para cambiar el sentido al órgano de tracción por necesidades constructivas, y limpiadores, que pueden ser externos e internos y cuya función es limpiar la banda de partículas del material que se adhieren a ella. En algunos casos la banda, en vez de estar apoyada sobre rodillos, está apoyada sobre una guía fija, solución que se usa preferentemente para transportación de bultos.

El transportador de banda tiene una serie de características que ofrecen ventajas con respecto a otros transportadores, las cuales son:

- Velocidad en la manipulación de materiales. El transportador de banda es efectivo en la transportación de una gran variedad de materiales a granel, los cuales pueden ser livianos o pesados, secos o húmedos, polvorientos o en grandes terrones. Se pueden transportar también materiales corrosivos y

abrasivos, muchos tipos de bultos, y hasta objetos cuya manipulación es delicada, ya que la transportación se efectúa de una forma suave y uniforme.

- Rango amplio de capacidades. Debido a los diferentes anchos de banda, la diversidad de materiales que se puede transportar y la variedad de velocidades en que se opera el transportador de banda, hace que el rango de capacidades sea desde unos pocos hasta miles de kilo newton por hora. Rango amplio de longitudes de transportación. El transportador de banda es efectivo tanto para longitudes de pocos metros como para grandes distancias, y un solo transportador puede llegar a cubrir de (4 a 5) km. Si los transportadores de banda se colocan en serie, las distancias a cubrir serían ilimitadas. Actualmente existen transportadores de banda que alcanzan los 15 km.
- Descarga del material. Estos transportadores pueden realizar la descarga del material al final de su trayectoria, pero también, con la utilización de carros de desvío y cuchillas desviadoras, pueden realizar la descarga del material en cualquier punto de la trayectoria.
- Estructura liviana. Debido a las velocidades en que se opera el transportador de banda, el peso lineal de la carga es bajo, en comparación con la capacidad manipulada, lo que permite que la estructura sea simple y liviana. Trazas horizontales e inclinadas. De acuerdo con las trayectorias que describen por el principio de su funcionamiento la traza de un transportador de banda se encuentra siempre en el plano vertical.
- Desgaste mínimo y fácil mantenimiento. Debido a que no existe movimiento relativo entre la banda y el material y además, no están en contacto con el resto de las partes móviles del transportador, el desgaste es mínimo. El mantenimiento de la instalación normalmente consiste en una lubricación periódica a las partes móviles del transportador, incluyendo el sistema propulsor.

- Poco consumo de energía. El transportador de banda es el que consume menos energía por tonelada de material manipulado, principalmente por las características señaladas en el punto anterior.

A estas características se puede añadir que el funcionamiento de los transportadores de banda es muy uniforme y silencioso, y además su construcción y montaje es simple comparado con el de otros transportadores. Los transportadores de banda son los más empleados en la transportación de materiales en la industria, la rama de la construcción, la agricultura, así como la manipulación de cargas a granel, en bultos o paquetes. Estas últimas pueden presentarse de diferentes formas, tipo talcos, pulverizados, granulados, en pedazos de distintas dimensiones, etc. Su principio de funcionamiento se basa en un órgano de tracción flexible, en este caso la banda sobre la cual se traslada el material.

Las capacidades de transportación de los mismos se encuentran dentro de un amplio rango, pudiendo alcanzar desde unos pocos kilogramos hasta cientos, y en ocasiones hasta un número de tres cifras. También así se comporta la longitud de estos transportadores, desde unos metros hasta varios kilómetros. La carga es transportada por la parte superior del transportador, mientras que la inferior es la encargada del retorno del órgano de tracción vacío. La tambora propulsada recibe el movimiento de la unidad motriz. El material es depositado sobre la banda a través de uno o varios alimentadores situados sobre el transportador, que a la vez descarga por el extremo final, mediante un conducto que puede estar también en cualquier punto de la rama cargada, por medio de dispositivos especiales.

Otro de los accesorios de gran importancia es el limpiador de banda, el cual se emplea para eliminar el material adherido a la banda en su cara exterior. Normalmente se ubica cerca de la salida en la tambora motriz. (Zúñiga, 2006)

Transportador de rodillos por cadena (Zúñiga, 2006)

Este tipo de transportadores es ideal para productos de tipo pesado, en este caso los rodillos son accionados por medio de una cadena que transmite el movimiento de

rodillo a rodillo. Hay transportadores de rodillos cónicos para describir curvas de 45, 90 y 180°. La conicidad de los rodillos es de hecho necesaria para aplicar una velocidad lineal diferente al paquete, dependiendo de su posición con respecto al radio de la curva. Otro método más económico, y generalmente aplicado a los transportadores de rodillos libres, consiste en producir varias pistas de rodillos cilíndricos, paralelos entre sí, que permitan la diversificación de velocidades.

Transportador de cadena

Los transportadores de cadena permiten el movimiento de cargas que no podrían estar sobre transportadores de rodillos (caso de paletas o contenedores cuyos “esquís” son perpendiculares a la dirección de movimiento). Dependiendo de la rigidez de la carga a transportar, se aumenta el número de cadenas para reducir la distancia entre ejes de las cadenas. Hay transportadores con dos, tres, cuatro o incluso cinco cadenas y más.

Estos transportadores se caracterizan por el número de cadenas, los materiales de la cadena (acero, acero inoxidable, plástico) así como la resistencia de su bastidor de soporte que depende de la carga a soportar.

Según el tipo de cadena empleado, se pueden clasificar los transportadores en:

- Transportador de cadenas según DIN8187.
- Transportadores de cadenas de arrastre.
- Transportadores de cadenas de acumulación.
- Transportadores bicadenas de rodillos de acumulación.

Transportador de tornillo sinfín

El transportador de tornillo o transportador de gusano está diseñado para la transferencia de productos sólidos, pastosos o fangosos. La tecnología utilizada para esta transferencia se basa en el uso de un tornillo sin núcleo (o bobina). Esto permite un transporte eficiente de muchos productos, con caudales de hasta 200 m³/h. La

bobina utilizada es un elemento importante en el diseño del transportador, permitirá cumplir un cierto número de funciones asociadas al transporte simple.

El tornillo se puede fabricar de 2 formas:

- Fabricación por sectores soldados (bastante frágil).
- Fabricación por laminación en frío de un perfil (resistencia a la abrasión y alta tensión mecánica).

Transportadores vibrantes

Los transportadores vibrantes son como cribas, dispositivos de transporte que permiten transportar material mediante vibraciones direccionales. El diseño y la construcción exactos de los transportadores vibrantes y los tubos vibrantes se adaptan a cada aplicación.

El transporte por vibración es suave y respetuoso con el material, ocasionando en éste una degradación mínima. Los transportadores vibrantes pueden suministrarse estancos para evitar las fugas de material y proteger así el medio ambiente. Accionamientos según el tipo de uso.

1.2.2 Molinos. (Calderón, 2018)

El término molino se utiliza para describir una gran variedad de máquinas de reducción de tamaño para servicio intermedio. El producto procedente de quebrantador con frecuencia se introduce como alimentación de un molino, en el que se reduce a polvo.

1.2.2.1 Tipos de molinos (Calderón, 2018)

Existen diversos tipos según sus distintas aplicaciones, los más importantes son:

- Molino de Rulos.
- Molino Laminador.
- Molino de Barras.
- Molino de Bolas

- Molino de Martillos.
- Molino de Rodillos.
- Molino de Desintegrador.

Molinos de Rulos.

El molino de rulos (Ver Fig. 3) y el laminador son las máquinas que gozan de más aceptación para la molienda por vía húmeda en las fábricas de baldosas, ladrillos y tejas. El molino de rulos es la máquina más universal, pues permite moler y mezclar toda clase de arcillas, sobre todo las más duras o aquellas que contienen piedras y nódulos. Es también la máquina de mayor rendimiento para la preparación de arcillas en húmedo.

En estos nuevos molinos, el material es alimentado en un chorro giratorio y continuo en la parte central del molino, cayendo enfrente de la muela interna y más pesada, que se desplaza sobre una pista ciega, es decir, sin perforaciones. Después de aplastado y molido, el material es removido por un sistema de rasquetas hacia la pista perforada externa, donde es molido nuevamente y obligado por la muela externa a pasar a través de los agujeros de la pista.(Calderón, 2018)



Fig. 3 Molino de rulo (Calderón, 2018)

Molino Laminador (Calderón, 2018)

Los laminadores determinan el grado de molienda final de la arcilla húmeda, pudiéndose afirmar que la calidad del material que se está fabricando, depende de la potencia y estado de conservación del laminador. Los cilindros del laminador trabajan a distinta velocidad para evitar un consumo excesivo de energía en relación al trabajo que deben desarrollar.

Con esta velocidad diferencial se consigue un desmenuzamiento intensivo de la arcilla, mucho mayor del que corresponde a la separación entre cilindros, debido a un efecto de desgarre o corrimiento de las partículas del material laminado. Los laminadores, con frecuencia, van provistos de un disco graduado en 1/10 mm, que permite una aproximación muy exacta de la distancia entre cilindros. (Calderón., 2018)

Molino de Barras. (ROD MILL) (Calderón., 2018)

El molino de Barras está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior cuenta con barras cilíndricas sueltas dispuestas a lo largo del eje, de longitud aproximadamente igual a la del cuerpo del molino. Éste gira gracias a que posee una corona, la cual está acoplada a un piñón que se acciona por un motor generalmente eléctrico. Las barras se elevan, rodando por las paredes del cilindro hasta una cierta altura, y luego caen efectuando un movimiento que se denomina “de cascada”. La rotura del material que se encuentra en el interior del cuerpo del cilindro y en contacto con las barras, se produce por frotamiento (entre barras y superficie del cilindro, o entre barras), y por percusión (consecuencia de la caída de las barras desde cierta altura).

El material ingresa por el eje en un extremo del cilindro, y sale por el otro extremo o por el medio del cilindro, según las distintas formas de descarga: por rebalse (se emplea en molienda húmeda), periférica central, y periférica final (ambas se emplean tanto en molienda húmeda como en seca). (Calderón, 2018)

Molino de Bolas. (BALL MILL) (Calderón, 2018)

El molino de Bolas, análogamente al de Barras, está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior tiene bolas libres. El cuerpo gira

merced al accionamiento de un motor, el cual mueve un piñón que engrana con una corona que tiene el cuerpo cilíndrico.

Las bolas se mueven haciendo el efecto “de cascada”, rompiendo el material que se encuentra en la cámara de molienda mediante fricción y percusión. El material a moler ingresa por un extremo y sale por el opuesto. Existen tres formas de descarga: por rebalse (se utiliza para molienda húmeda), por diafragma, y por compartimentado (ambas se utilizan para molienda húmeda y seca).

Molino de rodillos (Calderón, 2018)

Están formados por dos cilindros rugosos. El motor hace girar a uno de los rodillos y guía al otro rodillo que gira libremente, asegurando que ambos se encuentren a la misma velocidad angular. En el interior el material es sometido a cizallamiento y compresión entre las dos superficies haciendo que las partículas queden atrapadas entre los rodillos, se rompan y caigan por la parte inferior.

Es muy utilizado en las plantas de molienda de cemento (vía seca). El molino consta de tres rodillos molidores grandes, los cuales son mantenidos a presión por medio de cilindros hidráulicos, sobre un mecanismo giratorio con forma de disco sobre el que existe una huella. El material a moler se introduce a través de una boca de alimentación ubicada al costado de la estructura principal y cae directamente en las huellas (pistas) de molido.

A medida que el material es molido por los rodillos, se va desplazando por fuerza centrífuga, hacia los bordes del sistema giratorio, ubicándose en el perímetro. Simultáneamente, una corriente lateral de gas caliente entra fuertemente a la zona de molido a través de un anillo que la rodea; por su acción, el material molido es levantado hacia la zona superior de la caja y el producto de medida aceptable pasa a través de un clasificador hacia una puerta de descarga.

El material con medida superior, cae nuevamente a la zona de molido para un molido “adicional” y así lograr la reducción requerida. Este molino admite materiales de alimentación de hasta 50 mm (2”) y tiene una capacidad de molienda entre 50 t/h a

100 t/h; hay unidades que admiten tamaños de alimentación mayores y por ende tienen mayores capacidades de producción. El consumo de energía es de alrededor del 50% de la energía consumida por un molino de Bolas que realice un trabajo equivalente. (Calderón, 2018)

1.2.2.2 Molino de Martillos (Calderón., 2018)

Este equipo es una máquina diseñada para procesos como trituración y molienda, tienen la capacidad de procesar varios tipos de materiales con distintas granulometrías.

Estos se utilizan para reducir las partículas de tamaño intermedio a dimensiones pequeñas o a polvos. Generalmente, la alimentación de los molinos de martillos es el producto de trituradores giratorios o de quijadas. Un molino de martillos de alta velocidad gira en el interior de una coraza cilíndrica, mientras que, en el exterior el rotor se acopla a una serie de martillos en los puntos de pivote. La alimentación entra por la parte más importante del cuerpo y las partículas se rompen a medida que entran por el cilindro. El rompimiento se genera por el impacto de los martillos y se pulveriza al pasar por la estrecha abertura entre los martillos y la coraza.

Finalmente, el polvo pasa por una malla en el extremo de la descarga obteniendo así el producto final.(Calderón, 2018)

Características

- Alta capacidad de producción y bajo costo de inversión.
- Tolva de descarga con salida directa del producto.
- Alta proporción de trituración.
- Bajo consumo de energía.
- El tamaño de partícula uniforme.
- Estructura simple, fácil de operar y poseen gran robustez.
- Sistema de martillos fijos u oscilatorios.
- Facilidad al cambiar sus piezas y por consiguiente posibles de limpiar.

- Ocupan poco espacio y tienen una gran capacidad de molienda.
- Cuentan con una boca de alimentación grande y un diseño moderno y seguro con deflector para evitar que el producto regrese.

Funcionamiento

Por la tolva ingresa el producto y por gravedad cae al interior de la cámara de trituración, el eje gira y la fuerza centrífuga permite que los martillos se coloquen perpendicularmente, los cuales golpean el material. Esto ocurre sucesivamente hasta llegar a obtener la granulometría deseada mediante el paso del material por la criba.

Ventajas

- Costo de mantenimiento es mínimo.
- No requieren de personal capacitado para la operación del molino.
- Gran capacidad de ingreso del material en la tolva.
- Para volúmenes de producción grandes.
- Cuenta con un sistema de eliminación de ruidos.
- Fácil reemplazo de piezas.
- No existe sobrecalentamiento interno.

Desventajas

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

Utilización

El molino de martillos (Ver Fig. 4) es utilizado para generar polvo de granulometría gruesa y fina. El tamaño de salida puede llegar a más del 90% de 0 mm a 3 mm. Se utiliza en procesos de metalurgia, minería, industria cementera, entre otros. Especialmente, se usa en las plantas para elaboración de fertilizantes orgánicos.

Martillos

Son los elementos principales de un molino, pues son los que realizan el proceso de desgarramiento. También llamados batidores o percutores, pueden ser fijos u oscilantes o martillos locos. Los martillos fijos son más efectivos que los oscilantes, pero el daño producido en el molino, cuando se introduce algún hierro con la arcilla es mayor. Los martillos se fabrican en una gran variedad de formas y tamaños, con el fin de obtener la máxima fuerza eficaz con un espacio mínimo, y que ofrezcan la mayor resistencia al desgaste.

La forma de los martillos, en general es una platina de 30 mm a 50 mm de anchura, de 100 mm a 120 mm de largo y 3 mm a 9 mm de espesor, aunque ciertos fabricantes han pensado que unos dientes tallados sobre las extremidades o unos ángulos más o menos agudos mejorarían el rendimiento. Se ha ido también a un efecto multiplicador de los martillos componiéndolos de varias láminas delgadas, de un espesor tal que su suma sea igual a la de un martillo.

Solo el ángulo exterior golpea las partículas, por lo cual la forma rectangular es sin duda tan buena como cualquier otra. “Los martillos compuestos de láminas delgadas ciertamente son más eficaces pero son más frágiles”. La distancia que debe existir entre los martillos y las cribas debe ser pequeña para conjugar el efecto de percusión con el efecto de cizallamiento y frenar las partículas que tienen tendencia a seguir la dirección de los martillos, esta distancia según los constructores, varía ente 5 mm a 30 mm.

Hay martillos sencillos y dobles como los del (tipo balancín). Con estos últimos, se obtiene una granulometría más fina pero la producción del molino disminuye, porque tienen una mayor superficie de arrastre, retrasando la salida del polvo a través de la criba o reja. Sucede en este caso algo similar a lo que acontece cuando se instalan martillos nuevos: la granulometría obtenida es más fina, pero la producción disminuye, porque la arcilla recircula más, dentro del molino a causa de la mayor superficie del martillo y la menor separación entre el martillo y la placa de desgaste.

Para compensar las variaciones citadas, algunos fabricantes cambian solo la mitad de los martillos y luego la otra mitad; otros trabajando con rotor pequeño y martillos fijos, ponen solo la mitad de ellos, uno si otro no; dejando espacios vacíos que aumentan la producción. Ciertos constructores de molinos, suministran martillos con un suplemento atornillado de acero anti desgaste, en la cabeza de impacto, también puede dar buen resultado el recubrimiento de las caras de impacto del martillo con tungsteno aplicado mediante soplete, la producción y la granulometría obtenida con un molino de martillos varían además con la humedad contenida en la arcilla, al aumentar el contenido de humedad del polvo, las partículas más finas se adhieren a la criba cegando poco a poco la abertura de malla.

El control de la humedad del material que entra en el molino debería ser constante. Un contenido de humedad en la arcilla a la salida de molino de un (5 a 7) %, puede considerarse ideal; más alto dará lugar a una granulometría más fina y una menor producción del molino. Por otra parte, cuando se muele arcilla excesivamente seca, pueden producirse flujos incontrolados de polvo en los alimentadores. El contenido excesivo de humedad en la arcilla a la entrada en el molino, da lugar además, a un desgaste intensivo de los martillos, pues la arcilla, al quedar pegada en el paladar, llena todo el espacio libre existente entre los martillos y la placa, produciéndose un intenso rozamiento y un rápido desgaste de los martillos.

Otro factor del que depende la producción y la granulometría del molino, es el número de revoluciones del rotor, cuanto mayor sea dicho número, más fina resultará la granulometría obtenida. Como el consumo de un tamiz es inferior al del molino de martillos, lo lógico sería instalar un tamiz, no solo después del molino, como normalmente se hace, sino también antes, con lo cual se podría evitar pasar por el molino entre 25 % a 50% de la producción según los casos. En los molinos de martillos, se trabaja con parrillas de mayor sección de salida que la correspondiente a la granulometría deseada y a continuación se tamiza volviendo el rechazo al molino. De esta forma se aumenta el rendimiento del molino ya que se extraen los finos que actúan como cojín en el interior del molino.



Fig. 4 Molino de martillo (Calderón, 2018)

1.2.3 Transmisión por cadena. Generalidades (Shigley, 2008)

Este tipo de transmisiones trabaja de acuerdo con el principio de engranaje. La transmisión por cadena consta de la rueda de cadena conductora, de la rueda conducida y de la cadena que abraza las ruedas y engrana con sus dientes. Se emplean también las transmisiones por cadenas con varias ruedas de cadena conducidas. Además de los principales elementos citados, estas transmisiones tienen los dispositivos tensores, los de lubricación y los protectores.

La cadena consta de eslabones unidos por pasadores, que permiten asegurar la movilidad o flexibilidad de la cadena. Es el elemento principal de la transmisión que define la seguridad y duración de su trabajo. Las características geométrica principales de las cadenas son el paso (t) y la anchura (b).

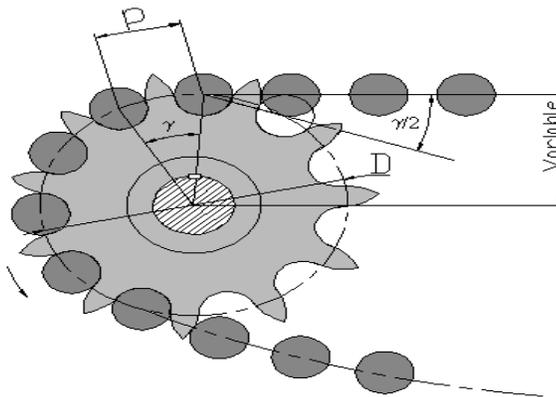


Fig. 5 Estrella dentada (Shigley, 2008)

Aplicación

Las transmisiones flexibles por cadena se emplean en las máquinas de transporte, por ejemplo: bicicletas, motocicletas, automóviles, transportadores, etc. También se emplean en las máquinas motrices, ya sean agrícolas, perforadoras petrolíferas u otras, y se utilizan en los accionamientos de las máquinas herramienta y otras máquinas.

Aplicación	Rango del paso (mm)	Rango de carga límite de la cadena (N)
Motocicletas y bicicletas	12,7 a 15,875	7500 a 20000
Máquinas agrícolas	15,875 a 41,300	2000 a 160000
Máquinas para la industria del petróleo	19,050 a 63,500	38000 a 43000
Maquinaria general	8,000 a 50,800	2000 a 160000

Tabla 2.1 Campos de aplicación de las transmisiones con cadenas de rodillos. (Dobrovolski.)

Ventajas de las transmisiones por cadena:

- Posibilidad de emplearlas dentro de una gama notable de distancias entre centros.
- Dimensiones exteriores menores que las de las transmisiones por correa.
- Pequeñas fuerzas actuantes sobre los árboles, ya que no se necesita una alta tensión inicial.
- Posibilidad de transmitir el movimiento a varias estrellas.
- Ausencia de deslizamiento.
- Alto rendimiento de hasta un 98%.
- Relación de velocidad constante.
- Larga vida útil.

Desventajas de las transmisiones por cadena:

- Costo relativamente elevado.
- Cierta irregularidad durante el funcionamiento de la transmisión. Presencia de ruido.
- Desgaste en los pasadores por mala lubricación, penetración de polvo y suciedad, que trae consigo el aumento del paso de la cadena.
- Exigen una precisión más alta en el montaje de los árboles que las transmisiones por correa.
- Requieren mayor laboriosidad en el montaje y mantenimiento.

1.2.3.1 Clasificación de las cadenas

Según su aplicación puede clasificarse en:

- a) Cadenas de carga que sirven para suspender, elevar y bajar cargas y que se emplean predominantemente en las máquinas elevadoras de cargas.
- b) Cadenas de tracción que sirven para mover cargas en las máquinas transportadoras.
- c) Cadenas impulsoras que sirven para transmitir la energía mecánica de un árbol a otro.

Las cadenas de carga: Trabajan con bajas velocidades (hasta 0,25 m/s) y grandes cargas. Se hacen de eslabones redondos o de bridas sencillas.

Las cadenas de tracción: Trabajan con velocidades medias 2 m/s a 4 m/s. Se componen de bridas de forma sencilla y ejes con casquillos o sin estos. Se emplean también cadenas abiertas (vaucanson) con eslabones estampados.

Las cadenas impulsoras: Trabajan con grandes velocidades; se ejecutan con pasos menores, para reducir las cargas dinámicas, y con pasadores resistentes al desgaste.

Las cadenas de rodillos: Son cadenas con eslabones, cada uno de los cuales se ha ejecutado de dos bridas montadas a presión sobre ejes (eslabones exteriores) o sobre manguitos (eslabones interiores).

Las cadenas de casquillos: Estructuralmente coinciden con las de rodillos, pero no los tienen, lo que abarata la cadena y reduce su masa. Estas cadenas se hacen de pasos pequeños y se emplean, en las motocicletas y en los automóviles. Pesan menos y son más ventajosas, intensifican el desgaste de los dientes de las ruedas por deslizarse.

Las cadenas dentadas: Son cadenas con eslabones de un juego de bridas. Cada brida tiene dos dientes con una abertura entre ellos para el diente de la rueda. Tienen la ventaja de ser silenciosas, trabajar suavemente y se puede aplicar para grandes velocidades, son más complejas, más caras que las de rodillos.

Las cadenas abiertas (vaucanson): Se componen de eslabones iguales y no requiere de ninguna pieza auxiliar. La unión y desunión de los eslabones se realizan libremente al inclinarlos uno respecto a otro a un ángulo de 60° . Se utilizan en máquinas agrícolas. (Nisbett, 2008)

1.3.3.2 Lubricación de las cadenas de rodillo (Catalogo 910.04 SACMI IMOLA)

Las cadenas de rodillos son una amplia clasificación de cadenas utilizadas para la transmisión de potencia. Todas tienen en común un rodillo de manguito que gira alrededor de las juntas de los pasadores o ejes de la cadena; este rodillo reduce la fricción y el desgaste entre la cadena y un piñón.

Corrosión, abrasión y los materiales adecuados

Debido a su aplicación y geometría, la lubricación de estas cadenas presenta algunos requisitos y dificultades específicos. Las condiciones de funcionamiento pueden presentar oportunidades de desgaste excesivo: las cadenas pueden estar al aire libre, en contacto directo con la lluvia y la suciedad, y limpiarse o lubricarse con

poca frecuencia. Los rodillos de la cadena pueden rodar sobre ruedas dentadas que están sucias o llenas de arena, o las placas de la cadena que se deslizan entre sí y pivotan sobre el eje de la cadena pueden tener contaminación entre las placas causando un desgaste abrasivo. Si los rodillos están enterrados en la cadena, puede ser difícil que haya lubricación entre el rodillo y el eje. Y, por supuesto, cualquier oxidación se sumará al desgaste corrosivo y abrasivo.

Lo ideal es que el material de la cadena tenga una alta resistencia a la tracción (rendimiento) y una superficie dura para minimizar la fricción y el desgaste. También debe ser resistente a la corrosión. Lamentablemente, muchos materiales con buena resistencia a la corrosión no son compatibles con los requisitos de alta resistencia y dureza. Para superar esto, algunos componentes pueden endurecerse (rodillos y ejes), y se pueden utilizar tratamientos de superficie para aumentar la resistencia a la corrosión y la lubricidad. Incluso puede haber un chapado de sacrificio en las placas de la cadena que cree un par galvánico para proteger los componentes no chapados.

Elección de los lubricantes

Todo esto requiere que podamos conseguir la lubricación donde se necesita. Debido a la velocidad y la carga de la cadena, ésta suele funcionar en un régimen de lubricación límite en el que no hay suficiente lubricación ni velocidad para iniciar una capa hidrodinámica. Los componentes de la cadena se deslizan y ruedan unos sobre otros con sólo una capa límite de lubricación. El grosor de esta capa se mide a escala molecular.

Una lubricación eficaz tiene algunos requisitos importantes. En primer lugar, debe penetrar. Debe introducirse entre los platos y entre el rodillo y el eje. Esta penetración se realiza por acción capilar, por lo que el lubricante debe tener una alta tensión superficial: las moléculas del lubricante deben tener una alta fuerza de

atracción y un bajo ángulo de contacto con el metal para arrastrar el lubricante hacia donde se necesita.

El lubricante para cadenas se presenta en varias formas; la más común es el lubricante húmedo. Se aplica en húmedo y permanece húmedo. Los lubricantes secos se aplican a través de un soporte húmedo que se evapora rápidamente. A menudo no tienen los aditivos AW que interactúan químicamente con el metal para asegurar que permanezca en su sitio. Puede ser necesaria una relubricación frecuente. Su mayor ventaja es que la suciedad no se adhiere a él.

Para la transmisión mecánica que se propone se decide utilizar la lubricación humedad y utilizar el lubricante Esso Gear Oil GX-90, S-250 o (Multisol).

Descripción de producto

Esso Gear Oil GX-90 es un lubricante "Premium" para engranajes de transporte de servicio pesado que está formulado a partir de aceites base de alta calidad y un óptimo paquete de aditivos. Este lubricante proporciona un fiable rendimiento en transmisiones, ejes y mandos finales de vehículos de servicio pesado en los que es de prever condiciones de extrema presión y cargas de choque. Esso Gear Oil GX-D 85W-90 proporciona una excelente estabilidad térmica y química y está diseñado para aplicaciones que requieren un nivel API GL-5.

Propiedades y Beneficios

Las actuales aplicaciones de transporte comercial requieren un mayor rendimiento de los lubricantes diseñados para los ejes traseros. La calidad y versatilidad del Esso Gear Oil GX-D 85W-90 ofrece un excelente rendimiento en las actuales transmisiones así como en los antiguos modelos.

Los principales beneficios incluyen:

1. Alta estabilidad térmica y resistencia a la oxidación que proporcionan una mayor vida de los engranajes y cojinetes.
2. Protección contra el desgaste a baja velocidad/alto par, que capacita para soportar mayores cargas mientras reduce los costos de mantenimiento.
3. Buena protección contra la corrosión y la herrumbre que reduce el desgaste bajo duras condiciones de operación.
4. Buena fluidez a bajas temperaturas gracias a la cual se reduce el desgaste en el encendido.
5. Lubricante multipropósito, lo que reduce el número de aceites de engranajes a utilizar compatible con los típicos materiales usados en las juntas.

Aplicaciones

Transmisiones manuales, ejes y mandos finales de servicio pesado que requieren un nivel de calidad API GL-5, Flotas de furgonetas, autobuses y camiones de carga pesada y ligera. Maquinaria de las industrias de construcción, extracción y agricultura. Otras aplicaciones industriales y de automoción de servicio pesado con engranajes hipoides que operan bajo condiciones de alta velocidad/alta carga, alta velocidad/bajo par y/o baja velocidad/alto par.

Grado SAE 85W-90	8
Viscosidad, ASTM D 445 cSt 40°C	1
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	99
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-24
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	0.93

Tabla 3 propiedades de Esso Gear Oil GX-90 (Catalogo 910.04 SACMI IMOLA)

1.3 Diseño Conceptual

La concepción del sistema a utilizar para satisfacer la necesidad del procesamiento mecánico parte del análisis de los diferentes elementos que lo componen y que existen en la fábrica y que son requerimientos necesarios en el análisis.

El sistema mecánico consta con un molino de martillos (Ver anexo 3), un transportador de banda de 4 m de largo por 0,5 m de ancho y una estructura metálica con una tolva para almacenar el material antes de procesarlo. La tolva cuenta con unas dimensiones de 3,3 m de largo x 3,3 m de ancho para cumplir con la necesidad de que va a ser alimentada por un cargador con una pala de aproximadamente 3 m de ancho. Para la creación del sistema que se propone se analizaron diferentes con los especialistas de la Empresa Cerámica Blanca de Holguín.

Una variante inicial (Ver Fig. 6) era tener el conjunto estructura tolva y en la parte de debajo de esta estructura el molino de martillo para que la tolva alimentara el molino, pero por conceptos de espacio y de altura la estructura base-tolva iba a tener una altura superior a la que cargador podía alimentarla, por lo que el espacio con el que se cuenta para montar esta estructura iba a ser insuficiente ya que se cuenta con una nave que tiene 18 m de largo x 12 m ancho x 6 m de alto.

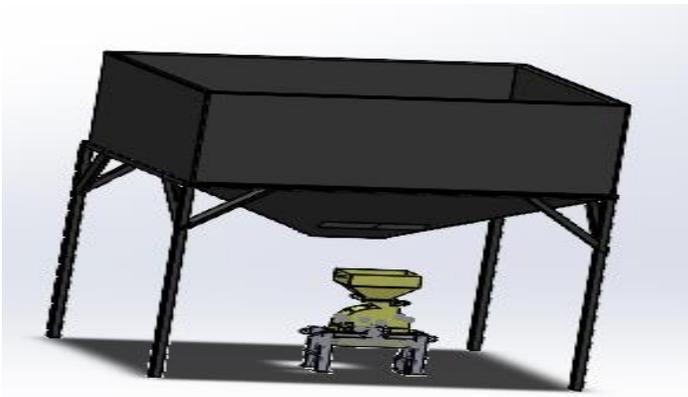


Fig. 6 Variante 1 de diseño (SolidWorks)

Una segunda variante que se maneja fue tener la estructura base –tolva – transportador –molino. La tolva va a tener un sistema mecánico para alimentar el transportador que se manejaron varias variantes en cómo podía ser entre ellas están las compuertas basculantes, tornillo sinfín y la elegida fue utilizar una criba para regular la salida de material de la tolva al transportador por medio de una palanca.

En aras de realizar una optimización del espacio se decide que el transportador tenga 4 m de largo x 0.5 m de ancho ya que con esas medidas el transportador llega a alimentar al molino que se va a colocar a 1 m del centro de la estructura base – tolva. Esta segunda variante se decide utilizar ya que cumplía con las condiciones de espacio y era una propuesta de un sistema que iba a realizar el transporte continuo del material.

De los análisis anteriores queda definido que el sistema mecánico va a constar con un transportador de banda del cual se propone que su accionamiento sea por una transmisión por cadena ya que esta transmisión cuenta con una eficiencia del 98%, una relación de velocidad constante y larga vida útil. Esta transmisión se decide utilizar ya que se cuenta en existencia en el almacén la cadena ANSI-35 tipo B que es una de las más eficientes y de las más utilizadas en accionamientos por cadena.

CAPÍTULO II SOLUCIÓN TÉCNICA

2.1. Propuesta del sistema mecánico

Una vez hecha la concepción del sistema mecánico (Ver Fig. 7) es necesario conocer que para la conformación de este sistema la empresa cuenta con las estructuras para la elaboración de la tolva, las piezas para la conformación del transportador de banda de 4 m y un molino de martillo el cual es el encargado de moler el material que se requiere para la elaboración de la pasta del azulejo.

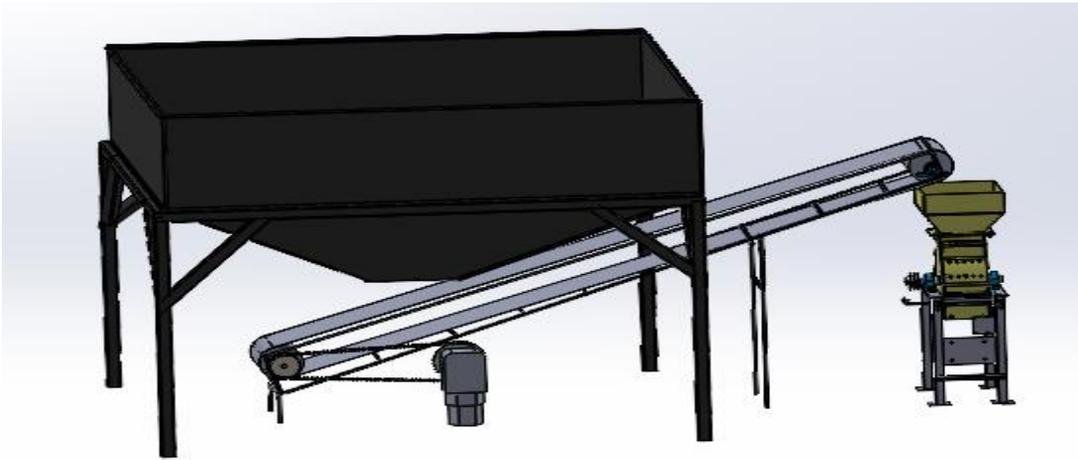


Fig. 7 Sistema mecánico (SolidWorks)

2.1.1 Propuesta de accionamiento del transportador

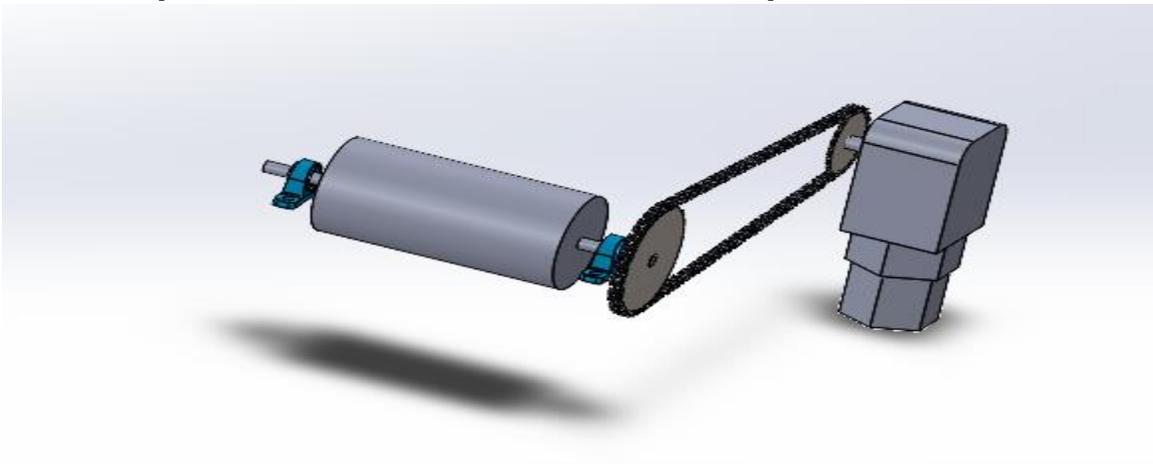


Fig. 8 Accionamiento del transportador (SolidWorks)

Requerimientos necesarios del transportador (Zúñiga, 2006)

Para realizar la transportación de materiales como la Cocoa (carbonato de calcio contaminado con arcillas del yacimiento de Pedernales) de grado de abrasividad C y con Coeficiente de fricción del material con la goma = 0,56, en el tambor motriz del transportador debe existir una velocidad angular en un rango de (70 a 85) min^{-1} .

$$I = 1,6 \quad n_2 = 121 \text{ min}^{-1}$$

$$I = \frac{n_2}{n_1} \text{ entonces despejando}$$

$$n_1 = 75 \text{ min}^{-1}$$

La potencia total de accionamiento de una cinta transportadora resulta ser la suma de las tres potencias parciales que se enumeran a continuación:

- N1: Potencia necesaria para mover la cinta en vacío y cargada, con desplazamiento horizontal de la cinta.
- N2: Potencia necesaria para elevar la carga hasta una cierta altura.
- N3: Potencia necesaria para vencer rozamientos de elementos auxiliares, dispositivos de limpieza y guías.

$$N_1 = \frac{C_b \cdot v + Q_m}{C_l \cdot K_f}$$

$$N_1 = 0,15 \text{ kW}$$

Donde:

C_b : es el factor de anchura de la banda (kg/s) = 192 kg/s

V : es la velocidad de avance de la banda (m/s) = 0,27 m/s

Q_m : es la capacidad de transporte en masa de la banda (t/h) = 15 t/h

C_l : es el factor de longitud de la banda (m^{-1}) = 222 m^{-1}

K_f : es el factor de servicio = 1,17

Tabla 4. Factor de ancho de la banda, C_b								
	Ancho de banda (mm)							
Peso específico γ (t/m ³)	300	400	500	650	800	1000	1200	1400
$\gamma \leq 1$	31	54	67	81	108	133	194	227
$1 < \gamma \leq 2$	36	59	76	92	126	187	277	320
$\gamma > 2$	-	65	86	103	144	241	360	414

Tabla 5. Factor de longitud de la banda, C_l											
Longitud de banda (m)	32	40	50	63	80	90	100	150	200	250	300
C_l	222	192	167	145	119	109	103	77	63	53	47

Tabla 6. Factor de servicio, K_f	
Condiciones de trabajo	K_f
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad	0,74 - 0,87
Temperaturas extremadamente bajas	0,57

$$N_2 = \frac{h \cdot Qm}{237}$$

$$N_2 = 0,08 \text{ kW}$$

Donde:

h : es la altura que alcanza la banda transportadora = 4 m

Q_m : es la capacidad de transporte en masa de la banda=15 t/h

La altura (h) que alcanza el extremo de la cinta se calcula a partir de la longitud (L) de la cinta y su inclinación (φ) mediante la expresión siguiente:

$$h = L \cdot \text{sen}(\varphi)$$

$$N_3 = N_a + N_b + N_c \dots$$

$$N_3 = 0,33 \text{ kW}$$

donde,

N_a : es la potencia debida a los trippers (kW) =0,21kW

N_b : es la potencia debida a los dispositivos de limpieza (kW) =0,04 kW

N_c : es la potencia debida a las guías y faldones instalados (kW) =0,08 kW

Tabla 7. Potencias adicionales de equipos auxiliares		
	Ancho de banda (m)	Potencia (kW)
Trippers, N_a	≤ 500	$0,8 \cdot v$
	≤ 1000	$1,5 \cdot v$
	> 1000	$2,3 \cdot v$
Dispositivos de limpieza, N_b	Tipo de contacto / presión	
	Contacto simple	$0,3 \cdot B \cdot v$
	Contacto elevado	$1,5 \cdot B \cdot v$
Guías de carga, N_c	Longitud L_f (m)	
	Desde punto de carga	$0,16 \cdot v \cdot L_f$

$$N_T = N_1 + N_2 + N_3$$

$$N_T = 0,56 \text{ kW}$$

Por lo que se decide utilizar un motor reductor con los siguientes datos (ver anexo 8 chapa del motor) expresados en la tabla 7.

La potencia requerida por el motor (PM) para el accionamiento del tambor motriz de la cinta se calcula como:

$$NM = \frac{NT}{\eta}$$

Donde:

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_r$$

Siendo :

$\eta_m = 0,91$ es el rendimiento del motor eléctrico

$\eta_r = 0,96$ es el rendimiento de la caja reductora

$$NM = \frac{0,56 \text{ kW}}{0,87}$$

$$NM = 0,64 \text{ kW}$$

Tabla 8 Datos generales del accionamiento

Datos	Accionamiento	Transportador
Potencia (N)	0,9 kW	0,56 kW
Velocidad angular (n) del motor reductor	121 min ⁻¹	75 min ⁻¹
Relación de transmisión del motor reductor (u)	5,5	
Tipo de motor	Moto reductor (motore asíncrono)	
Rodamientos	SY 50 FM	
Cadena	ANSI 35 tipo B	
Estrella conductora	36 dientes	
Estrella conducida	22 dientes	

Fig. 9 Esquema Cinemático del Accionamiento (SolidWorks)

La potencia del transportador no es más que la suma de la potencia necesaria para mover la cinta en vacío más la potencia necesaria para elevar la carga hasta la altura determinada más la potencia necesaria para vencer elementos auxiliares.

2.2 Metodología de cálculo para determinar la eficiencia del accionamiento.

Para determinar la eficiencia del accionamiento se analizan las pérdidas de potencia en los rodamientos y las pérdidas de potencia en transmisión por cadena. El rodamiento que se va a utilizar es el SY 50 FM Soportes de pie con rodamientos de bolas.

2.2.1 Metodología de cálculo para las pérdidas de potencia en cojinetes de rodamientos

1. Determinación del coeficiente de fricción (f).

Para cojinetes de bolas el coeficiente de fricción es muy pequeño por tener la propiedad de antifricción, su valor medio es 0,0015.

2. Determinación del momento torsor (Mt).

$$Mt = \frac{9550 * N}{r.p.m.} \quad (\text{Nm})$$

$$Mt = \frac{9550 * 1,2 \text{ kW}}{121 \text{ rpm}}$$

$$Mt = 94,7 \text{ Nm}$$

3. Determinación de la fuerza que depende del momento torsor (Pt) en una transmisión por cadena.

$$P_t = \frac{2 * M_t}{d_w} \quad (\text{N})$$

$$P_t = \frac{2 * 94,7 \text{ Nm}}{0,88 \text{ m}}$$

$$P_t = 215,25 \text{ N}$$

dw: Diámetro primitivo de la estrella

$$d_w = 0,88$$

4. Determinación de la fuerza radial (Pr).

$$P_r = P_t * \tan 20^\circ \quad (\text{N})$$

$$P_r = P_t * \tan 20^\circ$$

$$P_r = 215,25 * \tan 20^\circ$$

$$P_r = 78,34 \text{ N}$$

5. Cálculo de la magnitud de carga normal equivalente que actúa sobre el par (Pi).

- Para la determinación de la carga en los cojinetes de bola se analizan las fuerzas que actúan en las estrellas.

$$P_i = \sqrt{(P_t)^2 + (P_r)^2} \quad (\text{N})$$

$$P_i = \sqrt{(P_t)^2 + (P_r)^2}$$

$$P_i = 229,03 \text{ N}$$

6. Determinación de la velocidad relativa (v) en el punto de contacto entre las superficies que forman en el par de fricción.

$$v = \frac{\pi * n * d}{60} \quad (\text{m/s})$$

- Para el caso del cojinete $d = d_m$

$$d_m = \frac{D + d}{2} \quad (\text{m})$$

D: 0,114 m Diámetro exterior del cojinete.

d: 0,05 m Diámetro interior del cojinete.

Entonces $v_a=0,31$ m/s

7. Cálculo de la fuerza de fricción (Ffi).

$$F_{fi} = f_i * P_i \quad (\text{N})$$

Donde:

f_i : Coeficiente de fricción en los cojinetes.

P_i : magnitud de carga normal equivalente que actúa sobre el par.

$$F_i=0,0015$$

$$P_i=229 \text{ N}$$

$$\text{Entonces } F_{fi}=0,34 \text{ N}$$

8. Determinación de las pérdidas de potencia por fricción en el par (Nfi).

$$N_{fi} = F_{fi} * v * 10^{-3} \quad (\text{KW})$$

$$F_{fi}=0,34 \text{ N}$$

$$V_a=0,31 \text{ m/s}$$

$$\text{Entonces } N_{fi}=10,8 \text{ E}^{-50} \text{ kW}$$

9. Cálculo de la eficiencia en el rodamiento (η).

$$\eta = \frac{N}{N + N_{fi}}$$

$$\eta =1,2 \text{ kW}$$

$$\eta =10,8 \text{ E}^{-05} \text{ kW}$$

$$\text{Entonces } \eta_A=0,99$$

2.2.2 Metodología de cálculo para las pérdidas de potencia en transmisión por cadena y rueda de estrella

1. Cálculo del diámetro primitivo (d_w) de la rueda (m).

$$d_w = \frac{t}{\text{sen}\left(\frac{180}{z_1}\right)} \quad (2.12)$$

Donde

t : Paso de la cadena (m)

z_1 : Cantidad de dientes de la estrella conductora.

Donde:

$t=0,05$ m

$z=22$

Entonces $d_w = 0,01$ m.

2. Calcular la velocidad de la cadena (v).

$$v = \frac{d_w \times n \times \pi}{60}$$

Donde:

n : revoluciones del árbol conductor (rpm).

$d_w=0,01$ m $n=121 \text{ min}^{-1}$

$\pi= 3,14$ Entonces $v=0,06$ m/s.

3. Calcular tiempo de carrera de la cadena (T).

$$T = \frac{y \times t}{v}$$

Donde:

y: Cantidad de eslabones de la cadena

$$Y = 238$$

$$t = 0,009 \text{ m}$$

$$v = 0,06 \text{ m/s}$$

$$\text{Entonces } t = 35,5 \text{ s}$$

4. Calcular la fuerza útil que se aplica a la transmisión (F_u).

$$F_u = \frac{N}{v}$$

Donde:

N: Potencia del árbol conductor (kW).

$$N = 0,9 \text{ kW} \quad v = 0,06 \text{ m/s}$$

$$\text{Entonces } F_u = 19,9 \text{ kN}$$

5. Calcular la fuerza centrífuga que tensa la cadena (F_f).

$$F_f = q \times v^2$$

Donde:

q: Peso de la cadena por cada metro de longitud (kg/m).

$$\text{Donde: } q = 33 \text{ kg/m} \quad v = 0,06 \text{ m/s} \quad \text{Entonces } F_f = 0,12 \text{ N}$$

6. Cálculo de la fuerza de tracción total (F_G).

$$F_G = F_u + F_f$$

$$F_u = 19,9 \text{ KN} = 19\,900 \text{ N}$$

$$F_f = 0,12 \text{ N} \quad \text{Entonces } F_G = 20,05 \text{ N}$$

7. Momento de rozamiento en el ramal conductor (M_{roz}).

$$M_{roz} = P_x * f * r$$

Siendo $P_x = F_g$

f: coeficiente de rozamiento para la cadena.

r: radio del rodillo de la cadena.

$$P_x = F_g = 20,05 \text{ N}$$

$$f = 0,05 \quad r = 0,0054 \text{ m}$$

$$\text{Entonces } M_{roz} = 0,01 \text{ Nm} = 0,01 \text{ J}$$

8. Momento de rozamiento en el ramal conducido (M_{roz}).

$$M_{roz} = P_x * f * r$$

Siendo $P_x = F_f$

$$P_x = F_f = N$$

$$f = 0,05 \quad r = 0,0054 \text{ m} \quad \text{Entonces } M_{roz2} = 0,01 \quad \text{Nm} = 0,01 \text{ J}$$

9. Cálculo del ángulo de giro (α) de los eslabones de la cadena al entrar y salir de la estrella conductora.

$$\alpha_1 = \frac{2\pi}{z_1}$$

$$Z_1 = 22 \quad \text{Entonces } \alpha_1 = 0,28$$

10. Cálculo del ángulo de giro de los eslabones de la cadena al entrar y salir de la estrella conducida.

$$\alpha_2 = \frac{2\pi}{z_2}$$

$$Z_2 = 36 \quad \text{Entonces } \alpha_2 = 0,17$$

11. Cálculo del trabajo de rozamiento (A_x) de una articulación de la cadena al entrar y salir de las ruedas de estrellas.

Al entrar a la estrella conductora:

$$A_{x1} = M_{roz} * \alpha_1$$

Al salir de la estrella conductora:

$$A_{x1.1} = M_{roz2} * \alpha_1$$

Al entrar a la estrella conducida:

$$A_{x2} = M_{roz2} * \alpha_2$$

Al salir de la estrella conducida:

$$A_{x2.1} = M_{roz1} * \alpha_2$$

$$\text{Entonces } \Sigma A_x = A_{x1} + A_{x1.1} + A_{x2} + A_{x2.1}$$

$$M_{roz1} = 0,01J \quad \alpha_1 = 0,28 \quad \text{Entonces } A_{x1} = 0,001 J$$

Al salir de la estrella conductora

Donde:

$$M_{roz2} = 0,01J \quad \alpha_1 = 0,28 \quad \text{Entonces } A_{x1.1} = 0,002J$$

Al entrar a la estrella conducida

Donde:

$$M_{roz2} = 0,01J \quad \alpha_2 = 0,28 \quad \text{Entonces } A_{x2} = 0,001J$$

Al salir de la estrella conducida

Donde:

$$M_{roz1} = 0,01J \quad \alpha_2 = 0,17 \quad \text{Entonces } A_{x2.1} = 0,001J$$

12. Cálculo del trabajo neto (A_{roz}) en las articulaciones.

$$A_{roz} = Y * \Sigma A_x$$

$$Y = 238$$

$$\Sigma A_x = 0,005 \text{ J}$$

Entonces $A_{roz} = 1,42 \text{ J}$

13. Cálculo de las pérdidas de la potencia de la cadena (Npc).

$$N_{pc} = \frac{A_{roz}}{T}$$

$A_{roz} = 1,42 \text{ J}$

$T = 35,5 \text{ s}$

Entonces $N_{pc} = 0,03 \text{ kW}$

14. Cálculo de la eficiencia de la cadena (η_c).

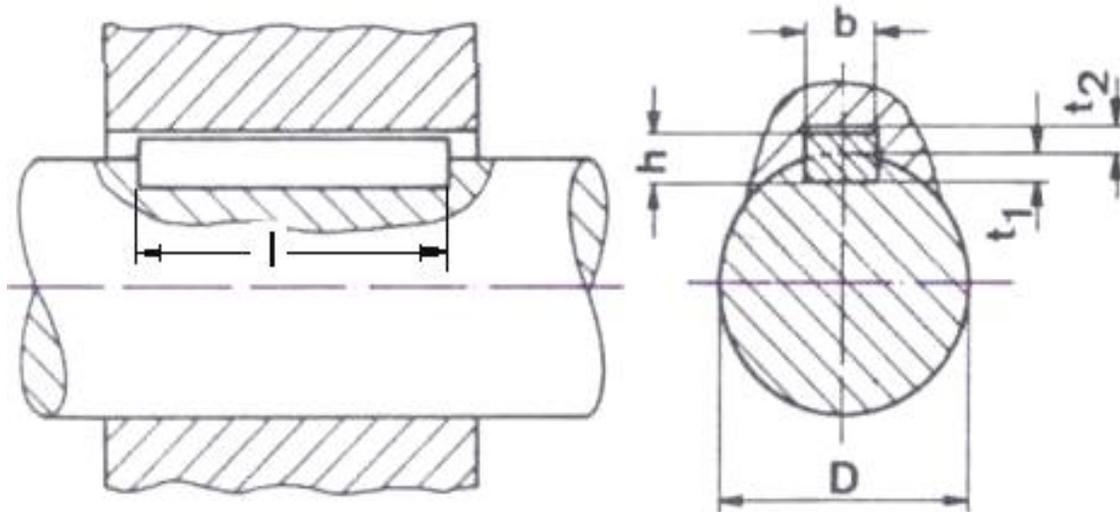
$$\eta_c = \frac{N_c}{N_c + N_{pc}}$$

$N_c = 0,9 \text{ kW}$

$N_{pc} = 0,03 \text{ kW}$

Entonces $\eta_c = 0,96$

Calculo de la chaveta de las estrellas



b y h : ancho y alto de la sección transversal

t_1 y t_2 : profundidades de los chaveteros.

l : longitud de la chaveta

Diámetro en el árbol (d)		Ancho (b) mm	Altura (h) mm	t_1 mm	Longitud de chaveta (l)	
más mm	hasta mm				desde mm	hasta mm
22	30	8	7	4	18	90
30	38	10	8	5	22	110
38	44	12	8	5	28	140
44	50	14	9	5.5	36	160

Aplastamiento

$$A = (h - t_1) \times l_{\text{trab}}$$

$$A = (8-5) \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$$

$$A = 90 \text{ mm}$$

Cortante

$$A = b \times l_{\text{trab}}$$

$$A = 10 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$$

$$A = 140 \text{ mm}$$

$$\text{Tipo I } l = l_{\text{trab}} + b/2$$

Criterio de resistencia a esfuerzo cortante

$$\tau_{ciz} \leq [\tau_{ciz}]$$

$$\frac{2 \cdot M_t}{b \cdot d \cdot l_{trab}} \leq [\tau_{ciz}]$$

Despejando

$$L_{trab} = \frac{2 \cdot 114,6}{10 \cdot 0,03 \cdot 128 \cdot E6}$$

$$L_{trab} = 14 \text{ mm}$$

Criterio de resistencia al aplastamiento

$$\sigma_{apl} \leq [\sigma_{apl}]$$

$$\frac{2 \cdot M_t}{d \cdot (h - t_1) \cdot l_{trab}} \leq [\sigma_{apl}]$$

Despejando

$$L_{trab} = \frac{2 \cdot 114,6}{30 \cdot (8 - 5) \cdot 160 \cdot E6}$$

$$L_{trab} = 30 \text{ mm}$$

2.2.3 Análisis de los resultados

Después de haber realizado los cálculos y determinar los valores de las pérdidas de potencia por fricción y la eficiencia en cada par seleccionado en el transportador se puede asumir los siguientes resultados.

Elementos	Pérdidas de potencia	Eficiencia
Cojinete A	0,01 kW	0,99
Cojinete B	0,01 kW	0,99
Transmisión por cadena	0,18 kW	0,96

Generalmente los cojinetes de bolas deberán tener una eficiencia aproximada de 99% para este caso se cumple, ya que obtuvimos una eficiencia de 99% para los cojinetes A y B. Es por esta razón que estos no determinan directamente en las pérdidas de potencia por fricción del transportador, las cargas que actúan en ellos no son considerables. Estos los que hacen que estos cojinetes tengan una alta eficiencia elementos señalados son.

Para el caso de la transmisión por cadena estas deberán de tener una eficiencia de 96-98%. En los cálculos realizados se obtuvo 96%, es decir, también se cumple. Aquí se observa que la eficiencia de estas transmisiones es menor que la de los cojinetes. Esta eficiencia está muy relacionada con los factores de diseño y explotación.

2.3 Selección de los materiales

Las estrellas se van a elaborar de acero 45.

SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación. Frecuentemente se utiliza para elementos endurecidos a la llama o por inducción. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro: laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido; o templado en agua y revenido).

SAE 1045 es un acero de baja templabilidad que puede ser endurecido totalmente en espesores delgados por temple en agua. En secciones más gruesas se pueden obtener un endurecimiento parcial de la sección de la pieza y el incremento de la resistencia será proporcional a la capa o espesor endurecido, al ser deformado en frío se presenta un incremento en la dureza y la resistencia mecánica.

Propiedades Físicas

Estos valores son obtenidos a partir de probetas bajo condiciones específicas de laboratorio y deben ser usados como referencia.

- Densidad → 7,85 gr/cm³.
- Módulo de elasticidad → 2×10^{11} Pa (24 x 10⁶ psi).
- Conductividad térmica → 52 W/ (m * °C).
- Calor específico J/ (Kg°K) → 460 J/ (Kg°K)
- Coeficiente de Poisson → 0,3

Propiedades químicas

Composición química	C	Mn %	P _{máx.} %	S _{máx.} %	Si _{máx.} %
Análisis %	42	0,6	0,04	0,5	0,2
	50	0,9	0,045	0,045	0,4

Tratamientos térmicos

Recocido	Temple	Revenido
670 ° C a 710 ° C	830 ° C a 850 ° C Agua 840 ° C a 860 ° C Aceite	550 ° C a 660 ° C

Acero al carbono después del tratamiento térmico tiene una resistencia entre 60-80 kg/mm² y alcanza de 50-60 HRC.

Conformado

SAE 1045 puede ser conformado fácilmente en caliente a temperaturas entre 980 y 1230°C. Este material no debe ser deformado en frío extensivamente sin realizar recocidos intermedios. Un recocido subcrítico será suficiente excepto cuando un trabajo severo en frío ha de ser seguido por más trabajo en frío en cuyo caso se requiere de un recocido total.

Soldabilidad

El acero SAE 1045 está cerca al límite superior de aceros con porcentaje de carbono que pueden ser soldados satisfactoriamente por todos los métodos comunes. Sin embargo, precalentamiento y pos calentamiento pueden ser necesarios en función del espesor. Usualmente hay menos necesidad de precalentamiento y pos calentamiento con procesos de soldadura con gas que con métodos de soldadura por arco debido a que el proceso de soldadura por gas genera una zona afectada por el calor.

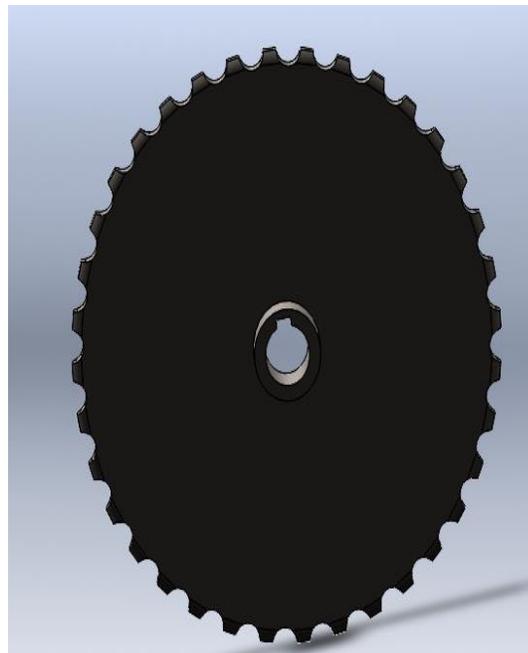
2.3.1 Diseño

Estrella conductora



Ver plano constructivo anexo 11

Estrella conducida



Ver plano constructivo anexo 12

2.4 Propuesta para el transportador (Catálogo 910.04 SACMI IMOLA)

Ancho de banda (B): 0,5 m Relación de transmisión del reductor (U_r): 5,3

Potencia (N): 0.9 kW velocidad angular a la salida del motor (n): 121 min^{-1}

Grado de abrasividad: C Densidad del material (d): $1,5 \text{ t/m}^3$

Ángulo de Talud: $30^\circ - 35^\circ$ Velocidad de transportación: $v=0,27 \text{ m/s}$

Coefficiente de fricción del material con la goma (m): 0,56 m

Capacidad a transportar: $Q=15 \text{ t/h}$

Está recomendada en las literaturas que para capacidades menores de 25 t/h, se utilicen rodillos planos; como la capacidad a transportar es igual a 7 t/h, es menor, por tanto, se utilizan rodillos planos en la región superior del transportador.

Rodillos

El espaciamiento de los rodillos en el sector cargado del transportador se da en función del peso a granel y del ancho de banda B (cm). Los rodillos se revisten con una goma resistente al impacto del material al caer sobre la banda. En el caso de cargas unitarias que sobrepasen los 250 N, estos suelen colocarse de manera que la carga sea sostenida por dos o más rodillos (normalmente en intervalos de 0,4 m a 0,5 m, empleándose también una plancha de madera o metal. En el sector cargado los rodillos pueden ubicarse de forma acanalada, mientras que en el sector descargado se ubica cada cierto tramo un solo rodillo (recto) con un espaciamiento entre 2,5 m a 3,0 m.

Se recomienda que la distancia entre los rodillos inferiores sea el doble de la distancia entre los rodillos superiores.

Las tamboras se fabrican de hierro fundido o de chapas de acero soldadas. Pueden construirse lisas o con una “corona”, la cual sirve para que la correa se mantenga centrada.

El ancho de la tambora deberá ser 100 mm o 200 mm mayor que el ancho de la banda. El diámetro de las tamboras (Dt) se determina en función del número de capas (i) de la banda.

$$Dt = k \times i \text{ (mm)}$$

Dónde: K = factor de proporcionalidad

$$K = 125 \text{ i} = 2 \text{ a } 6$$

Para la tambora motriz

$$K = 150 \text{ i} = 8 \text{ a } 12$$

$$K = 100 \text{ i} = 2 \text{ a } 6$$

Para la tambora de cola

$$K = 125 \text{ i} = 8 \text{ a } 12$$

$$K = 80 \text{ i} = 2 \text{ a } 6$$

Para las tambora de desvío

$$K = 100 \text{ i} = 8 \text{ a } 12$$

Rodillos inferiores: Separación entre rodillo de 3 m. Utilizar 2 rodillos en el transportador.

Rodillos Superiores: Separación entre rodillos de 1.20 m. Utilizar 3 rodillos en el transportador. Distancias de separación entre estaciones de rodillos (m).

Tabla 9. Distancias de separación entre estaciones de rodillos

Ancho de banda	Rodillos Superiores		Rodillos Inferiores
	Peso específico del material (t/m ³)		
	≤ 0,6	> 0,6	

400	1,35	1,35	3,00
500	1,35	1,20	3,00
650	1,20	1,10	3,00
800	1,20	1,00	3,00
1.000	1,00	1,00	3,00
1.200	1,00	1,00	3,00
1.400	1,00	1,00	3,00
1.600	1,00	1,00	3,00
1.800	1,00	1,00	3,00
> 2.000	1,00	1,00	2,40

Elementos del Transportador	Cantidad	Tipo
Tambor motriz	1	
Tambora de retorno	1	
Rodamientos	4	SY 50 FM
Cadena	1	ANSI 35 tipo B
Rueda Dentada	2	Z1=22 Z2=36

2.5 Propuesta de reacondicionamiento a los elementos existentes.

Para realizar el montaje del sistema mecánico se deben reacondicionar las piezas y las estructuras que se van a utilizar.

- Tolva (ver anexo 5): restauración y cambio de las planchas metálicas y elaborar la estructura de apoyo.
- Molino de Martillo: realizar un engrase a todas las partes necesarias ya que lleva más de dos años sin uso, pintura de la estructura. Realizarle pruebas para comprobar el régimen de molienda
- Transportador: Realizar una búsqueda de las piezas recuperadas que se van a utilizar para su creación y comprobar si todas las necesarias están, para verificar si hay que comprar algún aditivo necesario.

2.6 Valoración económica de la propuesta planteada

El análisis que se realiza va sobre la base de la propuesta de la sustitución de materias primas para la conformación de la pasta de azulejos cerámicos.

Análisis Económico de la factibilidad de la utilización del Feldespato crudo y la Cocoa en sustitución del feldespato y el Carbonato de Calcio procesado, utilizándolo en la preparación de la pasta de azulejos.

Consumo de energía para la preparación de la pasta de azulejos con feldespato y Carbonato de Calcio procesado

Horas/molinos = 4 horas

Consumo del molino = 50 kW/h

Energía consumida = $50 \times 4 = 200$ kW/h

Capacidad del molino = 7 toneladas

Costo de la energía en azulejos = \$3,63 CUP

$200/7 = 28.57$ kW/h/t x 800 t/mes

= 22 857,14 kW x 12 meses/año

= 27,287 kW/h/año

$274,287 \times \$ 3,63$ CUP/kW

= \$ 995 657,00 CUP/años de energía

Consumo de energía para procesar Feldespato

= 50 kW/t y 18 L de fuel oil/t

Consumo de Feldespato

= 25% x 800 t/mes = 200/mes x 12 meses/año

= 2400 t/año x 50 kW/h/t = 120 000 kW/h x \$ 9,39 CUP/kW

= \$ 1 126 800,00 CUP/año

Consumo de energía para procesar Carbonato de Calcio = 50 kWh/año

Consumo del Carbonato de Calcio = 10% x 800t/mes x 12meses/año

= 960 t/año x 50 kW/t

= 48000 kWh/año x \$ 9,39 CUP/kW

= \$ 450 720,00 CUP/año

Gastos totales por consumo de energía para procesar el feldespato y el carbonato de calcio y moler la pasta

= \$ 995 657,00 CUP + \$ 1 126 800,00CUP + \$ 450 720,00 CUP

= \$2 573 177,00 CUP

Costo de la energía para procesar la pasta de azulejos con feldespato crudo y Cocoa. Tiempo de molienda (10 h asumidas).

Consumo de energía = 50 kW/h

50 kW/h x 10 h = 500 kW

Consumo de energía/t = 500 kW entre 7 t = 71,43 kW/t

Costo de energía = 71,43 x 800t/mes = 57 144 kW/mes x 12 meses/año

=685 714,29 kW/año x \$3,63 CUP/kW

= \$2 489 143,00 CUP/año

Consumo de combustible (fuel oil)/t de feldespato procesado y Carbonato de Calcio =18 L/t.

Costo del fuel oil = \$12,61 CUP/L

Consumo del feldespato en la formula = 25%

$200 \text{ t/mes} \times 12 \text{ meses/año} = 2400 \text{ t/año} \times 18 \text{ L/t} = 43\,200 \text{ L/año} \times \$ 12,61 \text{ CUP/L}$
 $= \$544\,752,00 \text{ CUP/año por combustible.}$

Consumo del Carbonato de calcio en la formula

$= 10\% \times 800 \text{ t/mes} = 80 \text{ t/mes de carbonato de calcio} \times 12 \text{ meses/año}$

$= 960 \text{ t/año} \times 18\text{L/t} = 17280 \text{ L/año} \times \$ 12,61 \text{ CUP/L}$

$= \$ 217\,900,80 \text{ CUP/año}$

Gasto total del feldespató y el carbonato de calcio $= \$ 544\,752,00 + \$ 217\,900,80$

$= \$762\,652,80 \text{ CUP}$

Costo por transportación del carbonato de calcio $= \$ 17\,277,44 \text{ CUP}$

Costo por transportación de la Cocoa $= \$2\,017,71 \text{ CUP}$

(Datos aportado por la UEB de maquinaria)

Diferencia del costo de una tonelada de por concepto de materias primas

Carbonato de calcio (1t) $= \$ 328,72 \text{ CUP}$

Cocoa (1t) $= \$ 59,80 \text{ CUP}$

$328,72 - 59,80 = 268,92 \text{ CUP/t} \times 800 \text{ t/mes}$

$= 215\,136,00 \text{ CUP} \times 12 \text{ meses}$

$= \$2\,581\,632,00 \text{ CUP}$

Gastos totales obtenidos para producir la pasta de azulejos con Feldespato y Carbonato de calcio previamente procesado

Costo por energía para moler la pasta $= \$ 995\,657,00$

Costo por energía para procesar el feldespató $= \$ 1\,126\,800,00$

Costo por energía para moler el carbonato de calcio $= \$ 450\,720,00$

Costo de combustible para secar el feldespató $= \$ 544\,752,00$

Costo de combustible para secar el carbonato de calcio $= \$ 217\,900,80$

Costo por transportación del carbonato de calcio $= \$ 17\,277,44$

Total = \$ 3 353 107,00 CUP

Gastos totales obtenidos para la producción de la pasta de azulejos con feldespatos crudo y Cocoa.

Costo por energía para moler la pasta = \$ 2 489 143,00

Costo por transportación de la Cocoa = \$2 017,71

Total = \$ 2 491 160,71 CUP

Ahorro neto para el proceso de la pasta

\$ 3 353 107,00 - \$ 2 491 160,71

= \$ 861 946,53 CUP

Ahorro neto por concepto de materias primas

\$ 2 581 632,00 CUP

Ahorro total

\$ 861 946,53 CUP + \$ 2 583 522,00 CUP

= \$ 3 445 468,53 CUP

CONCLUSIONES

1. La propuesta conceptual del sistema mecánico procesará la Cocoa garantizando un transporte continuo del material, él sistema mecánico va a estar compuesto por:
 - Una tolva de estructura con unas dimensiones de 3 m de largo * 3 m de ancho * 1,2 m de alto.
 - Un molino de martillo con una capacidad de procesamiento de 7 t/h
 - Un transportador de banda de 4 m de largo * 0,5 m de ancho con un accionamiento mecánico por cadena.
 - Un motor reductor con una potencia de 0,9 kW
2. A partir de la propuesta se realizó el cálculo del accionamiento y se determinaron las eficiencia en los rodamientos y en la transmisión por cadena
3. La solución propuesta le aporta a la empresa un ahorro de \$ 3 445 595,53 CUP anuales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación del sistema propuesto ya que le proporciona un ahorro a la empresa de \$ 3 445 468,53 CUP.
2. La compra de los componentes necesarios inexistentes para la realización del montaje del sistema mecánico para el procesamiento de la Cocoa.

ANEXOS



Anexo 1. Rodillos (Zúñiga, 2006)



Anexo 2. Transportador tornillo sinfín (Zúñiga, 2006)



Anexo 3. Molino de martillo SERVER (Archivo personal)



Anexo 4. Grúa que va a alimentar al sistema mecánico para procesar Cocoa (Archivo personal)



Anexo 5. Estructura para la tolva (Archivo personal)



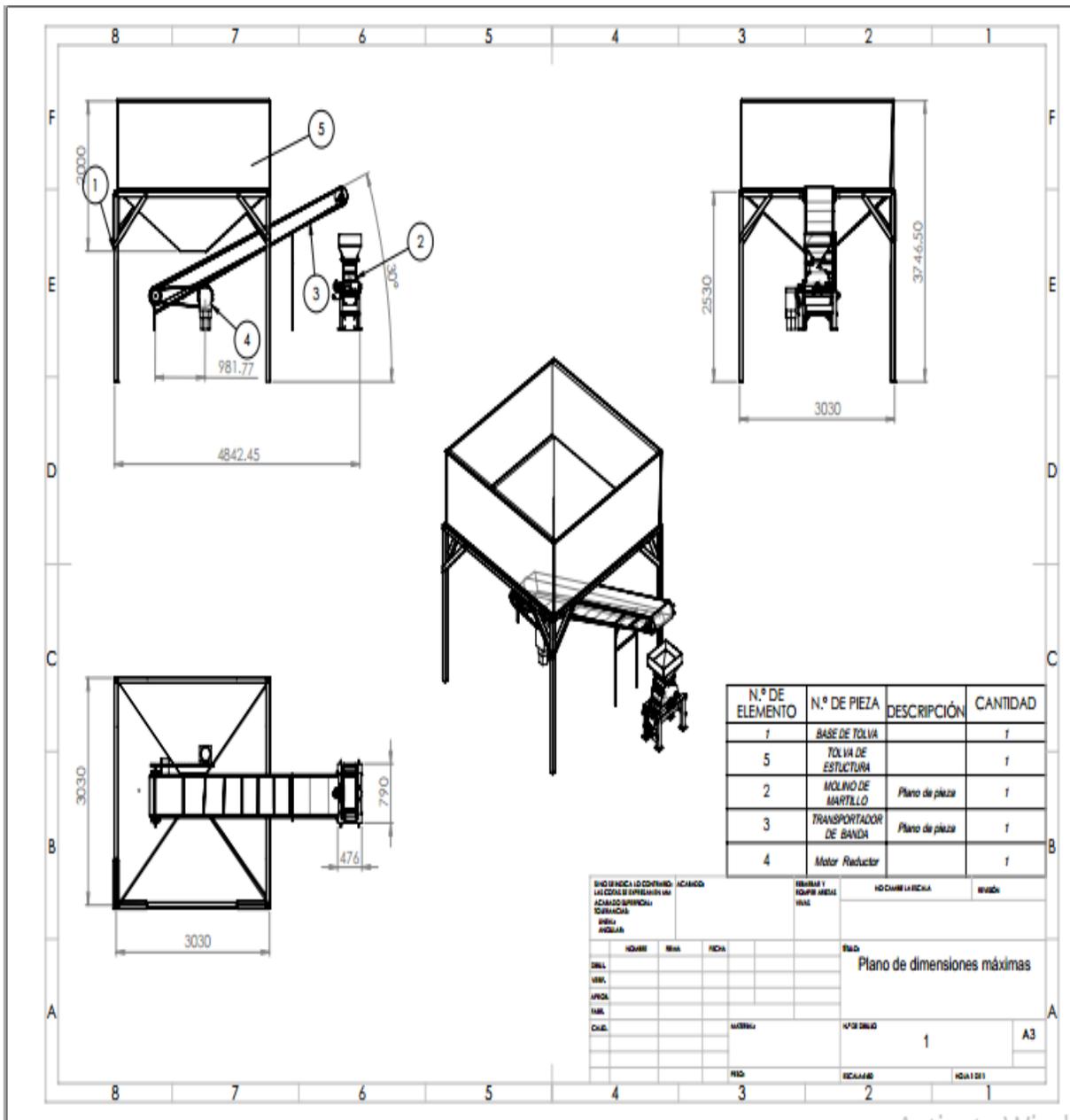
Anexo 6. Cocoa (carbonato de calcio mezclado con arcilla de pedernales) (Archivo personal)



Anexo 7. Transportador de banda (Archivo personal)



Anexo 8. Chapa del motor reductor (Archivo personal)



Anexo. 9 Esquema general del sistema mecánico (SolidWorks)

BIBLIOGRAFÍA

1. Baránov. (1979). *Teoría de Máquinas y Mecanismos*.
2. Benlloch M, J. (1986). *Lubricantes y Lubricación Aplicada, Tomo I*. Cuba: Primera Edición..
3. Dobrovolski, V, Zablonki, K, Radchik. A, Erlij, L. Elementos de máquinas. Editorial MIR. Moscu.1980.
4. J., H. B., Bo, J., & R, S. S. (2000). Elementos de Máquinas. México: Editorial Mc Graw Hill, Primera edición.
5. María, J. B. (1986). *Lubricantes y lubricación aplicada: Edición revolucionaria*.
6. Nieto Quijorna, A. J. (enero,2007). *Elementos de Máquina*. Universidad de Castilla-La Mancha.
7. Norma DIN8187.
8. Reshetov, D. (1985). *Elementos de máquinas*. Editorial Pueblo y Educación.
9. Rodríguez, F. D. (2007). *Tribología: fricción, desgaste y lubricación*.
10. Shigley, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica.8va Edicion*.
11. Vega, Roberto. "Selección de Lubricantes". Revista fluidos ONA". Barcelona, España. Nro. 219. Julio- Agosto, 1996
12. Andrade, J. V. M., & Chiriboga, A. E. O. (2018). Diseño Y Construcción De Un Molino De Martillos Triturador De 15 Qq/H De Mineral Pétreo Para Producir Biofertilizantes.
13. Calderón., B. O. G. C. (2018). Cálculo Y Selección De Parámetros Constructivos De Un Molino De Martillos De 40 Tn/Día, De Capacidad Para Ladrillera Lark- Lambayeque.
14. Inga, B. A. B. (2020). *Diseño De Un Sistema Automatizado De Abastecimiento De Agregados Para La Mezcla En La Producción De Prefabricados De Concreto Para La Empresa Inca Block*". Universidad Nacional De Piura Facultad De Ingeniera Industrial Escuela Profesional De Ingeniería Mecatrónica.
15. J. Linars, F. H. Y. J. C. (2017). La arcilla como materi ceramico. Caracteristicas y comportamiento.
16. Nisbett, R. G. B. y. J. K. (2008). *Diseño en Ingenieria Mecánica de Shigley*

17. Quijorna, A. J. N. (2007). *Elemento de maquina.*
18. Zúñiga, Y. H. (2006). *Diseño de un transportador de bandas para la Transportación de arena seca en el taller de fundición de la empresa "Román Roca".*