

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Teoría de Molienda

1.1.1 Leyes de Desintegración

1.1.2 Requerimientos de energía y potencia en la desintegración

1.1.3 Funcionamiento normal de un molino

1.1.4 Control del tamaño

1.1.5 Finura de la molienda

1.1.6 Desintegración mecánica de los sólidos

1.1.7 Molibilidad

1.2 Diferencia entre trituración y molienda

1.3 Tipos de Molinos

1.4 Clasificadores y tamizado.

1.4.1 Serie de Tamices Tyler.

1.4.2 Fracción másica y acumulativa.

1.4.3 Análisis por Tamizado. Medición de Tamaños de Partículas.

1.4.3.1 Partículas Finas y Cálculo de Potencia

1.4.3.2 Análisis por Tamizado. Partículas Finas.

CAPITULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

2.1 Características del Molino diseñado

2.2 Construcción del Equipo

2.2.1 Materiales

2.2.2 Fases de la Construcción

2.2.2.1 Construcción del esqueleto del Equipo

2.2.2.2 Montaje del Equipo

2.3 Diseño y Vistas del Equipo.

CAPITULO III

PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

3.1 Manual de Funcionamiento del Equipo

CAPITULO IV

CORRIDA DEL EQUIPO

4.1 Ensayos y ajustes preliminares

4.2. Materia Prima para el proceso

4.2.1 Humedad de la materia prima

4.2.2 Procedencia de la materia

4.3 Equipos y accesorios para la práctica

4.4 Pruebas de Molienda realizadas

4.4.1 Cálculos

4.4.2 Cálculo de la eficiencia del equipo

4.5 Operación de tamizado y clasificación

4.6 Análisis del rendimiento obtenido

CAPITULO V

ANALISIS FINANCIERO

5.1 Cuadro de costos e inversiones Generales

5.1.1 Costos del Cuerpo del Molino

5.1.2 Costos de la Caja de Control Automático

5.1.3 Costos de Accesorios e Imprevistos

5.1.4 Costos de los Motores

5.1.5 Gastos de Materia Prima

5.1.6 Gastos de Mano de Obra Directa

5,1,7 Gastos de Mano de Obra Indirecta

5.1.8 Gastos Complementarios

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

6.2 Recomendaciones

BIBLIOGRAFIA

GRÁFICOS

FIGURAS

ANEXOS (FOTOS)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional, que día a día me brindan sus consejos; a mis hermanos que siempre me desean lo mejor y buscan darme su ayuda y apoyo; a mis bellos sobrinos que iluminan aún más mi vida.

Infinitamente mi agradecimiento a Dios, quien me permite existir y culminar cada faceta, por su ayuda a hacer de mi una mejor persona para el mundo y para mi misma.

María Auxiliadora López Maestre

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios primeramente, por ser mi más grande ayudador en esta carrera Universitaria, ya que me dio salud, fuerzas y sabiduría para poder realizar y cumplir esta gran tarea.

También agradezco a mis padres y hermanas que son mi fuente de apoyo y motivación para llegar a la meta que me puse desde el primer día que pise la Facultad de Ingeniería Química que fue la de culminar mi carrera Universitaria.

Sin dejar de nombrar a cada uno de mis compañeros y amigos de clases con los cuales compartí y viví los 5 años de mi carrera, apoyándonos en las buenas y las malas, aprendiendo todos juntos y así mismo aprendiendo los unos de los otros.

Agradecer de igual forma a cada uno de los profesores que impartieron todos sus conocimientos y dedicaron su paciencia y tiempo en enseñarme y prepararme para una nueva etapa de mi vida profesional.

Oliver Antonio Seniterra Burgos

DEDICATORIA

*A mi familia que siempre me apoyó para llegar con orgullo a culminar una etapa muy importante de mi vida, en especial a mi madre **Luisa Victoria Maestre Peña de López** quien día a día me impulsa a lograr mis metas y que siempre será el mejor pilar que Dios me permite tener a cada instante de mis días y a mi hermana **Paola Caterine López Maestre** por enseñarme que en cada momento el sacrificio siempre valió la pena...*

María Auxiliadora López Maestre

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, a mis padres que son mi fuente de apoyo e inspiración en los logros de mi carrera, ellos con sus sabios consejos y sus palabras de aliento me dieron el impulsó necesario para culminar de manera exitosa esta etapa de mi vida Universitaria. También forman parte de este gran logro mis profesores de cada uno de los años lectivos que curse en esta prestigiosa facultad impartiendo sus conocimientos en las aulas del “saber”, con vocación y sabiduría para transmitir sus cátedras y de manera fáciles de asimilar y un contenido extenso, agradezco en especial a mi director de tesis al Ingeniero Carlos Muñoz el cual tuve la dicha de contar con él como profesor de dos y al finalizar mi largo caminar en esta carrera, cuento con él como director de tesis y que con su paciencia y apoyo pude culminar con éxito este trabajo.

Oliver Antonio Seniterra Burgos

INTRODUCCION

Entre los diversos molinos que hay en la actualidad, se pensó dar la forma de un molino que tenga varias características y que esté adecuado para realizar varias funciones a la vez y así optimizar el proceso productivo de la molienda modernizando el diseño de un molino.

El molino de martillo, es uno de los molinos que puede ser utilizado con diversos tipos de materiales, siempre y cuando estos sean secos o su grado de humedad no provoque que la materia prima al ser molida se vuelva pastosa y dificulte su clasificación y tamizado.

Hoy en día se encuentran molinos transportadores y clasificadores por separado, por lo cual con este equipo se logra aminorizar el área que ocupa o abarca un molino, la banda transportadora y la zaranda al tener estos equipos por separados ocupando así mayor espacio de planta y más metros cuadrados de los necesarios. En nuestro caso con el molino que se va diseñar y construir, se lo adaptará implementando la tecnología para modernizar el sistema de molienda y clasificación, todo en una misma área reduciendo así el espacio físico utilizado en la Industria.

Entre los objetivos de la construcción y funcionamiento del equipo, no sólo para modernizar y disminuir el espacio dentro de una planta sino para comprobar la desintegración de materiales y obtener una granulometría definida por tamaños y reducir al mínimo las pérdidas que genera la molienda.

CAPITULO

I

GENERALIDADES

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 TEORÍA DE LA MOLIENDA

En los procesos de transformación de materias primas y productos de la agroindustrias, química y mineras, generalmente se requiere un acondicionamiento del tamaño de partículas, para la continuación de un proceso productivo o como producto final para la venta en el mercado.

El término reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. En los procesos industriales la reducción de tamaño de sólidos se lleva a cabo por distintos métodos y con fines diferentes. Las grandes piedras de un mineral crudo se desintegran hasta un tamaño manejable; los productos químicos sintéticos se muelen hasta polvo y las láminas de plástico se cortan en cubos o rombos. Los productos comerciales con frecuencia han de cumplir rigurosas especificaciones con respecto al tamaño y, a veces, con respecto a la forma de las partículas. La reducción de partículas aumenta también la reactividad de los sólidos, permite la separación por métodos mecánicos de ingredientes no deseados y reduce el tamaño de un material fibroso para su más fácil tratamiento.

Se debe tratar de utilizar un producto con límites muy estrechos de tamaño granular, lo cual no se consigue sólo por desintegración mecánica, se requiere operaciones de tamizado y clasificación, por lo tanto, las dos técnicas básicas de reducción de tamaño y la separación de partículas de diferentes dimensiones por granulometría, con su porcentaje de peso de material retenido en cada uno de los tamices, están estrechamente relacionadas para evaluar el rendimiento de una operación de desintegración y proporcionar los datos necesarios para establecer la energía requerida.

Para la Ingeniería Química es esencial conocer cada una de las leyes que rigen para la desintegración en función del consumo energético, (tiempo) características del producto, y el tipo de máquinas a emplear en un campo específico, demostrando que su estudio está basado en deducciones y observaciones empíricas y experimentales, en su mayor parte.

1.1.1 Leyes de la Desintegración

Las principales leyes que rigen estos procesos son la Teoría de Rittinger, Teoría de Kick, y la Teoría de Bond.

Ley de Kick:

En 1885(18 años después) se expuso que el trabajo físico necesario para la desintegración sería función logarítmica del cociente de los tamaños inicial y final: $W = B \log (L_i / L_f)$ *“El trabajo absorbido para producir cambios análogos en la configuración de dos cuerpos geoméricamente semejantes y de la misma materia varía*

con el volumen (o la masa) de esos cuerpos” (Ley de Kick), para la cual se necesita la misma cantidad de energía para desintegrar un material de 1 a 0.5 cm, que desde 0.5 a 0.25 cm, y así sucesivamente; B es constante y depende del aparato, operación y clase de materia que se desintegrará. Esta teoría está enfocada en que la energía o el trabajo necesario para moler una partícula es proporcional a su peso o volumen, y por lo tanto sería proporcional al cubo del diámetro de la partícula considerándola una esfera perfecta. La unidad de medida de Kick se conoce por "unidad de energía" (E.U. de unidad de energía). Ambas teorías han ganado adeptos entre los expertos en trituración, tratando de demostrar que una u otra predomina, pero lamentablemente todas estas demostraciones se han hecho a nivel de laboratorio, con molinos muy pequeños, con materiales homogéneos y de granulometría particular, por lo tanto es muy difícil hacer una extrapolación a nivel industrial de los resultados que se obtienen en estas pruebas.

La energía necesaria para reducir el tamaño de partícula desde su valor inicial (D_1) hasta el final (D_2) está relacionada logarítmicamente con la reducción de tamaños (D_1/D_2) producida.

$$\text{Ley de Kick (n=1)} \quad E = c \cdot \ln \frac{D_1}{D_2}$$

Forma integrada
de la ecuación de
Walker para n = 1

Inconveniente: Supone que la energía necesaria para llevar a cabo el proceso es independiente del tamaño inicial de las partículas.

Útil: Predice el gasto energético de partículas de tamaño elevado y características elásticas.

Teoría de Rittinger:

"La consecuencia de la trituración de una materia es la aparición de nuevas superficies libres, y esto se consigue venciendo entre otras resistencias la fuerza de cohesión. Si la fractura crea nuevas superficies consumiendo energía, el principio de conservación de ésta obliga a admitir que existe una energía de superficie, consecuencia de la cual sería la fuerza de cohesión. La cantidad de energía contenida en la unidad de superficie es la energía superficial específica. Si el resultado inmediato de la desintegración es liberar nuevas superficies, resulta lógico admitir que *“el trabajo necesario para una desintegración sea proporcional al aumento de superficie producido”*; (Ley de Rittinger), expuesta en 1867. Si se considera la partícula como una esfera, la energía sería igual al cuadrado del diámetro medio de la partícula. La unidad de medida de Rittinger se denomina "unidad superficial" (S.U. de unidad de superficie).

Ley de Rittinger (n=2)

$$E = c' \left(\frac{1}{D_2} - \frac{1}{D_1} \right)$$

Forma integrada de la ecuación de Walker para n =2

$$E = c' (s_f - s_i)$$

El gasto energético asociado a los procesos de pulverización es proporcional al incremento de superficie específica que experimenta el material.

Útil: materiales quebradizos con pequeño tamaño de partícula de cuerpos quebradizos.

Teoría de Bond:

En 1950 ha salido la tercera teoría de trituración propuesta por Fred Bond de Allis Chalmers, donde especifica que el trabajo requerido para romper una roca es el que justamente se necesita para superar su deformación crítica y que aparezcan las grietas de fractura, las cuales se producirían como consecuencia sin requerimiento de energía y cuando cesa la acción, la mayor parte del trabajo aplicado se convierte en calor.

De esta manera tenemos:

$$W = \frac{W_i (100)^{0.5}}{L_f} \frac{r^{0.5} - 1}{r^{0.5}} \quad \text{kwh/ton}$$

Donde,

L_f es el tamaño del producto molido o final en micrones

r es el cociente de desintegración (L_i/L_f)

L_i es el tamaño inicial del producto

W_i es el índice de trabajo o constante de energía definida como el número de kilowatios-hora.

De esta manera, Bond hace una combinación bastante diplomática de las dos teorías anteriores e introdujo una diferencia en la calidad del valor de tamaños, así como el índice de trabajo independiente para cada material a moler, pues la energía necesaria

para triturar las partículas es proporcional a la longitud de la grieta que se produce previamente a la rotura de la partícula y esto expresado matemáticamente se dice que es proporcional a los cinco medios del diámetro de la partícula. Así, la teoría de Rittinger parece funcionar muy bien cuando se está moliendo fino, la teoría de Kick para encontrar aplicación en la molienda más gruesa, y la teoría de Bond, una combinación práctica entre las dos, se comprueba con el exponencial al convertirlos en medios:

Teoría de Rittinger	—————	$E \propto d^2$ exponencial =	4/2
Teoría de Kick	—————	$E \propto d^3$ exponencial =	6/2
Teoría de Bond	—————	$E \propto d^{5/2}$ exponencial =	5/2

Estas teorías buscan desarrollar un modelo matemático a pequeña escala y nivel de laboratorio para, sobre la base de éste, proyectar un diseño para las instalaciones de molienda.

El problema se presenta en que la extrapolación a nivel de laboratorio es muy difícil corregir a nivel industrial. La energía que se consume en un proceso depende generalmente de la velocidad con que está puesto en movimiento un molino y la potencia requerida para su efecto, la cantidad de material que estemos pasando y la configuración de la coraza del molino, así como de todas las variables que están constantemente cambiando; es por esto que, la molienda es sin duda, **uno de los costos de operación más caros en un proyecto industrial** y una vez instalado, sólo se podrán efectuar ligeros cambios en la operación, alimentación o descarga y estructura del molino.

Se debe tener en cuenta que mientras más grande sea la partícula más fácil es su trituración, y la energía que se gasta en moler partículas más pequeñas es mucho más alta.

1.1.2 Requerimientos de energía y potencia en la desintegración

El coste energético es el de mayor importancia en la trituración y molienda, de forma que los factores que controlan este costo son de gran interés. Durante la reducción de tamaño, las partículas del material de alimentación son primeramente distorsionadas y forzadas.

El trabajo necesario para forzarlas se almacenan temporalmente en el sólido como energía mecánica de tensión, de la misma forma que la energía mecánica se puede almacenar en un muelle. Al practicar una fuerza adicional a las partículas tensionadas, estas se distorsionan más allá de su resistencia final y bruscamente se rompen en sus fragmentos, generándose nuevas superficies. Puesto que una unidad de área de sólido posee una cantidad definida de energía superficial, la creación de nuevas superficies requieren un trabajo, que es suministrado por la liberación de energía de tensión cuando la partícula se rompe.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía, toda la energía en exceso sobre la energía de la nueva superficie creada ha de aparecer en forma de calor.

1.1.3 Funcionamiento normal de un molino

Consiste en piezas (martillos) que pueden ser fijos u oscilantes, montados en un eje de rotación y disponen de una criba o malla a través de la cual pasa el producto.

La reducción de tamaño se debe a las siguientes causas:

1. Explosión debido al impacto de los martillos.
2. Corte por los bordes de los martillos.
3. Acción de frotamiento o rozadura.

La acción de frotamiento es importante con cereales, mientras que la acción de impacto es importante con maíz y materiales quebradizos.

La velocidad de alimentación al molino se controla con unas compuertas corredizas o con un alimentador positivo, tal como un tornillo sin fin.

A medida que el producto pasa a través de la malla una corriente de aire suministrada por un ventilador lo coge y lo lleva al separador de donde pasa al silo o al ensacado.

El molino de martillo se adapta bien para una molienda media y fina. La alta velocidad con que trabajan los martillos es excelente para una conexión directa con un motor eléctrico.

La fuerza de la molienda depende del tamaño de los agujeros de la malla y de la velocidad de circulación del material molino a través de la cámara de molino.

1.1.4 Control del Tamaño

La utilidad de un producto finamente molido depende de su grado de subdivisión y la distribución por tamaño de sus partículas, y éstas queden divididas en dos tamaños diferentes.

1.1.5 Finura de la Molienda

La finura de la molienda está dada de acuerdo al tamaño del agujero de la criba y a su vez, al tamaño de la malla que se utiliza para el tamizado de la primera bandeja.

Depende particularmente del tipo de materia prima que se esté utilizando, de acuerdo a la materia sería los cambios de la criba y mallas, para obtener un mayor o menor micraje.

Básicamente es obtener dos micrajes distintos que no conlleven a que el producto pierda sus características organolépticas y se proceda al desecho de la misma.

En el caso actual se utilizará como constante el tamaño de la criba de 4mm y con una malla de 2mm, separando así las partículas más gruesas (aproximadamente 3mm) que se quedan en la primera bandeja de las finas (polvo) que son recogidas en la segunda bandeja y llegando al termino del proceso de molienda de toda la materia prima y obtener dos micrajes definidos como producto final.

1.1.6 Desintegración mecánica de Sólidos

La desintegración mecánica es un término genérico de reducción de tamaño. Las quebrantadoras y los molinos son tipos de equipos de desintegración. Una quebrantadora o molino ideal deberían tener una gran capacidad, y requerir poco consumo de energía por unidad de producto, dar lugar a un producto de un único tamaño, o distribución de tamaños, que se desee.

El método habitual para estudiar el comportamiento del equipo de proceso es establecer una operación ideal, observando la diferencia entre ambas. Cuando se aplica este método al equipo de integración y molienda, la diferencia entre la unidad ideal y la real son muy grandes y, a pesar de los amplios estudios realizados, no se han declarado totalmente las diferencias. Por otra parte, se han desarrollado correlaciones empíricas útiles para predecir el comportamiento del equipo a partir de la incompleta teoría disponible.

Las capacidades de las máquinas de desintegraciones tratan al describir los distintos tipos de equipos. Sin embargo, los aspectos fundamentales de la forma y tamaño del producto, así como el consumo de energía, son comunes en la mayor parte de las máquinas y se puede considerar de una forma más general.

En el desempeño de las aplicaciones de los productos molidos, interesa por lo general la reducción de tamaños porque a menor tamaño mayor desarrollo superficial de las aplicaciones de los sólidos: si se trata de que hayan de reaccionar, el proceso se inicia

por su superficie, luego la velocidad de reacción será proporcional al desarrollo de dicha superficie.

Ocurre por otra parte que la energía superficial específica (contenida en la unidad de superficie de un sólido) aumenta muy de prisa al disminuir los tamaños, lo cual explica que los equilibrios de las reacciones de descomposición de oxalatos o carbonates estén influidos por el tamaño de grano , que el efecto térmico de la disolución de sales - aun sin reacción química - sea distinto según el tamaño de grano, que muchas sustancias (azúcar, carbón, etc.) llegan a ser inflamables en el aire aun a baja temperatura cuando se muelen muy finamente e incluso que la actividad catalítica de los sólidos esté localizada en los vértices así como en puntos singulares.

Si se trata del recubrimiento de superficies de otros materiales (cual es el caso de pigmentos para preparar pintura) la cantidad de pigmento que se necesita para cubrir el soporte es tanto menor cuanto mayor es la superficie específica de aquél, la misma que presenta la unidad de cantidad (masa o volumen) de un sólido en $\text{cm}^2 \cdot \text{G}^{-1} \cdot \text{cm}^{-3}$ y aumenta geométricamente al disminuir el tamaño de las partículas.

1.1.7 Molibilidad

Entre los factores que afectan la molibilidad están:

- La dureza
- La elasticidad
- La resistencia
- La divisibilidad

Se debe notar que dependiendo de la materia prima a usar, es la molibilidad que tendrá, si el producto es muy duro, el equipo mantendrá un desgaste diferente a como si fuese usar un material con menor dureza.

1.2 Diferencia entre Trituración y Molienda

El concepto de desintegración de sólidos está dividido en dos grandes grupos que se diferencian por: la naturaleza del material alimentado, el tamaño y la reducción que logre alcanzarse al final de la operación; de esta manera tenemos: Trituración (chancado, quebrantado o machacado) y Molienda.

Trituración.-

Se denomina reducción basta o grosera de tamaños y se clasifica en primaria, que puede trabajar con quebrantadores de mandíbula para materiales duros y secundarios, o de grados intermedios de subdivisión con producción de finos limitada para materiales blandos.

Molienda.-

Abarca tanto la desintegración como la pulverización fina de la subdivisión intermedia a partículas pequeñas. La diferencia está en la homogeneidad física del material manejado. La desintegración se refiere a la reducción del tamaño de agregado de partículas blandas débilmente ligadas entre sí y no se produce cambio alguno en el tamaño de las partículas fundamentales de la masa. Los equipos que hacen el trabajo de molienda pueden llegar a tocarse y, el único medio que evita que se toquen es el material a moler, tanto en molienda seca como en molienda húmeda.

1.2 Tipos y Clases de Molienda

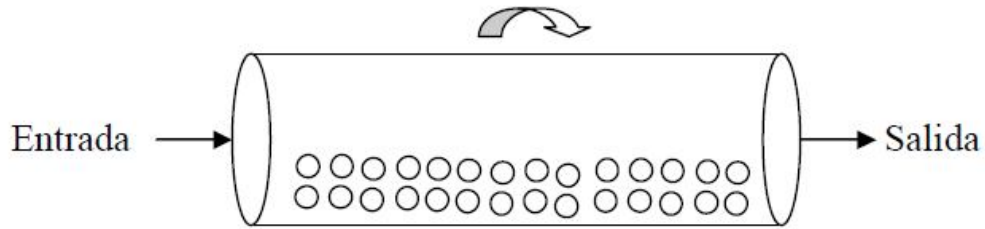
Existen diversos tipos según sus distintas aplicaciones, los más importantes son:

- Rulos y Muelas.
- Discos.
- Barras.
- Bolas.
- Rodillos

Las de Rulos y Muelas consisten en una pista similar a un recipiente de tipo balde, y un par de ruedas (muelas) que ruedan por la pista aplastando al material. Este tipo de molinos ha ido evolucionando hacia el molino que hoy conocemos como de Rodillos.

El molino de Discos consiste en dos discos, lisos o dentados, que están enfrentados y giran con velocidades opuestas; el material a moler se encuentra entre ambos. Actualmente no se utiliza.

Los más utilizados en el ámbito industrial son: los de Bolas y Barras, y los de Rodillos en la industria del cemento. Esquemáticamente pueden concebirse como un cilindro horizontal que gira y en su interior se encuentran los elementos moledores, los cuales se mueven libremente; el material a moler ingresa por un extremo del cilindro, es molido por fricción y percusión de los elementos moledores y sale por el extremo opuesto.



Elementos moledores y material

Figura 1

Molino de Barras (*ROD MILL*).

El molino de Barras está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior cuenta con barras (dispuestas a lo largo del eje) cilíndricas sueltas, 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 como 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 final (se emplean tanto en molienda húmeda como en seca).

Figura 2

La relación longitud/diámetro se encuentra acotada entre 1,2/1 y 1,6/1, los diámetros mayores oscilan entre 3 y 4 metros. La velocidad usual se encuentra entre el 60% y 68% de la crítica, la máxima puede alcanzar hasta el 70%.

El tamaño del material de alimentación (a moler) debe ser menor o igual a 1" (25,4mm), y el de salida es de 4 a 35 mallas (pasa el agujero del tamiz de x mallas, lo que significa x agujeros por pulgada lineal del tamiz).

El cuerpo cilíndrico se construye con chapas de acero curvadas y unidas entre sí por soldadura eléctrica. La cabeza o fondo del cilindro se construye en hacer moldeado o fundición, y es de forma ligeramente abombada o cónica. Habitualmente los ejes o muñones están fundidos con la cabeza pero también pueden estar ensamblados con bridas atornilladas. Los muñones apoyan sobre cojinetes, uno en cada extremo.

La parte cilíndrica, los fondos y la cámara de molienda, están revestidos interiormente por placas atornilladas de acero al manganeso o al cromo-molibdeno. Las barras generalmente, son de acero al carbono y su desgaste es alrededor de cinco veces mayor al de los revestimientos, en las mismas condiciones de trabajo.

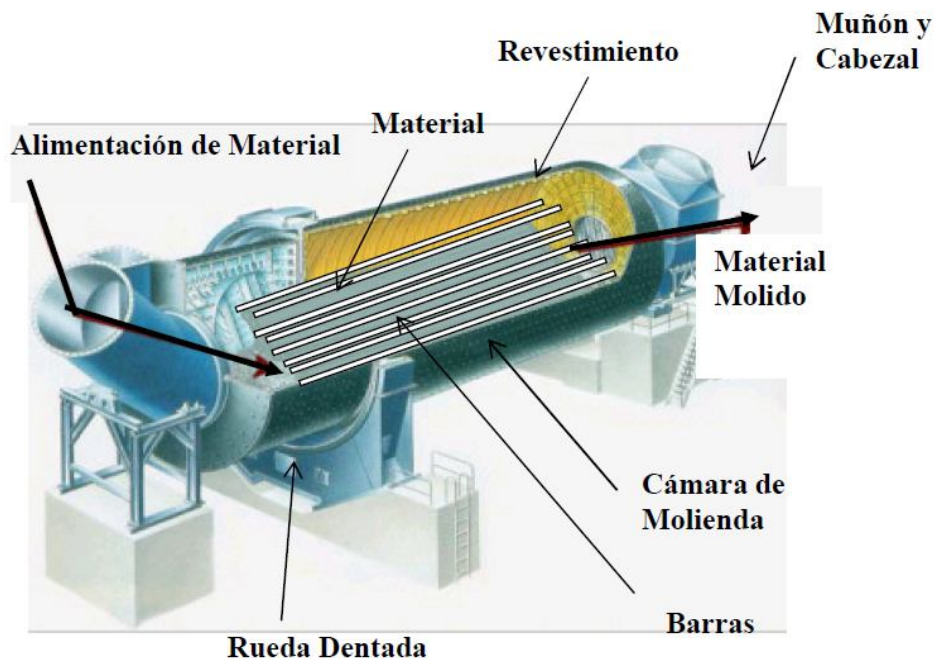


Figura 2

Molino de Bolas (*BALL MILL*).-

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 dos formas de descarga: por rebalse (se utiliza para molienda húmeda) y por diafragma (se utiliza para molienda húmeda y seca).

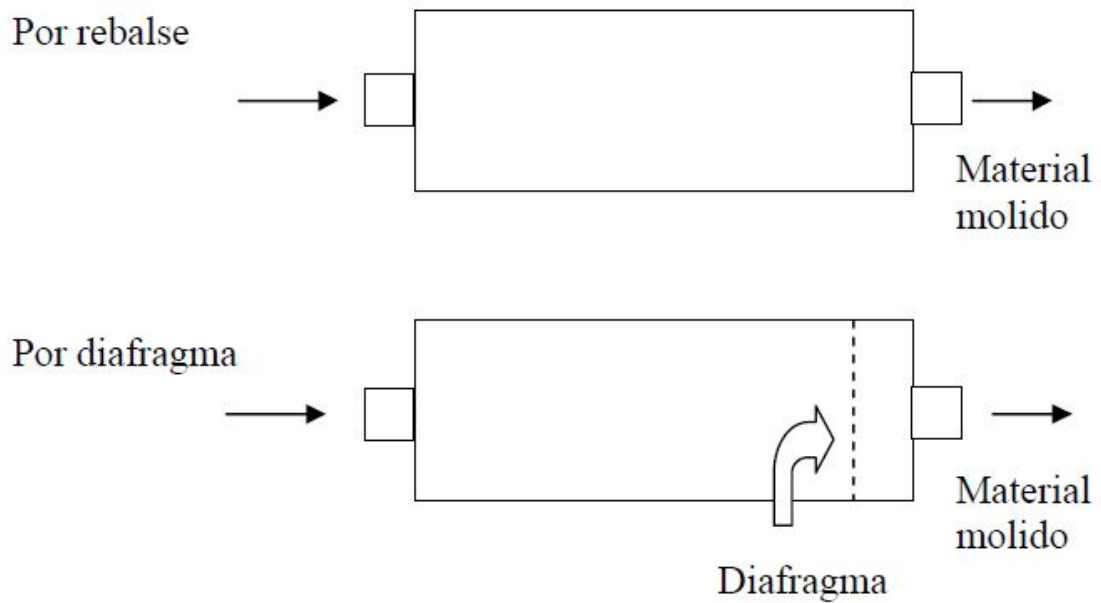


Figura 3

La relación longitud/diámetro se encuentra acotada entre 1/1 y 5/1, los diámetros mayores oscilan entre 3 y 4 metros. La velocidad usual se encuentra entre el 65% y 75% de la crítica, la máxima puede alcanzar hasta el 90%.

El tamaño del material de alimentación (a moler) es función de la dureza del mismo; para material duro, el 80% de la alimentación debe ser menor a 1”.

El tamaño de salida es inferior a 35 mallas. En lo que hace a los materiales de recubrimiento interior de la cámara de molienda, y de las bolas, corresponden análogas consideraciones a las de los molinos de Barras.

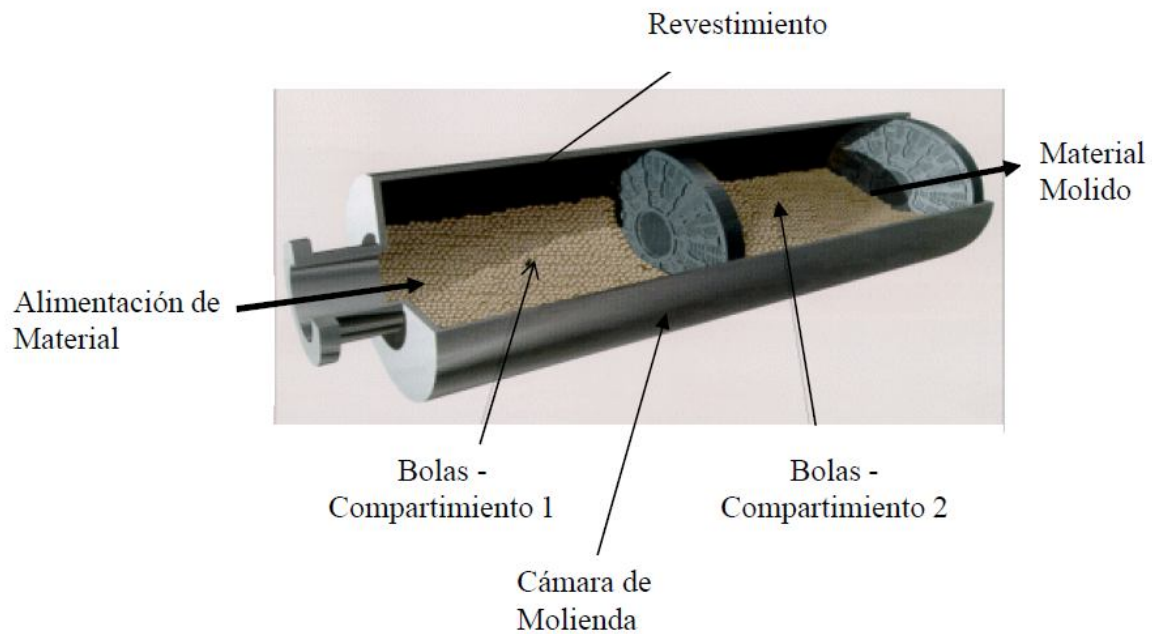


Figura4

Molino de Compartimento Múltiples.-

Existen molinos de dos compartimentos que tiene características equivalentes a los descritos en los puntos 4 y 5. Constan de dos compartimentos separados en el cilindro del molino. Éstos pueden contener barras y bolas, o bolas grandes y pequeñas.

Estos tipos de molinos se utilizan para hacer en un mismo aparato la molienda gruesa y la fina.

La relación longitud/diámetro se encuentra acotada entre 3/1 y 5/1, los diámetros mayores oscilan entre 1,2 y 4,5 metros y las longitudes entre 6 y 14 metros.

Se han utilizado en la industria del cemento y resultan también adecuados para tratar grandes volúmenes de materiales duros y abrasivos.

Molino de Rodillos.-

Es muy utilizado en las plantas de molienda de cemento (vía seca). El molino consta de tres rodillos moledores grandes, los cuales son mantenidos a presión por medio de cilindros hidráulicos, sobre un mecanismo giratorio con forma de 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 de molido (pistas).

A medida que el material es molido, 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”). Tiene una capacidad de molienda entre 50 y 100 tn/hora; 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.

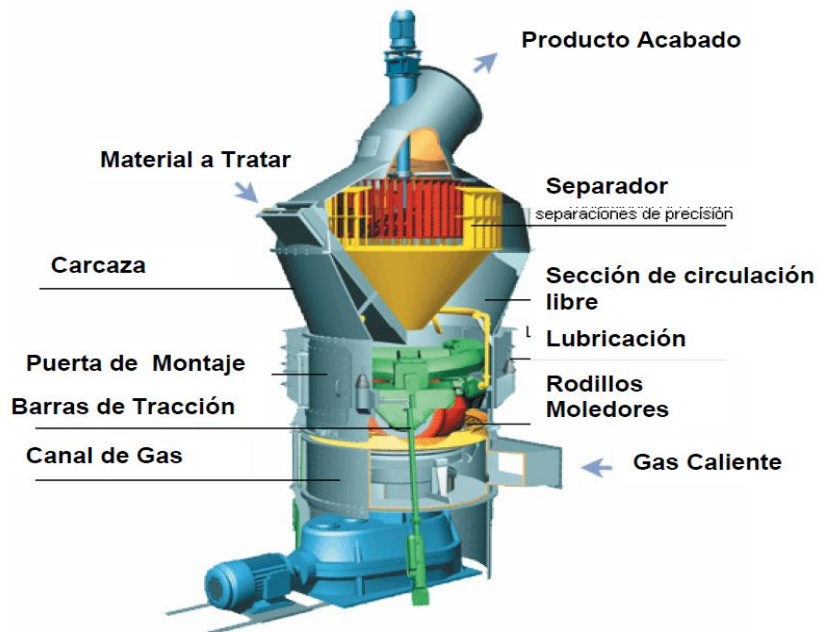


Figura 5

Molino Doppel (ROTATOR O DOUBLE ROTATOR).-

El molino Doppel-rotator es una instalación conformada principalmente por un molino de doble cámara con descarga periférica central, que en los últimos años está tomando un gran impulso, debido a su uso en la Industria del Cemento para la molienda del crudo además de uso muy difundido en la industria del oro, cuyo proceso de molienda en seco se llama “asado”.

Sus principales ventajas son su extraordinario bajo consumo específico de energía respecto a otros molinos y la posibilidad del uso de gas caliente de recirculación para el secado del material.

DOUBLE ROTATOR®

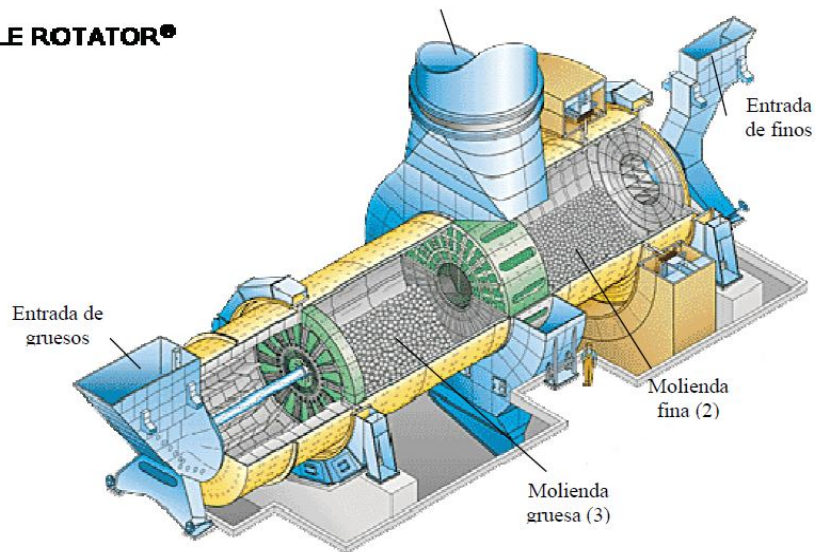


Figura 6

Cabe recordar que el crudo en la industria del cemento está conformado en su mayor parte por piedras de caliza y arcilla que fueron extraídas de las canteras y luego trituradas.

La molienda se puede hacer a materiales secos o a suspensiones de sólidos en líquido (Agua), el cual sería el caso de la molienda Húmeda.

Molienda Húmeda	Molienda Seca
<ul style="list-style-type: none">• Requiere menos potencia por tonelada tratada.	<ul style="list-style-type: none">• Requiere más potencia por tonelada tratada.
<ul style="list-style-type: none">• No requiere equipos adicionales para el tratamiento de polvos.	<ul style="list-style-type: none">• Si requiere equipos adicionales para el tratamiento de polvos
<ul style="list-style-type: none">• Consume más revestimiento (por corrosión).	<ul style="list-style-type: none">• Consume menos revestimiento.

1.4 Clasificadores y tamizado



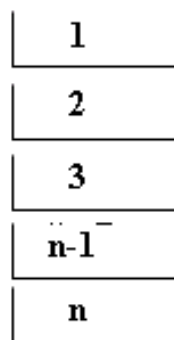
Figura 9

Un tamiz es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar el alimento previamente triturado. Las aberturas que deja el tejido y, que en conjunto constituyen la superficie de tamizado, pueden ser de forma distinta, según la clase de tejido. Las mallas cuadradas se aconsejan para productos de grano plano, escamas, o alargado.

1.4.1 Serie de Tamices Tyler.

Esta es una serie de tamices estandarizados usados para la medición del tamaño y distribución de las partículas en un rango muy amplio de tamaño. Las aberturas son cuadradas y se identifican por un número que indica la cantidad de aberturas por pulgada cuadrada.

Una serie de tamices patrón muy conocidas es la serie de **Tamices Tyler**. Esta serie se basa en la abertura del tamiz 200, establecida en 0,0074cm y enuncia que "el área de la abertura del tamiz superior es exactamente el doble del área de la abertura del tamiz inmediato inferior. Matemáticamente nos queda:



$$D_{p^{n-1}} = \sqrt{2} D_{p^n} (\forall)$$

Una forma de expresar los tamices es, por ejemplo, 20/28 que indica que los sólidos pasan por el tamiz número 20 y se retienen en el tamiz 28. En el mismo orden de ideas, si solo se nombra el tamiz con un número es decir, 28 solo significa que los sólidos se retienen en ese tamiz.

1.4.2 Fracción másica y acumulativa.

La fracción másica y acumulativa son dos términos necesarios para poder definir y realizar los diferentes cálculos que se deben hacer en un análisis por tamizado (granulométrico) de partículas. La fracción másica se denota como $\Delta\theta$, representa la relación entre la cantidad de muestra en un tamiz y la cantidad total de la muestra; su fórmula es:

$$\Delta \theta_n = \frac{\text{masa del tamiz } n}{\text{masa total}} \quad (VI)$$

La fracción acumulativa no es más que la suma de las fracciones másicas por lo que:

$$\theta_n = \Delta \theta_n + \theta_{n-1} \quad (VII)$$

1.4.3 Análisis por Tamizado. Medición de Tamaños de Partículas.

Partículas Gruesas

La serie Tyler es una de las serie de tamices normalizada más usada en la determinación del tamaño de partículas. Para realizar el análisis por tamizado, los tamices se colocan apilados uno sobre otro, con el tamiz con abertura mayor arriba y progresivamente disminuyendo su tamaño, hasta llegar al tamiz inferior de menor abertura y bajo el cual se coloca un tamiz recipiente llamado colector.

El fin principal del análisis por tamizado es calcular el área específica y el número de partículas específicas que una cantidad de partículas del mismo tamaño ocupan. Para ello se tiene que:

$$N = \frac{m}{a \rho_p D_p^3} \quad (VIII)$$

Con N: número de partículas, m: masa; ρ_p : densidad de la partícula; a: constante

Si se desea calcular el área ocupada por partículas de igual tamaño, se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{6m\lambda}{\rho_p D_p} \quad (\text{IX})$$

Esta fórmula nos permite calcular el área que cubre una cantidad de partículas uniformes. Para calcular el área específica se sigue el procedimiento:

Área Específica: si se tiene la muestra de sólidos divididas en fracciones y además que, tanto la densidad y el factor de forma son conocidos e independientes del diámetro de la partícula, entonces:

$$A_W = \frac{6\lambda}{\rho_p} \sum_{i=0}^n \frac{\Delta\theta_i}{D_{pi}} \quad (\text{X})$$

donde:

$$\overline{D}_{pi} = \frac{D_{T\text{ Superior}} + D_{T\text{ Inferior}}}{2}$$

Análogo a este procedimiento, si se desea calcular el número de partículas específico, se hace usando la siguiente fórmula:

$$N_W = \frac{1}{a\rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\theta_n}{D_{pi}^3} \quad (\text{XI})$$

Si el análisis por tamizado se realiza con las formulas antes expuestas para A_w y N_w , tabulando los datos necesarios se está en presencia de un **Análisis Diferencial para partículas gruesas**. Una tabla para análisis diferencial lleva:

Malla	Masa	Dp	$\overline{D_p}$	$\overline{D_p^3}$	$\theta\Delta$	$\theta\Delta_n/\overline{D_p}$	$\theta\Delta_n/\overline{D_p^3}$
X	X	X					
						Σ	Σ

Los datos en X se dan como parte del ejercicio lo que se hace en estos casos es comenzar a llenar la tabla calculando la fracción acumulativa $\theta\Delta$ y el diámetro promedio. Para calcular el término sumatoria se suman cada uno de los resultados de la penúltima columna.

Existe otro tipo de análisis por tamizado que es el **análisis acumulativo**, se trata de una integral calculando su valor de manera gráfica. Las Formulas para calcular A_w y N_w para partículas gruesas por estos métodos son, respectivamente:

$$A_w = \frac{6\lambda}{\rho_p} \int_0^1 \frac{d\theta}{D_p} \quad (XII)$$

$$N_w = \frac{1}{\rho_p} \int_0^1 \frac{d\theta}{D_p^3} \quad (XIII)$$

Por lo general, la integración se efectúa de manera gráfica calculando el área bajo la curva de la representación gráfica entre 0 y 1 de, θ vs. $1/D_p$ para el A_w y θ vs. $1/D_p^3$ para el N_w .

Estas formulas tanto del método diferencial como del acumulativo, calculan los valores de A_w y N_w para las fracciones de partículas gruesas; para las partículas finas se utiliza otra fórmula.

1.4.3.1 Partículas Finas y Cálculo de Potencia

El obtener partículas pequeñas es de gran interés industrial ya que presentan una gran superficie de contacto o bien por su forma, tamaño y número. Debido a que se trabajan con equipo de trituración o molienda, el producto varía en tamaño desde un máximo a un mínimo submicroscópico. Por esto es que al realizar el análisis granulométrico se dividen en dos grandes grupos: las partículas gruesas y las partículas finas.

Las partículas finas presenta un comportamiento que puede ser representado por una ecuación empírica $\Delta\theta$ frente a D_{pn} y esta es una función exponencial del diámetro de partículas, que al aplicarle logaritmo a la ecuación se tiene que representa una línea recta al ser graficada en el papel log-log.

En la medida en que el tamaño de las partículas disminuye se incrementa considerablemente el aporte de la energía. Por ello, es importante determinar previamente la adecuada distribución de tamaños de partículas en el producto con el fin de evitar un despilfarro de tiempo y energía. De aquí que el cálculo de la potencia de una maquina de trituración y molienda se hace de mucha importancia, aunado a que,

solo una pequeña parte de la energía suministrada por la máquina es absorbida por el sólido.

1.4.3.2 Análisis por Tamizado. Partículas Finas.

Para partículas finas se tiene que la pendiente de la curva de θ vs. D_p es función exponencial del diámetro de las partículas D_p de modo que:

$$-\frac{d\theta}{dD_p} = BD_p^k$$

Con B y K constantes. El signo negativo indica que mientras θ está en aumento el diámetro de las partículas disminuye. Esta ecuación se integra entre un tamiz n y otro n-1, se re arregla conociendo que se usa la serie de tamices Tyler quedando finalmente:

$$\Delta\theta_n = \frac{B(r^{k+1} - 1)}{k + 1} D_{pn}^{k+1} = B' D_{pn}^{k+1}$$

$$\text{con } B' = \frac{B(r^{k+1} - 1)}{k + 1}$$

La cual al aplicarle el logaritmo a sus miembros:

$$\log \Delta\theta_n = \log B' + (k + 1) \log D_{pn}$$

Al realizar una gráfica de $\Delta\theta_n$ en el eje Y y D_{pn} en el eje X (en papel log-log); ésta dará una porción en línea recta que representa a la fracción de las partículas finas y una curva que estará representando a las partículas gruesas.

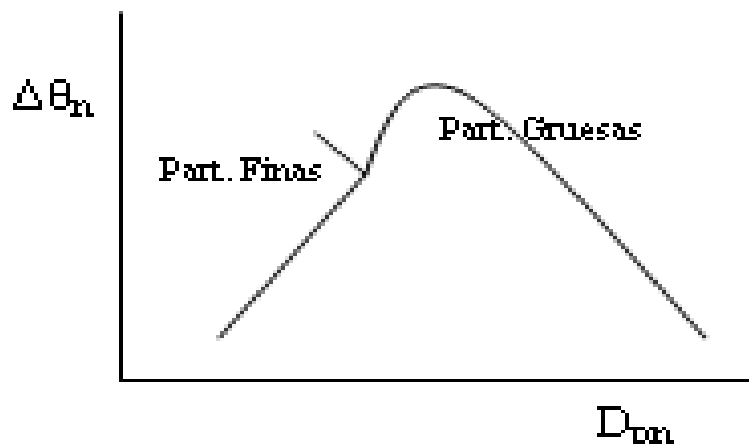


Gráfico 1

Según la ecuación, la pendiente de la línea recta es el valor de $(k+1)$ y el punto de corte con el eje Y es el valor de B' , de donde se obtiene el valor de B. La constante k se calcula de la fórmula $k+1$ al trazar un triángulo en la línea recta de las partículas finas, de la siguiente manera:

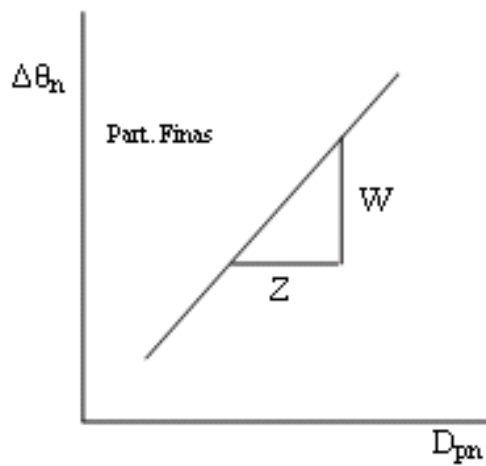


Gráfico 2

Los lados de este triángulo se miden con una regla para luego calcular $k+1$:

$$(k + 1) = W \text{ (cm)} / Z \text{ (cm)}$$

Para encontrar a B' se tienen dos maneras:

La primera de ellas es utilizando la ecuación mostrada a continuación para despejar B'. El valor de k+1 es el calculado para la pendiente y los valores de $\Delta\theta$ y de D_{pn} deben pertenecer a la línea recta

$$\Delta\theta_n = B' D_{pn}^{k+1}$$

La segunda manera es la siguiente, si en el eje de las X está presente el número 1 (1×10^0), se intercepta este punto con la línea trazada en la gráfica para las partículas finas y donde este ocurre se lleva al eje de las Y para leer el valor de B'.

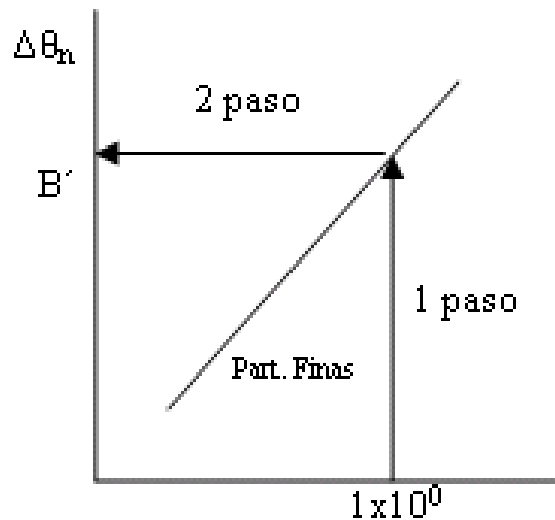


Gráfico 3

Área específica para Partículas Finas

La ecuación para determinar el A_w de las partículas finas es la siguiente:

$$A_w = \frac{6 \lambda B}{\rho_p} (D_{p(n-1)}^k - D_m^k)$$

D_m : Tamiz donde terminan finos

$D_{p(n-1)}$: Tamiz donde empiezan finos

Cuando $k=0$ la ecuación queda:

$$A_w = \frac{6 * 2,303 \lambda B}{\rho_p} \log \frac{D_{p(n-1)}}{D_{pn}}$$

El número de partículas para los finos se calcula como sigue:

$$N_w = \frac{B}{(2-k) \alpha \rho_p} \left(\frac{1}{D_m^{2-k}} - \frac{1}{D_{p(n-1)}^{2-k}} \right)$$

D_m : Tamiz donde terminan finos

$D_{p(n-1)}$: Tamiz donde empiezan finos

CAPITULO

II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

CAPITULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

2.1 Características del Molino diseñado

Tema: Molino clasificador de dos bandejas para granulometrías definidas.

Tipo de molino: Molino de martillo.

Capacidad del molino: 15 libras.

Diámetro de la criba: 4 mm.

Potencia del motor del molino: 3 HP.

Potencia del motor de la zaranda: 50 a 60 Hz, 7000rv /min

Diámetro de la zaranda [malla]: 2mm.

Caja de control automático: Switch de encendido manual o automático del equipo, botón de parada de emergencia y switch de encendido del motor de la zaranda.

2.2 Construcción del Equipo

Para la construcción del equipo se lo realizó en un taller mecánico donde se disponía con los implementos necesarios para la construcción de la estructura de nuestro proyecto (soldadora, cortadora, pulidora, compresor de aire, llaves, desarmadores, remachadora, alicates, taladro, etc.).

2.2.1 Materiales

Construcción del Molino:

- Planchas de metal
- Platinas $\frac{1}{4}$
- Platinas de Aluminio de $\frac{1}{8}$
- Barras de Aluminio $\frac{1}{2}$
- Barras de Aluminio $2\frac{1}{2}$
- 1 Plancha perforada 4mm [Criba]
- Tubos cuadrados de $1\frac{1}{4} \times 2$ mm
- 2m de Ángulos
- Tornillos
- Pernos
- Tuercas
- 2 Resortes
- Soldadura
- Remaches diferentes tamaños
- 1 Plástico del Forro [Cono] [Cobertor de la Tolva]
- 2m Velcro
- Anillos Planos
- Polimetano
- Pintura negra y amarilla
- 1 Cinta aislante
- Amarras Plásticas

Construcción de Caja de Control Automático:

- 2 Portafusibles
- 2 Fusibles de 2 amperios
- 1 Contactor – Modelo LC1D25
- 1 Térmico – Modelo de 16 a 24 amperios
- 1 Relé
- 1 PLC
- Borneras
- Cables Varios (# 10, #14, #16)
- 1 Caja base 40 x 40
- 4m Ángulos
- Tornillos
- Amarras Plásticas
- Anillos

2.2.2 Fases de la Construcción

La construcción de nuestro equipo fue realizada en tres etapas. La primera etapa fue el diseño y la construcción del cuerpo mecánico del molino que consiste en la estructura metálica que alberga los martillos del molino, el eje o varilla de rotación donde irán los martillos para girar, los martillos que son los que molerán la materia prima que será ingresada al equipo, la colocación de las poleas y banda que harán girar el eje de

rotación de los martillos, el acoplo del motor al eje y la elaboración de la tolva de alimentación a medida de la boca del molino.

La segunda etapa fue el diseño y construcción de las dos bandejas de clasificación o separación de los micrajes obtenidos una vez molida la materia prima, esta etapa consiste en la adaptación de un motor pequeño a la primera bandeja donde irá el tamiz que será el encargado de realizar la separación de los dos tipos de micraje, esta bandeja será movida mediante un sistema tipo tren que va a ser puesto en marcha por el motor adecuado para este trabajo, contendrá una segunda bandeja que recibirá el producto más fino procedente del tamizado de la primera bandeja y según el peso que contenga esta bandeja se volteará dejando caer el polvo a un balde.

La tercera etapa consiste en la automatización de todo el equipo, añadiendo una caja de control automático para la operación de todo el sistema, que controlara el encendido y apagado de los motores del molino y del tamiz de manera manual como automáticamente, pedal de regulación de las revoluciones al motor del tamiz, un contacto que cumple la función de apagar todo el sistema una vez que sea accionado por la segunda bandeja al voltearse, y finalmente cuenta con un botón de parada de emergencia que corta automáticamente todo el sistema en caso de ser necesario. Todo esto está dentro de la caja que se encuentra en una estructura metálica externa al equipo de molienda.

2.2.2.1 Construcción del esqueleto del Equipo

El esqueleto fue construido mediante las planchas de metal y la soldadura para la unión de las mismas y poder construir la parte principal que sería el cuerpo de molino para una capacidad de 15 libras máxima, dejando el espacio preciso para la colocación de la criba para definir la molienda.

Para la parte interna del molino se realizó los cortes de la planchas a medida para los martillos y la construcción y colocación del eje que sostiene los martillos y para esto se acudió al tornero para los cortes y ensamblaje de los mismos y quedaran adecuados al tamaño del molino y con la distancia correcta para que no choquen con la criba. A su vez se envió el motor y las poleas para su colocación y adecuación para evitar la fuga y que quedase en correcta posición las piezas.

Continuando con la construcción de la base que lo sostiene mediante los tubos y colocarlos a una altura accesible para una persona de estatura media [1.50 m].

Para la construcción de las bandejas y del sistema tipo zaranda, se utilizó planchas de aluminio y soldadura para ajustarla para evitar el escape o riego del material molido y varillas, barra, platinas de aluminio y remaches para la base de las bandejas en conjunto con un motor para el movimiento de la misma en un sistema tipo tren y la cadena para sostener la bandeja mientras se realiza el movimiento.

Para la caja de control automático se utilizó una caja de metal, dentro de la misma se encuentra el PLC, contactor, térmico, relé y pedal que controla el movimiento del

segundo motor que es quien mueve el sistema de la bandeja que separa los micrajes del material molido.

2.2.2.2 Montaje del Equipo

El equipo fue montado en un esqueleto hecho a base de planchas de latón donde sus partes fueron soldadas y atornilladas.

En primera instancia se hizo el molde de la caja donde posteriormente se montará el eje con los martillos que van a hacer la molienda. Luego se construye la base que sostendrá a este cajón y se lo realiza acorde a la medida. Sus dimensiones son:

Cuerpo:

Base de Sostén: 67cm de ancho por 85cm de alto

Posteriormente se procedió a hacer el montaje con su eje respectivo y adecuación del motor que va a su vez a mover el eje que contiene los martillos.

Una vez realizado lo anteriormente expuesto se procedió a hacer la tolva de acero inoxidable. La tolva viene a funcionar como una alimentadora de nuestro proceso.

Finalmente, se instaló el sistema vibracional de las bandejas que van a clasificar el tamaño de los granos, para lo cual previamente se le adaptó una malla de 2 milímetros.

Para el diseño de la criba se hizo una clasificación de la materia prima que se iba a someter a trituración, los cuales se las puede mencionar a continuación.

- Maíz Amarillo seco
- Fréjol Canario Seco
- Café tostado

Se construyó una caja de control automático con temporizadores o térmicos de 16 a 24 amperios para evitar la fundición del motor principal de 3600 rpm y 3HP de potencia, dentro de la misma se encuentra el contactor que funciona para dar el mando de encendido al motor. También contiene un Relé quien es el que controla el encendido y apagado del motor secundario (Sistema Vibracional). El sistema es controlado por un PLC que tiene ingresado el programa de control por tiempos del sistema completo.

CAPITULO

III

PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

CAPITULO III

PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

3.1 Manual de Funcionamiento del Equipo

Hay que tener en cuenta que el equipo diseñado y construido opera de dos maneras (*forma automática y de forma manual*), para una correcta y segura forma de utilizar el equipo se debe tener presente los siguientes pasos y cumplirlos:

Sistema automático:

1. Abrir el molino y verificar que se encuentre la criba según el diámetro que quisiéramos obtener al moler, en caso de no ser la criba necesitada se la cambia por la correcta y se cierra el molino.
2. Verificar que se encuentre bien cerrada la tapa del molino tanto por seguridad como por que no se encuentren posibles fugas del material.
3. Comprobar que el tamiz sea del diámetro necesario para separar los micrajés que deseamos, en caso de no ser el necesitado cambiarlo por el correcto.
4. Verificar que las dos bandejas se encuentren libres de cualquier tipo de sólido que nos pueda afectar nuestros valores e la práctica y a su vez colocarlas en el lugar indicado de ellas para la recepción del material molido.

5. Conectar el equipo a un enchufe con corriente de 220 voltios, el enchufe de torsión, que posee el sistema es muy seguro una vez conectado se gira de manera que no se suelta fácilmente y de la misma forma al desconectarlo debe ser girado.
6. Colocar los baldes para receptor el material molido y separado, tener listas las fundas para almacenar o empaquetar las dos diferentes granulometrías obtenidas y contar con un cronómetro para controlar el tiempo que tarda en moler una cantidad específica de materia prima.
7. Llenar con materia prima el molino de capacidad 15 libras con granos secos con una humedad no superior al 15%.
8. Encender el swich hacia el lado izquierdo (**automático**) y así dando inicio al proceso de molienda, primero se enciende el motor del molino durante un periodo de 3 minutos, el cual al llegar al tercer minuto se apagará automáticamente durante 2 minutos y luego comenzar de nuevo el ciclo, después de 1 minuto de haber empezado el proceso de molienda (**arranque del motor del molino**) se enciende automáticamente el motor del tamiz durante un periodo de 3 minutos iniciando el proceso de separación de los diferentes micrajes obtenidos, el cual al llegar al tercer minuto se apagará automáticamente durante 2 minutos y luego comenzar de nuevo el ciclo.
9. Una vez funcionando el equipo este hará pausas programadas necesarias durante 2 minutos para el desalojo del producto fino y grueso ya molido y separado

seleccionadas para la presentación final. Luego de cumplido los dos minutos comienza el proceso nuevamente hasta que se termine de moler hasta el último grano seco.

10. Se anotan los datos de todas la variables que se presenten al momento de la práctica (tiempo de molienda y separación, cantidad de materia prima ingresada, cantidad de producto grueso terminado, cantidad de producto fino terminado).
11. Una vez culminado de moler el último grano dentro del molino y separado y empaquetado el producto final se cierra el switch del sistema y se desconecta del enchufe de 220.
12. Se abre el molino y se retira la criba para realizarle la limpieza necesaria tanto a la criba, tamiz como a todo el equipo en general y así evitar la acumulación de desperdicios en todo el equipo.

Sistema manual:

1. Abrir el molino y verificar que se encuentre la criba según el diámetro q quisiéramos obtener al moler, en caso de no ser la criba necesitada se la cambia por la correcta y se cierra el molino.
2. Verificar que se encuentre bien cerrada la tapa del molino tanto por seguridad como por qué no se encuentren posibles fugas del material.

3. Comprobar que el tamiz sea del diámetro necesario para separar los micrajes que deseamos, en caso de no ser el necesitado cambiarlo por el correcto.
4. Verificar que las dos bandejas se encuentren libres de cualquier tipo de sólido que nos pueda afectar nuestros valores e la práctica y a su vez colocarlas en el lugar indicado de ellas para la recepción del material molido.
5. Conectar el equipo a un enchufe con corriente de 220, el enchufe que posee el sistema es muy seguro una vez conectado se gira de manera que no se suelta fácilmente y de la misma forma al desconectarlo debe ser girado.
6. Colocar los baldes para receptar el material molido y separado, tener listas las fundas para almacenar o empaquetar las dos diferentes granulometrías obtenidas y contar con un cronómetro para controlar el tiempo que tarda en moler una cantidad específica de materia prima.
7. Llenar con la materia prima al molino que deben ser granos secos con una humedad no superior al 15%.
8. Encender el switch hacia el lado derecho (manual) y poder dar arranque al motor del molino.
9. Encender el switch del motor del tamiz iniciando el proceso de separación de los diferentes micrajes obtenidos.

10. Al observar la acumulación del producto fino en el cajón del tamiz se debe detener primero la operación de la molienda, dejando un minuto más el sistema vibracional del tamiz luego se lo apagar para realizar la evacuación del producto fino y grueso ya molido y separado hasta ese instante, colocando los en baldes y posteriormente en fundas seleccionadas para la presentación final. Luego se enciende los motores del sistema para empezar el proceso nuevamente hasta que se termine de moler hasta el último grano seco.
11. Se anotan los datos de todas las variables que se presenten al momento de la práctica (tiempo de molienda y separación, cantidad de materia prima ingresada, cantidad de producto grueso terminado, cantidad de producto fino terminado).
12. Una vez culminado de moler el último grano dentro del molino y separado y empaquetado el producto final se cierra el switch del sistema y se desconecta del enchufe de 220.
13. Se abre el molino y se retira la criba para realizarle la limpieza necesaria tanto a la criba, tamiz como a todo el equipo en general y así evitar la acumulación de desperdicios en todo el equipo.

En caso de presentarse algún inconveniente o emergencia se debe accionar el botón de parada de emergencia colocado en la caja de control automático, el cual cortara todo el sistema hasta que sea des accionado girándolo hacia la derecha y colocándolo en su posición inicial.

CAPITULO

IV

CORRIDA DEL EQUIPO

CAPITULO IV

CORRIDA DEL EQUIPO

4.1 Ensayos y ajustes preliminares

En las primeras pruebas que se hicieron para ubicar cualquier fallo posible sea por fuga, desgaste o por mala ubicación de las piezas del eje con respecto a las poleas que se unen al motor principal.

En la corrida del molino, se pudo apreciar que no había problemas con los giros de las poleas, pero a su vez al levantar la tapa del molino se pudo notar que algunos martillos impactaban las paredes dando mucho roce y a la vez algunos se atascaban en el centro del eje por lo cual se recurrió a pulir algunos de los martillos que causaban el desgaste y el estancamiento de los mismos.

En el acoplamiento de la segunda bandeja que recibe el producto terminado de micraje más fino, se observó que el espacio que ocupaba entre el cuerpo del molino y el piso había poca distancia para que la segunda bandeja caiga y despache el producto, por lo tanto se pensó subir el equipo en altura soldando más tubo cuadrado a la base que lo sostiene, para mantener más espacio para manipular el producto.

En las primeras corridas con granos secos (maíz amarillo) se notó que había una pérdida excesiva de materia prima por la parte superior debido a que por los bordes de la tapa no sellaban completamente y se fugaba material, por lo cual se le colocaron cauchos en los bordes de la tapa del molino y con lo cual se solucionó la pérdida del material.

Continuando con las pruebas, encontramos que había mucha distancia entre la salida de la criba a la primera bandeja y por donde el material molido más fino recibía el aire y era arrastrado fuera de la bandeja lo cual causa una pérdida. A esto se le buscó una solución inmediata diseñando una manga tipo cono de material plástico transparente de espesor de 0.5 milímetros sujetos con velcro a la estructura del molino por la parte baja de ésta manera ayudando a que el material llegue sin pérdidas a la bandeja. También se añadió un forro que cubra la parte superior de la tolva sujeta con velcro puesto que al encender el equipo, debido a la potencia y velocidad con la que gira el eje de los martillos hacía que elevara o botara por la tolva materia prima y de esta forma evitamos esta pérdida.

Al principio de las diversas se obtuvo una pérdida del 25% del material. y luego de las múltiples adecuaciones llegamos a obtener un porcentaje del 98% del material y un 2% de pérdida.

4.2. Materia Prima para el proceso

Maíz Seco.-

Tipo Duro: Se clasificarán en este tipo todos aquellos maíces cuyos granos sean de naturaleza córnea, predominantemente vítrea (más de la mitad de la constitución de su endosperma).

Tipo Dentado: Se clasificarán en este tipo todos aquellos maíces cuyos granos sean de naturaleza almidonosa (la mitad o más de la constitución de su endosperma) y presenten una hendidura pronunciada en la corona.

Color:

Los maíces se clasificarán de acuerdo a su color en la siguiente forma:

Maíces colorados

Maíces amarillos

Maíces blancos

Frejol Seco.-

Judía o frijol, nombre común aplicado de forma amplia a diversas plantas de origen americano de la familia de las leguminosas. Las semillas y vainas de estas plantas se usan como alimento y en la producción de forraje.

El nombre de la planta se designa también a la semilla conocida en los distintos países de habla hispana con el nombre de frijol, judía, poroto, caraota, habichuela y otros. Es un alimento muy apreciado por su elevado contenido proteínico. Casi todas las variedades cultivadas en Europa, Estados Unidos y en México son especies y variedades del género *Phaseolus*. Este género comprende un amplio número de especies que incluyen hierbas anuales, perennes, erectas y volubles.

Frejol Castilla.-

El Fríjol Castilla es conocido también como Caupi o "haba de China". Esta leguminosa de rápida cocción y fuente natural de selenio tiene su origen en Africa. Adicionalmente, cuenta con la ventaja de ser de fácil digestión.

Beneficios: Destacan su efecto en el fortalecimiento del bazo en el proceso de eliminación de agua y toxinas del cuerpo, el alivio de los excesos de calor en el cuerpo y es recomendado como complemento en el tratamiento de la diabetes.

Especificaciones Nutricionales: ½ taza contiene 110 calorías, 7 gramos de proteína, 0 de grasa, 18 gramos de carbohidratos, y 6 gramos de Fibra.

Frejol de palo.-

Es un miembro de la familia Cajanus Cajan de color crema o gris claro, moteado, punteado o jaspeado de gris. El cultivo de este fríjol data de por lo menos hace 3000 años.

Tiene amplios beneficios nutricionales porque contiene altos niveles de proteínas y aminoácidos como metionina, lisina, triptófano. En combinación con cereales el fríjol de palo constituye una comida completamente balanceada.

Especificaciones Nutricionales: ½ taza contiene 352 calorías, 22.3 gramos de proteínas, 0 de colesterol, 1.6 de grasa, 17.5 mg de sodio, 64.4 gramos de carbohidratos y 15.4 gramos de fibra.

Frejol canario.-

Es también conocido como "Peruano" o "Mayocoba". Este fríjol de color amarillo azufrado se produce en toda la costa y valles interandinos de Perú, México y en la última década en USA. El Fríjol Canario es el rey de los fríjoles por su textura y sabor, y es el preferido por la mayoría de exigentes Cheffs latinos.



Figura 9

Red Kidney.-

Es un fríjol tipo riñón, pertenece a una familia de leguminosas de gran tamaño incluyendo a los fríjoles pinto, bolita, mung y grandes variedades norteañas (USA). Tiene la ventaja de conservar su forma una vez cocinado.

Beneficios: Diurético, utilizado en el tratamiento de la hinchazón por edema.

Factores Nutricionales: ½ taza contiene: 110 calorías, 8 gramos de proteína, 0 gramos de grasa, 20 gramos de carbohidratos, 0 mg de sodio y 6 gramos de fibras.

Valor Nutricional

Su alto contenido de hierro, elemento vital para el buen desarrollo cerebral en los pequeños, ayuda a corregir desórdenes biliares, gota, enfermedades reumáticas, disminuye la tasa de colesterol y es eficaz contra la anemia.

Por cada 100 gramos, hay 20 de proteínas, 5.8 de grasa y más de 3 de fibra. El frijol es una leguminosa que constituye una rica fuente de proteínas e hidratos de carbono, además es abundante en vitaminas del complejo B, como niacina, riboflavina, ácido fólico y tiamina; también proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio, y presenta un alto contenido de fibra.

Café.-

Existen tres tipos de café en función de la variedad de cafeto de que se trate, el arábica, robusta y el libérica, de estos tres tipos, solo los dos primeros son importantes:

Café arábica.-

Originaria de Abyssinia, actualmente Etiopia, la arábica es una de las especies la mas antigua. Crece en mesetas o en montañas dentro de las regiones situadas entre los 700 y 2,000 metros, dentro de las zonas intertropicales, sobretodo en Latinoamérica, América Central y en algunos países de África. Relativamente frágil, es particularmente sensible a las enfermedades (roña del café). A este tipo de café le gusta un clima tropical

(temperatura óptima entre 17 y 23 grados C; controlada por la altitud). La arábica representa los $\frac{3}{4}$ de la producción mundial. Es un café apreciado por sus calidades aromáticas y por la finesa de su sabor. Las principales variedades tienen nombres exóticos como Moka con un sabor frutal, el borbón, el maragogype como habas gigantes (es el doble de tamaño de un haba normal).

Tiene un sabor más delicado y aroma más intenso. Entre los países productores de café arábica destacan: Brasil, Camerún, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Haití, Jamaica, Java, Kenia, México, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, Salvador, Tanzania y Venezuela.



Figura 10

Café robusta:

El café canéfora robusta fue descubierto en el Congo Belga (actualmente Zaire) a finales del siglo XIX. Crecía en un estado salvaje en los bosques de la zona tropical africana. Hoy en día se cultiva sobretodo en África pero también en India, Indonesia,

Madagascar, Brasil y Filipinas. La robusta crece en planicies y le gusta el clima tropical húmedo.

La robusta crece con mayor rapidez que la arábica. Más vigorosa que la arábica (de ahí su nombre de “robusta”), resiste mejor a las enfermedades y su rendimiento es más elevado.

Sabor más fuerte, suele ser empleado para mezclar con otros cafés. Los países productores más importantes son Costa de Marfil, Angola y Zaire.



Figura 11

Clases de cafés:

Se pueden encontrar dos tipos básicos de café, en función del método de tueste: natural y torrefacto.

Café tostado natural:

Se obtiene mediante el tueste de los granos de café por el sistema de “tueste directo” a una temperatura entre los 200 y 220° C y en constante movimiento. El tiempo ira en función del grado de tueste que le queramos dar al café



Figura 12

Café tostado torrefacto:

Se obtiene mediante el tueste de granos de café con azúcar. Obtenemos un color más oscuro, más cuerpo y con un sabor más fuerte. Si el tiempo y temperatura de torrefacción han sido las adecuadas, el grano no pierde sus propiedades, pero si han sido excesivas, el café adquiere un sabor amargo, debido al exceso de azúcar quemada.



Figura 13

El café que se consume habitualmente, es una mezcla de ambos tipos de café, puesto que la utilización exclusiva de café natural produciría una infusión poco densa y con un

color claro, y al mezclarlo con café torrefacto obtenemos más cuerpo y color. No existen normas en cuanto a la proporción de mezcla.

Para la obtención de un buen café, tan importante como la mezcla es la molienda, la dosis de café y el tipo de agua. La molienda o molturación se debe realizar en pequeñas cantidades, ya que el café una vez molido pierde rápidamente su aroma, el molido no debe ser ni muy fino (no permitiría pasar el agua a través de él), ni muy grueso (pasaría rápidamente y no se impregnaría del aroma, sabor y color).

La cantidad de café necesaria por dosis tiene que estar entre los 5 y los 7 gramos, una cantidad inferior supondría un café muy aguado, y una cantidad superior no aporta calidad al café y supone un desperdicio. Una vez que tengamos en café en el porta cabillos no debe ser comprimido en exceso, ya que esto provocaría los mismos resultados que una molienda excesivamente fina.

Por último el agua, la temperatura debe estar entre los 90 y 95° C, siendo de gran importancia su calidad y sus características, ya que cualquier sabor extraño tiene una influencia en el resultado final.

4.2.1 Humedad de la materia prima

Maíz.- La humedad del maíz no puede sobre pasar el 14.5%, sino no sería apto para la molienda pues a más grados de humedad, más difícil será su molienda y en nuestro caso requerimos menores grados de humedad para poder obtener el polvo como uno de los productos finales.

Frejol Canario.- El grano debe estar bien seco (13 y 14%)

Café.- Tipo de café Robusta

Calidad del café: robusta natural

Humedad antes de que sea tostado: 13%

Humedad luego de tostarlo: 3%

4.2.2 Procedencia de la materia

En la actualidad hay proveedores de diferentes lugar del Ecuador, para mayores facilidades obtenemos la materia prima basados en la costa por los lados más cercanos de Guayaquil, directamente de las plantaciones o a su vez dentro de los Mercados de la ciudad comprando de manera minorista.

Proveedores de la Materia Prima:

- Mercado Mapasingue (Minorista)
- Mercado Monte Bello (Mayorista)
- Nombre de la empresa: Gusnobe S. A.

Dirección d la empresa: Km 28,5 vía Duran-Tambo

Nombre del contacto: Ing. Lizandro Loor Teléfono: 094997347

4.3 Equipos y accesorios para la práctica

** Balanza*

Sirve para conocer el peso o cantidad de la materia prima que va a ser procesada y el peso de salida en sus diferentes micrajes en tipo de producto grueso y fino.

** Cronómetro*

Medición del tiempo que se toma desde el arranque del molino hasta cuando termina el tamizado del producto y así poder calcular el tiempo estimado que el equipo tardará en procesar cierto peso de la materia prima.

** Balde y Fundas*

Como accesorios extras se está utilizando una bandeja o balde para recibir el material, tamizado por la primera bandeja y luego depositado sobre la segunda que mantiene el producto hasta cierto peso para luego ser despachado sobre un recolector de material sea fundas o algún tipo de envase.

4.4.1 Cálculos

ENTRADA = SALIDA

(1) *Materia prima = Producto Grueso + Producto fino + Desperdicio (General)*

(2) *Materia prima = Producto + desperdicio 1 (Molino)*

(3) *Producto = Producto fino + producto grueso + desperdicio 2 (Tamiz)*

(4) *Desperdicio = desperdicio 1 + desperdicio 2 (General)*

Nomenclatura:

MP = Materia Prima

P = Producto

PG = producto Grueso

PF = Producto Fino

D = Desperdicio

d_1 = desperdicio molino

d_2 = desperdicio tamiz

Ensayo # 1: Maíz amarillo (pruebas de desperdicios)

Datos:

Peso de materia prima: 2 lb

Peso de producto grueso: 1 lb

Peso de producto fino: 0.5 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$2 \text{ lb} = 1.8 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 2 \text{ lb} - 1.8 \text{ lb}$$

$$d_1 = 0.2 \text{ lb}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$1.8 \text{ lb} = 1 \text{ lb} + 0.5 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 1.8 \text{ lb} - 1 \text{ lb} - 0.5 \text{ lb}$$

$$d_2 = 0.30 \text{ lb}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.2 \text{ lb} + 0.3 \text{ lb}$$

$$D = 0.5 \text{ lb que equivale al 25 \% de la materia prima.}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(2 - 0.5) / (2)\} * 100$$

$$E\% = 75 \%$$

Ensayo # 5: Maíz amarillo (ajustes del equipo)

Datos:

Peso de materia prima: 5 lb

Peso de producto grueso: 3.67 lb

Peso de producto fino: 1.21 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$5 \text{ lb} = 4.94 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 5 \text{ lb} - 4.94 \text{ lb}$$

$$d_1 = 0.06 \text{ lb}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$4.94 \text{ lb} = 3.67 \text{ lb} + 1.21 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 4.94 \text{ lb} - 3.67 \text{ lb} - 1.21 \text{ lb}$$

$$d_2 = 0.06 \text{ lb}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.06 \text{ lb} + 0.06 \text{ lb}$$

$$D = 0.12 \text{ lb que equivale al 2.4 \% de la materia prima}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(5 - 0.12) / (5)\} * 100$$

$$E\% = 97.6 \%$$

Ensayo # 8: Maíz amarillo (Prueba final, temporizada capacidad completa)

Datos:

Peso de materia prima: 15 lb

Peso de producto grueso: 11.1 lb

Peso de producto fino: 3.6 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$15 \text{ lb} = 14.85 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 15 \text{ lb} - 14.85 \text{ lb}$$

$$d_1 = 0.15 \text{ lb}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$14.85 \text{ lb} = 11.1 \text{ lb} + 3.6 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 14.85 \text{ lb} - 11.1 \text{ lb} - 3.6 \text{ lb}$$

$$d_2 = 0.15 \text{ lb}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.15 \text{ lb} + 0.15 \text{ lb}$$

$$D = 0.3 \text{ lb que equivale al } 2.0 \% \text{ de la materia prima}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(15 - 0.3) / (15)\} * 100$$

$$E\% = 98 \%$$

Cálculo total de todo el maíz ingresado en las pruebas con este y total de producto obtenido:

Datos:

Peso de materia prima: 53 lb

Peso de producto grueso: 36.67 lb

Peso de producto fino: 12.42 lb

Utilizando la fórmula (1) obtenemos:

$$53 \text{ lb} = 36.67 \text{ lb} + 12.42 \text{ lb} + D_{\text{total}}$$

$$D_{\text{total}} = 53 \text{ lb} - 36.67 \text{ lb} - 12.42 \text{ lb}$$

$$D_{\text{total}} = 3.81 \text{ lb (en todos los ensayos con maíz amarillo)}$$

Ensayo # 9: Frejol Canario (pruebas de desperdicios)

Datos:

Peso de materia prima: 2 lb

Peso de producto grueso: 1.1 lb

Peso de producto fino: 0.5 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$2 \text{ lb} = 1.85 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 2 \text{ lb} - 1.85 \text{ lb}$$

$$d_1 = 0.15 \text{ lb}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$1.85 \text{ lb} = 1.1 \text{ lb} + 0.5 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 1.85 \text{ lb} - 1.1 \text{ lb} - 0.5 \text{ lb}$$

$$d_2 = 0.25 \text{ lb}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.15 \text{ lb} + 0.25 \text{ lb}$$

$$D = 0.4 \text{ lb que equivale al } 20 \% \text{ de la materia prima.}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(2 - 0.4) / (2)\} * 100$$

$$E\% = 80 \%$$

Ensayo # 12: Frejol Canario (ajustes del equipo)

Datos:

Peso de materia prima: 3 lb

Peso de producto grueso: 2.18 lb

Peso de producto fino: 0.75 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$3 \text{ lb} = 2.965 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 3 \text{ lb} - 2.965 \text{ lb}$$

$$\mathbf{d_1 = 0.035 \text{ lb}}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$2.965 \text{ lb} = 2.18 \text{ lb} + 0.75 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 2.965 \text{ lb} - 2.18 \text{ lb} - 0.75 \text{ lb}$$

$$\mathbf{d_2 = 0.035 \text{ lb}}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.035 \text{ lb} + 0.035 \text{ lb}$$

$$\mathbf{D = 0.070 \text{ lb que equivale al 2.33 \% de la materia prima}}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(3 - 0.07) / (3)\} * 100$$

$$\mathbf{E\% = 97.7 \%}$$

Ensayo # 13: Frejol Canario (Prueba final, temporizada capacidad completa)

Datos:

Peso de materia prima: 5 lb

Peso de producto grueso: 3.65 lb

Peso de producto fino: 1.25 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$5 \text{ lb} = 4.95 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 5 \text{ lb} - 4.95 \text{ lb}$$

$$d_1 = \mathbf{0.05 \text{ lb}}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$4.95 \text{ lb} = 3.65 \text{ lb} + 1.25 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 4.95 \text{ lb} - 3.65 \text{ lb} - 1.25 \text{ lb}$$

$$d_2 = \mathbf{0.05 \text{ lb}}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.05 \text{ lb} + 0.05 \text{ lb}$$

$$D = \mathbf{0.1 \text{ lb que equivale al 2.0 \% de la materia prima}}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(5 - 0.1) / (5)\} * 100$$

$$E\% = \mathbf{98 \%}$$

Cálculo total de todo el Frejol ingresado en las pruebas con este y total de producto obtenido:

Datos:

Peso de materia prima: 15 lb

Peso de producto grueso: 10.54 lb

Peso de producto fino: 3.76 lb

Utilizando la fórmula (1) obtenemos:

$$15 \text{ lb} = 10.54 \text{ lb} + 3.76 \text{ lb} + D$$

$$D = 15 \text{ lb} - 10.54 \text{ lb} - 3.76 \text{ lb}$$

$$***D = 0.7 lb***$$

Ensayo # 15: Café Robusta (pruebas de desperdicios)

Datos:

Peso de materia prima: 3 lb

Peso de producto grueso: 2.19 lb

Peso de producto fino: 0.74 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$3 \text{ lb} = 2.965 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 3 \text{ lb} - 2.965 \text{ lb}$$

$$***d_1 = 0.035 lb***$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$2.965 \text{ lb} = 2.19 \text{ lb} + 0.74 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 2.965 \text{ lb} - 2.19 \text{ lb} - 0.74 \text{ lb}$$

$$d_2 = 0.035 \text{ lb}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.035 \text{ lb} + 0.035 \text{ lb}$$

$$D = 0.07 \text{ lb que equivale al } 2.33 \% \text{ de la materia prima.}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(3 - 0.07) / (3)\} * 100$$

$$E\% = 97.6 \%$$

Ensayo # 16: Café robusta (ajustes del equipo)

Datos:

Peso de materia prima: 4 lb

Peso de producto grueso: 3 lb

Peso de producto fino: 0.915 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$4 \text{ lb} = 3.955 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 4 \text{ lb} - 3.955 \text{ lb}$$

$$d_1 = 0.045 \text{ lb}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$3.955 \text{ lb} = 3 \text{ lb} + 0.915 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 3.955 \text{ lb} - 3 \text{ lb} - 0.915 \text{ lb}$$

$$d_2 = 0.040 \text{ lb}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.045 \text{ lb} + 0.040 \text{ lb}$$

$$D = 0.085 \text{ lb que equivale al } 2.13 \% \text{ de la materia prima}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(4 - 0.085) / (4)\} * 100$$

$$E\% = 97.9 \%$$

Ensayo # 27: Café robusta (capacidad completa)

Datos:

Peso de materia prima: 6 lb

Peso de producto grueso: 4.390 lb

Peso de producto fino: 1.5 lb

Utilizando la fórmula (2) obtenemos:

$$6 \text{ lb} = 5.940 \text{ lb} + d_1$$

$$d_1 = 6 \text{ lb} - 5.940 \text{ lb}$$

$$d_1 = 0.06 \text{ lb}$$

Utilizando la fórmula (3) obtenemos:

$$5.94 \text{ lb} = 4.390 \text{ lb} + 1.5 \text{ lb} + d_2$$

$$d_2 = 5.94 \text{ lb} - 4.390 \text{ lb} - 1.5 \text{ lb}$$

$$d_2 = 0.05 \text{ lb}$$

Remplazando en la fórmula (4) obtenemos:

$$D = d_1 + d_2$$

$$D = 0.06 \text{ lb} + 0.05 \text{ lb}$$

$$D = 0.11 \text{ lb que equivale al 1.83 \% de la materia prima}$$

Calculando la eficiencia:

$$E\% = \{(MP - D) / (MP)\} * 100$$

$$E\% = \{(6 - 0.11) / (6)\} * 100$$

$$E\% = 98.2 \%$$

Cálculo total de todo el café ingresado en las pruebas con este y total de producto obtenido:

Datos:

Peso de materia prima: 100 lb

Peso de producto grueso: 73.538 lb

Peso de producto fino: 24.445 lb

Utilizando la fórmula (1) obtenemos:

$$100 \text{ lb} = 73.538 \text{ lb} + 24.445 \text{ lb} + D$$

$$D = 100 \text{ lb} - 73.538 \text{ lb} - 24.445 \text{ lb}$$

$$D = 2.017 \text{ lb}$$

4.4.2 Cálculo de la eficiencia del equipo

Datos:

Materia prima total ingresada al molino: 168 lb

Desperdicio total del proceso: 6.53 lb

	Materia Prima (lb)	Desperdicio (lb)
Maíz amarillo	53	3,81
Frejol canario	15	0,7
Café robusta	100	2,017
Total	168	6,527

$$E\% = \{(MP_{total} - D_{total}) / (MP_{total})\} * 100$$

$$E\% = \{(168 - 6.53) / (168)\} * 100$$

$$E\% = 96.11$$

4.5 Operación de tamizado y clasificación

El proceso de tamizado inicia una vez que caiga el primer grano de producto molido procedente de los martillos a la zaranda en la primera bandeja.

Al encenderse el motor de la zaranda acciona el sistema tipo tren que se acoplo a la primera bandeja, dándole un movimiento correcto al tamiz para poder separar las diferentes granulometrías obtenidas hasta ese momento, dejando caer el producto fino a la segunda bandeja donde reposara hasta ser retirado y el producto grueso se mantendrá dentro del cajón que contiene la malla hasta que sea evacuado.

Para el buen funcionamiento del tamiz es necesario no dejar acumular demasiado producto, no se debe dejar acumular el 50% de la capacidad del cajón que contiene el

tamiz. Se debe retirar manualmente el producto grueso, para poder cumplir con este trabajo el motor realizará paradas programadas que cumplirán dos funciones, la de dejar descansar el motor y la de tener un tiempo necesario para la clasificación de los productos terminados con diferentes granulometrías y empaquetarlas en su presentación final.

4.6 Análisis del rendimiento obtenido

Analizando los ensayos realizados con el equipo, tomando en cuenta que en las primeras pruebas eran para reconocer los diferentes lugares por donde se presentarían pérdidas y tomar las correcciones debidas. Las pruebas de desperdicio o pérdidas que se realizó con maíz amarillo y frejol canario, estas fueron pruebas específicas para realizar correcciones al equipo, nos dio un 75% y 80% de eficiencia en estas pruebas respectivamente el cual es un porcentaje bueno, pero mejorable al realizarle las adecuaciones necesarias y así disminuir la pérdida de producto y darle un mayor rendimiento a nuestro proceso.

Los ensayos posteriores demuestran la mejora implantada en el equipo, mejorando la eficiencia del 75% del maíz amarillo aumentándola hasta el 97.6%, lo que nos indica haber reducido de manera significativa la pérdida de nuestro producto, de igual manera se hizo pruebas con frejol canario y dándonos resultados similares, aumentando la eficiencia del 80% inicial hasta el 97.9%, dando a relucir que las mejoras implantadas fueron eficaces y correctas, asegurándonos un mejor desempeño del equipo y reducir casi a cero las pérdidas que este genera.

Como comprobación de que nuestro equipo mantenía su eficiencia anteriormente establecida, se realizó pruebas con café robusta y así definir que el equipo trabaja con con diferentes tipos de granos y granulometrías, nos dio como resultado una eficiencia del 98%. Lo que es un gran logro de haber reducido la pérdida inicial de producto que era del (20 - 25%) y llevarlo hasta el 2%, donde se podría decir que es casi imperceptible.

Finalmente para conocer el desempeño de nuestro equipo (proyecto) se evaluó la eficiencia del molino desde el primer ensayo con maíz amarillo hasta el último con café robusta, se calculó con todas las libras de granos secos molidos en nuestro equipo, obteniendo una eficiencia del 96.11%, eficiencia muy buena para un diseño y la construcción de un molino clasificador de dos bandejas automatizado para granulometrías definidas.

CAPITULO

V

ANALISIS FINANCIERO

CAPITULO V

ANALISIS FINANCIERO

5.1 Cuadro de costos e inversiones Generales

Tabla	Descripción	V. Total
1	Cuerpo del Molino	364,29
2	Motores	157,83
3	Caja de Control Automático	489,00
4	Gastos Varios	202,76
5	Gastos Complementarios	168,00
6	Materia Prima	223,85
7	Mano de Obra Directa	300,00
8	Mano de Obra Indirecta	585,00

5.1.1 Costos del Cuerpo del Molino

Cantidad	Artículo	V. Unitario	V. Total
1	Plancha 30 x 1,60	5,00	5,00
1	Plancha 25 x25	5,00	5,00
1	Platina 1 1/4	2,00	2,00
1	Planchas de armazón	62,00	62,00
1	Polea 2 1/2 x 1C	2,80	2,80
1	Polea 9 x 1C	10,80	10,80
1	Tubo 1/2	2,45	2,45
2	Bandejas	8,75	17,50
1	Malla Perforada 4mm	25,00	25,00
1	Malla de tamiz 2mm	12,00	12,00
1	Cajón de Madera	6,00	6,00
6	Angulo 1 x 1/8	7,50	45,00
4	Pernos	0,40	1,79
10	Aluminio 2 1/2	0,80	8,00
2	Barra Acero 1/2	7,20	16,13
2	Platina Acero 1/8	3,80	8,51
7	Tubo cuadrado 1 1/4 x 2mm	14,76	103,32
3	Rieles (metro)	4,00	12,00
12	Anillos Planos	0,12	1,44
1	Pintura	17,55	17,55
Total			364,29

5.1.2 Costos de la Caja de Control Automático

Cantidad	Artículo	V. Unitario	V. Total
2	Porta Fusibles	3,00	6,00
2	Fusibles de 2 amperios	1,50	3,00
1	Contactador	40,00	40,00
1	Térmico	40,00	40,00
1	Relé y base	11,00	11,00
1	PLC	120,00	120,00
1	Selector 3 posiciones	15,00	15,00
1	Selector 2 posiciones	12,00	12,00
1	Foco indicador	8,00	8,00
1	Paro de Emergencia	15,00	15,00
1	Caja de 40 x 40	60,00	60,00
	Borneras		6,00
20	Cable flexible # 16	0,80	16,00
5	Cable rígido # 14	1,10	5,50
2	Cable flexible # 10	2,00	4,00
25	Cable concéntrico 3 x 12	3,50	87,50
10	Cable concéntrico 3 x 14	3,50	35,00
1	Amarras Plásticas (Funda)	3,50	3,50
1	Cinta aislante	1,50	1,50
Total			489,00

5.1.3 Costos de Accesorios e Imprevistos

Cantidad	Artículo	V. Unitario	V. Total
2	Chumac Pis. TW 208 Azul 1 1/2	7,78	17,43
1	Disco Bosh c/metal	4,74	5,31
2	Disco Bosh c/acero inoxidable	1,61	3,61
2	Disco Bosh Desv. Met.	1,57	3,52
6	Soldadura Elec.	11,95	80,30
8	Resortes	2,00	17,92
4	lijas	0,25	1,12
1	Botonera	5,50	6,16
1	Micro swicht	3,50	3,92
2	Remache	0,08	0,18
1	Broca HSS	1,51	1,69
1	Broca metal	0,88	0,99
1	Broca metal	1,78	1,99
2	Cadena	0,50	1,12
	Seguros y Llaves	15,00	15,00
1	Plástico 0,50	2,63	2,95
4	Caucho para sellar (metro)	1,00	4,00
8	Cauchos Regatones	0,17	1,36
1	Barra de silicón (cajita)	2,50	2,50
1	Fundas	1,70	1,70
1	Balanza	15,00	15,00
3	Balde	5,00	15,00
Total			163,20

5.1.4 Costos de los Motores

Cantidad	Artículo	V. Unitario	V. Total
1	Motor Monofásico Weg. AB, 3600 RPM - 3HP	137,83	137,83
1	Motor 50-60 HZ	20,00	20,00
Total			157,83

5.1.5 Gastos de Materia Prima

Cantidad	Artículo	V. Unitario	V. Total
53	Maíz Seco (libras)	0,25	13,25
34	Frejol Canario Seco (libras)	0,9	30,6
1	Café Robusta Tostado Saco (100 libras)	180	180
<u>Total</u>			223,85

5.1.6 Gastos de Mano de Obra Directa

Personal	Descripción	V. Total
1	Persona Operativa que enciende o apaga el equipo, y a su vez despacha el producto	300
Total		300

5,1,7 Gastos de Mano de Obra Indirecta

Local	Descripción	V. Total
Taller SPIN	Servicio de Torno	60,00
Empresa D & G	Servicio de Sistema Eléctrico	400,00
Tapizados	Construcción del cono y cobertor	11,00
Carpintería	Construcción del cajón de madera	2,00
	Corte, doblado y soldado (Bandejas)	12,00
	Corte, doblado y soldado (Cuerpo del Molino)	100,00
	<u>Total</u>	585,00

5.1.8 Gastos Complementarios

Descripción	V. Total
Gastos de Transporte	60,00
Gastos de Investigación	48,00
Gastos de Papelería	60,00
Total	168,00

CAPITULO

VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El molino de martillo clasificador de dos bandejas para granulometrías definidas, va a dar un aporte positivo a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química, adquiriendo experiencia en el manejo de estos equipos y conociendo el proceso de molienda y tamizado.
- Adicionalmente, este equipo demuestra que se puede optimizar las maquinarias y los procesos de la industria en general, inventando nuevos equipos o rediseñando los ya conocidos a un punto de dar un beneficio a la empresa como al cliente.
- En el caso de los resultados de los ensayos realizados, al principio obteníamos una pérdida o desperdicio considerable el cual fue controlado y minimizado al aplicar medidas correctivas, llegando al punto de un desperdicio del 2% de la materia prima ingresada, el cual es un valor aceptable en el proceso de molienda.
- Adicionalmente se llegó a concluir que los productos finales obtenidos del proceso de molienda salen en un porcentaje aproximado de entre el 24-26 % del producto más fino (polvo), y un porcentaje de entre el 74-76 % del producto más grueso, con respecto al peso de la materia prima ingresada.

- Al calcular la eficiencia del molino con los datos resultantes de los diversos ensayos con distintos tipos de granos y diámetros, se obtuvo la eficiencia del 96.11% de nuestro equipo lo que nos indica un correcto funcionamiento del mismo y óptimo del diseño construido.
- Todos los resultados obtenidos en los ensayos, balances de materias y cálculos de eficiencia, nos indican que el molino clasificador de dos bandejas para granulometrías definidas está listo para ser utilizado como práctica de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química.

6.2 Recomendaciones

- No es apropiado que se conecte el motor del molino a un tomacorriente o instalación de luz que sea de 110, ya que el motor trabaja con corriente de 220.
- Antes de empezar una corrida con el equipo se debe contar con todos los accesorios a utilizarse a mano (baldes, fundas, cronómetros, balanza, etc.), y así evitar fallar en el proceso.
- Se recomienda utilizar EPP (Equipo de Protección Personal) al momento de utilizar el equipo, como son protectores auditivos, mascarillas, guantes y mandil.
- Verificar que se encuentre puestos los cauchos que sellan la tapa del molino y a su vez que se encuentre bien cerrada la misma.

- Verificar que se cubra totalmente la tolva de alimentación de la materia prima, al momento de la corrida del equipo con el forro plástico diseñado para este trabajo evitando que se salga materia prima desplazada por el movimiento giratorio de los martillos.

BIBLIOGRAFIA

GRAFICOS

FIGURAS

ANEXOS