

**REDUCIR LOS TIEMPOS DE PROCESO EN LA ETAPA DE MOLIENDA EN  
PPG INDUSTRIES COLOMBIA**

**JULIAN DAVID ATEHORTUA MONTOYA**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA**

**FACULTAD DE PRODUCCION Y AFINES**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL**

**MEDELLÍN**

**2012**

**REDUCIR LOS TIEMPOS DE PROCESO EN LA ETAPA DE MOLIENDA EN  
PPG INDUSTRIES COLOMBIA**

**JULIAN DAVID ATEHORTUA MONTOYA**

**Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Producción Industrial**

**Asesor Técnico y Metodológico**

**Frank Libardo Rojas Toro**

**Ingeniero Industrial**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
DECANATURA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL Y AFINES  
TECNOLOGIA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
MEDELLÍN**

**2012**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**FIRMA DEL ASESOR TÉCNICO Y METODOLÓGICO**

**Medellín, Noviembre de 2012**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo esta dedicado a la persona que con mucho amor y dedicación me acompañó en el proceso de aprendizaje, la que se trasnocho y dedico parte de su tiempo al lado mío, la que de novia se esforzó por mi progreso, por alentarme y apoyarme en todos los momentos. la que ahora es mi esposa la que amo y me da las fuerzas para salir adelante, la que lucha y desfallece conmigo, es por ella que saco esta etapa de mi vida adelante y por la cual seguiré creciendo profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mis padres por su apoyo incondicional durante los años de estudio.
- A la ingeniera Erika Natalia Álzate por su colaboración y orientación incondicional durante el desarrollo del proyecto.
- A Frank Libardo Rojas Toro, el asesor del proyecto, por orientarme y guiarme durante el desarrollo del mismo; por su apoyo, y disposición para el desarrollo del proyecto.
- Al laboratorio de PPG INDUSTRIES, al área de producción y mantenimiento y todo su equipo de trabajo por la colaboración durante la realización del proyecto.
- Al personal de PPG INDUSTRIES por su colaboración permanente, por brindarme oportunamente la información requerida y por ayudarme en el proceso.
- A PPG INDUSTRIES por el apoyo brindado durante todo el ciclo de mi estudio.

## TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
INTRODUCCION .....	17
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
3. JUSTIFICACION .....	20
4. OBJETIVOS .....	22
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	22
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
5. DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	23
5.1. RESEÑA HISTORICA.....	23
5.2. POLITICA INTEGRAL.....	23
5.3. MISION .....	25
5.4. VISION 2015.....	25
5.5. OFERTA DE VALOR .....	26
6. MARCO TEORICO.....	27
7. METODOLOGÍA.....	48
7.1 TIPO DE ESTUDIO.....	48
7.2 EL METODO .....	48
7.3 POBLACION.....	49
7.4 MUESTRAS.....	49
7.5 FUENTES DE INFORMACION.....	49
7.5.1 FUENTES DE INFORMACION PRIMARIA.....	49
7.5.2 FUENTES DE INFORMACION SECUNDARIA.....	50
7.6 TECNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACION.....	50
7.7 TRATAMIENTO DE LA INFORMACION .....	50
8. DESARROLLO TECNICO DEL ESTUDIO .....	51
8.1 ALCANCE.....	51
8.2 DIAGNOSTICO GENERAL DE LA SITUACION.....	51
9. SITUACION ACTUAL DE LA ZONA DE MOLIENDA EN LA PLANTA DE PINTURAS DE PPG INDUSTRIES COLOMBIA .....	53
10. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	59
10.1 ENSAYOS .....	59
10.2 ENSAYO TIPO PROPELA TIPO HELICE .....	59
10.1 ENSAYOS .....	59
10.2 ENSAYO TIPO PROPELA TIPO HELICE .....	59
10.2.1 ENSAYO 1 PROPELA PEQUEÑA TIPO HELICE.....	59
10.2.2 ENSAYO 2 PROPELA TIPO HELICE GRANDE .....	60

10.2.3 ENSAYO 3 PROPELA TIPO HELICE GRANDE BAJO SISTEMA NEUMATICO .....	63
11. REDUCIR LOS TIEMPOS DE PROCESO EN LA ETAPA DE MOLIENDA EN PPG INDUSTRIES COLOMBIA.....	66
11.1. REFERENCIA 1 .....	67
11.1.1 RESULTADOS DE LA REFERENCIA 1.....	68
11.1.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA REFERENCIA 1 .....	68
11.2. REFERENCIA 2.....	70
11.2.1 RESULTADOS DE LA REFERENCIA 2.....	70
11.2.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA REFERENCIA 2 .....	70
11.3. REFERENCIA 3.....	72
11.3.1 RESULTADOS DE LA REFERENCIA 3.....	73
11.3.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA REFERENCIA 3 .....	73
11.4. REFERENCIA 4.....	74
11.4.1 RESULTADOS DE LA REFERENCIA 4.....	75
11.4.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA REFERENCIA 4 .....	75
12. RESULTADOS.....	77
12.1. RESULTADOS CUANTITATIVOS .....	80
12.1.1 RESULTADOS POR MANO DE OBRA .....	81
12.1.2 RESULTADOS POR ENERGIA.....	82
12.1.3 TOTAL RESULTADOS .....	82
12.2. RESULTADOS CUALITATIVOS .....	83
13. COSTOS DEL PROYECTO .....	85
13.1. INVERSION ENSAYO PRACTICA.....	85
13.1. INVERSION PARA EL PROYECTO.....	85
14. RECOMENDACIONES .....	86
15. CONCLUSIONES.....	87
16. BIBLIOGRAFIA.....	88

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Diseño de la planta (ubicación etapa de molienda) .....	19
Imagen 2: Sistema de molienda olla a olla .....	21
Imagen 3: Perlas de molienda .....	28
Imagen 4: Molino de bolas .....	29
Imagen 5: Molino horizontal de bolas .....	30
Imagen 6: Molino vertical de bolas.....	32
Imagen 7: Molino de rodillo .....	33
Imagen 8: Grindometro .....	35
Imagen 9: Por pasada.....	42
Imagen 10: Cascada .....	42
Imagen 11: Pendular.....	43
Imagen 12: Recirculación .....	44
Imagen 13: Interior de la cuba de molienda.....	44
Imagen 14: Principio de molienda preferencial .....	45
Imagen 15: Cambio de proceso de molienda. ....	52
Imagen 16: Metodo de olla a olla .....	53
Imagen 17: Propela tipo helice pequeña.....	60
Imagen 18: Propela tipo helice grande .....	63
Imagen 19: Sistema de recirculacion con agitador neumatico .....	64
Imagen 20: Chequeo en leneta.....	65
Imagen 21: Sistema de recirculacion .....	66
Imagen 22: Cambios sistema de molienda .....	78



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Registro histórico de la referencia 1.....	55
Tabla 2: Registro histórico de la referencia 2.....	56
Tabla 3: Registro histórico de la referencia 3.....	57
Tabla 4: Registro histórico de la referencia 4.....	58
Tabla 5: Datos ensayo propela tipo helice pequeña .....	59
Tabla 6: Datos ensayo propela tipo helice grande .....	60
Tabla 7: Datos ensayo propela grande sistema neumatico .....	63
Tabla 8: Caracteristicas referencia 1 .....	67
Tabla 9: Resultados referencia 1 .....	68
Tabla 10: Cuadro comparativo referencia 1 .....	69
Tabla 11: Caracteristicas referencia 2 .....	70
Tabla 12: Resultados referencia 2 .....	70
Tabla 13: Cuadro comparativo de la referencia 2 .....	71
Tabla 14: Caracteristicas de la referencia 3.....	72
Tabla 15: Resultados de la referencia 3 .....	73
Tabla 16: Cuadro comparativo de la referencia 3 .....	75
Tabla 17: Caracteristicas de la referencia 4.....	75
Tabla 18: Resultados de la referencia 4 .....	79
Tabla 19: Cuadro comparativo de la referencia 4 .....	81
Tabla 20: Caracteristicas ahorro por mano de obra.....	82
Tabla 21: Caracteristicas ahorro por energía.....	82
Tabla 22: Estimado ahorros del proyecto .....	82
Tabla 23: Inversiones sistema de agitación .....	85

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Productividad de molienda de la referencia 1.....	55
Gráfica 2: Productividad de molienda de la referencia 2.....	56
Gráfica 3: Productividad de molienda de la referencia 3.....	57
Gráfica 4: Productividad de molienda de la referencia 4.....	58
Gráfica 5: Productividad (kg/hora) referencia 1 .....	69
Gráfica 6: Productividad (kg/hora) referencia 2 .....	71
Gráfica 7: Productividad (kg/hora) referencia 3 .....	74
Gráfica 8: Productividad (kg/hora) referencia 4.....	76
Gráfica 9: Disminucion de horas molienda .....	84

## **RESUMEN**

Este estudio se realizó teniendo como base los análisis realizados por los ingenieros de la compañía que presentaron como objetivo disminuir los tiempos de operación en la fase de molienda, en la planta de pinturas de PPG INDUSTRIES COLOMBIA. Partiendo de este objetivo se inició esta investigación con el fin de cambiar algunas de las variables con las que cuenta el proceso actualmente.

Se implementó un sistema de agitación y se cambiaron algunos parámetros de molienda entre los que se encontraban cambiar la velocidad del eje de molturación del molino, el cambio de las perlas, y el aumento de flujo en la salida del producto, aportando así al objetivo propuesto. Estos cambios se realizaron a las referencias que poseían grandes tiempos en la etapa de molienda basándonos en los registros históricos de la compañía, de las cuales tomamos las 4 más significativas y a las cuales realizaríamos el estudio logrando como principales resultados aumentar la productividad en kg/hora y disminuir el tiempo de operación de estas referencias.

Bajo el cambio de estos parámetros descritos anteriormente se basó el estudio de este proyecto, el cual arrojó resultados positivos en cuanto a la ampliación de capacidad de planta en la etapa de molienda en la empresa PPG INDUSTRIES.

## **ABSTRACT**

This study was conducted on the basis of the analysis performed by the engineers of the company who had intended to decrease operating times in the grind, on the ground of PPG INDUSTRIES COLOMBIA paintings. Based on this objective this research began to change some of the variables that the process has now.

They implement a stirrer and grinding changed some parameters that were among the speed change of the grinding mill axis, changing the beads, and the increase in the output flow of the product, thus contributing to the objective. These changes were made to the references that had great times in the grinding step based on the historical records of the company, of which we took the 4 most significant and which would realize the main study results achieved as increasing productivity in kg/hour and reduce the operation time of these references.

Under the change of these parameters described above was based mind this project study, which showed positive results regarding the expansion of plant capacity in the milling step PPG Industries.

## GLOSARIO

- **ADITIVO:** Es el elemento utilizado en poca cantidad para cumplir funciones determinadas en la pintura, como son: Fungicidas, antidecantantes, humectantes y dispersantes.
- **BÉ:** Escala Baumé usada en la medida de las concentraciones de ciertas soluciones.
- **BRILLO:** Es la propiedad óptica de una superficie de reflejar la luz especularmente. Una superficie con acabado brillante puede indicar la buena formación de la película de pintura.
- **CANTOS RODADOS DE CUARZO:** Material esférico que se utiliza para desmenuzar o triturar.
- **CUBA:** Recipiente de forma cilíndrica donde se encuentran las perlas del molino, las cuales realizan el proceso de dispersión de los pigmentos.
- **DEFLOCULANTE:** Aditivo que causa una dispersión más estabilizada y evita que se aglomeren las partículas finas, manteniéndolas en suspensión y modificando el comportamiento reológico de las pastas.
- **DEPOSITACION CATODICA:** Es un proceso físico en el que se produce la vaporización de los átomos de un material sólido denominado "blanco" mediante el bombardeo de éste por iones energéticos.

- **DISPERMIX:** Agitador con variaciones de velocidad encargados de realizar la homogenización de las materias primas.
- **DILUCIÓN:** Es la etapa del proceso en la que se adicionan la totalidad de los elementos de la fórmula y se verifican la totalidad de las propiedades de la pintura.
- **FOSFATO:** Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica.
- **EMPASTADO:** Es la etapa donde se incorporan mecánicamente el pigmento en la cantidad necesaria del vehículo (Resina, Solventes y Aditivos) mediante agitación.
- **ENVASADO:** Es el proceso de llenado de los envases (canecas, tarros, tambores) con pintura, y que en la mayoría de los casos se procede a usar filtros para evitar la contaminación del producto.
- **GRINDOMETRO:** Es un bloque plano de acero con dos ranuras planas cuneiformes cortadas en su superficie. Estas ranuras transcurren desde una profundidad máxima en un extremo del grindómetro uniformemente hasta el punto cero en el otro extremo del bloque de acero. La profundidad de la cuña puede leerse en la escala grabada en el lateral.
- **HELICE:** Dispositivo formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica alrededor de un eje, girando alrededor de éste en un mismo plano.

- **KAIZEN:** “Mejoramiento continuo”: Es una metodología de calidad asociada a las empresas y el trabajo tanto individual como colectivo, adoptada de una filosofía asociada al sistema de producción de la empresa Toyota.
- **LENETA:** Ficha de contraste para esfuerzos comparativos de tono e intensidad.
- **LUZ ESPECULARMENTE:** Se produce cuando la superficie que genera el reflejo es lisa, lo que hace que los rayos que se reflejan sean paralelos a los incidentes.
- **MOLIENDA:** Es la etapa donde se realiza la dispersión mecánica del pigmento en el Vehículo.
- **MOLINOS:** Equipos en los cuales se realiza el proceso de molienda, el cual se encarga de dar la fineza a la pintura.
- **MOLTURAR:** Definición que se le da al ejercicio de moler.
- **OEM:** Original de ensambladora.
- **OLLA:** Recipiente en donde se fabrican las pastas y pinturas.
- **PASTA(S):** Homogenización de todas las materias primas de la fase de empastado.
- **PERLAS:** Material en forma de esferas compuestas de diferentes elementos, los cuales se encargan de disgregar el pigmento de la pintura.

- **PIGMENTO:** Es el elemento encargado de dar color y tonalidad a la pintura.
- **PINTURA:** Compuesto más o menos viscoso capaz de formar una película, ligeramente plástica resistente. Sus componentes básicos son: Resinas, Pigmentos, Aditivos y Solventes.
- **PROPELA:** Impulsor utilizado para la homogenización o agitación y se encuentran de diferentes diseños.
- **PPG:** Pittsburg plate glass.
- **RESINA:** Es el elemento encargado de formar película en la pintura.
- **REVESTIMIENTO NI-DURO:** Caras de trabajo internas del molino que deben soportar impactos, ser resistentes a la abrasión y promover el movimiento más favorable de la carga y están generalmente hechos de fierro fundido blanco aleado con níquel ( Ni-duro).
- **SOLVENTES:** Son los elementos encargados de facilitar la aplicación de la pintura.
- **TINTAS DE OFFSET:** Fluido compuesto por pigmentos, aditivos, vehículo y aditivos que tiene como misión entregar color dentro de los parámetros establecidos.



## INTRODUCCIÓN

La necesidad de las mejoras continuas en las empresas se ve reflejado día tras día debido a los cambios que se establecen en el mundo y que de una u otra forma obliga a las empresas a ser competitivas, y de este modo les implique adquirir equipos que les permita mejorar su tecnología o en su defecto mejorar las condiciones de operación en sus procesos. Esto permite a las compañías ser más ambiciosas y pensar en grande para no quedarse estancadas y ser absorbidas por la competencia, o en su defecto no situar en el mercado productos de mala calidad. Lo anterior debido a que las empresas no se arriesgan o son negligentes frente al cambio.

Por tal motivo y con la conciencia de que los cambios y los proyectos en las empresas son buenos, veremos como en el proyecto desarrollado a continuación, en el cual una mejora a un proceso productivo logra a la compañía PPG INDUSTRIES COLOMBIA alcanzar mejor productividad y calidad en el proceso, logrando con esta implementación disminuir los tiempos de operación, y adquirir mayor capacidad de planta, así como mejores condiciones de ergonomía para el trabajador.

El desarrollo de este proyecto de investigación se enfoca en mejorar y aumentar la productividad en el área de molienda, ya que cuenta con altos tiempos en la fabricación de sus productos en comparación con las diferentes industrias del sector de pintura constituidas actualmente.

Por este motivo, el trabajo se orienta a lograr disminuir los tiempos de molienda y determinar la mejor condición de los parámetros de operación de este proceso.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

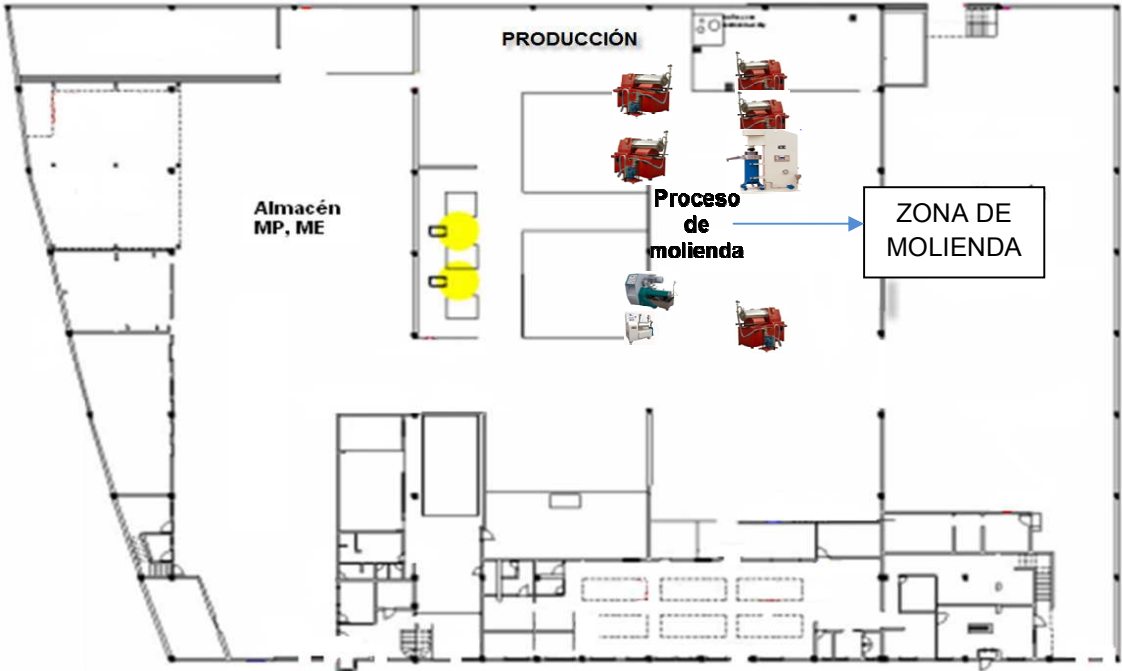
El sistema de producción con el que cuenta actualmente la empresa PPG INDUSTRIES Colombia en su etapa de molienda, nos muestra que es muy manual y necesita de la vigilancia permanente por parte del operario, ya que tiene que estar agitando el producto por medio de una pala, para así evitar que los productos se decanten y causen saturación. Esto implica que el trabajador tenga que apagar los demás molinos mientras realiza esta operación, aumentando de esta manera los tiempos de molienda de los productos, comparados con la casa matriz PPG México que posee el 50% menos de este proceso en sus productos, además de otras causas nombradas a continuación.

### **Causas:**

1. Subutilización de la capacidad productiva de los equipos.
2. Porque hay variaciones en la formulación del producto que afecta la eficiencia del proceso.
3. Disponibilidad de un solo operario.

El estudio que se está planteando va dirigido al proceso de producción de pintura en esta etapa. Y se llevará a cabo en la planta de pinturas de PPG Colombia en el proceso de Molienda.

**Imagen 1:** Diseño de la planta (ubicación de la etapa de molienda)

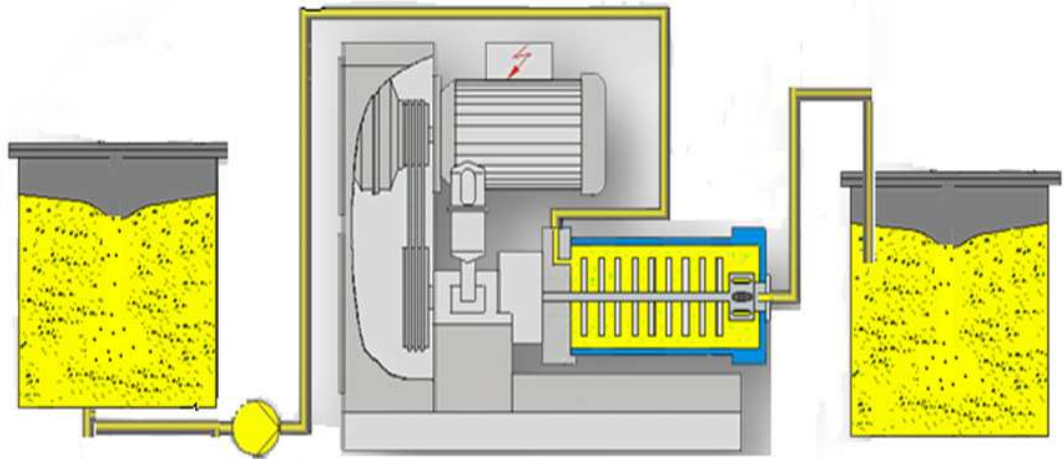


### 3 JUSTIFICACIÓN

La etapa de molienda es uno de los cuellos de botella identificados en el proceso productivo de la pintura, en esta etapa se cuenta con molinos que operan por un sistema denominado olla a olla (sistema en el cual opera un molino y dos recipientes llamados ollas, (ver imagen 2), en este sistema se requiere usar 2 ollas para cada molino, éstas ocupan el 35% del área de molienda y se dificultan realizar otras operaciones tales como las del monta carga e irrumpe el espacio para ubicar el jugado de molino (materias primas tales como disolvente y resinas ), esta mezcla es la que se le adiciona al final del proceso de molienda para poder retirar los residuos de pasta que quedan en el molino y en las ollas, para luego adicionarlos al producto final que sale del proceso de molienda.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaran ensayos pilotos para 4 referencias que poseen tiempos altos de molienda. Esto se lleva a cabo cambiando los parámetros, para así encontrar resultados significativos en el rendimiento del proceso, por lo que es importante implementar un sistema de agitación y recirculación, método que será más eficiente en la industria de pinturas automotriz que el de olla a olla, con un mínimo control, y mejorando la ergonomía del trabajador. Este sistema se ve empleado con frecuencia en la industria de pinturas, como referencia tenemos la casa matriz; PPG industries México. Por lo tanto, es importante basarnos en sus tecnologías, métodos y sistemas de producción, y así mejorar lo anteriormente nombrado y traer grandes beneficios en la molienda y de todo el proceso productivo.

**Imagen 2:** Sistema de molienda olla a olla.



## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Implementar un sistema de agitación y recirculación en el proceso de molienda para la fabricación de pintura líquida en la empresa PPG INDUSTRIES Colombia.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Realizar ensayos por medio de un diseño experimental donde se varíen los diferentes parámetros de operación que permitan mejorar las condiciones de molienda, en PPG INDUSTRIES Colombia.
- Analizar y estudiar los parámetros de operación que afectan la productividad del proceso de molienda. en PPG INDUSTRIES Colombia.
- Proponer mejoras al sistema y al proceso actual de molienda en PPG INDUSTRIES Colombia

## **5. DESCRIPCION DE LA EMPRESA**

### **5.1 RESEÑA HISTORICA**

El 17 de enero de 2012 PPG Industries Colombia Ltda. firma la adquisición de Colpisa Colombiana de Pinturas S.A y sus afiliados, después de la aprobación en Agosto 3 de 2011. Con la adquisición de Colpisa, PPG se convierte en el principal proveedor de recubrimientos OEM en Colombia y uno de los principales proveedores de una línea completa de productos para repintado automotriz con una red de distribución en las principales ciudades del país.

La relación entre Colpisa S.A. y PPG Industries se inició en 1996 con el suministro a G.M. COLMOTORES de todo el sistema de Electro deposición Catódica y Fosfatos, con productos de tecnología PPG. Esta relación se fortalece en Diciembre de 2007, con la firma de un convenio distribuidor de productos de repintado automotriz.

PPG Industries Colombia Ltda. es una filial PPG Industries, la cual fué fundada en 1883, tiene su sede central en Pittsburgh, Pennsylvania y opera en más de 60 países de todo el mundo, con la producción y distribución de recubrimientos de alto rendimiento para la industria aeroespacial, arquitectónica, repintado automotriz, recubrimiento protector marino, automotriz OEM, recubrimiento de embalajes, productos ópticos, sílices, cloro alcalino y derivados, fibra de vidrio y vidrio plano.

Colpisa Motriz S.A. fué fundada en 1973 debido a la necesidad de la industria automotriz en Colombia de obtener los productos necesarios del sector químico en

el ensamble de vehículos. En 2005 Colpisa Motriz cambia su razón social por COLPISA Colombiana de Pinturas S.A., como resultado del ingreso a nuevos mercados de recubrimiento como el arquitectónico, maderas, mantenimiento industrial, industrial polvo, entre otros.

## **5.2 POLÍTICA INTEGRAL**

Es política de PPG Industries Colombia Ltda. desarrollar, fabricar y comercializar recubrimientos, con entregas certificadas y cumpliendo con los requerimientos de las partes interesadas, por medio de nuestros proveedores, procesos, productos y asistencia técnica. Comprometidos con:

El mejoramiento continuo de la eficacia y el desempeño de los procesos de nuestro Sistema de Gestión Integral.

- )} El cumplimiento de la legislación aplicable a la organización y otros.
- )} El desarrollo sostenible, a través de la prevención de la contaminación, el control de las emisiones atmosféricas, el uso eficiente del agua y la energía, la reducción en la generación de residuos, productos y procesos que reduzcan el impacto en el medio ambiente.
- )} La prevención de lesiones y enfermedades asociadas con los riesgos a los que se encuentran expuestos nuestros empleados, visitantes y contratistas, implementando programas de promoción y control de la seguridad y la salud.

Todo esto, apoyados en un recurso humano calificado, eficiente y participativo.



### **5.3 MISIÓN**

Es Misión de PPG Industries Colombia Ltda. desarrollar, fabricar y comercializar recubrimientos para el mercado original automotriz, original motos, repintado automotriz, industrial y arquitectónico:

- )} Brindando asistencia técnica integral y con un canal de distribución consolidado.
- )} Proporcionando soluciones integrales y competitivas en recubrimientos y buscando permanentemente la excelencia operacional.
- )} Generando valor y rentabilidad con nuestros procesos.
- )} Apoyados con personal competente y procesos que propicien el desarrollo sostenible de la organización.
- )} Para satisfacción de nuestros clientes, accionistas, proveedores, empleados y la comunidad en general.

### **5.4 VISIÓN 2015**

Brindar soluciones en recubrimientos y participar en las ventas del sector, así:

- )} Líder en los mercados original automotriz de Colombia y Ecuador.
- )} Líder en el mercado original de motos de Colombia.
- )} Líder en el mercado repintado automotriz a nivel nacional.

- } Mejorar el posicionamiento en las líneas Industrial y Arquitectónica a nivel nacional.

## **5.5 OFERTA DE VALOR**

Brindar soluciones integrales en recubrimientos a nuestros clientes que promuevan el éxito de su negocio basados en:

- } Productos competitivos y con liderazgo en el mercado original de ensambladoras (Autos y Motos).
- } Asistencia Técnica orientada a mejorar la productividad y competitividad con acompañamiento en mejoramiento de procesos, solución de problemas, formación y entrenamiento.
- } Entrega certificada de productos en cantidad, tiempo y calidad.
- } Alta capacidad de respuesta a necesidades especiales de los clientes.
- } Velocidad y precisión en la reproducibilidad del color (software de color, cartas de color).

## 6. MARCO TEÓRICO

La molienda es la segunda etapa del proceso de fabricación de pinturas, en esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión. La molienda se realiza en molinos de forma cilíndrica que contienen ejes horizontales que giran y sujetan una carga de cuerpos sueltos conocidos como perlas de molienda, las cuales están libres para moverse a medida que el eje gira produciendo la disgregación de las partículas.

Un proceso de molienda está definido por cuatro puntos importantes: La intensidad de choque entre las perlas de molienda, el número de choques, la energía específica de molienda, el tiempo de residencia del producto en la cuba de molienda (tiempo en el cual el producto permanece dentro de la cuba).

En el proceso de molienda se miden dos propiedades, el brillo y la molienda. Para obtener una buena molienda es necesario que las perlas del molino se choquen entre ellas y partan o dividan las partículas del producto de acuerdo al tamaño que se debe adquirir, teniendo en cuenta que el intersticio que se genera en el choque de las perlas es lo que realmente va a determinar el tamaño; esto se obtiene con la combinación de los siguientes parámetros:

1. Alto número de choques de las perlas.
2. Alto tiempo de residencia de las partículas.

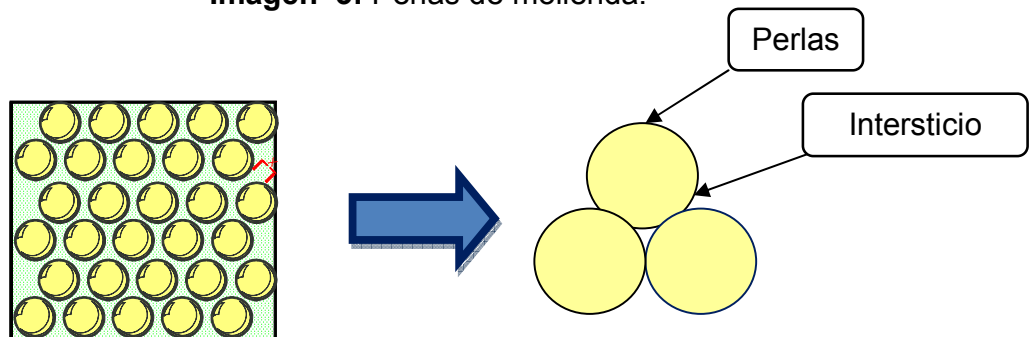
### 3. Alta energía cinética.

El brillo es la propiedad óptica de una superficie de reflejar la luz especularmente. Una superficie con acabado brillante puede indicar la buena formación de la película de pintura.

Para obtener el brillo adecuado se tiene que dar la combinación entre los siguientes parámetros:

1. El tamaño de las partículas sean homogéneas.
2. Las partículas sean del menor tamaño posible.

**Imagen 3:** Perlas de molienda.



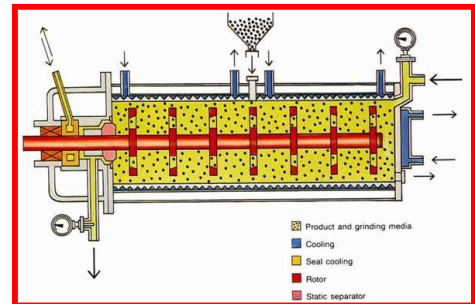
El propósito de la operación de molienda es ejercer un estricto control en el tamaño del producto, reduciendo el tamaño de las partículas de las materias primas buscando la finura y el brillo determinado por cada cliente, por esta razón frecuentemente se dice que una molienda correcta es la clave de la calidad del producto.

El material obtenido debe ser homogenizado para garantizar la característica del producto final.

La molienda se realiza en equipos mecánicos rotatorios, en los que la mezcla dosificada de materias primas es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas llamados molinos.

Existen los siguientes tipos de molinos:

**Molino de bolas:** “Es una herramienta o máquina donde se realiza la molienda, usando unos cuerpos trituradores que se introducen, bolas o cantos rodados de cuarzo, para reducir la materia al tamaño deseado, adecuando las características necesarias a los esmaltes y pastas, así como, homogenizando las mezclas” (ver imagen 4).



**Imagen 4:** Molino de bolas.

“Los molinos de perlas pueden ser considerados como una extensión de la tecnología de los molinos de bolas, sólo que utilizando medios más pequeños, tienen dos sistemas de presentación horizontal y vertical dependiendo de las necesidades de espacio. La molienda es realizada mediante fuerzas impartidas por las perlas sobre el pigmento. Sin embargo, un molino de perlas depende de las fuerzas centrífugas aplicadas a las perlas por un impulsor de disco plano que rota a gran velocidad logrando así la molienda; por otro lado un molino de bolas utiliza fuerzas gravitacionales para provocar las fuerzas dispersantes. Algunas de las ventajas del molino de perlas incluyen la rapidez con que logra la molienda, la

habilidad de trabajar con éxito en sistemas muy viscosos y el ser más pequeño en relación con la fórmula a ser dispersada. Una desventaja es que el molino de perlas requiere que los ingredientes de la fórmula estén premezclados para que resulte eficiente.

Algunos de los medios utilizados en este sistema son: balas de acero, perlas de cristal y de material cerámico. Normalmente la molienda puede ser mejorada utilizando perlas más pequeñas para aumentar el número de puntos de impacto potenciales y manteniendo el volumen de perlas entre un 80 y 90% del volumen interno del molino. Al operar este tipo de molino, las perlas tienden a distribuirse en el mismo. El uso de muchas perlas resulta en un desgaste excesivo de las mismas. Con la práctica este sistema puede ofrecer excelentes resultados”<sup>1</sup>.

#### **Molino horizontal de bolas:**

“Es un equipo ideal para ensayos de molienda fina en dispersiones de sólidos sobre un vehículo (mezcla de resinas y solventes) líquido. Su diseño horizontal permite un reparto homogéneo de la carga de bolas que mejora su efectividad.

El sistema de molienda en continuo se realiza en una cámara cerrada, refrigerada exteriormente, evitando un sobrecalentamiento del producto en el proceso llamada cuba de molienda y



**Imagen 5:** Molino horizontal de bolas.

---

<sup>1</sup> (sitio Web de Columbian Chemicals)

la carga de micro esferas puede ser de vidrio o cerámica según las características del producto a molinar. La alimentación del producto se hace de forma continua mediante una bomba con posibilidad de variación del caudal<sup>2</sup> (ver imagen 5).

### **Partes principales de un molino de bolas.**

“Casco: El casco del molino está diseñado para soportar impactos y carga pesada, y está construido de placas de acero forjadas y soldadas. Tiene perforaciones para sacar los pernos que sostienen el revestimiento o forros. Para conectar las cabezas de los muñones tiene grandes flejes de acero generalmente soldados a los extremos de las placas del casco, los cuales tienen perforaciones para apertarse a la cabeza.

Extremos: Los extremos del molino, o cabezas de los muñones pueden ser de fierro fundido gris o nodular para diámetros menores de 1 m. Cabezas más grandes se construyen de acero fundido, el cual es relativamente liviano y puede soldarse.

Revestimientos: Las caras de trabajo internas del molino consisten de revestimientos renovables que deben soportar impacto, ser resistentes a la abrasión y promover el movimiento más favorable de la carga. Los extremos de los molinos de barras tienen revestimientos planos de forma ligeramente cónica para inducir el centrado y acción rectilínea de las barras.

Generalmente están hechas de acero al manganeso o acero al cromo-molibdeno, con alta resistencia al impacto (también los hay de goma). Los extremos de los

---

<sup>2</sup> (sitio Web de Grupo Lleal)

molinos de bolas generalmente tienen nervaduras para levantar la carga con la rotación del molino. Ellos impiden deslizamiento excesivo y aumentan la vida del revestimiento. Generalmente están hechos de fierro fundido blanco aleado con níquel (Ni-duro) y otros materiales resistentes a la abrasión, como goma. Los revestimientos de los muñones son diseñados para cada aplicación y pueden ser cónicos, planos y con espirales de avance o retardo. Los revestimientos del molino son un costo importante en la operación del molino y constantemente se está tratando de prolongar su vida. En algunas operaciones se han reemplazado los revestimientos y elevadores por goma. Se ha encontrado que ellos son más durables, más fáciles y rápidos de instalar y su uso resulta en una significativa reducción del nivel de ruido. Sin embargo, se ha informado que producen un aumento en el desgaste de medios de molienda comparados con los revestimientos Ni-duro. Los revestimientos de goma también pueden tener dificultades en procesos que requieren temperaturas mayores a 80°C.”<sup>3</sup>

#### **Molino vertical de bolas:**

“El concepto de la máquina se destaca por el requerimiento de espacio notablemente reducido y el menor consumo de energía en un 30 - 40 %, comparado con los molinos de bolas convencionales. Características y ventajas: tamaño granular hasta 10 mm, molinos de tamaño estándar entre 0,4 kW hasta 1120 kW, ahorro de energía posible gracias a la



**Imagen 6:** Molino vertical de bolas.

---

<sup>3</sup> (sitio Web de Alipso)

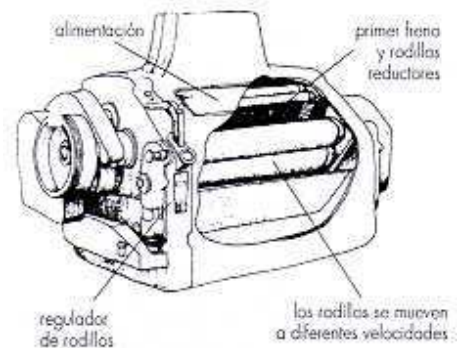


molienda altamente eficiente, menos material sobre molido, molienda continua, ciclos abiertos y cerrados, nivel acústico y vibraciones bajas, ocupa poco espacio, apropiado para ampliación (ver imagen 6)”<sup>4</sup>.

### **Molino de rodillos:**

“Son recomendados para pastas de alta pegajosidad que no pueden fluir, tales como las tintas de offset. Son muy efectivos, pero poco eficientes en la molienda, siendo su principal ventaja la facilidad de limpieza.

Son para reducir el tamaño de productos de molienda quebradizos, con dos rodillos de molienda que cargan uno contra el otro con elevada presión, los rodillos se mueven en sentido inverso, uno a una velocidad y el otro a dos o tres veces la velocidad del otro. En este proceso, las proporciones de los ingredientes utilizados y la temperatura del rodillo deben permitir que el lote sea lo suficientemente suave para unirse al molino de dos rodillos al principio del proceso. Un cuidadoso control de la temperatura es necesario para regular la dureza del lote y para prevenir que una cantidad excesiva del solvente se pierda y el producto se descomponga (ver imagen 7).



*Molino de rodillo*

**Imagen 7:** Molino de rodillo

---

<sup>4</sup> (sitio Web de Eirich The Pioneer in Material Processing)

Dependiendo del producto deseado, el lote puede pasarse entre los dos rodillos como una hoja flexible o frágil que ya después puede ser diluida con solventes en la mezcladora apropiada. Las hojas producidas por el molino de dos rodillos pueden ser despedazadas y almacenadas para luego ser usadas”<sup>5</sup>.

Las necesidades de potencia del motor van a depender de: la clase y la calidad del grano, la condición de los rodillos, contenido de humedad del grano, la velocidad de operación, la potencia disponible, la velocidad de alimentación.

Para la mayoría de las aplicaciones, es mejor utilizar molinos de perlas, ya que para la misma capacidad de motor, ofrecen comparativamente mucha mayor productividad y mucho menor costo.

**Medición de molienda:** El grado de molienda influye en las propiedades físicas y ópticas del recubrimiento.

“El grindómetro sirve para determinar la finura de molienda y las partículas de mayor tamaño o bien aglomerados en el proceso de dispersión. No determina el tamaño real del grano ni la distribución de los granos.

Los grindómetros se emplean para el control de calidad, en los procesos de producción, almacenamiento y aplicación de dispersiones en las industrias de la pintura, de los colores de impresión, del papel, de la cerámica, farmacéutica y alimenticia y otras muchas.

El grindómetro es un bloque plano de acero con dos ranuras planas cuneiformes cortadas en su superficie. Estas ranuras transcurren desde una profundidad

---

<sup>5</sup> (sitio Web de Alipso)

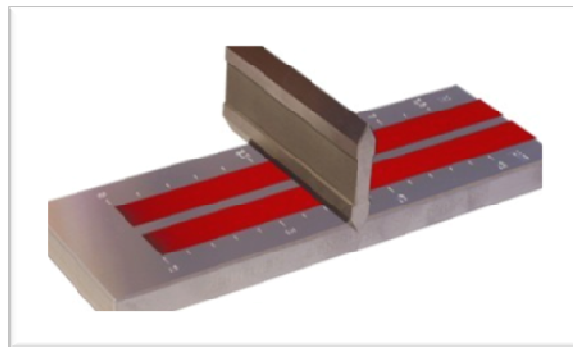
máxima en un extremo del grindómetro uniformemente hasta el punto cero en el otro extremo del bloque de acero. La profundidad de la cuña puede leerse en la escala grabada en el lateral (ver imagen 8).

El grado de dispersión se indica en  $\mu\text{m}$  y en valores Hegman. La escala Hegman va de 0 a 8, siendo el número más alto de Hegman el que determine a la partícula más pequeña.

0 Hegman = Tamaño de grano  $100 \mu\text{m}$

4 Hegman = Tamaño de grano  $50 \mu\text{m}$

8 Hegman = Tamaño de grano  $0,1 \mu\text{m}$ <sup>6</sup>



**Imagen 8:** Grindómetro.

---

<sup>6</sup> (sitio Web de Solos Stocks)

### **¿Porque medir el grano de finura de molienda?**

- Las películas insuficientemente molidas dan películas no nítidas, falta de brillo y con escasa capa protectora.
- La molienda resulta cara, por lo que este proceso no ha de prolongarse.
- Para cada producto ha de determinarse el proceso de molienda más conveniente económicamente.
- Para ajustar los elementos de molienda al grado más eficaz y favorable.
- Comparación del efecto de la molienda, entre pigmento de la misma índole, pero en distintas procedencias en iguales condiciones.
- Control de salida en las fábricas de pinturas.
- Control de entrada para los consumidores de pinturas.
- Racionalización de la producción y control de calidad para evitar reclamaciones.

La tecnología actual de PPG INDUSTRIES COLOMBIA. para el proceso de molienda son los molinos de perlas horizontales o verticales, el choque de las perlas de molienda ocurre gracias a los sistemas de agitación de pines, discos o superficies lisas.

La cuba de molienda debe tener entre un 70-90% de cuerpos de molienda de 0.1 a 6 mm y un flujo axial continuo através de la cuba de molienda. A la salida del molino, el producto se separa de las perlas de molienda.

La operación de los molinos de perlas está influenciada por los parámetros del proceso tales como las propiedades de las perlas de molienda y la viscosidad del producto etc; también está influenciada por los parámetros de la operación como pasadas (doble molino), pasadas simples, molienda en serie y recirculación.

### **Parámetros del proceso**

- ⊕ “Velocidad de rotación (revoluciones por minuto, r.p.m.). De acuerdo a ésta, se determina el tamaño (diámetro interior) de la jarra. Si los materiales para moler son muy viscosos, requiere una máquina que tenga control de velocidad, pero no es estable; entonces para controlar el problema se le pone la mitad de los materiales que habitualmente se usa con más agua. Este problema se presenta en caolines y arcillas. La velocidad crítica es que la fuerza centrífuga está actuando, de forma que impide la molienda al “pegar” los materiales y las bolas a las paredes de la jarra sin caer.
  
- ⊕ Cantidad de bolas. Suelen ser de alúmina, sílice e incluso metálicas. Las bolas deben ocupar de 30% a 55% del volumen interior de la cuba. Se puede manejar por peso una vez establecido el volumen, pero se deben mantener constantes el tamaño y peso de la bola o el volumen se altera. El desgaste influye enormemente en el cambio de volumen, se debe vigilar el desgaste para ir nivelando el contenido de bolas, agregando nuevas y eliminando las chiquitas. El tamaño del molino se determina según la capacidad del horno, no olvidar que el 10% del peso de las piezas corresponde a esmalte; con esto se determina la cantidad de esmalte a preparar, el tamaño de las jarras, el número de moliendas y la capacidad de la máquina.

⊕ Tamaño y forma de las bolas. Hay dos factores a tomar en cuenta: La superficie de contacto con que se muele, las bolas pequeñas en este sentido son mejores, y el movimiento, que es de dos formas; uno en que las bolas giran entre sí, patinando, y otro en que las bolas “chocan” separándose entre sí, en este punto las bolas grandes son mejores. Se debe encontrar un equilibrio entre ambos factores. El tamaño óptimo de las perlas depende del tamaño inicial de las partículas presentes en el producto y del tamaño final deseado, se debe diferenciar entre la molienda real y desaglomeración, los productos de fácil y difícil molienda, para los productos de fácil molienda se pueden emplear perlas menores y para productos de difícil molienda las perlas deben ser un poco mayores.

Se considera un desgaste específico de las perlas de molienda en relación a la energía introducida y a la cantidad producida. Para moler más fino se requieren bolas más chiquitas. Es necesario revisar las bolas periódicamente, cuando tengan un muy alto desgaste se eliminan porque las bolas nuevas las muelen alterando la composición de la molienda. En el caso anterior cuando las bolas bajan de 1.5 a 1 cm se retiran; las bolas de éste diámetro son ideales para cubas pequeñas que se usan para pintura..Una vez decidida la forma de trabajo para la molienda, ésta no se debe cambiar porque se obtendrían resultados diferentes en cada molienda.

⊕ Densidad de las bolas. La densidad de las perlas se clasifican según la aplicación a la que van a ser expuestas las perlas, los fabricantes recomiendan usarlas con diferentes densidades:

- Blancos: 3.7 – 4.6 g/cm<sup>3</sup>
- Cremas: 4.7 – 6.0 g/cm<sup>3</sup>

- Blancos Perlados: 6.02 – 6.2 g/cm<sup>3</sup>
- Oscuros: > 6.2 g/cm<sup>3</sup>

A mayor densidad, mayor desgaste de piezas del molino y de las perlas de molienda.

- ⊖ Cantidad de materiales. La cantidad de materiales y agua siempre tiene relación porque determina la viscosidad y la viscosidad controla el movimiento de las bolas. Si es poca agua, las bolas casi no se mueven, en el caso de haber exceso de agua, las bolas brincan y rebotan en el fondo y en las paredes de las cubas desgastándose prematuramente. El sonido producido por las bolas deber ser constante, si no hay sonido, no hay molienda; si el sonido es agudo y fuerte, se están desgastando excesivamente las bolas y el forro de la cuba; para esto hay que entrenar el oído, el ruido es bajo al principio, pero aumenta conforme la molienda avanza. Teóricamente la cantidad ideal de materiales debe llenar los espacios entre las bolas y cubrirse ligeramente con agua. Hay gran diferencia entre el trabajo teórico y el práctico; a veces en la práctica se carga más o menos una cantidad, como regla, se puede aplicar la siguiente fórmula: Cantidad de bolas (en peso) x 1 ~ 1.8 = materiales. Pero cuidado, si se aumenta ligeramente la cantidad de materiales, el tiempo de molienda cambia; la cantidad de materiales y el tiempo de molienda no están proporcionalmente relacionados. No es válido que, por ejemplo, si tres kilos de esmalte se muelan en cuatro horas, entonces seis kilos se pueden moler en ocho horas; para saber en cuánto tiempo se muele esa cantidad se debe probar.

- ⊕ Cantidad de agua (en caso de molienda húmeda). Según el contenido de los materiales, la cantidad de agua varía. Incluso se puede aplicar la siguiente regla: peso de materiales x 1~1.3 = agua. La densidad ideal para un esmalte transparente es de 45 ~ 50° Bè, y para un mate aluminoso 40 ~ 45°Bè; todos los datos anteriores son como patrones para esmaltes; en el caso de pastas y engobes se deben cambiar todos los datos a 1/2 o 1/3 de parte, según la viscosidad de la arcilla.
  
- ⊕ Tiempo de operación. Tiempo de molienda. La duración de la molienda, por ejemplo, para esmaltes está entre 8 a 12 horas, según la situación, para pasta de 20 a 24 horas según sea el caso. El consumo de energía para la molienda está relacionado con la superficie. Para moler pintura (que debe ser más fina que el esmalte) a veces es necesario moler por días enteros; para el caso del esmalte no debe molerse demasiado fino porque se escurrirá irremediablemente en la quema. Al ir moliéndose los materiales, la superficie aumenta, al aumentar la superficie se requiere más energía, es decir, que para moler muy fino se necesita más energía. Al moler pasta o feldespatos, la viscosidad va cambiando; al principio es muy viscoso, pero después va siendo más aguado, esto es porque una parte del sodio - potasio se va disolviendo, que en estado iónico funciona como defloculante; este fenómeno es el causante de que los esmaltes se sedimenten, endureciéndose mucho, para evitarlo se agrega un aditivo. La densidad es importante para proteger la vida útil de las jarras porque entre más “aguada” sea la molienda mayor desgaste tiene el forro de la cuba.
  
- ⊕ Viscosidad y flujo del producto: Estos dos parámetros están altamente relacionados, ya que el flujo depende de la viscosidad del producto, si es



poco viscoso el flujo se puede aumentar y esto nos genera alto rendimiento en la molienda y si el producto es viscoso el flujo es bajo y esto nos arroja un tiempo de molienda mas alto y bajo rendimiento en la molienda, por tanto, un incremento en la viscosidad del producto conlleva a:

- Aumentar la fuerza de arrastre axial
- Aumentar la potencia de molienda
- Aumentar el cizallamiento en la región de molienda
- Disminuir tiempos de molienda
- Reducir pérdidas de producto
- Posible compactación de perlas en la salida del producto

⊖ Carga de Perlas:

- A mayor cuba vacía en el molino
  - Mayor granulometría
  - Menor temperatura del producto a la salida
  - Mayor tiempo de molienda
  - Sobrecarga en el molino
  - Aumenta la presión en la cuba
  - Aumenta la potencia de molienda
  - Aumenta la temperatura del producto a la salida

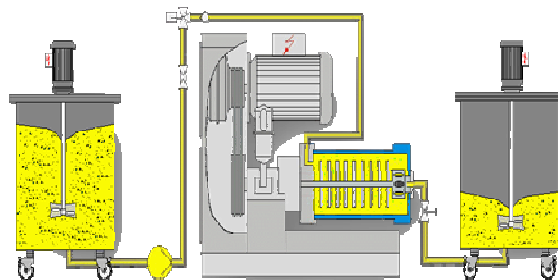
⊖ Temperatura. En los molinos no existe un sistema de calentamiento pero si puede existir de enfriamiento, este puede estar ubicado en las chumaceras que se calientan constantemente debido a la rotación que realizará el molino y al peso que soporta. Pero este sistema de enfriamiento lo realizará

el sistema de lubricación cuando constantemente va lubricado, este factor afecta directamente el proceso de molienda ya que si el producto es difícil de moler el molino adquiere temperaturas altas.”<sup>7</sup>

### Sistemas de molienda en el medio existentes:

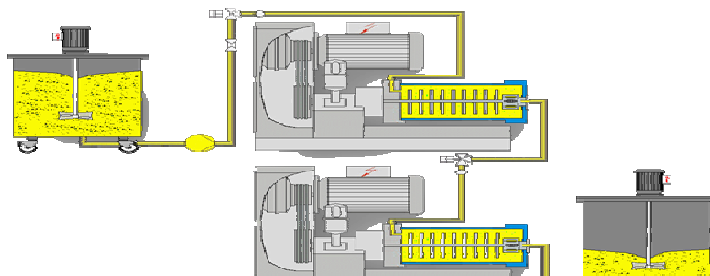
Por pasada (ver imagen 9):

- La calidad el producto depende del control de vacío de la bomba.
- Ocupa dos ollas durante todo el proceso.
- Recomendado para productos de fácil molienda.



Cascada (ver imagen 10):

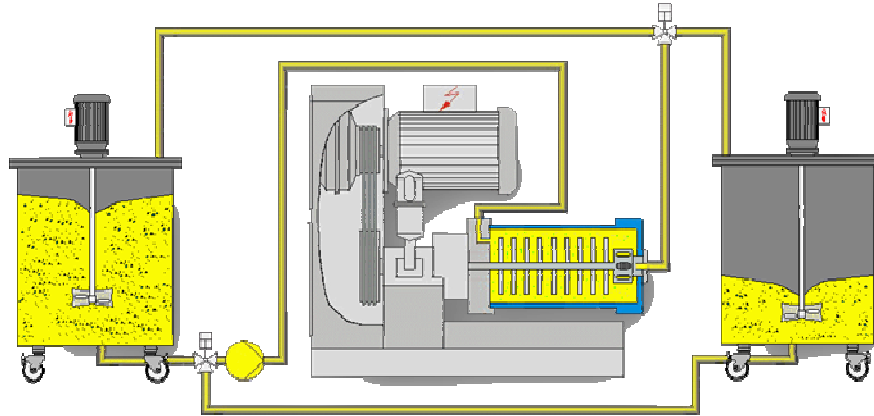
- Para Productos de alto volumen.
- Ocupa dos ollas y dos molinos durante todo el proceso.



**Imagen10:** Cascada.

<sup>7</sup> (sito web de cer

Pendular (ver imagen 11):

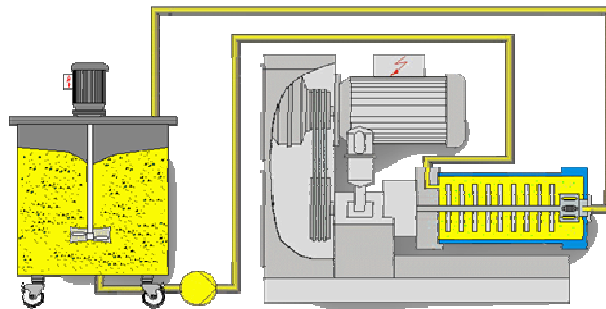


**Imagen11:** Pendular

- Menor consumo de energía
- Proceso de múltiples pasadas
- Productos de alto requisito de molienda
- Ocupa dos ollas todo el proceso

Recirculación (ver imagen 12):

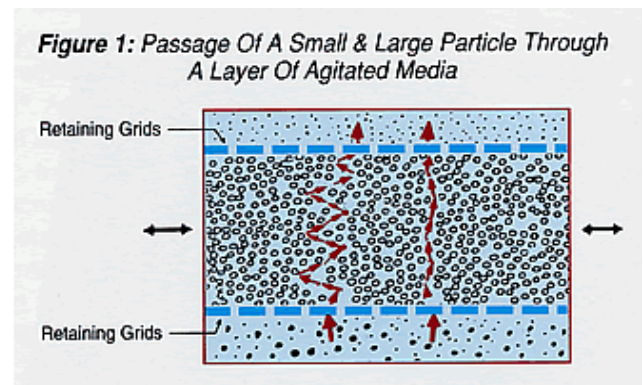
- Circulación plena.



**Imagen12:** Recirculación.

Como funciona este método?

“La molienda con circulación es una combinación de un molino y un tanque grande de retención que generalmente es 10 veces más grande que el molino. El molino se carga con bolas de molienda y contiene rejillas que restringen el paso de las bolas mientras que permiten el paso del producto (ver imagen 14).



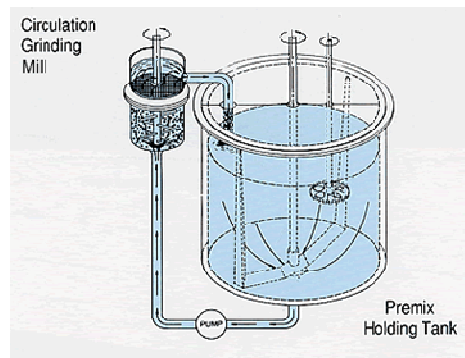
**Imagen 13:** Interior de la cuba de molienda.

El principio único del molino con circulación es la elevada velocidad de circulación (bombeo). El contenido total del tanque de retención se pasa a través del molino

por lo menos una vez cada 7 minutos y medio, o aproximadamente 8 veces por hora.

Esta velocidad alta de bombeo da una molienda más rápida y una distribución de tamaño de partícula más pequeña. Este fenómeno se explica por el principio de molienda preferencial (ver imagen 14). El rápido caudal de bombeo a través de las bolas de molienda agitadas hace que la cuba de molienda con circulación actúe como un tamiz o filtro dinámico, permitiendo que las partículas finas pasen y se muevan rápidamente por el mismo, mientras que las partículas más gruesas sigan un camino más tortuoso a través del intersticio formado por las bolas.

Con el proceso de circulación, a diferencia de un equipo continuo donde el producto pasa una sola vez, el material pasa varias veces a través de la cámara de molienda hasta obtener el tamaño de partícula deseado.



**Imagen14:** Principio de molienda preferencial.

Las bolas para molienda usadas en los molinos con circulación tienen un diámetro que varía en tamaño desde 3/32" hasta 1/4". Los materiales comúnmente usados

en las bolas para molienda son el cromo, el acero, la esteatita y el oxido de zirconio”<sup>8</sup>

### **Teoría de un diseño experimental**

“El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés o de respuesta. El diseño experimental describe una serie de pautas relativas que determina que variables hay que manipular, de que manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en que orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.

Las situaciones en las que se puede aplicar el DEE son muy numerosas de forma general, en las cuales se observan una o más variables experimentales dependientes o respuestas y cuyo valor depende de los valores de una o más variables independientes (x) controlables llamadas factores. Las respuestas además pueden estar influidas por otras variables que no son controladas por el experimentador. La relación entre x e y no tiene porqué ser conocida.

Aunque el DEE se puede aplicar cuando se estudia un solo factor (como por ejemplo en la elección de los patrones más adecuados para construir una recta de calibrado), sin duda sus ventajas se aprecian mejor cuando se debe estudiar más de un factor.

---

<sup>8</sup> (Union process)

Diseño factorial 2k: cuando en un experimento hay varios factores de interés, utilizamos el diseño experimental factorial.

En el experimento factorial, se analizarán todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada réplica del experimento, para estudiar el efecto conjunto de estos sobre una respuesta.

Pasos para el diseño de un experimento:

1. Observación
2. Planteamiento del problema de investigación
3. Hipótesis: premisas.
4. Método (incluye la elección de los sujetos, para la conformación de la muestra; el procedimiento, es decir, el tratamiento a los sujetos; las variables consideradas: variable dependiente, variable independiente, variables extrañas)
5. Resultados: Aquí se describen cuáles fueron las relaciones observadas entre las variables (si los valores de la variable independiente realmente influyeron significativamente sobre los de la variable dependiente, si hubo tantas variables extrañas como se pensaba o si surgieron otras), para lo cual se añaden a dicha descripción tanto gráficas (de barras, de pastel, etc.) como cuadros.
6. Conclusiones<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> (Runger, 2002)

## **7 METODOLOGÍA**

### **7.1 TIPO DE ESTUDIO**

Este proyecto tomará como tipo de estudio la investigación experimental ya que se enfocará en analizar una variable adicional al proceso, con el fin estudiar su comportamiento, aplicando diferentes métodos que permitan obtener mejores resultados, a fin de lograr la disminución de tiempos en el proceso, y establecer certeramente las limitantes y dificultades que estas puedan ocasionar.

### **7.2 EL METODO**

La observación: Que permitirá analizar el sistema con el que cuenta actualmente la compañía, para identificar las falencias y oportunidades para mejorar.

Planteamiento del problema de investigación: Determinar cuales son las razones por las cuales los tiempos de proceso en esta etapa generan el cuello de botella en la compañía.

Práctica: Se implementará un sistema de agitación con el cual se realizarán los ensayos correspondientes en cada uno de los productos que poseen tiempos altos de molienda, y se modificarán algunas variables del sistema actual, entre las que se encuentran: Variar el eje de velocidad del molino, verificar las condiciones actuales de las perlas y el flujo del producto.



Resultados: Se comprobarán con históricos si el sistema de agitación y las variables aplicadas conllevaron a la obtención de mejores resultados.

Conclusiones: Se determinará si la opción aplicada fue la mejor o si por el contrario se necesitará de otro estudio.

### **7.3 POBLACION**

Pinturas en general de la planta de PPG INDUSTRIES COLOMBIA .

### **7.4 MUESTRA**

Se trabajó sobre las pinturas cuya pasta necesita pasar por la fase de molienda y de las cuales se escogieron las que poseen altos tiempos en la etapa presentando dificultad en su operación.

### **7.5 FUENTES DE INFORMACION**

#### **7.5.1 FUENTES DE INFORMACION PRIMARIA**

Personal de producción de la empresa, ingenieros de productividad y calidad de PPG industries global, director de operaciones, jefe de mantenimiento, jefe de control procesos, laboratorio y los operarios encargados de la etapa (molineros).

### **7.5.2 FUENTES DE INFORMACION SECUNDARIA**

Libros internos de la empresa

Internet

### **7.6 TECNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACION**

Documentación: Históricos de la planta (registros de producción diario)

Diario de campo: Apuntes de todos los ensayos realizados

### **7.7 TRATAMIENTO DE LA INFORMACION**

Con la información recolectada se realizarán los análisis de los datos tomados (tiempos) vs los datos históricos a fin de establecer si el método optado genera mejores resultados y mayor capacidad productiva.

## **8 DESARROLLO TÉCNICO DEL ESTUDIO**

### **8.1 ALCANCE**

Mejorar el proceso productivo de molienda en la planta de pinturas de PPG INDUSTRIES COLOMBIA a través de un diseño experimental donde se varíen los parámetros de operación en los productos por medio de ensayos. Para estandarizar y aumentar la eficiencia según las características del producto, utilizando la tecnología actual: Molinos horizontales de perlas, además, se realizarán análisis y evaluaciones de diferentes alternativas de molienda en el sector de pinturas.

### **8.2 DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA SITUACIÓN**

Para llevar a cabo el objetivo de este proyecto de investigación es necesario enfocarse en el desarrollo del objetivo general trasado anteriormente.

Se cambiará el método actual de molienda olla a olla por el método de recirculación y agitación, debido a las causas anteriormente nombradas en la justificación mediante un diseño experimental.

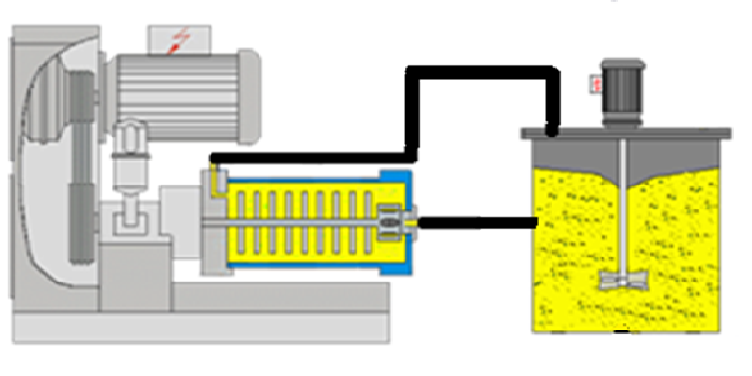
Se realizará la búsqueda de la propela más indicada y se realizarán los ensayos correspondientes con la misma, para verificar la capacidad de homogenización del producto tanto en el fondo como en la superficie. Así como su comportamiento de acuerdo a las Revoluciones por minuto (RPM).

Una vez escogida la propela indicada, se procederá a realizar el montaje de ésta y el cambio de proceso, el cual consistirá en utilizar una sola olla con agitación propia por medio de un sistema de rieles que sujetan un motor, el cual consta de un eje y una propela previamente ensayada; este sistema realizará la agitación de la pasta (materias primas homogenizadas en la fase de empastado) que se encuentra en un recipiente llamado olla que estará conectado al molino por medio de mangueras, y realizar de esta forma la recirculación del producto. (Ver imagen 15)

Se definirá y medirá el indicador de productividad del proceso de molienda, tomando datos de los registros históricos de tiempos de molienda de las referencias a evaluar, se encontrará un promedio del tiempo de cada una de estas para así crear el indicador de productividad.

Productividad = kilos producidos/tiempo de molienda.

**Imagen15:** Cambio de proceso de molienda



## 9. SITUACION ACTUAL DE LA ZONA DE MOLIENDA EN LA PLANTA DE PINTURAS PPG INDUSTRIES COLOMBIA

El método de molienda consiste en conectar la olla donde fue realizado el empastado del producto por medio de una manguera a la cuba del molino, allí se muele el producto y sale por medio de otra manguera a otra olla vacía de igual tamaño, esto se denomina una pasada (ver imagen 16). Para las pasadas siguientes que se necesiten se realiza el intercambio de la manguera que entra al molino por la que sale.

**Imagen16:** Método olla a olla.



El criterio para escoger el número de pasadas o tiempo de permanencia del producto por el molino es por registros históricos de lotes anteriormente realizados. Así se lleva una idea del número de pasadas que el producto requiere,

sin embargo, estos registros históricos no son de mucha ayuda porque no se tienen estandarizadas las condiciones óptimas de trabajo del molino, lo cual no permite ver claramente cuantas pasadas necesita el producto exactamente, ya que siempre arrojan tiempos diferentes en cada lote del mismo producto.

Adicional a esto el operario debe realizar una operación manual, la cual consiste en agitar el producto con la ayuda de una pala, esto debido a que los productos tienden a decantarse, lo que implica que tenga que apagar en muchas ocasiones los demás molinos para realizar esta operación, la cual puede tardar alrededor de 20 minutos, ocasionando un tiempo alto en la operación si se tienen en cuenta los demás molinos.

Por otro lado, se tiene que los molinos se encuentran trabajando a una mínima velocidad, lo que implica que el eje de molturación realiza un desplazamiento mas lento, por lo cual el movimiento de las perlas es menos rotatorio evitando que estas disgreguen con mayor facilidad el pigmento.

Otra de las condiciones actuales es que el flujo de salida de la pasta es muy lento, tarda varios segundos por litros en la operación de salida del producto, evitando de esta manera que la pasta logre pasar una mayor cantidad de veces por la cuba evitando que el pigmento sea disgregado por las perlas.

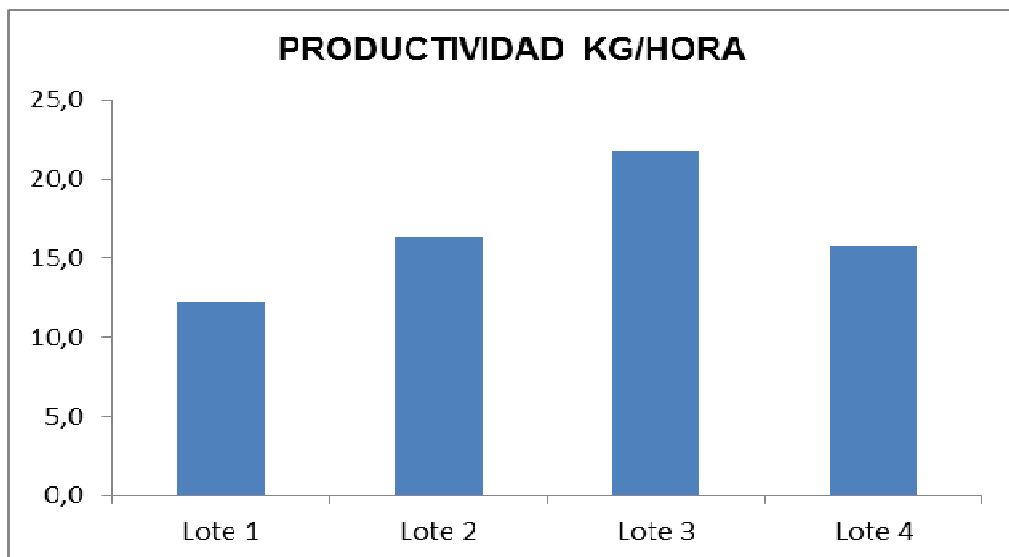
Por otro lado, se encuentran las perlas con las que cuentan actualmente los molinos, son de baja resistencia al desgaste y de un diámetro muy amplio, por lo cual con los constantes golpes que estas tienen entre si tienden a deformarse con mayor prontitud.

A continuación se muestra de manera Gráfica la situación actual de cada una de las referencias a evaluar, con el fin de poder ver los registros históricos y productivos de una manera más clara y facilitar la comprensión de la situación.

**TABLA1:**Registro historico de la referencia 1

LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KG/HORA
1	555	9,3	188	20,3
2	640	10,7	219	20,5
3	440	7,3	167	22,8
4	435	7,3	146	20,1

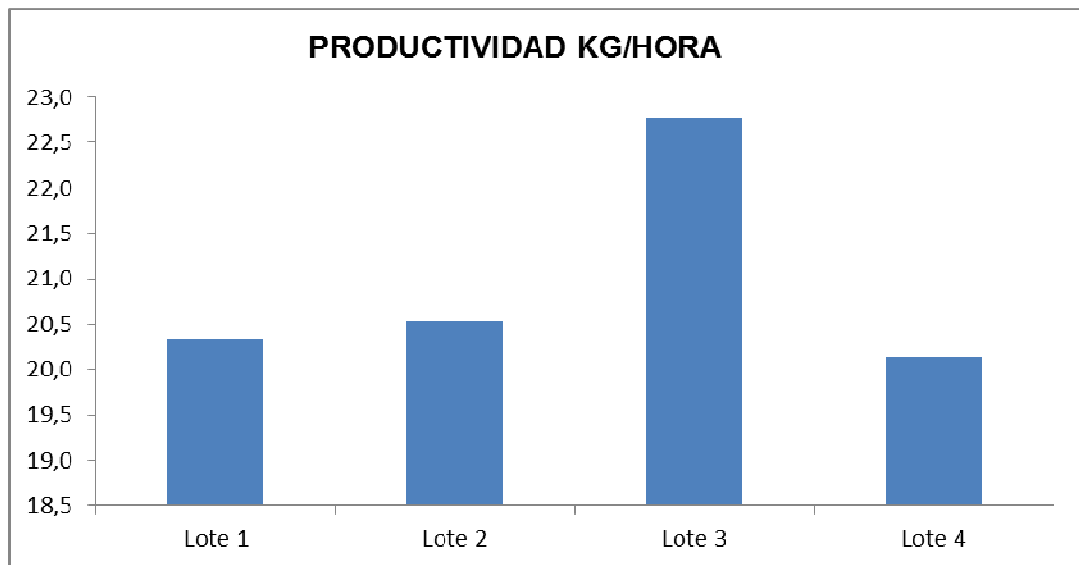
**Gráfica1:** Productividad de molienda de la referencia1



**Tabla 2:** Registro histórico de la referencia 2

LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KG/HORA
1	555	9,3	188	20,3
2	640	10,7	219	20,5
3	440	7,3	167	22,8
4	435	7,3	146	20,1

**Gráfica2:** Productividad de molienda de la referencia 2

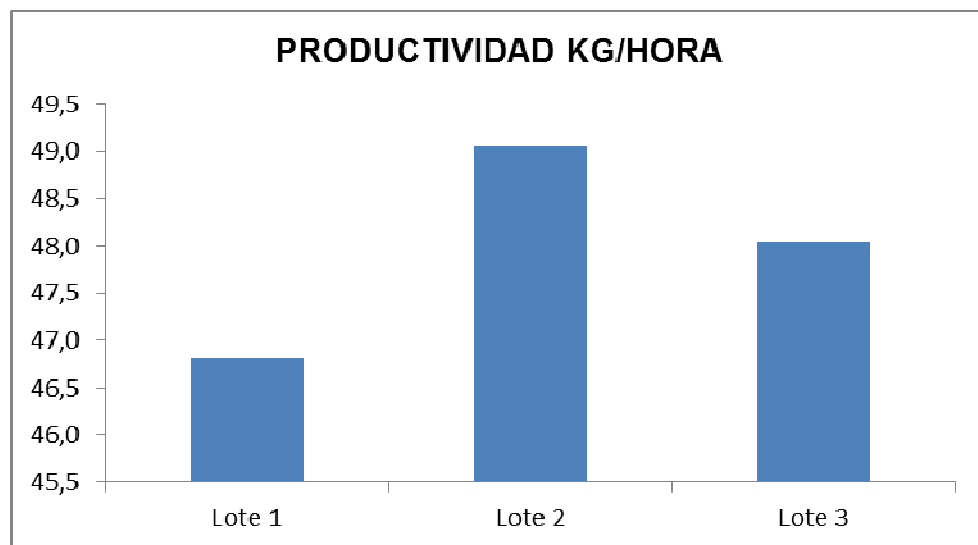




**Tabla 3:** Registro histórico de la referencia 3

LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KG/HORA
1	2720	45,3	2122	46,8
2	2595	43,3	2122	49,1
3	2650	44,2	2122	48,0

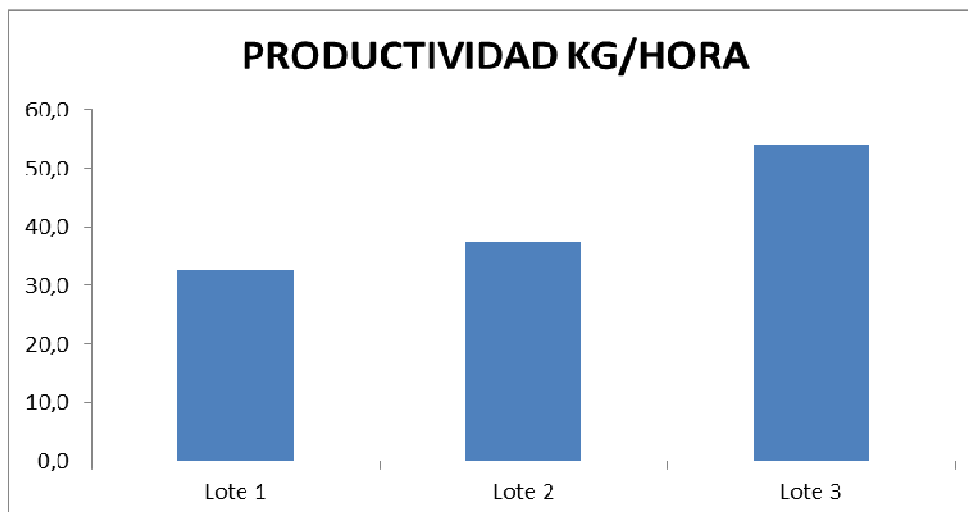
**Gráfica3:** Productividad de molienda de la referencia 3



**Tabla 4:** Registro histórico de la referencia 4

LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KG/HORA
1	450	7,5	245	32,7
2	455	7,6	285	37,6
3	135	2,3	122	54,2

**Gráfica 4:** Productividad de molienda de la referencia 4



## 10. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 10.1 ENSAYOS

### 10.2 ENSAYOS PROPELA TIPO HELICE

#### 10.2.1 ENSAYO 1 PROPELA PEQUEÑA TIPO HELICE

**Tabla 5:** Datos de ensayo propela tipo hélice pequeña.

DESCRIPCION	EQUIPOS UTILIZADOS	CAPACIDAD DE LA OLLA (GLN)	PESO DE LA OLLA (KG)	KILOS DE LA PASTA	REVOLUCIONES DISPERMIX (RPM)
PASTA 1	DISPERMIX OLLA	196	172	404	878

Durante el ensayo realizado con la propela tipo hélice pequeña para una de las referencias, se evidencia que cuando la propela es puesta a unos 20 centímetros aproximadamente de profundidad, es capaz de realizar una mezcla homogénea de la pasta, pero cuando el eje y la propela se bajan a una profundidad aproximadamente de 60 centímetros, la hélice no es capaz de arrastrar la pasta, lo cual no le permite realizar una incorporación homogénea, ya que el movimiento de esta alcanza a mover la pasta solo a poco diámetro de distancia del eje, lo cual no permite arrastrar el producto que se encuentra cerca de las paredes de la olla.

Cabe decir que este ensayo se realizó para una pasta de un tamaño de lote “mediano” en comparación con otras pastas de otros productos que pesan

alrededor de los 1000 y 2000 kilos, por lo cual la hélice no alcanzaría a realizar una adecuada homogenización del producto, por tal motivo, se recomienda realizar un ensayo con una hélice de mayor diámetro. (Ver imagen 17)

**Imagen17:** Propela tipo hélice pequeña



### 10.2.2 ENSAYO 2 PROPELA TIPO HELICE GRANDE

**Tabla 6:** Datos de ensayo propela tipo hélice grande

DESCRIPCION	EQUIPOS UTILIZADOS	CAPACIDAD DE LA OLLA (GLN)	PESO DE LA OLLA (KG)	KILOS DE LA PASTA	REVOLUCIONES DISPERMIX (RPM)
PASTA 2	DISPERMIX OLLA	175	200	950	458

Para la realización de este ensayo se tomó en cuenta el sentido de giro de la propela para así determinar cual es el más indicado al momento de la homogenización de la pasta.

#### Sentido manecillas del reloj

1. Se realizó la agitación de la propela a una velocidad de 267 revoluciones por minuto (RPM) y no alcanzó a mover la pasta
2. Se realizó la agitación de la propela a una velocidad de 382 revoluciones por minuto (RPM) evidenciándose un leve movimiento de la pasta en el centro.
3. Se realizó la agitación de la propela a una velocidad de 420 revoluciones por minuto (RPM) y se evidenció un movimiento uniforme en la pasta.
4. Se realizó la agitación de la propela a una velocidad de 458 revoluciones por minuto (RPM), dando como resultado una gran homogenización de la pasta, evidenciándose un oleaje de la pasta hacia afuera.

#### Sentido contrario manecillas del reloj

1. Se realizó a una velocidad de 267 revoluciones por minuto (RPM) pero esta no alcanzó a mover la pasta.
2. Se realizó a una velocidad de 382 revoluciones por minuto (RPM) moviendo una leve pasta alrededor de su eje.
3. Se realizó a una velocidad de 420 revoluciones por minuto (RPM) obteniendo los mismos resultados de 382 revoluciones por minuto (RPM).
4. Se realiza a 458 revoluciones por minuto (RPM), se mueve el producto tratando de mover apenas las paredes hacia el eje

5. Se realiza a 534 revoluciones por minuto (RPM) y mueve el producto lentamente hacia su eje
6. Se realiza a 611 revoluciones por minuto (RPM), este mueve el producto pero presenta mucha vibración en su eje.

El mejor sentido observado para la homogenización de la pasta es hacia las manecillas del reloj, aunque a la velocidad del ensayo 4, presenta mucha turbulencia ocasionando grandes salpicaduras en la olla dentro y fuera de ésta, lo que ocasiona que tenga que estar tapada para evitar que salpique el suelo.

El sentido contrario muestra que es necesario poner más revoluciones para que se alcance la homogenización del producto y además presenta un gran desgaste en el eje del dispermix.

Está propela presenta demasiadas salpicaduras hacia adentro y fuera de la olla bajo el sistema de agitación con dispermix (ver imagen18), y estos parámetros se deben tener en cuenta, pues el objetivo es implementarla bajo un sistema neumático, por lo cual se realizó un ensayo adicional bajo estas condiciones.

**Imagen18:** Propela tipo hélice grande



### 10.2.3 ENSAYO 3 PROPELA TIPO HELICE GRANDE BAJO SISTEMA NEUMATICO

**Tabla 7:** Datos de ensayo propela grande sistema neumático.

DESCRIPCION	EQUIPOS UTILIZADOS	CAPACIDAD DE LA OLLA (GLN)	PESO DE LA OLLA (KG)	KILOS DE LA PASTA	REVOLUCIONES DISPERMIX (RPM)
PASTA 3	DISPERMIX OLLA	622	418	1492	458

Para la realización de este ensayo y debido a la experiencia con el ensayo 3 donde la agitación de la pasta presenta buenas condiciones pero las revoluciones por minuto (RPM) que presentan los dispermix son a elevadas escalas, se procede a acoplar esta propela en un agitador neumático sobre un sistema de

rieles (sistema de agitación por recirculación) que me garanticen la homogenización de la pasta a menos revoluciones por minuto (RPM) (ver imagen19).

**Imagen 19:** Sistema de recirculación con agitador neumático



Durante el ensayo se verifica que la homogenización de la pasta es uniforme pero por las condiciones del producto y debido a la viscosidad que esta presenta, se generan dudas si en el fondo de la pasta presenta una incorporación uniforme, por lo cual es necesario que se realice una prueba donde se pueda evidenciar dicha condición. Para verificar esta condición de homogenización se procede a sacar 4 muestras del fondo de la pasta de cada uno de los lados por medio de una bomba mecánica.

Dicho ensayo se realiza en el área de Control Calidad por medio de un corrido en leneta (ver imagen 20), para de este modo verificar si la homogenización del producto fue en toda la pasta. Se constató en el corrido, que cada una de las



muestras presentan el mismo tono, por lo que la agitación del producto fue semejante en cada uno de sus lados.

Debido a los resultados obtenidos con la propela y bajo asesoría de los Ingenieros ,se procede a cambiar las condiciones de ésta, por lo cual se recomienda que la agitación sea mayor, por lo cual se cambiará la propela por una hélice tipo paletas, la cual conste de 3 o 4 aspas, bajo el mismo sistema de agitación neumática sobre rieles utilizados en el ensayo anterior.

**Imagen 20:** Chequeo en leneta



## 11. REDUCIR LOS TIEMPOS DE PROCESO EN LA ETAPA DE MOLIENDA EN PPG INDUSTRIES COLOMBIA

Para la reducción en los tiempos de operación, se realizó el montaje del sistema de recirculación anteriormente mencionado y bajo los cambios requeridos como lo eran el cambio de la propela tipo hélice por tipo paletas. (Ver imagen 21), además, se modificaron algunas de las variables con las que cuenta el sistema actual de molienda, entre las que se encuentran; el cambio de perlas de un diámetro mayor por perlas con un diámetro menor, el cambio de velocidad de eje de molturación y el cambio de flujo (velocidad de entrada y salida del producto), .estos cambios se realizaron a las referencias nombradas anteriormente en la situación actual, las cuales poseen altos tiempos en el proceso de molienda.

Estos cambios se realizaron para pastas de lotes pequeños a fin de establecer las mejores condiciones de molienda y los mejores parámetros de operación de los molinos, a fin de controlar otras variables como lo son temperatura y presión.

**Imagen 21:** sistema de recirculación



### 11.1 Referencia 1

Se toma la referencia 1 para iniciar los ensayos del método de molienda por recirculación y **con perlas de diámetro menor**, se procede a moler el lote 5, el cual tiene las siguientes características (ver tabla 8).

**Tabla 8:** Características referencia 1

REFERENCIA 1		
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KG)
REFERENCIA 1	lote 5	234

Los 234 kilos de la pasta se dividieron en dos partes a fin de establecer los mejores parámetros de molienda; a continuación se describe el procedimiento llevado a cabo.

#### Olla 1

1. Se agitó previamente la pasta por 15 minutos a 72 revoluciones por minuto(RPM) en agitador neumático
2. Inicio de la pasada a otro tambor con flujo de 10.3seg/ltr
3. Inicio molienda por recirculación con agitación incrementando el flujo a 3.84 seg/ltr

Se logró la molienda en 76 minutos y el esfuerzo de tinturación en 34 minutos adicionales, en total 110 minutos

## Olla 2

1. Agitación inicial por 15 minutos a 123 revoluciones por minuto (RPM).
2. Inicio molienda por recirculación a máximo flujo 5 seg/ltr y con velocidad de agitador de 110 revoluciones por minuto (RPM)

Se llevó una muestra a control de calidad para verificar la molienda, a los 110 minutos, tiempo en el cual se alcanzó en el ensayo de la olla 1, pero no se logró, por lo cual se molió por agitación constante durante otros 55 minutos adicionales en los cuales se lograron las propiedades.

### 11.1.1 Resultados de la referencia 1

**Tabla 9:** Resultados referencia 1

RESULTADO MOLIENDA POR RECIRCULACION REFERENCIA 1			
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KLS)	TIEMPO TOTAL DE MOLIENDA(Hora)
Referencia 1	Lote 5	234	4.3

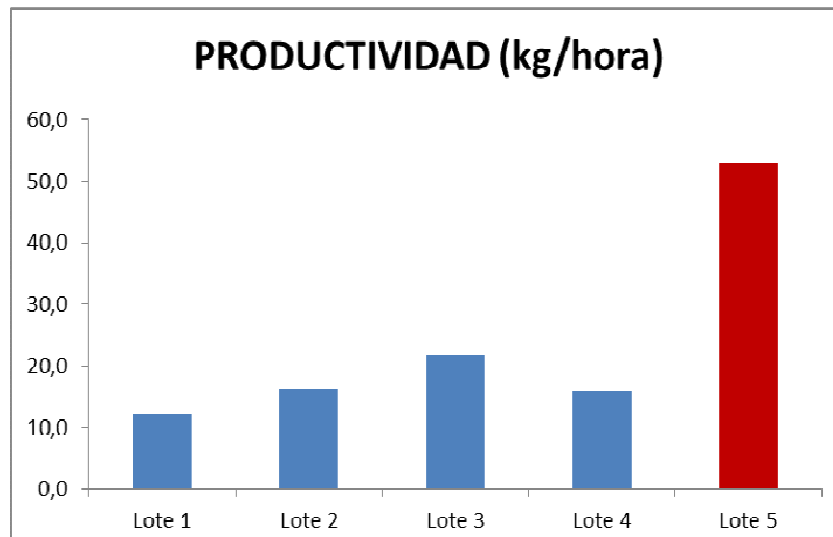
**11.1.2 Análisis de resultados de la referencia 1:** A continuación se muestra un cuadro comparativo donde se pueden observar diferentes lotes que se han fabricado del producto de la referencia 1 (ver tabla 10).

**Tabla 10:** Cuadro comparativo referencia 1.

CUADRO COMPARATIVO DE DIFERENTES LOTES DE LA REFERENCIA 1				
LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KLS/HORA
1	1150	19,2	234	12,2
2	860	14,3	234	16,3
3	750	12,5	272	21,8
4	885	14,8	234	15,9
5	265	4,4	234	53,0

Obteniendo el indicador de productividad con el lote de recirculación, observamos que es de 53 (kg/hora), lo cual demuestra que moler por el método de recirculación es un método eficiente y productivo (ver Gráfica 5).

**Gráfica 5:** Productividad (kg/hora) referencia 1



## 11.2 referencia 2

Se toma la referencia 2 y se muele bajo los mismos parámetros de la referencia 1, se procede a moler el lote 5 el cual tiene las siguientes características (ver tabla 11).

**Tabla 11:** características referencia 2

REFERENCIA 2		
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KG)
REFERENCIA 2	Lote 5	214

La referencia 2 se muele mediante el método de molienda por recirculación, el cual se realiza en una sola etapa con el agitador neumático, se inició trabajando con un flujo de 18.22 seg/ltr y se aumentó al final a 5.78 seg/ltr.

### 11.2.1 Resultados de la referencia 2

**Tabla 12:** Resultados referencia 2

RESULTADO MOLIENDA POR RECIRCULACION REFERENCIA 2			
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KG)	TIEMPO TOTAL DE MOLIENDA(Hora)
REFERENCIA 2	Lote 5	214	7

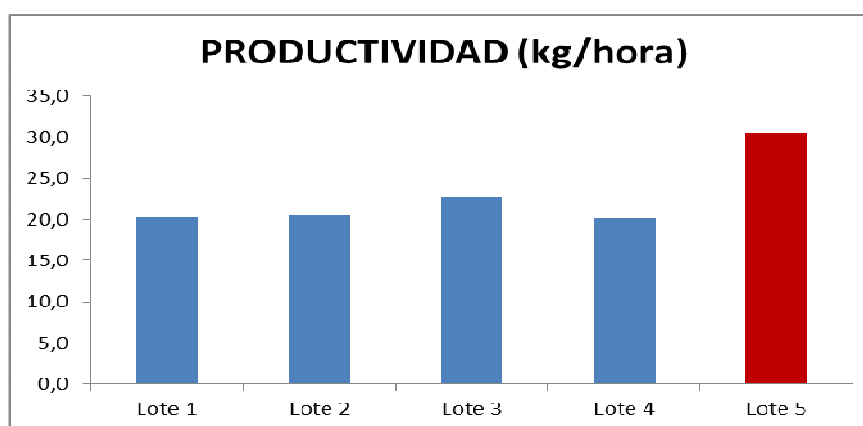
**11.2.2 Análisis de resultados de la referencia 2:** A continuación se muestra un cuadro comparativo donde se pueden observar diferentes lotes que se han fabricado del producto de la referencia 1 (ver tabla 13).

**Tabla 13:** Cuadro comparativo referencia 2.

CUADRO COMPARATIVO DE DIFERENTES LOTES DE LA REFERENCIA 2				
LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KLS/HORA
1	555	9,3	188	20,3
2	640	10,7	219	20,5
3	440	7,3	167	22,8
4	435	7,3	146	20,1
5	420	7,0	214	30,6

Obteniendo el indicador de productividad con el lote de recirculación, observamos que es de 30,6 (kg/hora), lo cual demuestra que moler por el método recirculación es un método eficiente y productivo (ver Gráfica 6).

**Gráfica 6:** Productividad (kg/hora) referencia 2



### 11.3 Referencia 3

Para la realización del ensayo de la referencia 3 se tomaron 2 lotes (4 y 5), de los cuales se molieron bajo parámetros distintos. El primer lote (4) se realizó bajo las condiciones actuales de molienda método de olla a olla, con perlas de menor diámetro, velocidad alta del eje de moturación y flujo a su máximo caudal. El segundo lote (5) se realizó en 2 partes: La primera parte método de olla a olla y la segunda bajo el método de molienda por recirculación y bajo los mismos parámetros del lote anterior.

**Tabla 14:** Características referencia 3

REFERENCIA 3		
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KG)
REFERENCIA 3	Lote 4	2122
REFERENCIA 3	Lote 5	2122

El lote 5 se molió bajo los 2 métodos, la primera parte (2002 kilos) se molieron bajo el método olla a olla con perlas de menor diámetro, velocidad máxima del eje de molturación y flujo al máximo caudal. La segunda parte (120 kilos) se molieron bajo el método de molienda por recirculación y bajo los mismos parámetros de la primera parte.



### 11.3.1 Resultados de la referencia 3

**Tabla 15:** Resultados referencia 3

RESULTADO MOLIENDA POR RECIRCULACION REFERENCIA 3			
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KG)	TIEMPO TOTAL DE MOLIENDA(Hora)
REFERENCIA 3	4	2122	17.50
REFERENCIA 3	5	2002	12.95
REFERENCIA 3	5	120	1.33

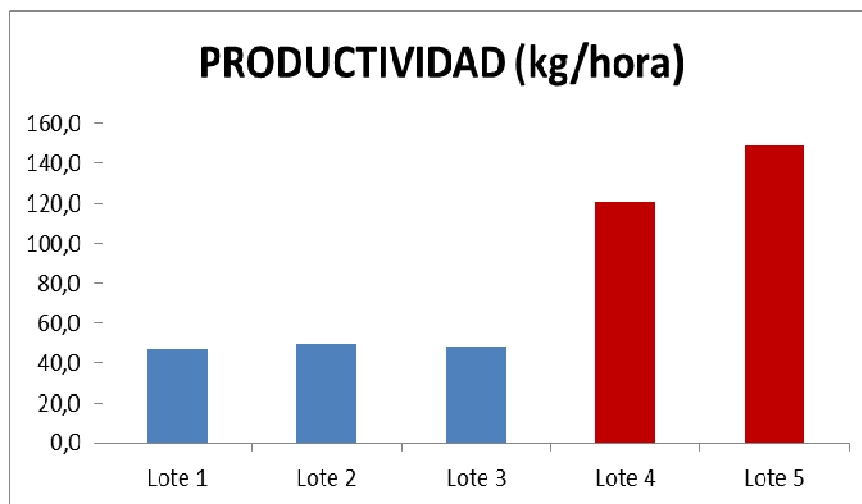
**11.3.2 Análisis de resultados de la referencia 3:** A continuación se muestra un cuadro comparativo donde se pueden observar diferentes lotes que se han fabricado del producto de la referencia 3, en donde se muestra que cambiando los parámetros de molienda como velocidad del eje, perlas, y flujo, se obtiene mayor productividad, además, con el sistema de molienda por recirculación se reducen al máximo los tiempos de operación (ver tabla 13).

**Tabla 16:** Cuadro comparativo referencia 3

CUADRO COMPARATIVO DE DIFERENTES LOTES DE LA RREFERENCIA 3				
LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KLS/HORA
1	2720	45,3	2122	46,8
2	2595	43,3	2122	49,1
3	2650	44,2	2122	48,0
4	777	17,5	2122	121,3
5	857	14,28	2122	148,6

Obteniendo el indicador de productividad con los 2 últimos lotes, observamos que en el lote 4 es de 121.3 (kg/hora) y en el lote 5 molienda por recirculación 148.6 (kg/hora), lo cual demuestra que moler por el método recirculación y cambiando parámetros de molienda es un método eficiente y productivo (ver Gráfica 7).

**Gráfica 7:** Productividad (kg/hora) referencia 3



#### 11.4 Referencia 4

Para la realización del ensayo 4 se tomaron todos los parámetros a evaluar, velocidad del eje del molino, perlas de menor diámetro, flujo a su máximo caudal y molienda por recirculación.

**Tabla 17:** Características referencia 4

REFERENCIA 4		
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KG)
REFERENCIA 4	Lote 4	169

Al realizar el ensayo de la referencia 4 utilizando todos los parámetros mencionados anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla18)

#### 11.4.1 Resultados de la referencia 4

**Tabla 18:** Resultados referencia 4

RESULTADO MOLIENDA POR RECIRCULACION REFERENCIA 4			
DESCRIPCION	LOTE DEL PRODUCTO	CANTIDAD INICIAL(KG)	TIEMPO TOTAL DE MOLIENDA(Hora)
REFERENCIA 4	Lote 4	169	1,75

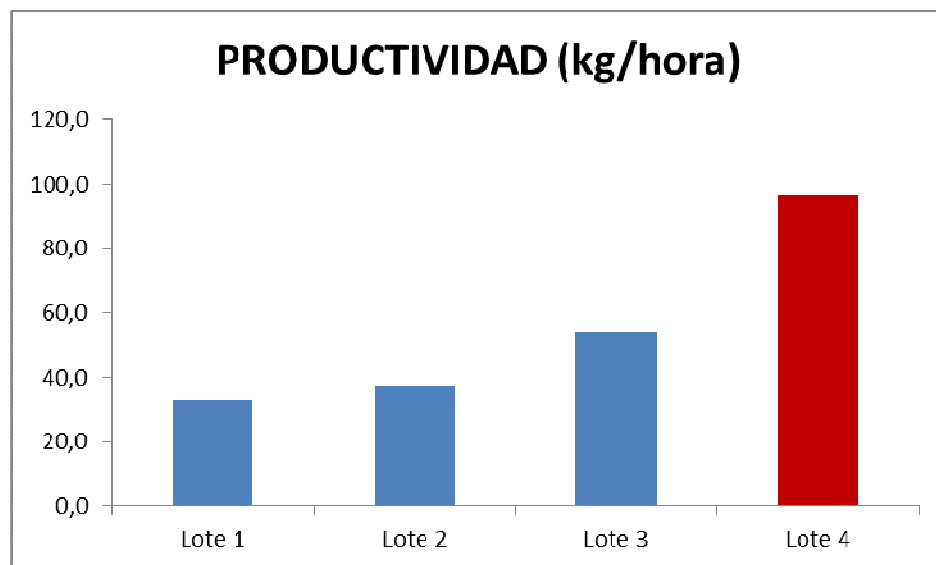
**11.4.2 Análisis de resultados de la referencia 4:** A continuación se muestra un cuadro comparativo donde se pueden observar diferentes lotes que se han fabricado del producto de la referencia 4, en donde se muestra que cambiando los parámetros de molienda como: Velocidad del eje, perlas, flujo y molienda por recirculación se obtiene mayor productividad.

**Tabla 19:** Cuadro comparativo referencia 4

CUADRO COMPARATIVO DE DIFERENTES LOTES DE LA REFERENCIA 4				
LOTE	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Horas)	CANTIDA DE LA PASTA	KLS/HORA
1	450	7,5	245	32,7
2	455	7,6	285	37,6
3	135	2,3	122	54,2
4	105	1,8	169	96,6

Obteniendo el indicador de productividad con el lote de recirculación con todos los parámetros: Velocidad del eje del molino, perlas de menor diámetro y flujo a su máximo caudal, observamos que es de 96.6 (kg/hora), lo cual demuestra que moler por el método recirculación es un método eficiente y productivo (ver Gráfica 8).

**Gráfica 8:** Productividad (kg/hora) referencia 4



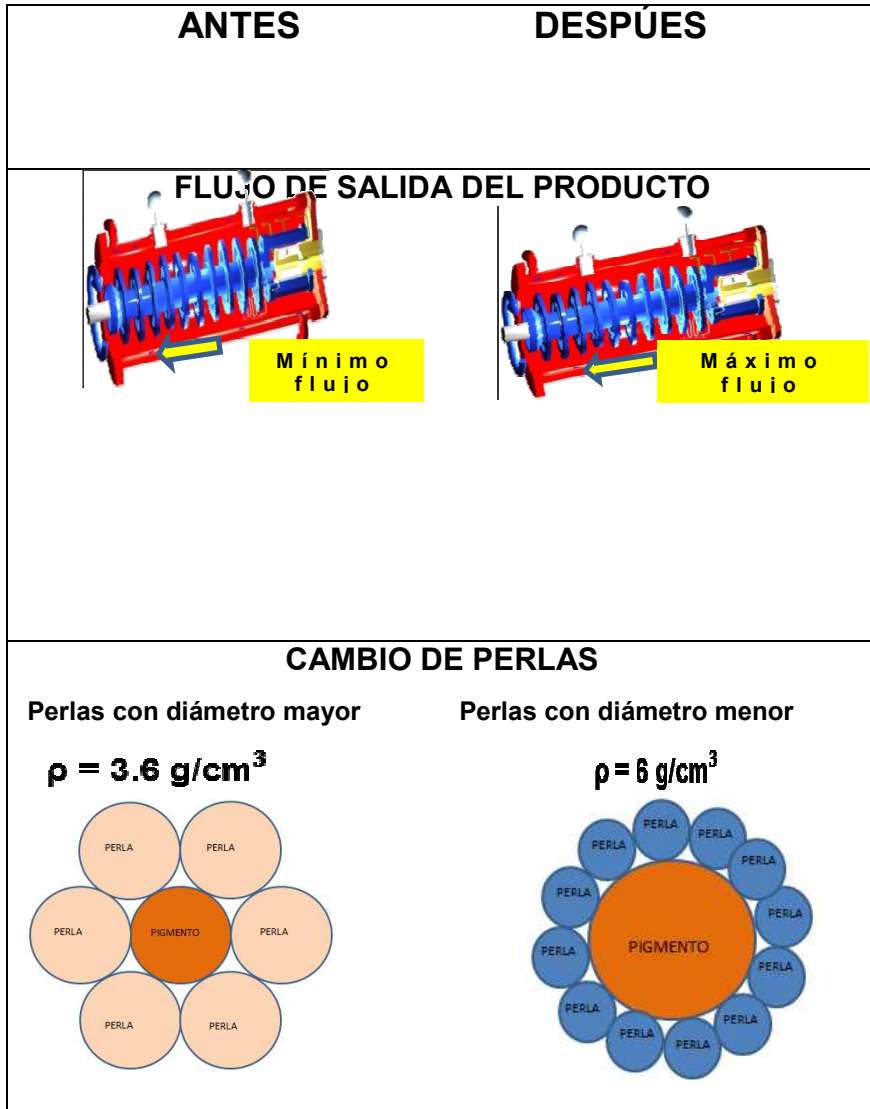
## **12. RESULTADOS**

Comparando los registros históricos con las referencias molidas bajo el sistema de molienda por recirculación y cambiando algunos de los parámetros de molienda (Ver imagen 22), observamos que este método arrojó resultados significativos, al reducir los tiempos de molienda y aumentando la productividad del proceso

Además, se mejora la ergonomía del trabajador ya que el operario no tiene que estar constantemente agitando el producto manualmente por medio de una pala, lo que implica que esté expuesto a una lesión lumbar, adicional a esto, se reduce la emisión de vapores en el ambiente.

Otro factor importante es que se genera mayor espacio en la zona de molienda, puesto que se pasa de moler de 2 ollas a una, facilitando a su vez la circulación del montacargas por la zona.

ANTES	DESPÚES
<p data-bbox="368 452 722 474">MOLIENDA OLLA A OLLA</p> 	<p data-bbox="745 452 1171 474">MOLIENDA POR RECIRCULACION</p> 
<p data-bbox="488 990 1106 1019">VELOCIDAD DEL EJE DE MOLTURACION</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="376 1025 807 1245">  <p data-bbox="563 1171 807 1245" style="background-color: yellow; text-align: center;">Velocidad mínima</p> </div> <div data-bbox="817 1025 1193 1245">  <p data-bbox="978 1171 1193 1245" style="background-color: yellow; text-align: center;">Velocidad máxima</p> </div> </div>	



**Imagen 22** Cambios sistema de molienda

## **12.1 RESULTADOS CUANTITATIVOS**

Los resultados obtenidos con la implementación de este sistema se vieron reflejados en la reducción de 1 turno de trabajo, el auxiliar del día y la disminución de consumo de energía. Todo lo anteriormente expresado, si se implementa el sistema de molienda por recirculación en cada uno de los molinos, ya que el proyecto solo realizó el estudio en un solo molino, por lo cual los resultados obtenidos en este se multiplicaron por los otros molinos con los que cuenta la planta. Por tal motivo, se muestran en las siguientes tablas los estimados de costos y ganancias obtenidas por mano de obra y por energía.

El estudio realizado para cuantificar los resultados, muestra que éstos se obtienen de un promedio mensual, en donde se promedian inicialmente los kg/hora trabajados por mes, y de este modo se cuantifica el costo de un operario, en donde se verifica el promedio de horas trabajadas mes y los recargos nocturnos por dicha operación.

Para cuantificar el costo y ahorro de energía, se toman datos históricos del consumo de energía del molino al cual se le realizó el estudio, y a partir de la realización de los ensayos se verifica el consumo de amperajes del mismo molino y del agitador. Todo esto con el apoyo del área de mantenimiento quienes son los encargados de la toma de voltaje de los equipos de la planta. (Ver tablas 21 y 22)



### 12.1.1 Resultados por mano de obra

**Tabla 20:** Características ahorro por mano de obra

RESULTADOS POR MANO DE OBRA	
Cantidad de pasta molida en un mes (Kg/mes)	55000
Rendimiento de molino sin contramedidas (Kg/H)	22
Rendimiento de molino con contramedidas (Kg/H)	62
Numero de molinos	8
Salario mínimo	\$ 566.700
Recargo festivo nocturno (\$)	1771
Recargo nocturno (\$)	826
Horas de operación molienda sin contramedidas (H/mes)	2500
Horas de operación molienda con contramedidas (H/mes)	887
Ahorro en horas molidas por mes (H)	1613
Mano de obra: Horas nocturnas de un mes (H)	192
Mano de obra: Horas nocturnas festivas (H)	8
Mano de obra: Horas nocturnas normales (H)	184
Ahorro en mano de obra nocturna (\$/mes)	\$ 732.852
Ahorro en mano de obra nocturna (\$/año)	\$ 8.794.224
Ahorro en mano de obra diurnas por auxiliar (\$/mes)	\$ 566.700
Ahorro en mano de obra diurnas por auxiliar (\$/año)	\$ 6.800.400
AHORRO TOTAL MANO DE OBRA (molinero turno 3 + auxiliar día)	\$ 15.594.624

### 12.1.2 Resultados por energía

**Tabla 21:** Características ahorro energía

RESULTADOS DE ENERGIA	
Consumo energía agitador (Kw/H)	0,75
Consumo por horas trabajadas agitador en el mes (H/mes)	665
Costo Kw/H	311
Consumo en pesos de energía agitadores	\$ 206.915
Consumo energía molino (Kw/H)	16
Consumo energía molino sin contramedidas (Kw/mes)	40000
Consumo energía molino con contramedidas (Kw/mes)	14194
Costo Kw/H	311
Consumo en pesos de energía molino sin contramedidas	\$ 12.440.000
Consumo en pesos de energía molino con contramedidas	\$ 4.414.194
Ahorro en pesos por consumo de energía en molinos	\$ 8.025.806
Consumo de energía (molinos+agitadores) por mes	\$ 8.232.722
Ahorro por consumo de energía (molinos+agitadores)por mes	\$ 4.207.278
Ahorro por consumo de energía (molinos+agitadores)por año	\$ 50.487.339

### 12.1.3 Total resultados

**Tabla 22:** Estimado ahorros del proyecto

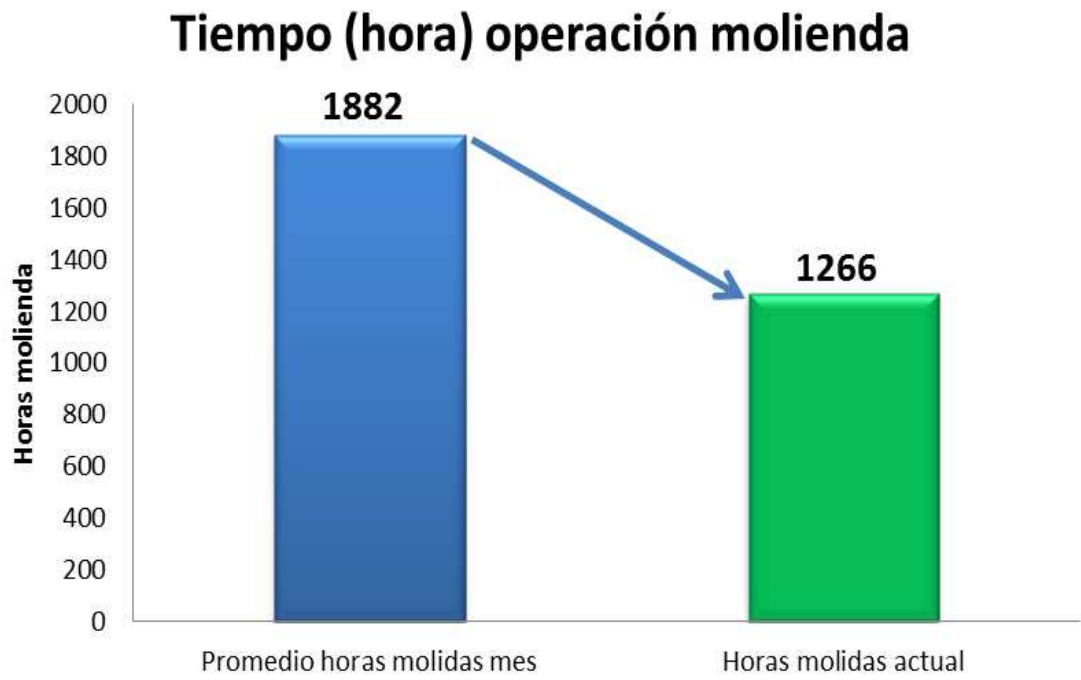
ITEM	Ahorro anual
Ahorro total mano de obra (molinero de la noche + auxiliar día)	\$ 15.600.000
Ahorro de energía	\$ 50.500.000
Total ahorro	\$ 66.100.000

## 12.2 RESULTADOS CUALITATIVOS

Los resultados cualitativos obtenidos por el estudio del proyecto se describen a continuación en los siguientes ítems:

- Se mejora la ergonomía del trabajador:, ya que el operario no tiene que realizar la agitación manual del producto con una pala como se venia haciendo, esto implicaba en el trabajador malas posturas, ocasionando dolores lumbares frecuentes en los operarios,. lo que conllevaba a ausentismos por incapacidades.
- Reducción de emisión de vapores en el ambiente:., puesto que con la implementación de este sistema de agitación por recirculación, se evita agitar el producto manualmente., esto implicaba destapar los productos para agitarlos, generando vapores en el ambiente y a la persona, caso contrario pasa con el agitador que cuenta con una tapa evitando la salida de éstos.
- Mayor capacidad operativa en la etapa de molienda: Con la implementación de estas contramedidas o cambios en las variables del proceso actual de molienda, se reduce el tiempo de operación de los productos, bajando significativamente las horas de molienda, pasando de un promedio mensual de 1882 a 1266 horas mensuales que corresponden al 33%(ver Gráfica 9)
- Metodología kaizen: Ya que el desarrollo y estudio de este proyecto estuvo acompañado del grupo kaizen, conformado por 5 integrantes que trabajamos para aportar en el desarrollo e implementación de este estudio.

**Gráfica 9:** Disminución de horas molienda



**33%**

## 13 COSTOS DEL PROYECTO

### 13.1 Inversión de ensayos práctica

Para la realización de las pruebas Se realizó la inversión en 2 propelas tipo hélice pequeña y grande y el montaje de 2 agitadores con hélice tipo paletas para pastas pequeñas y grandes.

**Tabla 23:** Inversiones sistema de agitación

INVERSION ENSAYOS SISTEMA DE AGITACION				
PROPELA TIPO HELICE PEQUEÑA	PROPELA TIPO HELICE GRANDE	AGITADOR CON HELICE TIPO PALETAS PEQUEÑO	AGITADOR CON HELICE TIPO PALETAS GRANDE	TOTAL
\$ 25.000	\$ 65.000	\$ 250.000	\$ 350.000	\$ 690.000

La inversión monetaria para los ensayos fue costeadada en su totalidad por la empresa, debido a que se pretende implementar el método de molienda por recirculación en la compañía, por lo cual los ensayos y resultados adquiridos fueron de gran ayuda para ampliar la capacidad de planta en la zona de molienda.

### 13.2 Inversión para el proyecto

La inversión para el montaje de recirculación con rieles y agitadores sistematizados con variaciones de velocidad estimada será de \$196.000.000 millones de pesos, la cual se verá reflejada en 3 años debido a los resultados que se obtuvieron con las pruebas realizadas.

## 14 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la compañía PPG INDUSTRIES COLOMBIA implementar un sistema de agitación en cada uno de los molinos horizontales, dándole continuidad al estudio realizado en este trabajo, a fin de mejorar la capacidad de planta en esta área y de brindar mejores condiciones de operación al trabajador.
- Seguir apoyando la metodología kaizen, la cual aporta oportunidades de mejoras en los diferentes procesos de la empresa.
- Realizar estudios a los productos blancos molidos para evitar la molienda de estos, a fin de realizar la dispersión de los pigmentos por medio de agitación en dispermix.
- Implementar nuevamente la metodología de las 5's, ya que se encuentra algo descuidada, lo que ocasiona gran desorden en la planta y demoras en la búsqueda de materias primas e insumos.

## 15. CONCLUSIONES

- Se realizó un estudio donde se encontraron los parámetros de operación de mayor importancia que afectan la productividad del proceso de molienda.

A través del estudio que se realizó con la ayuda de las áreas de laboratorio, producción y mantenimiento de PPG INDUSTRIES COLOMBIA., se lograron identificar los parámetros más importantes a trabajar: entre los cuales tenemos::

- Sistema de molienda por recirculación para mejorar el proceso actual de molienda olla a olla.
  - Cambio de perlas de los molinos
  - Cambio en la velocidad del eje de molturación
  - Aumento en la salida del flujo del producto.
- Se definieron los parámetros adecuados para trabajar las perlas de menor diámetro, utilizando velocidad de eje alta ya que este es el parámetro más acertado en cuanto a la reducción de tiempo, sin causar vibraciones y temperaturas inadecuadas que puedan causar algún daño o desgaste significativo al molino.
  - Se realizaron mejoras al sistema y al proceso actual de molienda, utilizando el método de recirculación en vez del método convencional que PPG INDUSTRIES COLOMBIA utiliza para la molienda de sus productos.
  - El método de molienda por recirculación fue evaluado en 4 referencias, las cuales poseen alta dificultad para moler, los resultados obtenidos de esta

evaluación fueron muy positivos ya que se logró así un aumento en la productividad en cada una de las referencias evaluadas.

- Se compararon los tiempos de molienda actuales con respecto a los tiempos mejorados, dejando ver claramente la mejoría que tuvo tanto el cambio de sistema de molienda olla a olla por recirculación, como también los excelentes resultados que obtuvimos en los ensayos.
- Se lograron disminuir los tiempos de molienda con el método de recirculación en unas 616 horas, que corresponde a un 33% en comparación con el método anterior.
- Se trabajó el proyecto mediante la metodología kaizen, donde se debatieron propuestas de trabajo, arrojando resultados positivos como la participación y la labor en equipo.



## 16. BIBLIOGRAFIA

ALZATE, E. (2012). Información general del proceso de molienda. Medellín: PPG INDUSTRIES

HARBS, E. T. (2009). Tecnología de molinos de esferas. Sao Pablo: NETZSCH DO BRASIL.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grados y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 36 p. NTC 1486.

Runger, M. . (2002). Probabilidad y Estadística. . Limusa

TECNOLOGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCION UNIVERSITARIA. Guía para la presentación de la propuesta de trabajo de grado. Versión 01.

### CIBERGRAFIA

[www.ebroacero.com/plantas\\_cemento.aspx](http://www.ebroacero.com/plantas_cemento.aspx) .. Acceso el 25 de 10 de 2012, de sitio Web de Ebroacero:

[http://www.lleal.com/producto\\_interior.php?id=&lab=1&tipus=proces&id\\_prod=103](http://www.lleal.com/producto_interior.php?id=&lab=1&tipus=proces&id_prod=103), de sitio Web de Grupo Lleal: Acceso el 25 de 10 de 2012

<http://www.alipso.com/monografias/molienda/> Web de Alipso: Acceso el 25 de 10 de 2012, de sitio

<http://www.solostocks.com.mx/venta-productos/instrumentos-medicion-analisis/instrumentos-medicion/grindometro-de-molienda-pintura-tinta-225023>, de sitio Web de Solos Stocks: Acceso el 20 de 10 de 2012

[ceramica.wikia.com/wiki/Molino\\_de\\_bolas](http://ceramica.wikia.com/wiki/Molino_de_bolas) , de sito web de cerawikia: Acceso el 20 de 10 de 2012

[http://www.unionprocess.com/spanish/circulation\\_process.html](http://www.unionprocess.com/spanish/circulation_process.html) de sitio Web de Union Process:. Acceso el 20 de 10 de 2012,..

[http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/352101/352101\\_ee.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/352101/352101_ee.htm) de sitio Web de Tecnologías limpias: Acceso el 15 de 10 de 2012,

<http://www.netzsch-grinding.com/es/industrias-aplicaciones/paint.html> Acceso el 30 de 10 de 2012

<http://www.columbianchemicals.com/Portals/0/Products/Literature/Spanish/paintsp.pdf> de sitio Web de Columbian Chemicals: Acceso el 15 de 10 de 2012,

<http://www.eirich-molaris.es/es/tower-mill> , de sitio Web de Eirich The Pioneer in Material Processing: Acceso el 25 de 10 de 2012