



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR  
DEL OCCIDENTE DEL ESTADO DE HIDALGO**

DIVISIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA PARA EL MANEJO DE POLVOS EN EL  
PROCESO DE CALCINACIÓN DE LA MATERIA PRIMA  
PARA LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO”**

QUE A TRAVÉS DE LA OPCIÓN DE:

REPORTE DE RESIDENCIA.

PRESENTA:

**ANA CAROLINA ACEVEDO ACEVEDO.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO INDUSTRIAL.**

A Dios, por permitirme estudiar y darme la sabiduría y ciencia necesaria para la realización de este trabajo.

A mi madre, Guadalupe Acevedo y Marco Antonio Hernández, por cada palabra de aliento, por su cariño infinito, por darme todo su apoyo y todo su amor.

A mi asesor, M.I.I. Dario Gustavo Cornejo Ortiz por su infinita paciencia y ayuda en este trabajo, por sus consejos y por confiar en mí.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	
1.1.- Perfil Holcim Apasco .....	2
1.2.- Proceso para la fabricación del cemento .....	3
<b>CAPITULO 2: MARCO DE REFERENCIA</b>	
2.1.- Planteamiento .....	6
2.2.- Objetivos .....	7
2.3.- Justificación .....	8
<b>CAPITULO 3: MARCO TEÓRICO</b>	
3.1.- Composición de los polvos .....	9
3.2.- Técnicas para el manejo de polvos .....	10
3.3.- Proceso del manejo de polvos .....	13
<b>CAPITULO 4: METODOLOGÍA</b>	
4.1.- Análisis FODA .....	23
4.2.- Diagrama de Árbol .....	25
4.3.- Diagrama Ishikawa .....	27
4.4.- Gráficas de variabilidad de la harina cruda .....	29
4.5.- Propuesta de programa para mantenimiento preventivo .....	32
4.5.1.- Objetivos .....	33
4.5.2.- Prioridades al aplicar mantenimiento preventivo .....	34
4.5.3.- Áreas de responsabilidad en mantenimiento preventivo .....	34
4.5.4.- Aspectos a incluir en trabajos de mantenimiento preventivo .....	36
4.5.5.- Funcionamiento del separador .....	37
4.5.6.- Mantenimiento de la máquina .....	41
4.5.7.- Conclusiones .....	42
<b>CAPITULO 5: RESULTADOS</b>	
5.1.-Lugares específicos para la inyección de polvo .....	43
5.2.- Resultados .....	50
5.3.- Conclusiones .....	51
<b>ANEXOS</b>	
Glosario .....	52
Bibliografía .....	54

## **ÍNDICE DE TABLAS.**

<b>TABLA.</b>	<b>NOMBRE.</b>	<b>PÁGINA.</b>
No.1	Reporte del Horno 1	18
No.2	Reporte Molino 4.	19
No.3	Reporte Molino de Crudo.	20
No.4	Reporte del Horno 2.	21
No.5	Reporte Molino 1.	22
No.6	Gráfica de dispersión de variabilidad del Horno 2.	29
No.7	Gráfica de dispersión del Horno 2, mes de agosto.	30
No.8	Gráfica de Calidad de la harina cruda.	31

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo terminal describe una propuesta, que realice en el Departamento de Procesos de la planta Holcim Apasco, para cuya elaboración consideré todo el proceso productivo del cemento y todas y cada una de las áreas involucradas en el manejo de polvos producidos durante la calcinación de materiales para la elaboración del cemento: Extracción de materia prima, Trituración, Prehomogeneización, Molienda de materia prima, Homogeneización de harina cruda, Calcinación, Molienda de cemento y Envasado. La finalidad de la propuesta consiste en lograr un manejo adecuado de polvos provenientes del proceso de calcinación, basándose en un diseño de proyectos y técnicas de análisis que permitan obtener una mejora continua en el proceso de producción, y optimizar la administración de polvos, buscando resultados importantes en la calidad del producto, del medio ambiente y en la satisfacción final. Y la propuesta del programa de Mantenimiento consiste en minimizar el polvo inyectándolo en los separadores de los molinos de cemento y así mismo hacer más productivo dicho separador.

Para fundamentar adecuadamente estas propuestas se requiere conocer la historia de la empresa, desde su fundación hasta la actualidad, así como cada una de las etapas del proceso de producción, como lo muestra el Capítulo 1.

Por otra parte, para atender el núcleo del problema que da pie a la propuesta, y con base en un diseño de proyectos y un adecuado manejo de polvos para reducir su exceso que se origina en el proceso de calcinación y que por consiguiente afecta a las demás áreas de elaboración del cemento, se detalla minuciosamente la problemática del proyecto en el Capítulo 2.

Con todo lo anterior se intenta dar solución al excedente de polvos aprovechando las teorías que servirán como fundamento para poder resolver dicho problema, según se describe en el Marco Teórico incluido en el Capítulo 3. El Capítulo 4 abarca toda la Metodología del proyecto, que canaliza la teoría a la práctica, puntuizando las herramientas y métodos que se utilizaron para darle solución a la problemática del proyecto, el Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), sirvió para identificar y conocer la situación real en que se encuentra la organización; el Diagrama de Árbol, permitió identificar si el manejo de polvos, con sus respectivas probabilidades, era el adecuado; así mismo, el Diagrama Ishikawa, permitió apreciar con claridad la problemática que ocasionan los polvos en todo el proceso y poder determinar los posibles caminos para solucionarlo. Y por último, se propuso un programa de Mantenimiento Preventivo a los separadores de cemento para minimizar aún más el excedente de polvos y poder hacer más eficientes dichos separadores.

Finalmente, el Capítulo 5 contiene la conclusión del proyecto, incluyendo las soluciones de los lugares donde va a ser inyectado el polvo para alcanzar una mejora continua, mejor calidad de producto y respuesta más rápida ante los imprevistos y urgencias. Por todo esto, el alcance de estas propuestas beneficiarán a cada área del proceso de producción del cemento y dará importantes beneficios en cuanto a calidad del producto, del impacto ambiental y social, y de la seguridad del personal que labora en la planta.

## CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 1.1.-Perfil Holcim Apasco.

Holcim (antes Holderbank) es un importante consorcio suizo fundado en 1928, que en 1964 se convirtió en el principal accionista de Holcim Apasco. Es una empresa de clase mundial comprometida con el desarrollo de México, dedicada a la producción y comercialización de cemento, concreto premezclado y agregados para la construcción; cuenta con instalaciones modernas y eficientes para ofrecer los mejores productos y servicios a sus clientes.

Desde su fundación, Holcim Apasco se ha caracterizado por ser una empresa comprometida con la sociedad mexicana. Promueve una cultura de responsabilidad social a través de programas dirigidos a colaboradores, comunidades vecinas a nuestras instalaciones, clientes, proveedores y a la sociedad en general. El objetivo de la empresa es el cuidado del medio ambiente y el de mejorar la vida de los colaboradores y la de sus familias.

Holcim Apasco tiene como **misión** ser la compañía más respetada y atractiva entre las que forman este ramo de la industria, creando valor para todos sus públicos; y asume como **visión** proveer cimientos para el futuro de la sociedad.

Por ser una empresa comprometida con la sociedad y que procura llevar a cabo sus objetivos, crea su nuevo slogan: “Fuerza.Desempeño.Pasión.” Cada concepto tiene una razón de ser, es decir:

**Fuerza** se refiere a las características de los productos de cemento y concreto, además de hacer referencia a la fuerza de la empresa, su red de trabajo y su gente.

**Desempeño** se sustenta en los logros pasados y éxito futuro, las soluciones innovadoras y valor agregado que se ofrecen a los clientes, así como también de la sólida situación financiera del Grupo Holcim.

Y finalmente **Pasión** relaciona el espíritu y vitalidad de la compañía, su pasión por obtener y compartir conocimiento, así como también de su permanente compromiso hacia las comunidades locales en las que trabaja y hacia el desarrollo sustentable del entorno ecológico.

En la actualidad Grupo Holcim Apasco integra a más de cuatro mil colaboradores directos, que constituyen la base de su éxito; cuenta con una capacidad instalada para producir cemento de 11.1 millones de toneladas anuales, con 23 centros de distribución, dos terminales marítimas y más de 3,000 puntos de venta; cuenta con seis plantas de cemento y una más en construcción; Ramos Arizpe, Tecomán, Acapulco, Orizaba, Macuspana, Hermosillo y Apaxco, Estado de México. Es en esta última en la que se diseña y se plantea la aplicación del presente.



Imagen 1.- Ubicación de las Plantas.

### 1.2.- Proceso de fabricación del cemento.

Existe una gran variedad de cementos, según la materia prima (caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso) y los procesos utilizados para producirlo; en Holcim Apasco el proceso es el siguiente:

El Proceso de fabricación del cemento se inicia con la **Extracción de materias primas** de las canteras a través de detonación con explosivos; y se consigue mezclando básicamente óxidos de calcio, sílice, fierro y aluminio, con caliza y arcilla extraídas de canteras propias. Adicionalmente se incorporan materiales correctivos, los cuales contienen altas concentraciones de óxidos de fierro, sílice o aluminio.

El material extraído es llevado a la etapa de **Trituración**, en que por efecto de impacto o presión la materia prima es reducida de tamaño entre media y una pulgada y posteriormente **Prehomogenizadas (PHB)<sup>1</sup>** en patios de almacenamiento. La mezcla resultante va a ser analizada para conocer su composición y ser enviado al siguiente proceso.

---

<sup>1</sup> Patio de Prehomogeneización.

El material dosificado es transportado al molino de bolas (**Molienda de materia prima**) que tritura y muele el material mediante el impacto y fricción ocasionado por el movimiento, para posteriormente ser enviada a los silos para su almacenamiento y homogeneización, con una guía de finura establecida. Dicho polvo se conoce como harina cruda.

**La Homogeneización de harina cruda** es realizada en silos para lograr una mezcla homogénea y uniforme del material mediante un sistema de aireación en el interior de cada silo para proporcionarle al horno una harina de mayor calidad.

La harina cruda se extrae del silo y con ella se alimenta al precalentador del horno, el cual cuenta con cuatro etapas de ciclones, en donde el material va descendiendo y calentándose (**Calcinación**) por el contacto con el flujo de gases a contracorriente proveniente del horno rotatorio. La harina cruda pasa a través del horno, en donde reacciona a 1,450 °C para formar clínker, pequeños módulos de color gris oscuro de 3 a 4 cm el cual finalmente es enfriado y almacenado.

El clínker frío es mezclado con yeso y algunos otros materiales para ser molido (**Molienda de cemento**) y darle las características necesarias de resistencia y fraguado según sea el tipo de cemento a procesar, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana. El cemento producido es transportado hasta los silos de cemento.

Finalmente el producto terminado es **Envasado** en sacos mediante un sistema automatizado. El despacho puede hacerse en carros tanque de ferrocarril y en camiones, tanto a granel como en sacos.

Durante todo el proceso de fabricación del cemento se procura el cuidado del medio ambiente y la seguridad del trabajador.

Precisamente el antecedente natural de Holcim Apasco en este municipio mexiquense fue una cementera que operó sin grandes cambios desde 1928, hasta su adquisición por el grupo Holcim en la última década del siglo veinte. Históricamente, en los inicios de la operación de hornos de cemento se contaba con pocos sistemas para controlar las emisiones de polvo. Con el avance de la tecnología y la necesidad de tener un mejor control de las emisiones, se instalaron sistemas de electrofiltros, los cuales, en su momento, fueron un sistema muy eficiente. Sin embargo la legislación ambiental del país se ha hecho más estricta y ha impuesto la obligación de mejorar aún más el control y manejo de los polvos generados en el proceso productivo del cemento. La eficiencia de los modernos sistemas permite reducir las emisiones por debajo de los 80 mg/m<sup>3</sup> en comparación con los 400 mg/m<sup>3</sup> que existía anteriormente, según la Norma 40 SEMARNAT 2000 de “Protección Ambiental-Fabricación de Cemento Hidráulico-Niveles máximos de Emisión a la Atmósfera”.

Desde el año 2003 se hizo un cambio en el sistema de captación de polvo con la finalidad de que fuera más eficiente y manejable. Dicho sistema está conformado por “Casas de Bolsas”, que, mediante bolsas controlan las emisiones originadas durante el proceso, para evitar la contaminación del medio ambiente, de tal manera que el polvo captado puede ser devuelto a los procesos de producción o bien ser

mezclados con otros productos. Estos equipos modernos limitan permanentemente la emisión de polvo y rara vez se producen anomalías.

En general, la planta de cemento en la actualidad cuenta con equipos de despolvamiento en todas las etapas de fabricación. Ordinariamente, la inversión en los equipos de desempolvado constituye más o menos el veinte por ciento del costo total de una planta de cemento.



Imagen 2.- Casa de Bolsas del Horno 2.

## CAPÍTULO 2: MARCO DE REFERENCIA

### 2.1.-Planteamiento del problema.

En el proceso de elaboración del cemento se genera una gran cantidad de polvo (10-15% de la alimentación total de cada horno), el cual proviene principalmente del proceso de calcinación. Parte de este material recuperado se mezcla con el producto final (CPC30R, CPC40 y Mortero) ya que por sus características y composición química no tiene un impacto considerable en la calidad del producto, sin embargo, solo se puede aprovechar una pequeña parte de dichos polvos y el resto tiene que ser introducido nuevamente al horno ya sea en forma directa o a través de la harina cruda. Al ser mezclado el polvo con materia prima y no tener un equipo que cuantifique la cantidad adicionada, se genera una afectación en las características químicas de la harina cruda que ocasiona variabilidad en su calidad, encostramientos en el precalentador, formación de anillos dentro del tubo del horno y en forma indirecta, paros de equipos. Todo esto se traduce en costos muy altos por pérdida de producción y bajo rendimiento.

Considerando esta problemática, aparentemente simple y de impacto directo en los costos productivos y la calidad del producto, pero de enormes consecuencias sobre el medio ambiente, la salud de la población circunvecina y aún sobre la imagen de la organización, se ha diseñado la presente “Propuesta para el manejo de polvos en el proceso de calcinación de la materia prima para la fabricación del cemento”. Y en esta propuesta se anexa un “Programa de Mantenimiento Preventivo” para los separadores del área de molienda, con la finalidad de minimizar el polvo y prevenir daños secundarios. Tomando en cuenta que no se cuenta con ningún manual de mantenimiento para estos quipos, solamente se llega aplicar mantenimiento cuando los separadores se paran totalmente.

## 2.2.- Objetivos del problema.

### Objetivo General

Canalizar los polvos derivados de la calcinación de la materia prima para reaprovecharlos en el proceso de fabricación del cemento, haciéndolos productivos, anulando su impacto negativo sobre el medio ambiente, optimizando los métodos, sistemas de control y manejo de polvos.

### Objetivos Específicos

- Reutilizar el exceso de polvos que se encuentra almacenado en las Casas de Bolsas, para evitar la posible emisión de polvo a la atmósfera, según la Norma 40 SEMARNAT 2000 de “Protección Ambiental-Fabricación de Cemento Hidráulico-Niveles máximos de Emisión a la Atmósfera”.
- Identificar las consecuencias objetivos de inyectar los polvos en el proceso del cemento, las cuales pueden ser principalmente cambios en la calidad de la harina, paros de equipos y pérdida de producción.
- Realizar un programa de mantenimiento preventivo para los separadores, con el fin de homogeneizar eficientemente polvo con materia prima y así; poder minimizar la cantidad de polvo y prevenir daños secundarios.
- Evaluar técnica y cuantitativamente la cantidad de polvos, para poder distribuir el exceso de polvos en el lugar adecuado.
- Analizar y determinar los lugares más adecuados para inyectar el excedente de polvos.
- Calcular los beneficios de la reinyección de polvos en los lugares propuestos, ya que incrementará el rendimiento de los molinos de cemento y reducirá la variabilidad de la harina.

### 2.3.- Justificación

La planta de Cemento Holcim Apasco genera polvos por los distintos procesos que lleva a cabo. La Propuesta para el manejo de polvos en el proceso de calcinación de la materia prima para la fabricación del cemento plantea reducir el excedente de polvos inyectándolos en los lugares factibles. Lo más conveniente sería atacar el problema de raíz; es decir, renovar el lugar donde mayormente se generan los polvos: el horno. Pero se necesitaría fabricar un nuevo horno que genere menos polvo, lo cual traducido a costos, resultaría extremadamente caro.

Con un plan de mantenimiento se pretende minimizar la cantidad de polvo, así como incrementar el ciclo de vida útil de los separadores, homogeneizar de forma segura materia prima con polvo por lo que esto se reflejaría en ahorros económicos para la empresa.

Para el manejo de polvos se intenta una vía distinta, al canalizar el excedente de polvos a los lugares adecuados para solucionar la problemática que tiene Holcim Apasco. Al inyectar los polvos en un silo de almacenamiento, en los separadores de los molinos de cemento y finalmente en un segundo silo de almacenamiento para la alimentación del molino de crudo los beneficios son:

- Reducir la variabilidad en la calidad de la harina para poder tener un producto de buena calidad, que tenga un fraguado rápido y que no produzca paros en equipos.
- Incrementar el rendimiento de los molinos de cemento ya que los polvos aumentan la producción en la alimentación, es decir se ocupa menos material (barro, sílica, caliza, mineral, etc); y por lo tanto el costo de material es menor y representa un beneficio para la empresa. Así mismo se consigue más finura en el cemento.

## CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

### 3.1.- Composición de los polvos.

Los polvos son partículas muy finas que se generan principalmente en el proceso de calcinación. Estos polvos pasan por una torre de enfriamiento, con la finalidad de ser enfriados y finalmente recuperados en la casa de bolsas, para después reutilizarse en el mismo proceso de calcinación y en el proceso de molienda de cemento.



Imagen 3.- Horno 2 Satelital.

Los polvos están compuestos de:

$\text{SiO}_2$ : Dióxido de Sílice

$\text{Al}_2\text{O}_3$ : Óxido de Aluminio

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ : Óxido de Hierro

$\text{CaO}$ : Óxido de Calcio

$\text{MgO}$ : Óxido de Magnesio

$\text{SO}_3$ : Sulfato

$\text{K}_2\text{O}$ : Óxido de Potasio

$\text{Na}_2\text{O}$ : Óxido de Sodio

$\text{Cl}$ : Cloro

$\text{CaF}_2$ : Flúoruro de Calcio

En Holcim Apasco, entre los tipos y variedades del cemento, el más usado es el Cemento Portland Compuesto (CPC), dado que su resistencia a la compresión es en términos generales la propiedad más importante para la mayoría de los usuarios. Se ha generado una nueva Norma que hace énfasis sobre los valores de resistencia a la compresión que deben cumplir los cementos producidos en México, definiendo cinco clases resistentes. La clase resistente de un cemento se indica con los valores 20, 30 y 40. Si alcanza una resistencia rápida se añadirá la letra "R" en las clases 30 R y 40 R.

La Norma Mexicana de los Cementos NMX-C-414-ONNCCE, contiene el grupo de especificaciones con las que se establecen las características de calidad de los diferentes tipos de cementos que se producen y comercializan en México.

Los cementos CPC 30R, Mortero (MM), CPC 40 Y CPC 40R, son utilizados para diferentes construcciones. El primero es utilizado en construcciones como departamentos, casas, etc. El cemento Mortero (MM) se ocupa en acabados de interiores; el CPC 40 en construcciones un poco más resistentes como escuelas, pavimentación, etc. y, por último, el cemento CPC40R se usa en construcciones que requieren de más resistencia como edificios de gran altura, tráves, etc.

Cada cemento se muele con diferentes compuestos, el CPC 30R lleva clínker, yeso, puzolana y polvos; el CPC 40 tiene yeso, clínker, escoria y polvos; el CPC 40R yeso, clínker y screen; y el MORTERO lleva yeso, clínker, screen y polvos. Es importante conocer qué tipo de materiales lleva cada cemento para no desperdiciar material, no moler más de las horas establecidas y tener los equipos en buenas condiciones. También a cada tipo de cemento se les inyecta un cierto porcentaje de polvo; el CPC 30R se le inyecta un 13%, el CPC 40 un 12% y el Mortero (MM)<sup>2</sup> un 22.5% de polvo. El cemento CPC40R no lleva polvos porque es usado en construcciones muy resistentes que requieren de menos tiempo de fraguado.

### 3.2.- Técnicas para el manejo de polvos.

Las técnicas que actualmente se manejan para poder transportar los polvos son las siguientes:

La primera vía es un transportador neumático que tiene por nombre **Bomba Fuller** y que lleva los polvos al silo metálico. Dicho silo tiene una capacidad de almacenamiento de 200 toneladas, este material es alimentado al producto terminado por medio de un sistema de pesaje llamada Pfister.

---

<sup>2</sup> Cemento Mortero.



Imagen 4.- Bomba Fuller.

La segunda vía es el **Air lift** que, al igual que la Bomba Fuller, es un transportador neumático; su única diferencia es que traslada los polvos al molino de crudo. Este equipo envía los polvos hacia los silos de harina cruda.

La siguiente técnica que se usa tiene como finalidad controlar los polvos que son generados por los hornos.

Cuando se encuentra el molino de crudo trabajando, y también se encuentra en operación el H0-1, se envían los polvos por medio de la vía Air Lift para los silos del mismo horno. Y al contrario, cuando el H0-1 no está operando, se envían los polvos a otro silo llamado Silo de Polvos para cemento, donde son almacenados por un tiempo. Y cuando el H0-2 está en operación los polvos son enviados por la vía Air Lift hacia silos del mismo horno o son enviados hacia Silos de Polvo. Nunca pueden ser combinados los polvos del H0-2 con los polvos del H0-1, porque contienen más calcio, pero si pueden ser combinados los del H0-1 con los del H0-2 porque contienen menos compuestos.

## MOLIENDA DE CRUDO TRABAJANDO

### MOLIENDA PARA SILOS DE H0-1

- Con polvo vía air lift y 422CP1 silo de polvos vía fuller
- Sin polvo desviando estos al silo de polvos para cemento

### MOLIENDA PARA SILOS DE H0-2

- Con polvos de 422CP1 vía air lift
- Con polvos de 422CP1 Y 421CP1 vía air lift
- Sin polvos desviando para silos de polvos vía fuller

Cuando el molino de crudo no está operando, los polvos del H0-2 son depositados ya sea en un silo que tiene por nombre Apaxco o silo de polvos, y los polvos del H0-1 pueden ser depositados ya sean en su mismo silo, ó en los silos del H0-2 ó en silo de polvos.

## MOLIENDA DE CRUDO FUERA

- Polvos de 422CP1 Y 421CP1 a silo de polvos vía fuller
- Polvos de 422CP1 vía air lift hacia SH0-2 lado Apaxco y 421CP1 vía fuller a silo de polvos
- Polvos de 421CP1, 422CP1 vía air lift hacia silo 1 horno 2 con fuller fuera
- Polvos de 422CP1, 421CP1 vía fuller hacia silo 1 lado Apaxco H0-2

A continuación se muestran algunas imágenes que son parte del Proceso de Calcinación. La imagen 5 muestra la etapa de Calcinación del Horno 1, su Pre-calentador y la Casa de Bolsas.

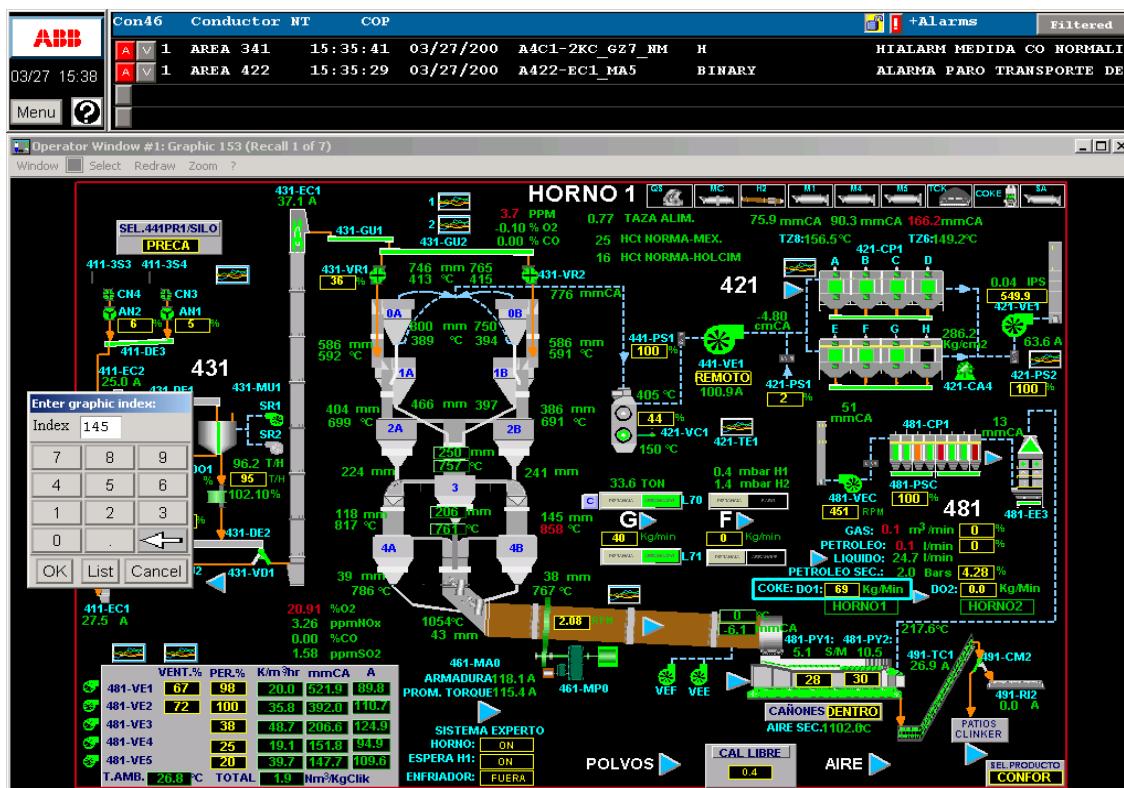


Imagen 5.- Área del Proceso de Calcinación Horno 1.

La siguiente imagen muestra específicamente la casa de bolsas del Horno 2 y de la misma forma el Horno 1 posee una.

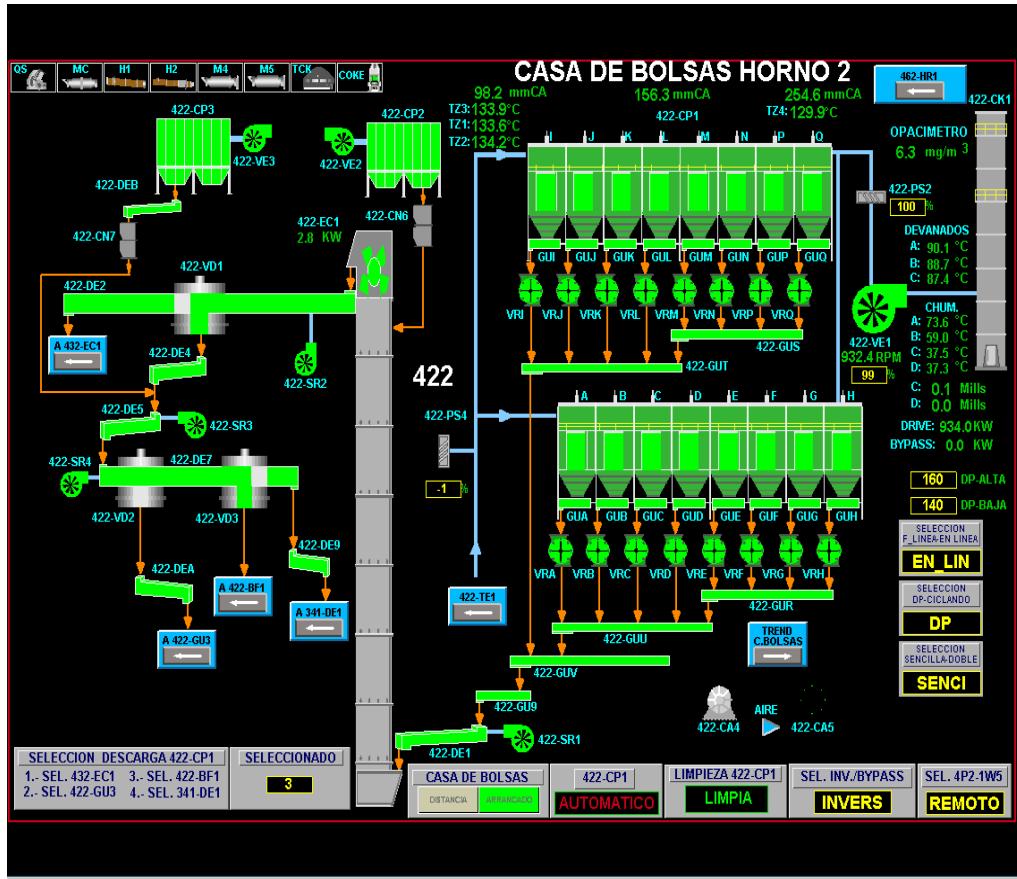


Imagen 6.- Casa de Bolsas del Horno 2.

### 3.3- Proceso del manejo de polvos.

El siguiente procedimiento que se aplica en la cementera es un Flujo de Masas, el cual permite pronosticar la cantidad de generación de polvo y la cantidad de clínker que se produce. En el Flujo de Masas también se realiza un Balance Térmico para determinar la capacidad y eficiencia de los equipos (hornos, precalentadores, torres de enfriamientos y casas de bolsas); y la cantidad de combustible que se usa para el proceso del cemento (coke, chips). Asimismo en el Balance Térmico se toma en cuenta la salida de aire falso que se genera en los ciclones del precalentador y la temperatura del horno para estipular la cantidad de material que entra por el precalentador y la cantidad que sale como clínker. El siguiente formato muestra la cantidad de clínker en un día de producción. Con ayuda de camiones de volteo se conoció la cantidad de clínker que se genera en 10 hrs de trabajo y esto ayudo para pronosticar el retorno de polvos (9.5%).

## FORMATO DE BÁSCULA PARA PESADA DE CLINKER

**Horno** 2  
**Fecha** 19 de Septiembre de 2010

**Hora de inicio:** 08:30:00 a.m.

**Hora de fin:** 06:30:00 p.m.

Número de camión	Peso Tara Inicial	Peso Tara final	Peso Tara Promedio
1	20,590	20560	20,575
2	20,220	20120	20,170
3	19,460	19460	19,460
4	18,780	18760	18,770
5	5,770	5770	5,770
0	18,970	18970	18,970

Taras

Número de camión	Tara	Peso camión y clinker	Peso Neto
1	20,575	60290	39,715
2	20,170	82433	62,263
4	18,770	53770	35,000
5	5,770	11670	5,900
3	19,460	57710	38,250
0	18,970	55550	36,580
1	20,575	55470	34,895
5	5,770	11300	5,530
2	20,170	54290	34,120
1	20,575	55860	35,285
4	18,770	42170	23,400
5	5,770	11740	5,970
2	20,170	58420	38,250
4	18,770	49210	30,440
1	20,575	58200	37,625
5	5,770	10330	4,560
4	18,770	52860	34,090

2	20,170	50900	30,730
1	20,575	59750	39,175
2	20,170	53370	33,200
4	18,770	50030	31,260
1	20,575	57810	37,235
5	5,770	11090	5,320
4	18,770	52520	33,750
2	20,170	51770	31,600
1	20,575	59010	38,435
2	20,170	56590	36,420
4	18,770	54790	36,020
1	20,575	58680	38,105
2	20,170	54840	34,670
5	5,770	11940	6,170
5	5,770	8150	2,380
4	18,770	54610	35,840
1	20,575	62410	41,835
2	20,170	56970	36,800
4	18,770	54870	36,100
1	20,575	59860	39,285
2	20,170	56270	36,100

RESUMEN GENERAL PESADAS	
Total pesada en 10 hrs en kg	1,162,303
Horas de pesada	10.00
Total pesada en 10 hrs en ton	1,162
Tons. Día (pasada a 24 hrs)	2,790
t/h promedio en las 10 hrs de pesada	116.23
Factor crudo clinker (químico)	1.55
Consumo de crudo real	180.16
Retorno de polvos 422CP1 + torre pesados	19.02
Alimentación real	199.17
% retornos polvos	9.55%
Factor crudo clinker alimentado real	1.71
Alimentación Pfister	199.52
Diferencia alimentación cálculo	0.35
Error de Pfister Horno 2	0.2%

Este método (Flujo de Masas) es llevado a cabo por los encargados del área de proceso.

En el Área de Calidad también se siguen métodos, con la finalidad de poder llevar un mejor control de toda la materia prima. Se basan en guías de calidad donde se especifican los lineamientos y los porcentajes que debe tener cada elemento para poder lograr un producto de buena calidad, resistencia, fraguado, etc. Dichas guías deben aplicarse por el área de proceso (COP) y ser llenadas todos los días, en los diferentes turnos laborales para poder tener más controlado todo el proceso. Se basa en tres condiciones fundamentales para llevar a cabo un buen control en el manejo de los polvos:

### 1.- Saturación de Cal

$$\mathbf{SC} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \times 100$$

### 2.- Módulo de Silicio

$$\mathbf{MS} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

### 3.- Módulo de Alúmina

$$\mathbf{MA} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

Molienda de Crudo		
	SH1_Carbón	SH2_Carbón
SC con polvo 160	SC 107_+ 0.8	105_+ 0.8
SH1 sin polvo 107	MS 2.60_+0.08	2.58_+0.08
SH2 sin polvo 105	MA 2.00_+0.08	2.00 _+0.08

### 1.- Saturación de Cal

- Si los resultados están en el promedio de la guía, no hacer movimientos.
- Si los valores se encuentran en los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.2% de caliza.
- Si los valores se encuentran 0.5% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.5% de caliza.
- Si los valores se encuentran 1.0% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.8% de caliza.
- Si los valores se encuentran 2.0% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 1.5% de caliza.
- Si los movimientos realizados generan una tendencia opuesta, regresar el set de la pesadora de caliza hasta encontrar promedio de la guía.

## **2.- Módulo de Silicio**

- Si los resultados están en promedio de la guía, no hacer movimientos.
- Si los valores se encuentran en los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.1% de silicio.
- Si los valores se encuentran 0.03% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.2% de silicio.
- Si los valores se encuentran 0.06% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.4% de silicio.
- Si los valores se encuentran 0.10% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.6% de silicio.
- Una vez que se realiza un movimiento, esperar dos horas para que se vea reflejado el movimiento.
- Si los movimientos realizados generan una tendencia opuesta, regresar el set de la pesadora de silicio hasta encontrar promedio de la guía.

## **3.- Módulo de Alúmina**

- Si los resultados están en promedio de la guía, no hacer movimientos.
- Si se ajustó caliza o silicio, no se realiza ningún movimiento en la pesadora de mineral después de dos horas.
- Si los valores se encuentran en los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.1% de mineral.
- Si los valores se encuentran 0.05% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.2% de mineral.
- Si los valores se encuentran 0.10% fuera de los límites de la guía, hacer un movimiento de +- 0.3% de mineral.
- Una vez que se realiza un movimiento, esperar dos horas para que se vea reflejado el movimiento.
- Si los movimientos realizados generan una tendencia opuesta, regresar el set de la pesadora de silicio hasta encontrar promedio de la guía.

Estas tres condiciones no deben sobrepasar los límites predeterminados ya que un exceso en la saturación de cal, en el módulo de silicio o en el módulo de alúmina, produce anillamiento en los hornos, encostramiento en el precalentador y variabilidad en la harina cruda.

Las siguientes tablas son reportes que muestran la cantidad de materia que lleva cada maquinaria, los componentes que se utilizan en cada proceso, las temperaturas que se requieren para que exista en producto de buena calidad. Ver tabla 1,2,3,4 y 5 (Horno 1 y Horno 2; Molinos 1,4 y 5; Molino de Crudo y Quebradora Secundaria). Estos reportes son llenados diariamente en el área de producción (COP<sup>3</sup>) para tener en buenas condiciones la maquinaria, así como controlar todos los compuestos para formar el cemento con la finalidad de que todo opere en buenas condiciones y no presente ninguna falla.

---

<sup>3</sup> Control de Proceso Operacional

**CEMENTOS APASCO**

REPORTE DIARIO HORNO1

FECHA: 27 nov 10

CONCEPTO	RANGO	UDA	00:00	02:00	04:00	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
ALIMENTACION HORNO	95 - 105	t/h	98	98	95	95	99	94	86	91	90	96	98	
VELOCIDAD HORNO	* - *	RPM	2.3	2.3	2.0	2.0	2.3	2.3	1.9	2.0	2.09	1.9	2.2	
NOX CHIMENEAS (TIS)	Máx 1000	Mg/m3	780	664	788	937	540	453	540	516	562	708	807	
THC TOTALES (TIS)	Máx 70	Mg/m3	18	18	17	17								
O2 SALIDA PRECA	4 - 5	%	64	6.2	6.11	6.07	6.6	5.2	6.3	5.9	6.4	7.0	65	
CO SALIDA PRECA	Máx 0.08	%	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03	0.05	0.03	0.02	0.05	
O2/CO ENTRADA HORNO	> 3.5	%												
POSICION 441PS1	*	*	%	65	60	75	75	75	70	56	67	72	77	65
PRESION ENT. TORRE	770 - 815	mmCA	702	720	712	761	760	700	612	707	727	752	691	
TEMP GAS SALIDA PRECA	380 - 400	°C	750	758	360	377	367	360	360	373	381	367	349	
TEMP GAS ETAPAS 2A/2B	720 - 760	°C	675/658	667/650	667/632	672/651	683/663	648/631	660/647	676/658	676/662	671/655	660/632	
PRESION MAT ETAPA 3	220 - 300	mmCA	195	180	201	181	197	183	164	216	224	252	225	
PRESION MAT ETAPA 4		mmCA	77	74	78	67	69	64	68	69	68	80	68	
TEMP MAT ETAPA 4		°C	791	790	789	790	790	789	781	782	779	773	788	
TEMP CUCHARA		°C	907	909	907	927	922	899	977	885	914	909	912	
PRESION CUCHARA	35 - 60	mmCA	38	76	43	37	45	48	46	54	60	63	44	
TORQUE PROMEDIO	130 - 170	Amp	122	125	142	127	139	170	145	132	158	126	146	
PRESION CARATULA	-2 - -4	mmCA	-9.5	-10	-8.5	-9.6	-6.5	-10.2	-10.2	-10.2	-10	-10	-10	
COKE	Mín 75	Kg/min	88	88	83	92	90	95	98	100	93	102	100	
CHIP DE LLANTA	*	Kg/min	15	15	15	15	15	15	10	10	10	8	14	
AMPERAJE 431EC1	*	Amp	32.9	29.9	39.9	29.0	39.2	39.2	38.8	38.5	38.5	39	39	
PRESION CAM II ENFRIADOR	220 - 380	mmCA	345	327	320	390	323	290	220	276	343	337	293	
AIRE TOTAL ENFR	1.8 - 2		2.3	2.0	2.2	2.3	2.4	1.8	2.3	1.8	1.7	1.7	2.2	
TEMP AIRE SECUNDARIO	840 - 1060	°C	915	840	911	924	968	848	908	1299	399	626		
PATIO DESCARGA	Según CaOL		3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	
PESO LITRO		Gr.						1090		1020				

6A

SC ALIMENTACIÓN.	Guía		%	110.58	110.14	109.79	109.1	109.0	108.01	108.4	107.3
SO3 Hcal.	Máx	3.5	%	2.5	2.7	2.73	-	4.18	4.2	4.1	
% CLORO	Máx	2	%	0.31	0.31	0.30	-	0.23	0.23	0.20	
Na2O	0.45	0.5	%	0.44	0.38	0.46	0.44	0.40	0.47	0.38	
K2O	0.45	0.5	%	0.39	0.41	0.39	0.39	0.41	0.41		
SC CLINKER	98	100	%	98.92	98.87	98.7	97.9	93.66	95.33		
C3S	> 65		%	64.85	65.79	64.3	63.1	65.04	60.58		
Rel Alk - SO3	> 0.8		%	1.07	1.05	1.13	1.04	1.23	0.91	1.46	
VOLATILIDAD	<	0.7	%	0.59	0.69	0.73	0.65	0.83	0.66	0.84	
GRADO DE CALCINACION	70	80	%	73/72.2	-	75.5	-	74.6/71.1	76.1/76.1		
SO3 Ck.			%	1.03	0.91	0.84	0.99	0.96	0.8	1.41	0.66
CaOL	0.5	2.2	#	1.0	1.6	3.2/2.3	1.4	1.1	1.7	1.6	1.5
COCCOP				ERA			T. V.		3er Turno		
				1er Turno			2o Turno		3er Turno		

\*\* Según concentración en harinas calientes (Datos al programa).

\* Acción/reacción de otras variables

Tabla 1.- Reporte Horno 1

REPORTE DIARIO MOLINO 4													FECHA: 27 NOV 10.				
CONCEPTO	UDA	01:00	03:00	05:00	07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00				
ALIMENTACION	t/h	105	105	108	103	111	108	106	103					123			
TIPO DE CEMENTO		CAD	CAD	CAD	CAD	CAD	CAD	CAD	CAD					40			
SILO DESCARGA	#	1	1	1	1	1	1	1	1					5			
FACTOR CLINKER	%	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5					75.8			
PROPORCION 533 BP3 (YESO)	%	5.2	5.5	5.5	5.0	6.0	6.0	5.6	5.6					4.2			
PROPORCION 533 BP2 (PNC)	%	4.3	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	3.9	3.9					—			
PROPORCION 534 BP1 (PUZ)	%	—	—	—	—	—	—	—	—					—			
PROPORCION 534BP2 (CLINKER)	%	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5					75.8			
PROPORCION 534BP3 (SCREEN)	%	—	—	—	—	—	—	—	—					—			
PROPORCION 534BP4(ESCORIA)	%	—	—	—	—	—	—	—	—					9.5			
PROPORCION 554 DO1(POLVO)	—	—	—	—	—	—	—	—	—					10.5			
PROPORCION 534BP5 (GALLETA)	%	100	100	100	100	100	100	100	100					100			
VELOCIDAD SEPARADOR	RPM	1281	1224	1221	1321	1324	1324	1324	1324					1254			
TEMPERATURA CEMENTO	°C	103	107	107	105	104	105	111	112					116			
TEMPERATURA GASES	°C	106	108	107	107	103	104	110	112					114			
TEMP MAS ALTA ZAPATAS	°C	361.8	361.1	361.2	360.3	60	60	60	60					60			
TEMP MAS ALTA VENTILADORES	°C	353.9	352.7	352.9	352.8	57	57	57	57					55			
AYUDANTE DE MOLIENDA	ml/min	719	719	717	718	717	715	718	718					776			
BLAINE	cm <sup>2</sup> /g	4690	4860	4830	4850	4900	4600	4600	4560	5010	4880			6020			
Ret 45u	%	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	1.0	0.6	1.0	1.0			0.7			
SO3	%	4.22	4.01	4.08	4.1	4.33	4.4	4.6	4.6	4.09	3.64			3.03			
SiO2	%	19.18	19.83	19.50	19.62	19.52	19.56	18.8	18.8	19.8	20.63			18.78			
P Ig	%	4.1	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.2	5.0	4.1			4.7			
MOLINO DE CEMENTO 5																	
CONCEPTO	UDA	01:00	03:00	05:00	07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00				
ALIMENTACION	t/h																
TIPO DE CEMENTO																	
SILO DESCARGA	#																
FACTOR CLINKER	%																
PROPORCION 555DO1(POLVO)	%																
PROPORCION 535AP1 (YESO)	%																
PROPORCION 535BP1 (CK)	%																
PROPORCION 535BP4 (MIC)	%																
PROPORCION 535BP3 (ESC)	%																
PROPORCION 535BP5 (SCREEN)	%																
VELOCIDAD SEPARADOR	RPM																
TEMPERATURA CEMENTO	°C																
TEMPERATURA GASES	°C																
TEMP MAS ALTA ZAPATAS	°C																
TEMP MAS ALTA VENTILADORES	°C																
AYUDANTE DE MOLIENDA	ml/min																
BLAINE	cm <sup>2</sup> /g																
Ret 45u	%																
SO3	%																
SiO2	%																
P Ig	%																
COCCOP		EA				I-V											
		1er Turno				2o Turno				3er Turno							

Tabla 2.- Reporte Molino 4.

## CEMENTOS APASCO

## REPORTE DIARIO CRUDO

FECHA:

CONCEPTO	RANGO	UDA	01:00	03:00	05:00	07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
ALIMENTACION	T/H		355	360	355	355	383	300	350	360	360	365	360	360
SC POLAB	Guías		105.9	107.10	106.10		107.5	103.4	103.5/105.3	104.8	105.51	105.38	104.69	
MS POLAB	Guías		2.60	2.62	2.55		2.59	2.59	2.68/2.53	2.51	2.52	2.61	2.66	
MA POLAB	Guías		2.06	2.09	2.10		2.16	1.86	2.13/1.91	1.95	2.11	2.10	2.12	
CaF2	Guías %	0.27	—	—	—	—	0.27			0.28				
POSICION 321PS5	%		62	63	60	60	60	90	60	65	65	65	65	
POSICION 321PS6	60 80	%	80	80	80	80	80	—	80	80	80	80	80	
TEMP CAMARA I	MIN 390	°C	467	461	461	458	450	471	472	469	452	454	460	
PRESION CAMARA I	mmCA		34.9	50.7	47.8	45.9	37	47	70	45	42	45	49	
TEMP SALIDA GASES	75 105	°C	871	85.9	86.3	89.9	100	90	84	85	87	91	88	
TEMP CAMARA II	°C		399	397	397	399	383	381	384	389	390	391	398	
PRESION CAMARA II	mmCA		45.2	67.3	62	62	45	59	50	58	51	52	60	
CARGA MOLINO	%		73.5	73.0	51.3	69.4	47	50	59	62	73	72	71	
PRESION 341EN1	Kg/cm2		0.48	0.47	0.40	0.41	0.35	0.36	0.34	0.46	0.45	0.45	0.46	
PRESION SALIDA MOLINO	Máx 450	mmCA	282	303	270	291	250.	107	201	303	311	318	290	
SILO DESCARGA CRUDO	#		4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	
TEMP MAS ALTA ZAPATAS	°C		67	67	67	67	67	67	67	66.4	66.8	66.0	66.8	
TEMP MAS ALTA 321VE3	°C		71	67	67	67	67	67	67	74.1	77.8	71.7	72.9	
SELECC. DESC. 422-CP1	#		2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
SELECC. DESC. 421-CP1	#		1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	
SILO DESCARGA FULLER	#		—	—			cu.	cu.	cu.	CTO	CTO	CTO	CTO	

RET (R_90)	Guías	20.7	21.3	20-8	21.3	21.1	23.2
RET (R_212)	Guías	1.8	1.9	1-7	1.9	1.8	2.0

QUEBRADORA SEC.														
ALIMENTACION 221AP1		%	25			—	18	18		23	26	24	26	
ALIMENTACION 221AP3		%	25.4			—	19	19		23	25	24	28	
ALIMENTACION 221AP5		%	26.2			—	18	18		23	26	24	26	
PORCENTAJE 221AP7		%	100			70	100	100		100	100	100	100	
CARGA 221BT2	Amp	62.5				54	51	52		51	61	60	60	
CARGA 221BT3	Amp	4.1				4	4	4		4.0	4.9	4.0	4.1	
CARGA 221BT4	Amp	11.8				10	11	11		10.7	10.6	11.4	11.7	
CARGA 221BT5	Amp	63.6				60	55	52		55	71	67	67	
DESCARGA	PHB / S					S	PHB.	PHB		PHD	PHB	PHB	DHD	
<b>COCCOP</b>							<b>PL</b>				<b>EA</b>			
			1er Turno				2o Turno				3er Turno			

Tabla 3.- Reporte Molino de Crudo.

## CEMENTOS APASCO

## REPORTE DIARIO HORNO 2

FECHA: 28 - Nov - 2010

*CONCEPTO	RANGO	UDA	00:00	02:00	04:00	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
ALIMENTACIÓN HORNO		t/h	196	196	198	197	198	198	200	200	200	200	200	200
VELOCIDAD HORNO		RPM	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
NOX SALIDA (TIS)	Máx	1000	Mg/m <sup>3</sup>	704	751	782	779	707	608	672	712	680	517	
O2 SALIDA PRECA	4	5.5	%	6.0	6.2	6.5	6.3	6.5	6.5	5.9	5.8	5.6	5.8	5.6
CO SALIDA PRECA	0.1	0.18	%	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.04
THC TOTALES (TIS)	Máx	70	Mg/m <sup>3</sup>	20.1	20.6	20.3	19	20	21	21.3	21.4	21.8	21.1	
O2 ENT. HORNO	2	4	Vol %											
TEMP.GAS SALIDA PRECA	<500	"C		443	442	439	442	434	437	438	429	438	434	
PRESION GAS SAL PRECA	Máx	650	mmCa	800	800	800	800	801	802	793	792	791	797	801
442 VE1 VELOCIDAD	Mín	825	rpm	840	831	831	871	831	831	831	831	841	841	841
422 VE1 VELOCIDAD	Min	940	rpm	936	928	936	932	920	928	921	928	930	937	937
SELEC. DESC. POLVOS		Núm.		2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
PRESION MAT ET. 2A/B	Máx	480	mmCa	388/416	412/45	322/450	372	909	410	597	413/453	322/450	393/471	406/430
TEMP MAT ET. 2 A/B	645	660	"C	643/651	645/650	645/650	652	675	642	643	639/641	617/617	646/649	646/651
TEMP GAS ETAPA 3	680	760	"C	769	762	767	772	765	761	764	759	757	762	767
PRES. MAT ETAPA 3	280	340	mmCa	778	786	786	785	292	297	293	285/700	287/700	288/249	291/201
TEMP GAS ET. 4A/B	700	800	"C	752/618	739/615	744/815	741	730	729	729	725/800	723/297	734/509	743/509
PRES. MAT ETAPA 4A	160	190	mmCa	195	204	213	197	216	218	207	206	203	193	194
PRES. CUCHARA	Máx	160	mmCa	111	115	115	112	128	127	129	138	126	128	124
PRES. CARATULA	-12	-25	mmCa	-18.9	-20.2	-18.5	-18	-29	-29	-25	-22	-21	-23	-25
COKE	>=	160	Kg/min	198	195	196	194	194	194	191	196	200	198	
SOLIDOS GRUESOS	*	*	Kg/min	9	9	9	9	9	9	9	10	11	11	
PESO LITRO	*	*	Gr.								1210		1170	
PATIO DE DESCARGA	Según CaOL	#		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	

## GAS

SC ALIMENTACIÓN	Guía	%	106.6		107.6		106.9		107.4	106.9	107.14		107.53	
SO3 Hcal.	Máx	4.5	%	4.7	3.4	4.8	4.5		3.9	3.18		4.59		
% CLORO	Máx	2	%	0.27	0.23	0.26	0.25		0.29	0.29		0.28		
Na2O	0.45	0.5		0.50	0.48	0.46	0.45		0.45	0.46	0.44	0.43		
K2O	0.5	+/- 0.02		0.42		0.42	0.42		0.43	0.43		0.43		
SC CLINKER	98	100	%	98.5		98.4	97.9		98.6		99.71		99.43	
C3S	> 65	%		63.9		65.0	64.4		62.6		61.88		65.73	
Rel Alk - SO3	> 0.8	%		0.87		0.98	1.04		1.08		0.97		0.99	
VOLATILIDAD	<	0.7		0.70		0.73	0.76		0.73		0.63		0.76	
GRADO DE CALCINACION		%		90.4/79.8		92.5/74.6	87.2/76.2		90.5/74.1		89.8/73.7		93.9/90.6	
SO3 CK		%		1.44	1.67	1.14	1.10		1.05		1.18	1.05	1.08	
CaOL (Cumple)	>1.1<2.2	%		1.5	1.1	1.4	1.2	1.2	1.3	1.9	2.0	2.0	2.0	
<b>COCCOP</b>			1er Turno			2o Turno			3er Turno			<b>E/A</b>		

Tabla 4.- Reporte Horno 2.

## CEMENTOS APASCO

## REPORTE DIARIO MOLINO 1

FECHA: 27 NOV 10

CONCEPTO	RANGO	UDA	01:00	03:00	05:00	07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
ALIMENTACION		t/h		85	85	85	85	85						
TIPO DE CEMENTO				Mn	Mn	Mn	Mn	Mn						
SILO DESCARGA				,3	3	3	3	3						
FACTOR CLINKER		%		36.8	76.8	36.8	36.8	36.8						
PROPORCION 531BP1		%		36.8	36.8	36.8	36.8	36.8						
PROPORCION 531BP2		%		44.2	41.2	40.7	40.7	40.7						
PROPORCION 531BP3		%		2.0	2.0	2.5	2.5	2.5						
PROPORCION 532BP1		%		—	—	—	—	—						
PROPORCION POLVO 552DO1		%		17	20	20	20	20						
TEMPERATURA CEMENTO		°C		68	68	73	82	88						
TEMPERATURA GASES		°C		60	59	64	72	78						
TEMPERATURA MAS ALTA ZAPATAS		°C		7265.6	7267.7	7268.8	69	69						
TEMPERATURA MAS ALTA VENTILADOR		°C		C=28.7	C=30.9	C=30.0	31	31						
INCLUSOR DE AIRE (Air-Mix)		ml/min		998	987	1003	972	1145						
AYUDANTE DE MOLIENDA.		ml/min		618	618	560	565	565						

5290/4.0

BLAINE		cm <sup>2</sup> /g		3890	5200	5690	5560	5440	5170					
Ret 45u		%		21.0	15.4	12.9	12.9	14.6	15.9					
SO <sub>3</sub>		%		1.33	1.17	1.43	1.39	1.4	1.4					
SiO <sub>2</sub>		%		10.38	10.85	11.25	10.91	10.7	10.8					
P Ig		%		34.2	36.2	36.0	36.0	36.6	36.6					

COCCOP

E A

Tabla 5.- Reporte Molino1.

1er Turno

. U

2o Turno

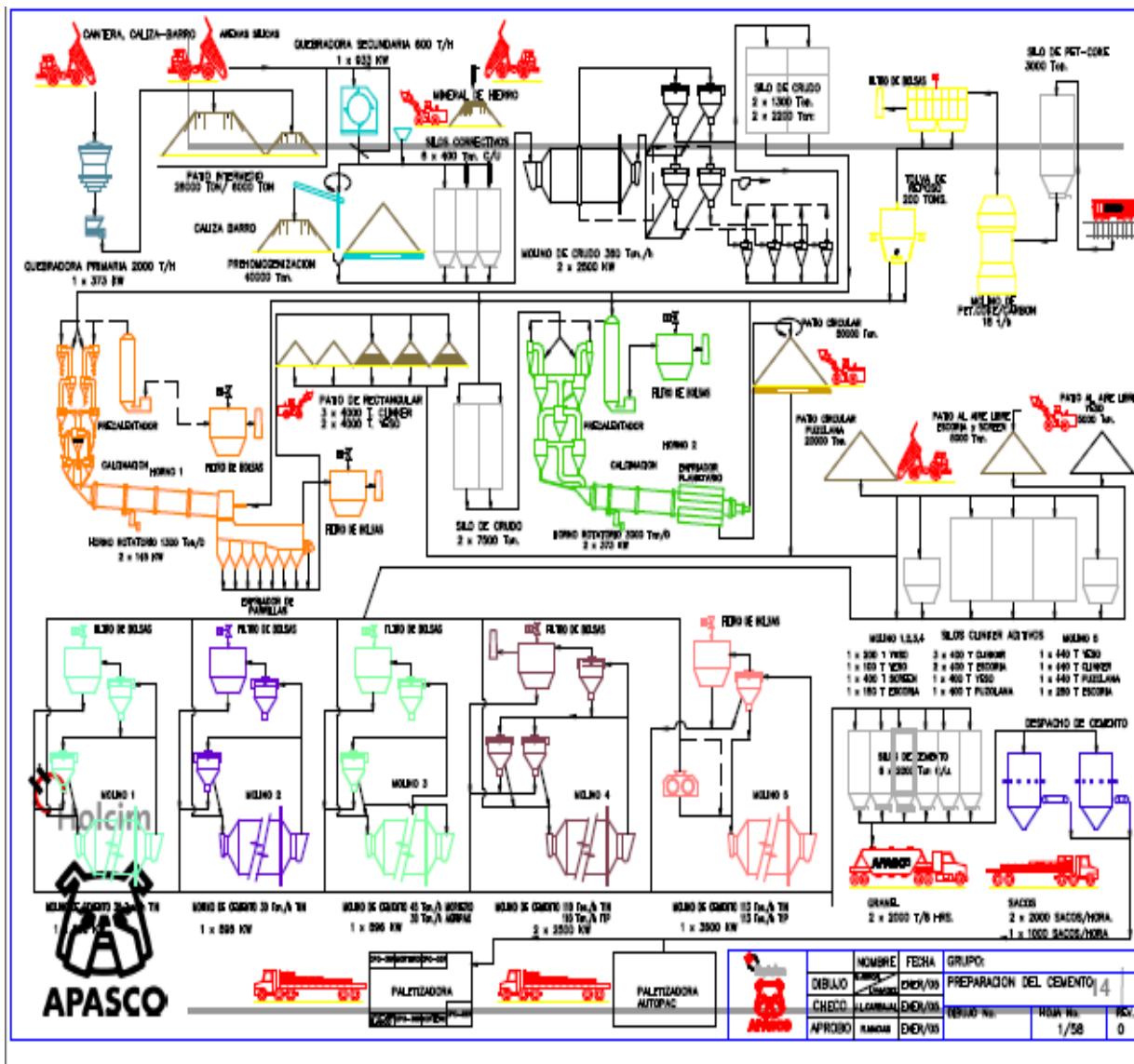
3er Turno

## CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

Las siguientes herramientas sirvieron para dar una solución al manejo de polvos y poder administrar de manera más eficaz los polvos.

#### 4.1.- Análisis FODA

Como primer paso se conoció la importancia que representa el cemento en el sector de la construcción, ya que sin él no se podrían construir enormes edificios, escuelas, hogares etc, para hacer más fácil la vida del ser humano. Durante la estancia en la cementera se visitó cada una de las áreas del proceso de fabricación del cemento, desde la extracción de materia prima proveniente de la cantera hasta el envasado del producto. Y con la ayuda de un Diagrama de Proceso se conoció más detalladamente como se elabora el cemento.



### Imagen 7.- Diagrama de Proceso.

Una vez identificada la importancia del cemento en nuestras vidas y su proceso de fabricación, se analizó a la empresa en todos sus elementos internos y externos, obteniéndose de esta manera, un diagnóstico preciso que permita tomar decisiones acordes a los objetivos y políticas formuladas.

### Explicación del Análisis FODA.-

La aplicación de esta herramienta permitió ver más detalladamente las causas por las que existe menos ventas de cemento en comparación con años anteriores, la situación y confiabilidad de los equipos, para determinar si se encuentran en buenas condiciones, o porque algunos equipos duran más días en mantenimiento, tomando en cuenta que ciertos equipos que tiene la planta no cuentan con manuales de mantenimiento por lo que no se tienen los equipos adecuados para el control y transporte de material por lo que se generan polvo. Asimismo evaluar las estrategias que emplea el personal para solucionar los problemas. Entre los factores mencionados anteriormente y los que se muestran en el siguiente esquema, la empresa Holcim siempre está abierto a cualquier cambio desde nuevos diseños de construcción hasta tener estrategias para un crecimiento de inversión.

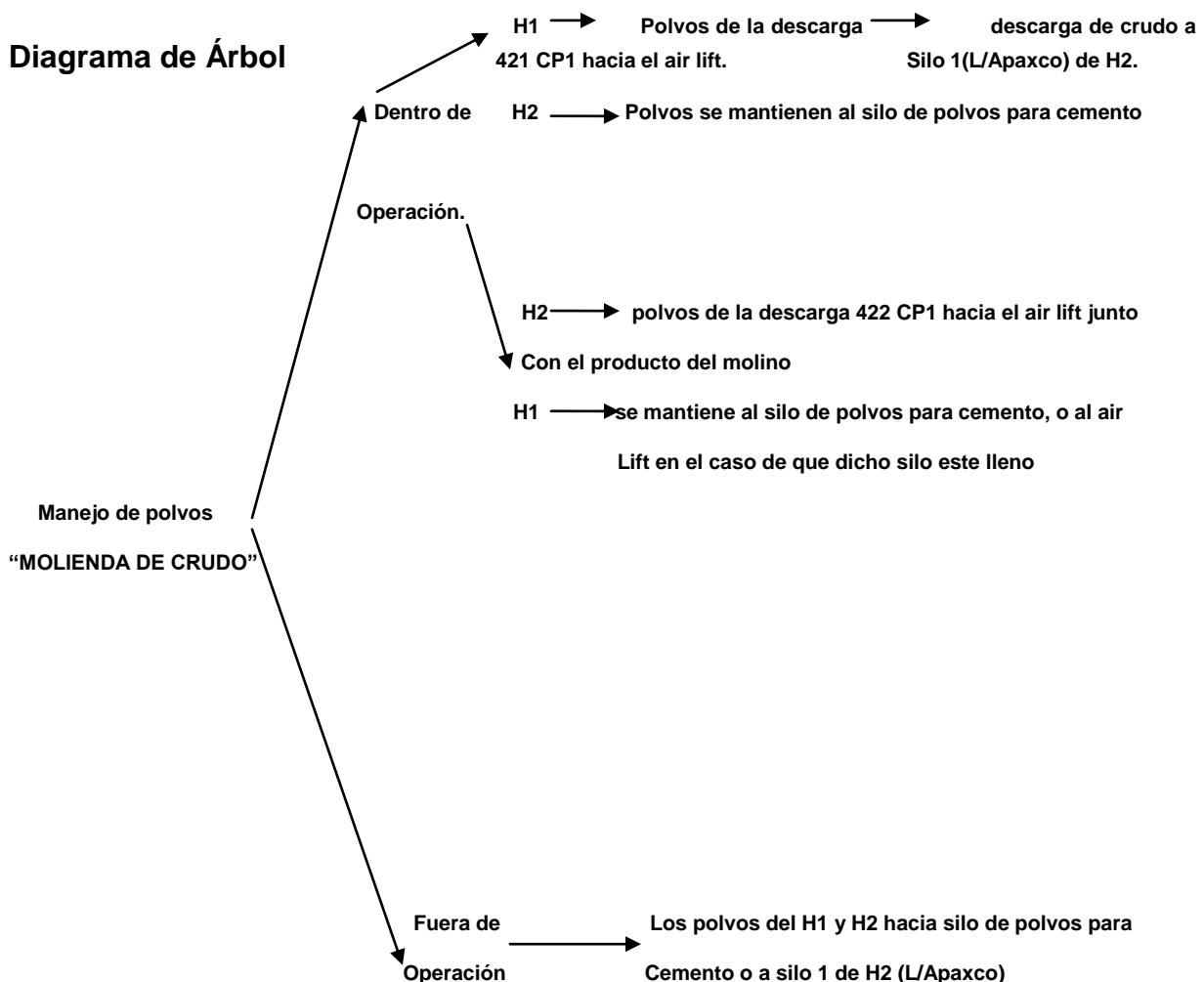
## ANÁLISIS FODA

<b>FORTALEZAS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Personal capacitado en las distintas áreas del proceso del cemento.</li><li>• Cuenta con solvencia económica para apoyar proyectos novedosos.</li><li>• Tiene diferentes compañías a su disposición.</li><li>• La empresa tiene ventas elevadas a nivel regional.</li><li>• Producto de buena calidad.</li><li>• Su ubicación geográfica.</li><li>• Tecnología semi-automatizada.</li></ul>	<b>OPORTUNIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• La empresa está dispuesta a nuevos cambios.</li><li>• Ofrece cursos externos de capacitación a empleados.</li><li>• Insumos de mayor calidad a menos costo.</li><li>• Crecimiento de las inversiones.</li><li>• Alianzas estratégicas</li><li>• Auditorías mensuales.</li></ul>
<b>DEBILIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reglamentos que obstaculizan el desarrollo.</li><li>• Puntos estratégicos no conectados a la red ferroviaria.</li><li>• Transporte de carga insuficiente.</li><li>• La maquinaria y equipo duren más días en mantenimiento.</li><li>• Lejanía de las fuentes de materias primas.</li><li>• No se tienen los equipos adecuados para el control y manejo de los polvos.</li><li>• No se cuenta con manuales de mantenimiento para ciertos equipos.</li></ul>	<b>AMENAZAS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Leyes que son impuestas por el organismo más alto (Suiza) y que obstaculizan el desarrollo.</li><li>• Existen más ventas de cemento en el mercado (competencia).</li><li>• Cambios en los diseños de construcción.</li><li>• Equipos que no se encuentren en buen estado y funcionamiento provocan contaminación al medio ambiente.</li></ul>

A pesar de todo esto, como cementera, es una de las mejores a nivel nacional, desde su producción hasta la calidad de su producto, lo que le permite producir varios tipos de cemento: cemento para albañilería y para construcciones más grandes como puentes de segundo piso, edificios, etc.

#### 4.2.- Diagrama de Árbol.

La siguiente herramienta (Diagrama de Árbol) se aplicó para poder identificar si las posibles alternativas que se aplican para el manejo de polvos son las adecuadas, ya que el excedente de polvos produce cambios en la calidad de la harina, paros de equipos y pérdida de producción.



#### Explicación del Diagrama de Árbol.-

El manejo de polvos se realiza de acuerdo al estado en que se encuentre el molino de crudo, es decir dentro o fuera de operación, tanto para moliendas del horno 1, como para moliendas realizadas al horno 2.

- ***Manejo de Polvos con molino de crudo dentro de operación***

**Molienda a horno 1:** el coordinador y/o técnico de operaciones COP solicita cambio de molienda a silos de horno 1 al laboratorista de control de calidad, así mismo si el cambio es con sus polvos o sin ellos, lo cual depende del nivel del silo de polvos de cemento.

\* Si la molienda es con sus polvos, en ese momento se hace cambio de polvos de la descarga del horno 421CP1 hacia el air lift junto con el producto del molino y se manda la descarga de crudo al silo 1 (lado Apaxco) de horno 2.

\* Control de calidad ajusta guías e informa a COP cuándo se debe hacer el cambio al silo correspondiente de horno 1 según se requiera.

\* Los polvos de horno 2 se mantienen al silo de polvos para cemento o al silo 1 (lado Apaxco) de horno 2, vía bomba fuller.

**Molienda a horno 2:** el coordinador de operaciones COP solicita cambio de molienda a silos de horno 2 al laboratorista de calidad, así como el cambio es con sus polvos o sin ellos, lo cual depende del nivel del silo de polvos de cemento.

\* Si la molienda es con sus polvos, en ese momento se hace el cambio de polvos de la descarga del horno 422CP1 al air lift junto con el producto del molino.

\* Se cambia la descarga de molino de crudo al silo 1 (lado Apaxco) de horno 2, control de calidad ajusta las guías para horno 2 e informa a COP cuándo se puede cambiar la descarga del molino hacia el silo 2 ó ambos silos según lo requiera.

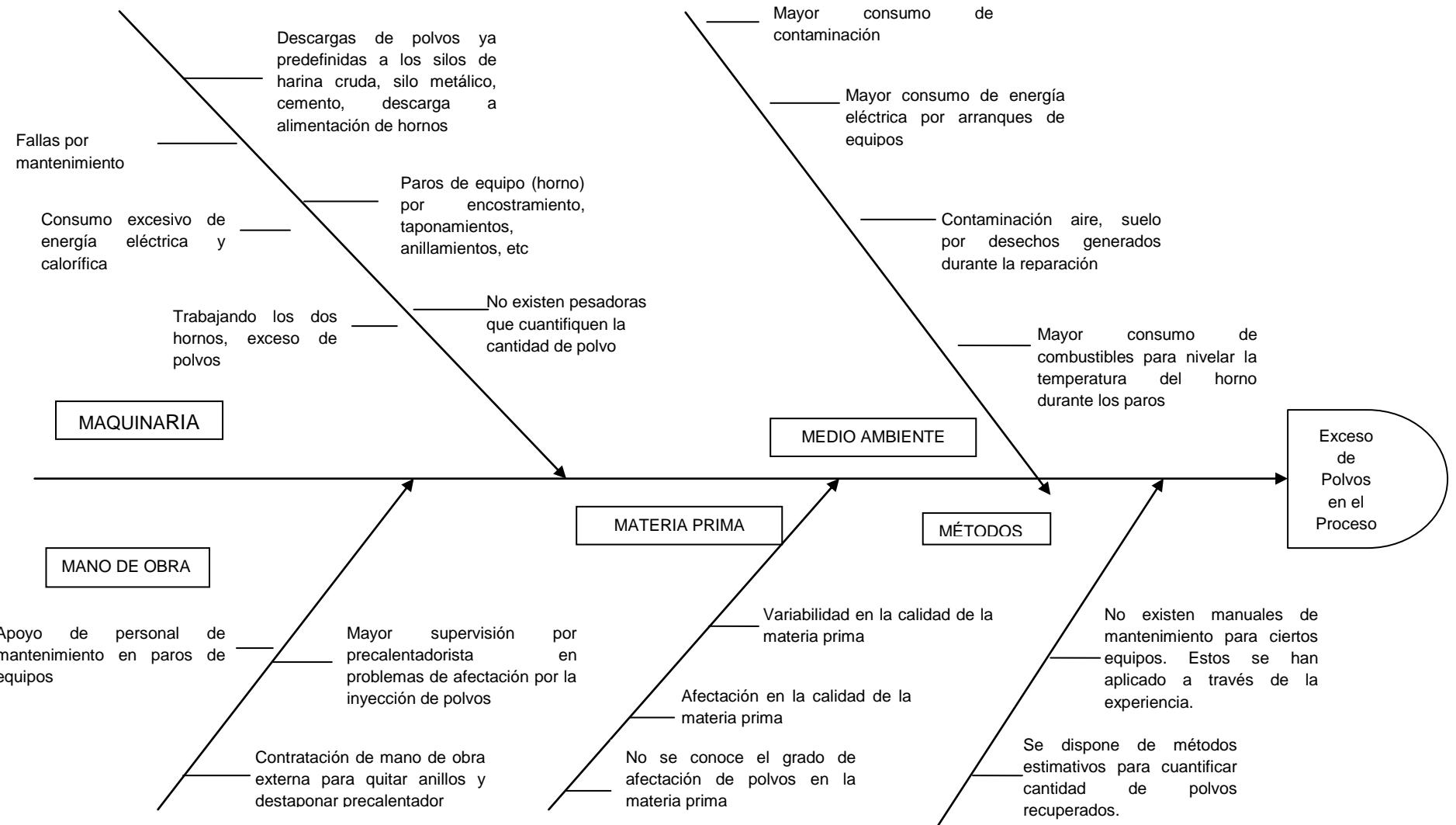
\* Los polvos de horno 1 se mantienen al silo de polvos para cemento o en caso de que dicho silo se encuentre lleno, se envían los polvos al air lift junto con el producto del molino, dónde en este momento se integran los polvos del horno1 más los polvos del horno 2.

- ***Manejo de polvos con molino de crudo fuera de operación***

Enviar los polvos de horno 1 y 2 a silo de polvos de cemento o al silo 1 (lado Apaxco) de horno 2.

Al observar el Diagrama de Árbol se identificó que el procedimiento de manejo de polvos que se aplican en la empresa es el adecuado, ya que no ocasionan ningún problema y a sido utilizado por años. Por lo tanto no está aquí la problemática, se siguió investigando y se detectó que seguían existiendo cambios en la calidad de la harina, paros de equipos y pérdida de producción, por lo que se elaboró un Ishikawa, que permitió ordenar de forma muy concentrada todas las causas que contribuyeron a un problema. Y se muestra a continuación.

#### 4.3.- Diagrama Ishikawa



## Explicación del Diagrama Ishikawa.-

Como primer paso se identificó el problema, que es el excedente de polvos dentro del proceso del cemento; es decir, existe más polvo de lo esperado. Y esto ocurre cuando están los dos hornos trabajando (HO-1 y HO-2).

### 1.- Maquinaria.-

Debido a que se tienen los dos hornos operando o un solo horno se produce excedente de polvos; por lo que se tiene encostramiento en el horno, taponamientos y paros con mucha frecuencia. Y esto ocasiona mayor consumo de energía eléctrica y calorífica.

Al no tener un contabilizador que cuantifique el polvo, se sigue contaminando la harina cruda por lo que produce variabilidad en dicha harina cruda.

### 2.- Materia Prima.-

El excedente de polvos produce variabilidad en la harina cruda, por lo que se tiene un producto de no muy buena calidad.

### 3.- Métodos.-

Se cuenta con métodos estimativos para cuantificar la cantidad de polvos recuperados. Y de la misma forma se realizan mantenimientos a equipos basados a través de la experiencia, no se cuenta con bitácoras o con historiales ya que la empresa tiene un proveedor que les fabrica equipos, basándose en la capacidad, tipo de material, almacenamiento, etc.

### 4.- Mano de Obra.-

Tener equipos con fallas y con paros frecuentes, se requiere de mayor mano de obra, tanto de personal interno como de personal externo para poder quitar los anillos y poder destaponar el precalentador.

### 5.- Medio Ambiente.-

Para obtener el cemento como producto terminado, cada maquinaria requiere de energía, desechos y combustible por lo que se contamina el aire y suelo. También se requiere de mayor energía eléctrica para funcionar nuevamente los equipos.

Al tener ya identificado las causas que generan el excedente de polvos, se procedió a contabilizar el polvo; es decir, a conocer la cantidad exacta de polvo para poder distribuirlo en los lugares adecuados. Para esto se llenaron unos reportes que

muestran la producción total de toneladas por día, (ver tabla 1,2,3,4 y5) y obtener el polvo total que se genera por día y la variabilidad de la harina.

#### 4.4.- Gráficas de variabilidad de la harina cruda.

Con los reportes anteriores, se obtuvieron las siguientes gráficas de dispersión (ver tablas 6 y 7) que muestran la variabilidad de la harina cruda, si ésta es estable o presenta cambios y esta se determina por medio de un aparato llamado Gammametrics. Dichas gráficas permitieron observar los cambios de la materia prima y los puntos más altos donde existe más variabilidad y se calculada cada mes.



Imagen 8.- Aparato Gammametrics.

2010.09.01	36.84
2010.09.02	34.25
2010.09.03	36.74
2010.09.03	34.3
2010.09.04	34.24
2010.09.04	37.24
2010.09.05	33.96
2010.09.06	34
2010.09.06	33.84
2010.09.08	36.36
2010.09.09	35.37
2010.09.10	33.9
2010.09.10	33.74
2010.09.11	37.18
2010.09.12	34.65
2010.09.13	34.7
2010.09.13	34.42
2010.09.14	34.99
2010.09.16	35.5
2010.09.17	37.26
2010.09.17	34.72
2010.09.18	35.01
2010.09.18	35.4



Tabla 6.- Gráfica de Dispersión de variabilidad del H2.

2010.08.01	36.89
2010.08.02	37.01
2010.08.03	37
2010.08.04	37.01
2010.08.05	37.1
2010.08.06	34.75
2010.08.07	37
2010.08.08	36.98
2010.08.09	37.19
2010.08.10	35.2
2010.08.11	35
2010.08.12	36.94
2010.08.13	36.68
2010.08.14	37.05
2010.08.15	37.27
2010.08.16	37.1
2010.08.17	37
2010.08.17	34.66
2010.08.17	35.07
2010.08.17	34.78
2010.08.17	34.23
2010.08.17	34.73
2010.08.18	35.1
2010.08.19	37.08
2010.08.20	36.9
2010.08.21	37.14
2010.08.22	35
2010.08.23	36.72
2010.08.24	36.7
2010.08.25	36.94
2010.08.26	35.04
2010.08.27	34.36
2010.08.28	37.23
2010.08.30	36.74
2010.08.31	37.1

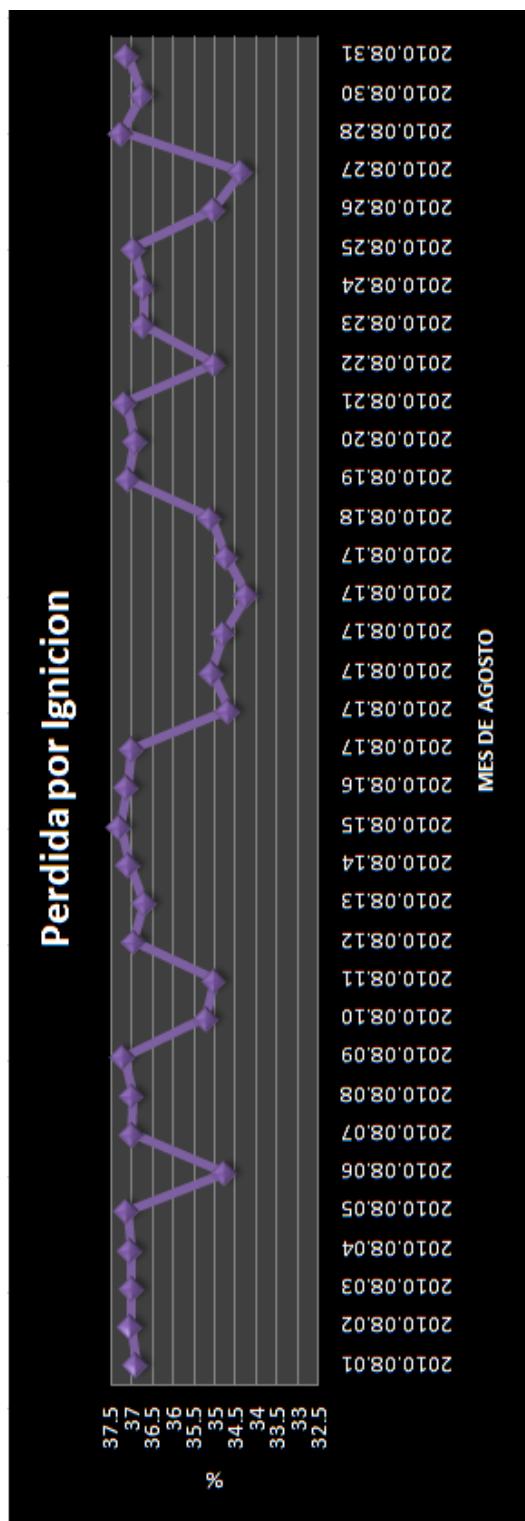


Tabla 7.- Gráfica de Dispersion del H2.

A continuación la tabla 8 muestra los parámetros indicados para tener una harina cruda de buena calidad y que sea estable. Se obtuvo a través de un muestreo durante un mes y con ayuda del Gamametrics. El porcentaje para tener una buena calidad de harina cruda es de 35%, con un rango de 34.9 a 35.1, si es mayor o menor al rango establecido muestra ya variabilidad.

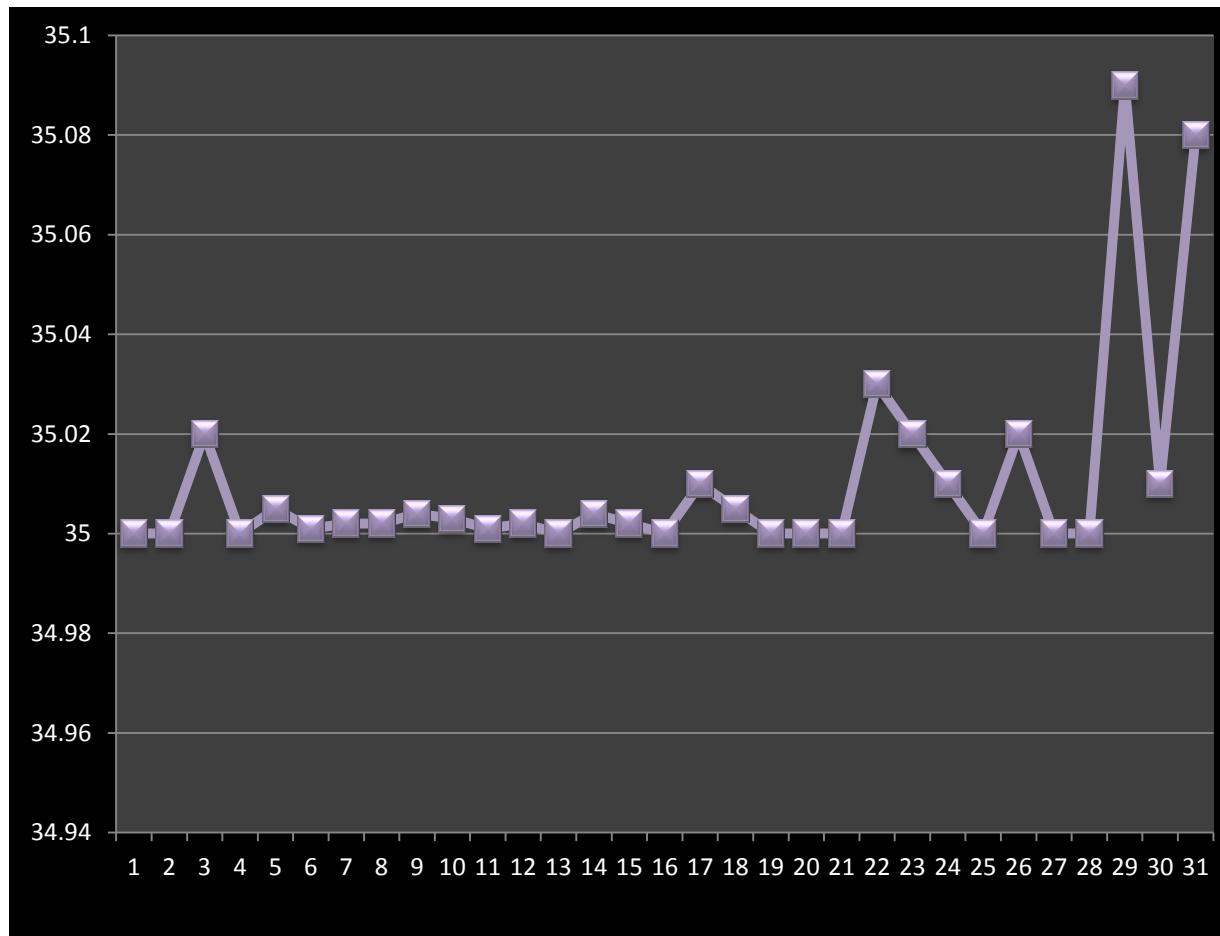


Tabla 8.- Calidad de la Harina Cruda.

Con los resultados de las gráficas anteriores se encontró la cantidad de polvo que se genera en el proceso de calcinación, y que se describe a continuación

### **Generación de polvo \_ operación ambos hornos**

Hornos	C. Producción harina cruda	Porciento retorno	Generación polvo
Horno 1	2415 t/d	11%	288 t/h
Horno 2	5040 t/d	11%	600 t/h
Total	7455 t/d		<b>888 t/h</b>

### **Consumo de polvo \_ base 5000 t/día.**

Tipos de cemento	Producción de cemento	Porcentaje de participación de polvos	Generación polvo
CPMM	650 t/d	18%	117.0 t/d
CPC30R	2750 t/d	10%	275.0 t/d
CPC40	1250 t/d	9%	112.5 t/d
Total	4650 t/d		<b>504.5 t/d</b>

Es decir que ambos Hornos (H1 y H2) generan un 888 t/h de polvo, y al momento de reconsiderar el consumo de polvo que requiere cada cemento (CPMM, CPC 30R Y CPC40) 504.5 t/d existe un total de **384 t/d de exceso de polvo**.

4.5.- Propuesta de programa de Mantenimiento Preventivo de los Separadores.

Conociendo ya el excedente de polvo se procedió a realizar un mantenimiento preventivo para los separadores de los molinos de cemento con la finalidad de que estos funcionen de la mejor manera, es decir que el material que pasa por estos equipos fluya sin ningún problema también para minimizar un poco más dicho excedente y así lograr una mejor homogeneización polvo con cemento.

El propósito de este programa de Mantenimiento es proporcionar procedimientos de operación, mantenimiento, y reparación ya que si no se aplica mantenimiento apropiado a dichos equipos o a cualquier equipo causa paradas innecesarias que afectan la productividad, como pérdidas sustanciales.

Como primer paso se investigó que tipo de separadores tiene la cementera, el funcionamiento y las partes que integran un separador. Dichos separadores son, *Separadores Dinámicos de Primera Generación*. También se indagó con el personal de mantenimiento, si contaban con una bitácora de mantenimiento para los separadores y como resultado se obtuvo que no existe ninguna bitácora, por lo que se procedió a preguntarle como aplican el mantenimiento a dichos equipos y comentaron que, se daba mantenimiento al equipo cuando este dejaba de funcionar totalmente, se llenaba de mucho material o cuando el material dentro del separador salía muy grueso o muy fino. Estas condiciones las han ido mejorando de acuerdo a su experiencia ya que tampoco no se cuenta con un historial. La empresa como tal cuenta con un proveedor que les diseña los separadores o distintas maquinarias para fabricar cemento, el proveedor es el que las maneja que tipo de maquinaria se requiere, incluyendo la capacidad de almacenamiento, tipo de material, número de contra álabes etc. y no les da un historial de cómo aplicarle mantenimiento al equipo, es decir, el personal de la empresa han realizado sus mantenimientos a través de la experiencia. Es por tal motivo que se procedió a realizar un programa de mantenimiento.

#### 4.5.1.- Objetivo:

El objetivo de esta propuesta es, darle un adecuado mantenimiento preventivo (MP) a los separadores que transportan el cemento y junto con éste el polvo, para hacer más eficaz el funcionamiento de dicho separador.

A continuación se muestran las partes que componen un separador:

- 1.- Cono o cámara de finos.
- 2.- Cono de gruesos.
- 3.- Persiana de aire.
- 4.- Cámara de separación.
- 5.- Distribuidor.
- 6.- Plato distribuidor.
- 7.- Contra álabes o aspas.
- 8.-Eje del ventilador.
- 9.-Aspa del ventilador.
- 10.-Alimentación.
- 11.- Salida de gruesos.
- 12.- Salida de finos.



#### 4.5.2.- Prioridades al aplicar el programa de mantenimiento preventivo.

A la frecuencia del MP debe dársele prioridades de acuerdo a la importancia que tiene el equipo (separador). Un orden de prioridades que se establece es como sigue:

##### Prioridad 1.-

Verificar la pérdida o desgaste de los contra álabes, ya que son muy cortos y permiten la entrada de material grueso.

##### Prioridad 2.-

Verificar el plato distribuidor porque almacena material muy grueso o muy fino.

##### Prioridad 3.-

Verificar desgaste en el cono de rechazos ya que puede tener agujeros.

##### Prioridad 4.-

Verificar la ventilación (inadecuada).

##### Prioridad 5.-

Verificar la inadecuada ventilación del plato distribuidor.

#### 4.5.3.- Áreas de responsabilidad en Mantenimiento Preventivo.

1.- Ingeniería de proyectos: debe tomar en cuenta, en sus diseños las instalaciones nuevas o en los cambios de las existentes.

2.- Ingeniería de operación: en esta área se realizan los trabajos de mantenimiento que un programa adecuado de MP tenga asignado al personal de operación. Por otra parte, es responsable de que se cumplan las fechas en las que el equipo debe quedar disponible para los trabajos propios del MP, para lo cual su intervención en la formulación de programas MP es vital.

3.- Ingeniería de Programación y Planeación: esta área es responsable de que los programas de MP se realicen de acuerdo a los planes establecidos. Su actividad es la más importante, el éxito o fracaso de un MP depende de cómo planee y programe el MP y además de cómo se controle. Tanto la planeación como la programación del MP son tareas que deben hacerse de común acuerdo entre éstas áreas de responsabilidad del MP. Todo programa, plan y manuales de MP deben ser incluso dados por escrito y con el visto bueno (incluso firmados formalmente) por los encargados de cada una de las áreas. Esto último es actividad que pertenece realizar al área de planeación y programación hasta la edición de los instructivos y manuales finales.

4.- Ingenieros y técnicos en trabajos de MP: éste grupo debe cooperar estrechamente con las áreas anteriores, ejecutar las tareas de MP según los programas, observando las normas establecidas para cada actividad y además debe informar sobre toda situación que lleva a mejorar y asegurar las metas fijadas por los programas de MP.

Áreas asignadas	Eléctrico	Mecánico
Quebradora Secundaria	Rosalío Talonia	Víctor Linares
Molino de Crudo	Rosalío Talonia	Víctor Linares
Horno 1	Ismel Cruz	Carlos Romo
Horno 2	Enrique Rosales	Ramón Coronilla
→ Molino 1	Apolo Hernández	Ulises Castañón
→ Molino 4	Apolo Hernández	Ulises Castañón
→ Molino 5	Apolo Hernández	Ulises Castañón
Transporte de clinker, aditivos	Ismael Cruz	Carlos Romo
Coke (incluye recepción y transporte)	Enrique Rosales	Carlos Romo
Coke (incluye sólo molienda)	Enrique Rosales	Ramón Coronilla
Dosificadores Pfister	Enrique Rosales	Víctor Linares
Combustóleo, líquidos alternos	Ismael Cruz	Ramón Coronilla
AFR's: finos gruesos	Ismael Cruz	Víctor Linares
Secador de aserrín	Ismael Cruz	Carlos Romo
Colectores de polvo	Responsable de área	Javier Rodríguez
Servicios agua y aire	NA	Roberto Torres
Estación y red de gas planta	Enrique Rosales	Ramón Coronilla
Subestación principal	Gustavo Ruiz / Rosalío Talonia	NA
Transformadores	Ismael Cruz	NA
Variadores	Enrique Rosales	NA
Sistema de tierras y pararrayos	Gustavo Ruiz	NA
Calibración protecciones eléctricas	Rosalío Talonia	NA
Laboratorio control calidad	Apolo Hernández / Ismael Cruz	Roberto Torres
Instrumentación planta (termopares, sensores)	Apolo Hernández	NA
Instrumentación (scanner y analizadores)	Apolo Hernández	NA
Sistema de Control Distribuido	Antonio Salinas/Apolo Hernández	NA
Equipo Móvil (grúa, montacargas)	NA	Ramón Coronilla
Herramientas y equipo de almacén	NA	Ulises Castañón
Mantenimiento a edificios	NA	Javier Rodríguez
Mantenimiento colonia, red de riego, CECAF	NA	Roberto Torres

→ Dichos separadores se encuentran en las áreas de Molienda de Cemento (Molino 1,4 y 5) y los técnicos encargados de dar mantenimiento a estos equipos son los que se encuentran en dicha tabla.

#### 4.5.4.- Aspectos a incluir en trabajos de MP.

Para los trabajos de MP deben tomarse en cuenta:

1.- Manuales de servicio del fabricante de los equipos.

2.- Registro de mantenimiento para servicios de rutina, ajustes o reposición de partes e inspecciones programadas.

3.- Obsolescencia del equipo, que nos puede definir cuándo es más económico realizar la reposición del mismo.

4.- Mantenimiento Predictivo, realizado a través de mediciones directas de campo como: vibraciones, temperaturas, parámetros eléctricos y en general toda acción que permita establecer si es o no necesaria una revisión y desarmado de un equipo.

5.- Control de calidad sobre los trabajos de mantenimiento que redundará en alargamiento y estandarización de los ciclos de falla.

Elementos para la programación y organización del Mantenimiento Preventivo.

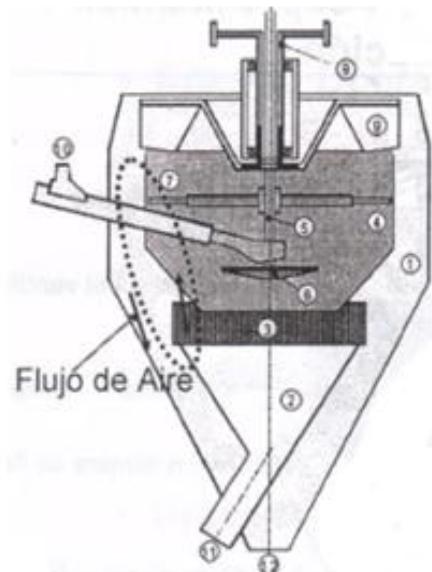
Para organizar eficientemente el mantenimiento preventivo y llevarlo a la práctica con un máximo de ventajas, conviene planear de antemano las actividades que se han de desarrollar en los equipos a los que se les ha de aplicar el mantenimiento.

Para el desarrollo de la planeación, programación y organización del mantenimiento preventivo nos apoyaremos en un plan de seis etapas, a registrarse en formas especiales a saber:

- Inventario e identificación de instalaciones y equipos.
- Cantidad de equipos.
- Número de identificación de los equipos.
- Normas de mantenimiento preventivo.
- Calendario de mantenimiento preventivo.
- Control de mantenimiento preventivo y de reparación de daños.

#### 4.5.5.- Funcionamiento del Separador.

Conociendo lo que es un separador dinámico de primera generación, se procedió a conocer el funcionamiento del mismo; el cual se describe a continuación.



- El material entra en el separador por la parte superior.
- Se genera una corriente de aire mediante un ventilador interno (9).
- El material grueso se dirige hacia las paredes a causa de la fuerza centrífuga generada por el plato distribuidor y los contra álabes, resbala por la parte del cono de gruesos y sale por la parte inferior (11).
- El material fino es aspirado a la cámara exterior (1) y sale por la parte inferior de la carcasa (12).
- La finura del producto se ajusta mediante la velocidad rotacional del plato y los contra álabes (6+7).
- La granulometría del material es de 3 a 4 cm.

De acuerdo al funcionamiento del separador dinámico de primera generación se identificó que a este tipo de separadores no cuentan con un mantenimiento preventivo, muchas veces se les aplica el mantenimiento correctivo teniendo como consecuencia paros más frecuentes, menor rendimiento y como consiguiente pérdidas económicas.

También se identificó que las contra álabes sufren de desgaste y esto ocasiona que, sean muy cortas, que se encuentren en mala posición y ángulo. Como consiguiente se almacena material muy grueso o muy fino en el plato distribuidor y produce desgastes en el cono de rechazos. Por lo tanto produce un producto muy grueso, alta pérdida de carga y pérdida de producción.

#### 4.5.6.- Mantenimiento de la máquina.

Para evitar que sigan éstas fallas se elaboró un programa de mantenimiento preventivo que ayudará a resolver estos problemas.

Este programa de mantenimiento es para los molinos de cemento (Molino 1, Molino 4 y Molino 5)

El programa consiste en:

SEPARADOR DINÁMICO DE PRIMERA GENERACIÓN (Molino 5).									
DESCRIPCIÓN	CLAVE	FRECUENCIA	TIEMPO H.H.	MECÁNICOS			ELECTRICISTAS		
				M1	M2	M3	E1	E2	E3
Revisar sistema de accionamiento de velocidad (no tenga partes que obstruyan el accionamiento).	545-SP1	Mensual	16	M1	M2	M3			
Revisar sistema de ventilación principal (gire adecuadamente).	545-SP1	Bimestral	8		M2	M3			
Limpiar aspas del ventilador.	545-SP1	Trimestral	8			M3			
Drenar y limpiar salida de gruesos y finos.	545-SP1	Semanal	9	M1	M2				
Limpieza interior de la cámara de finos.	545-SP1	Bimestral	5				E1		
Adaptar y revisar adecuadamente las contra álabes.	545-SP1	Mensual	16			M3			
Verificar, alinear y tensar persiana de aire.	545-SP1	Anual	24	M1	M2				
Remplazo de las partes desgastadas.	545-SP1	Mensual	18	M1					
Ajustar la combinación correcta de velocidad del separador y flujo de aire.	545-SP1	Bimestral	11		M2				
Limpieza interior del ventilador interno.	545-SP1	Mensual	16			M3	E2		
Verificar y represtar tornillería de los soportes del eje del ventilador, distribuidor y plato distribuidor.	545-SP1	2 por año	20			M3			
Revisar y comprobar las protecciones del motor principal.	545-SP1	Mensual	15	M1	M2				

SEPARADOR DINÁMICO DE PRIMERA GENERACIÓN (Molino 4).									
DESCRIPCIÓN	CLAVE	FRECUENCIA	TIEMPO H.H.	MECÁNICOS			ELECTRICISTAS		
				M1	M2	M3	E1	E2	E3
Revisar sistema de accionamiento de velocidad (no tenga partes que obstruyan el accionamiento).	544-SP1	Mensual	16	M1	M2	M3			
Revisar sistema de ventilación principal (gire adecuadamente).	544-SP1	Bimestral	8		M2	M3			
Limpiar aspas del ventilador.	544-SP1	Trimestral	8			M3			
Drenar y limpiar salida de gruesos y finos.	544-SP1	Semanal	9	M1	M2				
Limpieza interior de la cámara de finos.	544-SP1	Bimestral	5				E1		
Adaptar y revisar adecuadamente las contra álabes.	544-SP1	Mensual	16			M3			
Verificar, alinear y tensar persiana de aire.	544-SP1	Anual	24	M1	M2				
Remplazo de las partes desgastadas.	544-SP1	Mensual	18	M1					
Ajustar la combinación correcta de velocidad del separador y flujo de aire.	544-SP1	Bimestral	11		M2				
Limpieza interior del ventilador interno.	544-SP1	Mensual	16			M3	E2		
Verificar y represtar tornillería de los soportes del eje del ventilador, distribuidor y plato distribuidor.	544-SP1	2 por año	20			M3			
Revisar y comprobar las protecciones del motor principal.	544-SP1	Mensual	15	M1	M2				

SEPARADOR DINÁMICO DE PRIMERA GENERACIÓN (Molino 1).									
DESCRIPCIÓN	CLAVE	FRECUENCIA	TIEMPO H.H.	MECÁNICOS			ELECTRICISTAS		
				M1	M2	M3	E1	E2	E3
Revisar sistema de accionamiento de velocidad (no tenga partes que obstruyan el accionamiento).	541-SP1	Mensual	16	M1	M2	M3			
Revisar sistema de ventilación principal (gire adecuadamente).	541-SP1	Bimestral	8		M2	M3			
Limpiar aspas del ventilador.	541-SP1	Trimestral	8			M3			
Drenar y limpiar salida de gruesos y finos.	541-SP1	Semanal	9	M1	M2				
Limpieza interior de la cámara de finos.	541-SP1	Bimestral	5				E1		
Adaptar y revisar adecuadamente las contra álabes.	541-SP1	Mensual	16			M3			
Verificar, alinear y tensar persiana de aire.	541-SP1	Anual	24	M1	M2				
Remplazo de las partes desgastadas.	541-SP1	Mensual	18	M1					
Ajustar la combinación correcta de velocidad del separador y flujo de aire.	541-SP1	Bimestral	11		M2				
Limpieza interior del ventilador interno.	541-SP1	Mensual	16			M3	E2		
Verificar y represtar tornillería de los soportes del eje del ventilador, distribuidor y plato distribuidor.	541-SP1	2 por año	20			M3			
Revisar y comprobar las protecciones del motor principal.	541-SP1	Mensual	15	M1	M2				

Dicho Programa de Mantenimiento Preventivo describe cada una de las actividades que debe realizar cada electricista (E1, E2 y E3) y mecánico (M1,M2 y M3); a cada uno de ellos se les asigno diferentes actividades y la frecuencia con la que se debe realizar; con la finalidad de tener un equipo mejor controlado, que este en buenas condiciones y un producto de buena calidad.

Explicación del plan de Mantenimiento Preventivo para los Separadores Dinámicos de Primera Generación.

1.- Revisar sistema de accionamiento de velocidad (no tenga partes que obstruyan el accionamiento): es recomendable dar un vistazo al sistema de accionamiento antes de arrancar el equipo para prevenir algún accidente. También se requiere revisar que los cables y conexiones del sistema de accionamiento estén conectados adecuadamente y asimismo el sistema eléctrico este funcionando apropiadamente.

2.- Revisar sistema de ventilación principal (gire adecuadamente): el sistema de ventilación principal como su sistema auxiliar este siempre lubricado, conectado y cableado adecuadamente, de tal forma que el sistema auxiliar de ventilación interna y externa del separador no tengan material acumulado.

3.- Limpiar aspas del ventilador: cuando se tenga material acumulado o exceso de material en las aspas del ventilador, limpiar con el cepillo especial y agua.

4.- Drenar y limpiar salida de gruesos y finos: mantener libre la salida de gruesos y finos para que el material que pasa por estos ductos fluya o salga sin ningún problema. Limpiar con el cepillo especial, agua y franela.

5.- Limpieza interior de la cámara de finos: hacer limpieza bimestralmente de la cámara de finos; por el funcionamiento que tiene dicha cámara se llega a acumular material y se tiene que retirar. Limpiar con cepillo especial, agua a presión y secar con vapor.

6.- Adaptar y revisar adecuadamente las contra álabes: revisar las contra álabes, si alguna de ellas llega a estar rota cambiarla e instalar la nuevas contra álabes en posición adecuada, en número, longitud y ángulo. Si no se cumple dicho lo anterior no funcionará adecuadamente el equipo y provocará daños secundarios.

7.- Verificar, alinear y tensar persiana de aire: alinear y tensar la persiana de aire al nivel medio para que el aire que fluye en todo el separador sea el indicado. Si se le aplica demasiado aire, el material dentro del separador sería muy volátil y se iría al ambiente y si es muy poco aire, existiría exceso o acumulación de material dentro del separador. Es por eso que el nivel de aire debe ser intermedio.

8.- Reemplazo de las partes desgastadas: los días que se da mantenimiento se deben cambiar aquellas partes desgastadas o rotas, al igual que los sellos principales

9.- Ajustar la combinación correcta de velocidad del separador y flujo de aire: ajustar estas partes del separador para que este arranque y gire sin ningún problema.

10.- Limpieza interior del ventilador interno: tener limpio el ventilador interno para que gire adecuadamente y realice su función como debe de ser. Limpiar el ventilador con franela y cepillo especial.

11.- Verificar y reapretar tornillería de los soportes del eje del ventilador, distribuidor y plato distribuidor: al momento de dar arranque al equipo o ponerlo a prueba revisar si toda la tornillería del ventilador y plato distribuidor esta fija.

12.- Revisar y comprobar las protecciones del motor principal: el motor principal es la cabeza del separador para que funcione adecuadamente es por eso que también se debe de revisar que los motores de las bombas estén en buen estado, el sistema de aireación fluya sin ningún problema, que no tenga partes que obstaculicen su función. También el relevador de sobrecarga de los motores esté conectado adecuadamente y realicen su función al igual que los empaques de electroválvulas. Y por último lubricar todos los rodamientos de la transmisión principal.

En los días que se realiza mantenimiento, se revisan algunas condiciones de Seguridad, las cuales son:

- Antes de intervenir el equipo realice el análisis de riesgo de la actividad mediante el permiso de trabajo. Si se realizan trabajos en el interior debe considerarlo como un espacio confinado, además de trabajo en altura.
- Bloquear y des energizar los equipos que interactúen con el equipo, como ventilador, entradas de material, compuertas neumáticas etc.
- Al inicio y término de la actividad mantenga la comunicación con el encargado del equipo y personal de actividades conjuntas en el equipo.

## Conclusiones

La ventaja de desarrollar este programa preventivo es que permite combatir problemas crónicos.

El mantenimiento que se desarrollo es de tipo estacional, ya que cuando se trabaja a toda capacidad es en los meses de marzo y diciembre que es cuando el departamento de producción puede parar por vacaciones de su personal, aprovechando éste tiempo para hacer mantenimiento completo al separador dinámico, además del que se da todo el año de acuerdo al programa formulado.

Y además el separador dinámico es uno de los equipos más importantes dentro de un circuito de molienda, cuya función es la de clasificar las partículas en gruesas como retornos al molino y las finas como producto terminado las cuales deben cumplir con las guías de finura del producto requerido, por ello es importante que estos se encuentren en buenas condiciones para realizar dicha función

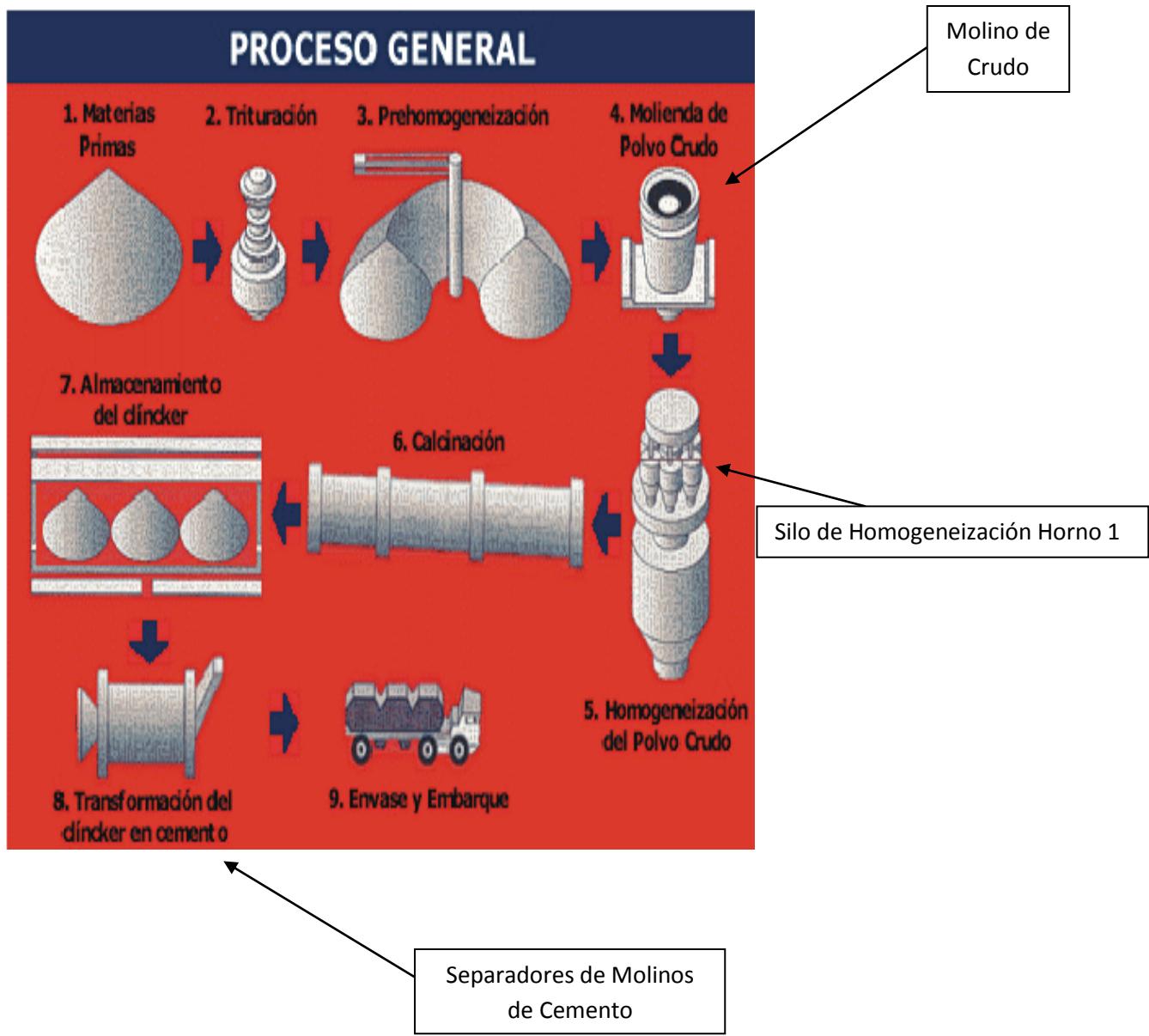
## CAPÍTULO 5: RESULTADOS

### 5.1.- Lugares específicos para la inyección de polvos.

Con la eficiencia en el uso y manejo de polvos provenientes de la calcinación, y analizando todos los escenarios y todas las distintas áreas del proceso, se identificó que las posibles alternativas serán:

- Acondicionar silo de homogeneización de horno 1 para almacenar el excedente de polvo.
- Inyectar el polvo a los separadores de los molinos de cemento para incrementar el consumo por optimización de la mezcla.
- Acondicionar silo antes de aserrín para almacenar y disponer de manera controlada los polvos en la alimentación del molino de crudo.
- Evaluar costo beneficio por incrementar la finura de la harina cruda.
- Optimizar área de separación en etapas superiores del precalentador.

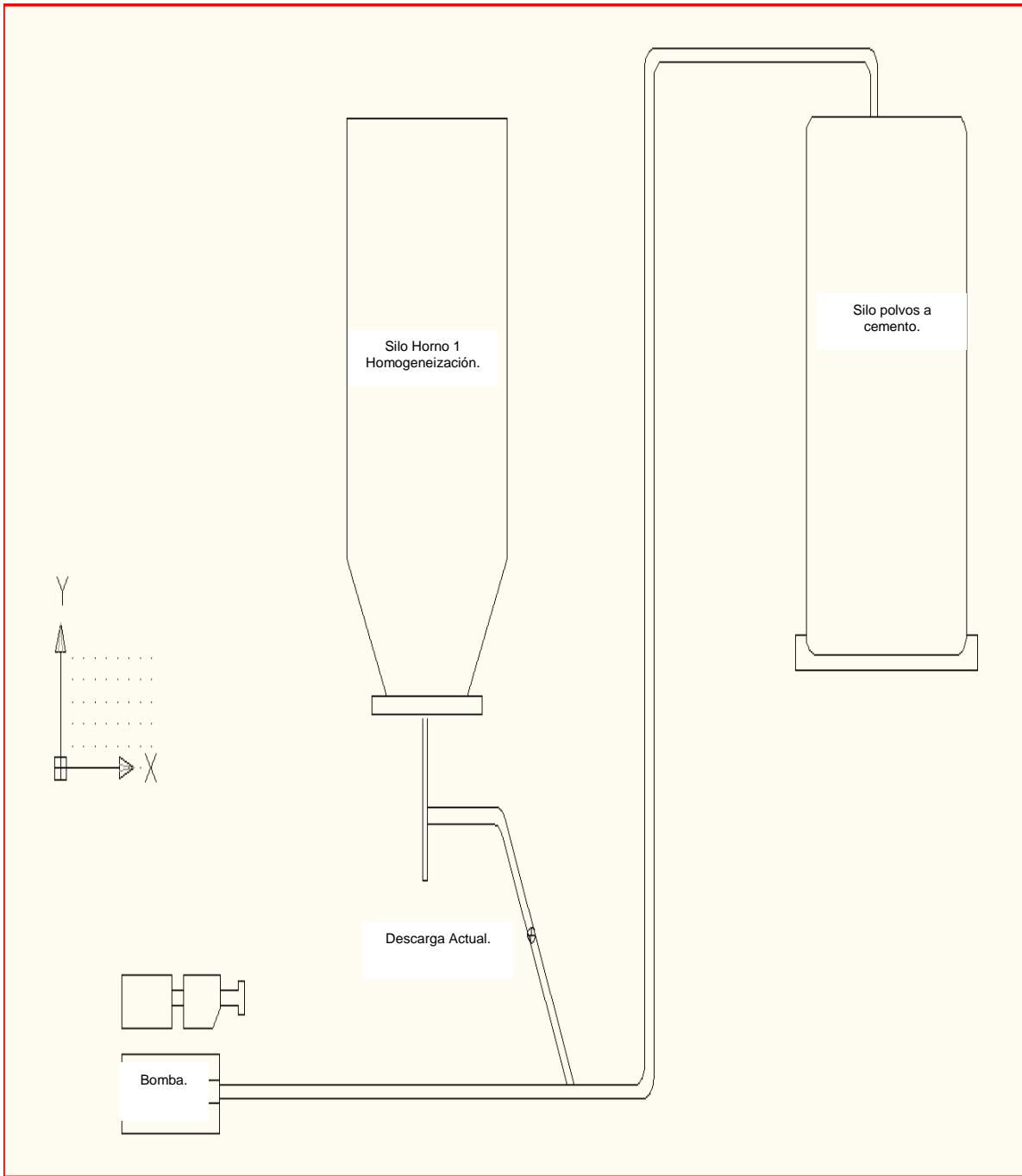
Se contemplan varias alternativas porque todo el excedente de polvo no se puede inyectar en un solo proceso o en un solo lugar, porque afectaría principalmente la calidad para el producto terminado. A continuación se muestra gráficamente el proceso general de la fabricación del cemento y se señalan las áreas principales donde se inyectará un porcentaje de polvo.



Como primera alternativa para inyectar el excedente de polvo es en: el silo de homogeneización horno 1, la segunda opción es en los separadores de los molinos de cemento y por último en la alimentación del molino de crudo.

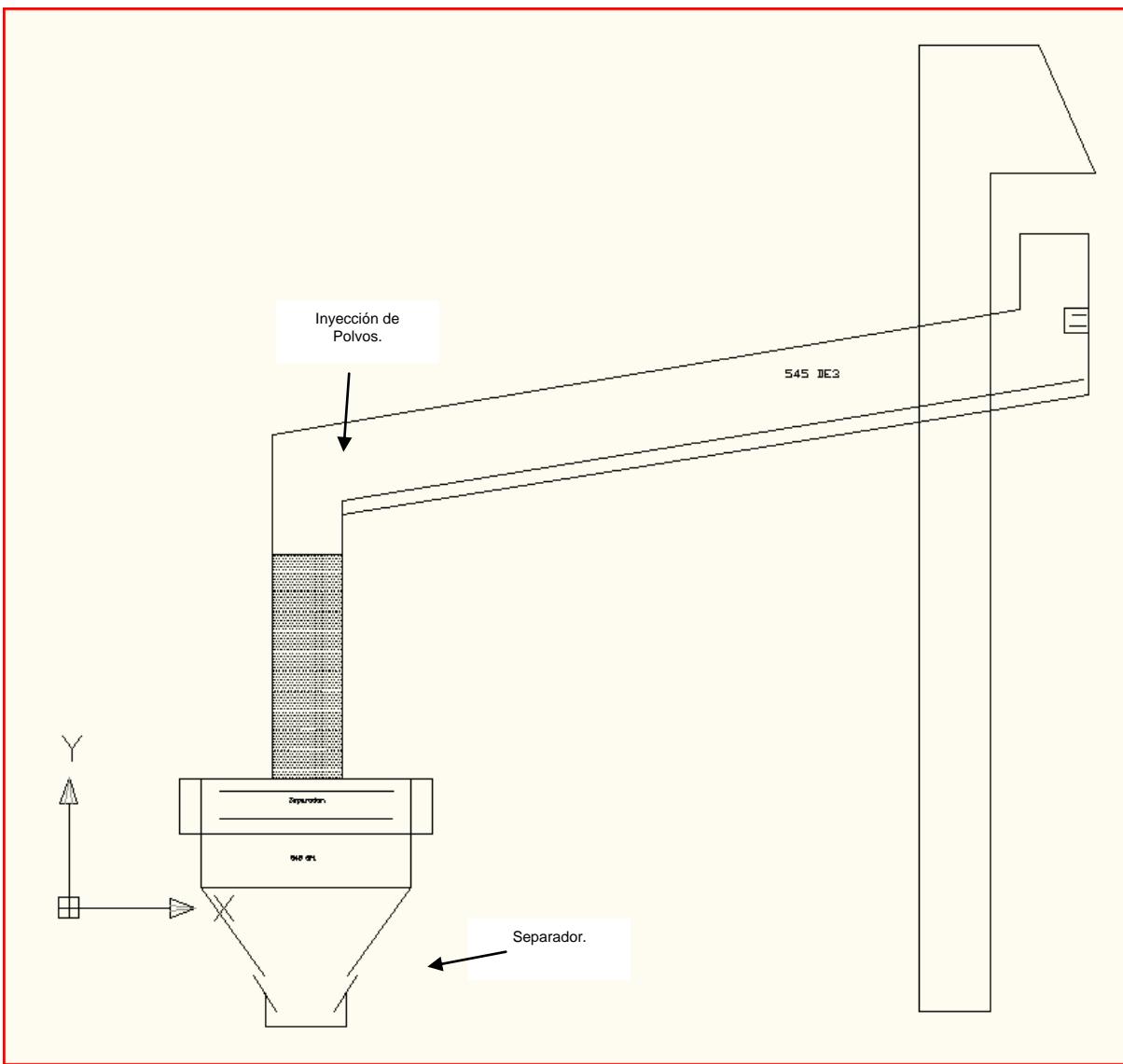
Cada una de estas opciones se define a continuación:

1.-ACONDICIONAR SILO DE HOMOGENEIZACIÓN DE HORNO 1 PARA ALMACENAR EL EXCEDENTE DE POLVO



Habilitar silo para polvos en exceso y disponer de éstos en toda operación del molino de crudo para horno 2, con un total de **120 t/d de polvo** ya que el silo tiene una capacidad de almacenamiento de 120 t/d. Esta primera propuesta se aplica en caso de emergencia, es decir este silo sirve para almacenar los polvos en caso de que ningún horno esté operando.

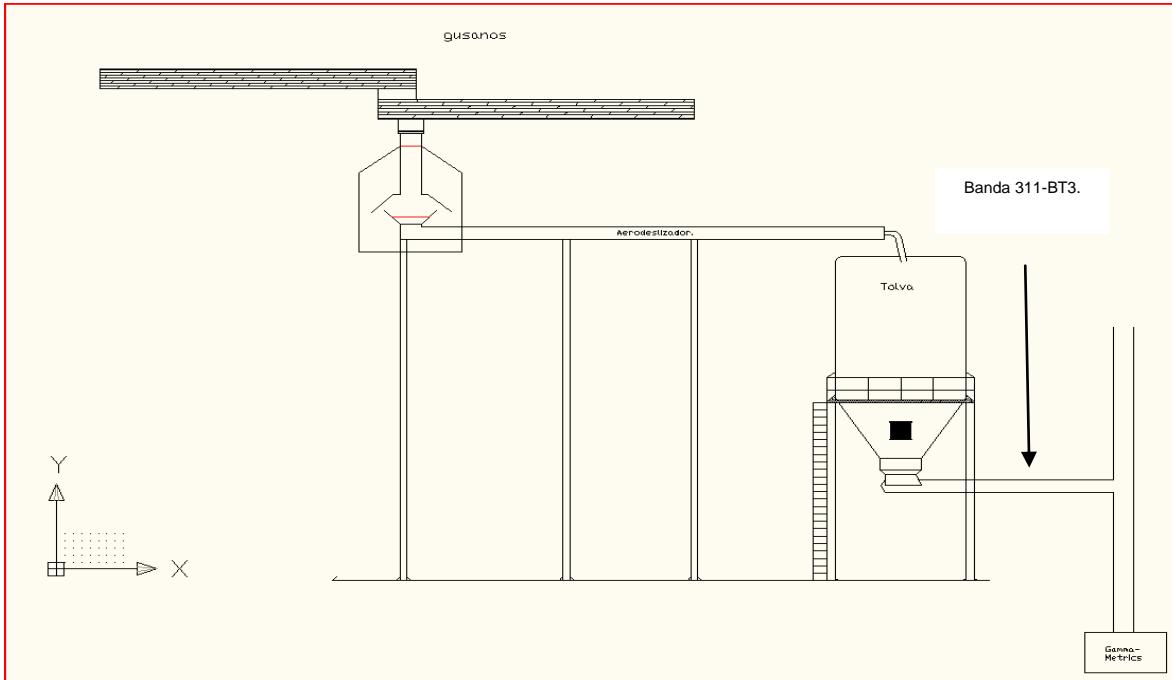
## 2.- INYECTAR EL POLVO A LOS SEPARADORES DE LOS MOLINOS DE CEMENTO PARA INCREMENTAR EL CONSUMO POR OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA



Con la ayuda de los separadores que se encuentran en la cementera se podrá inyectar una parte del excedente de polvos en los separadores de los molinos de cemento con la finalidad de homogenizar los polvos provenientes de la calcinación con el cemento, prediciendo así la calidad del producto. Para poder realizar esta segunda opción se incorpora una báscula sobre banda, un chute de alimentación y unas péndulantes con una capacidad de almacenamiento para **140 t/d de polvo**, esta cantidad es la necesaria para poder trasladar el polvo en dichos mecanismos. Esta propuesta permite, además, producir cemento más homogéneo, más fino y con un costo mínimo. Porque esta propuesta sirve como una herramienta de ayuda a la decisión para el operador del proceso, o para optimizar el proceso de forma automática, teniendo en cuenta que aumentará la producción del molino y se

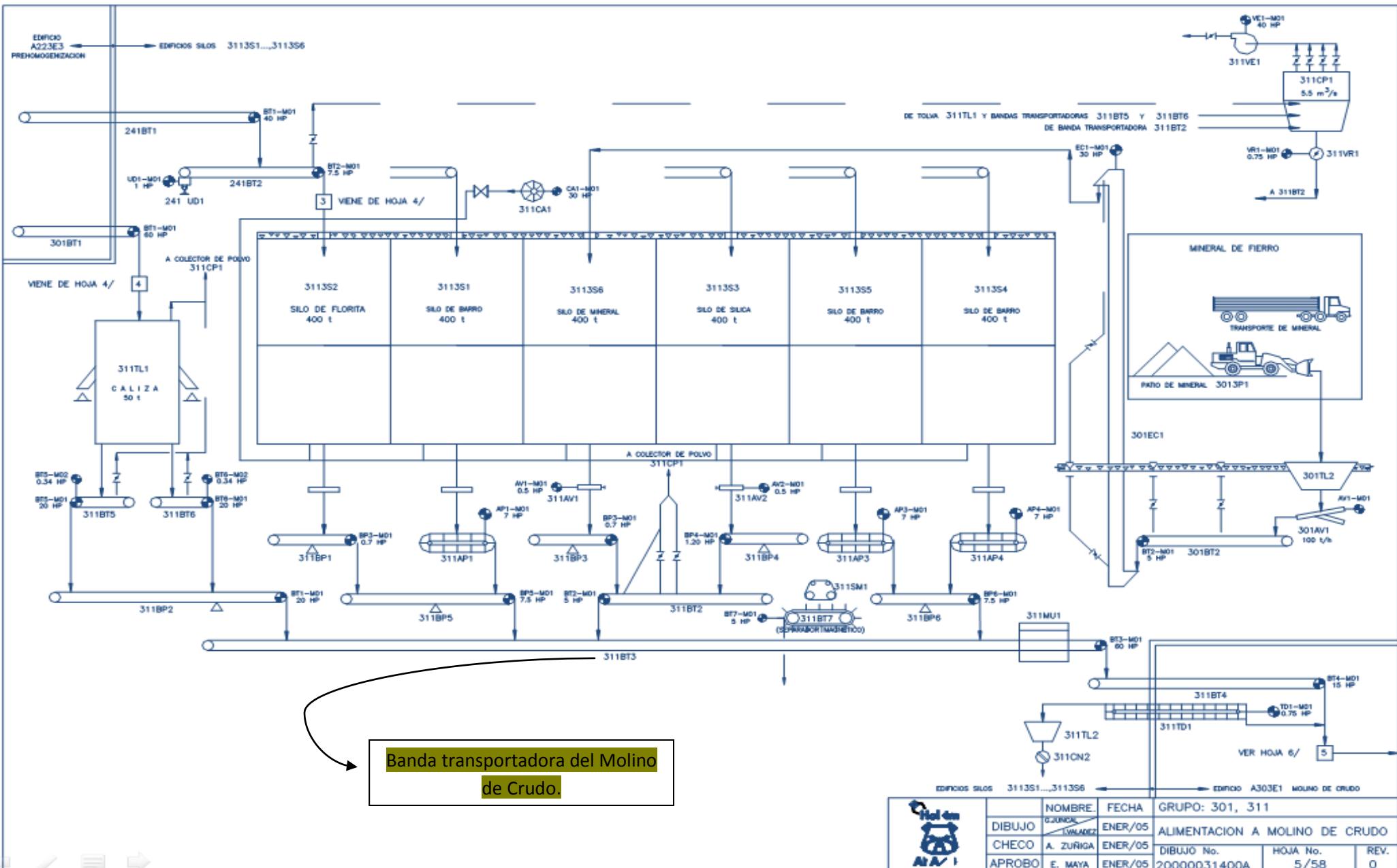
eficientarán los equipos. La función de estos separadores es que apartan el material que cumple los criterios de calidad respecto a la finura, que se almacena en un silo, mientras que el resto del material se devuelve al molino.

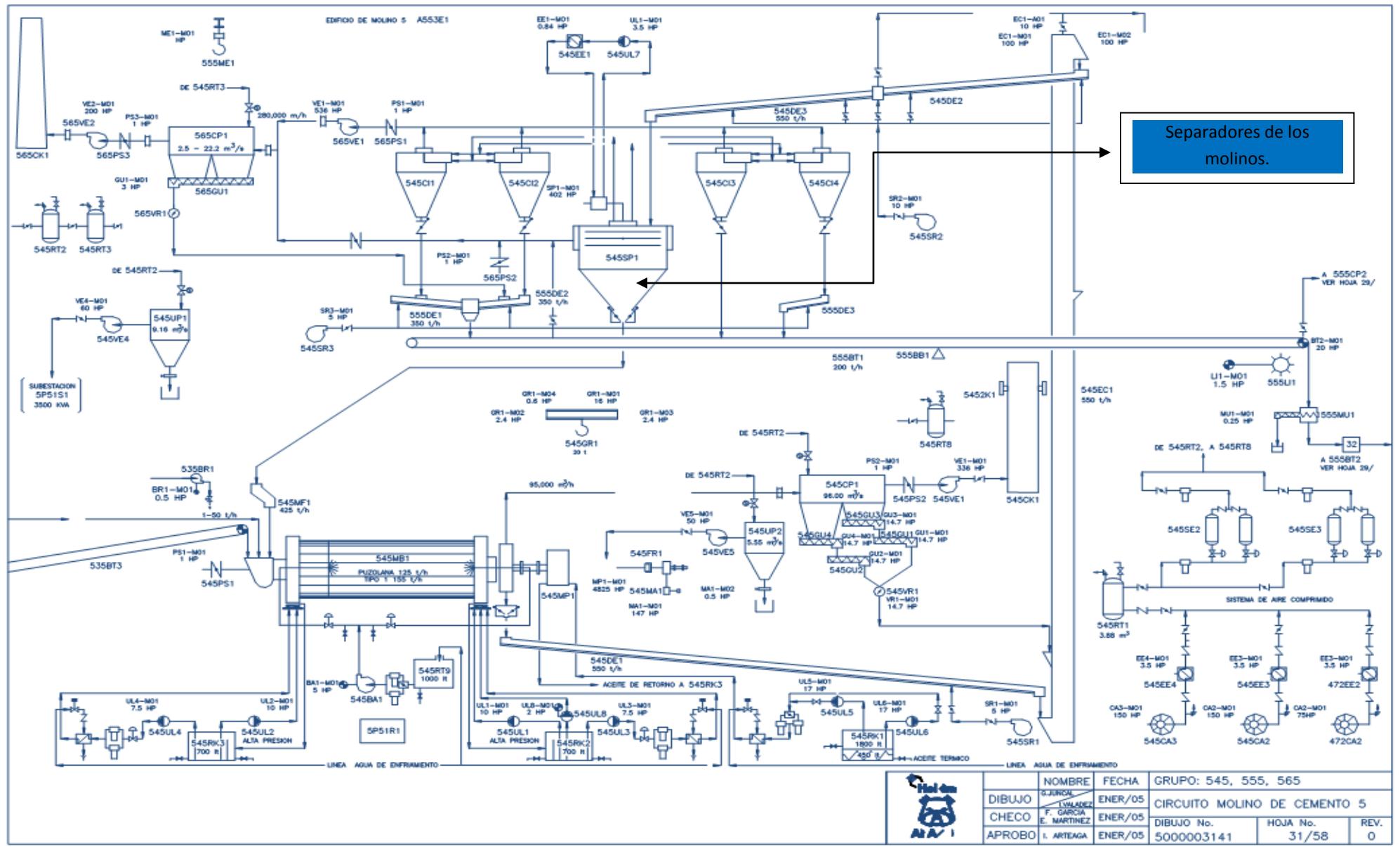
### 3.- ACONDICIONAR SILO ANTES DE ASERRÍN PARA ALMACENAR Y DISPONER DE MANERA CONTROLADA LOS POLVOS EN LA ALIMENTACIÓN DEL MOLINO DE CRUDO



Acondicionar tolva de aserrín que se encuentra dentro de la cementera para disponer de manera controlada el polvo de exceso. Dosificar junto con el resto de los componentes de la materia prima al Molino de Crudo, **con un 124 t/d de polvo** ya que la tolva de aserrín tiene capacidad de 125 t/d y es suficiente para poder aprovechar de manera controlada dicho polvo.

Inyectarlos en el Molino de Crudo antes del Gammametrics, la función del Gammametrics es analizar todo el material que pasa por la banda 311-BT3 con la finalidad de cuantificar y homogeneizar toda la materia prima, por lo tanto no afectará la calidad del producto y equipos. Los polvos que se recuperan en la casa de bolsas (422CP1) y el transporte son los gusanos, se ocuparía el gusano más cercano del molino para acarrear los polvos en aerodeslizadores para un mejor manejo de polvos y prevenir fallas. Ya teniendo los aerodeslizadores, descargaría en una tolva y de esta tolva a otro aerodeslizador para caer en la otra banda que trae el material. A continuación se muestran unos Diagramas de Flujo del área de Molino de Cementos específicamente el área donde se encuentran las ciclonetas con los separadores y el otro diagrama del área del Molino de Crudo donde está la entrada de diferentes materiales a las bandas y todo este material se concentra en la banda 311 BT3 y también se va a mostrar la mejora.





## 5.2.- Resultados.

Con las propuestas (Silo de homogeneización horno 1 para almacenar el excedente de polvo, inyectarlos en los separadores de los molinos de cemento y acondicionando silo de aserrín) se mejorará la calidad del cemento, es decir, será más resistente para todo tipo de construcciones desde casas-habitación hasta presas hidráulicas, distribuidor vial, torres, plataformas, etc. porque con estas opciones el polvo con el cemento se homogenizan de tal manera que será mejor el fraguado de esta mezcla y mayor beneficio para las personas que usan este material desde empleados hasta compradores (comercios, albañiles, etc).

También con estas nuevas opciones o propuestas se tendrá más controlado el uso y manejo de estos polvos, es decir, se evitará la contaminación de la atmósfera. Además aumentará el rendimiento de los equipos y disminuirá el costo de mano de obra, asimismo facilitará el trabajo del personal de la empresa, porque estas opciones podrán ser manipuladas desde la Sala de Control (COP) hasta el personal que labora en campo.

De igual forma las herramientas ingenieriles ayudaron a identificar que si existían alternativas para poder controlar el exceso de polvos. Examinando los aspectos de la empresa como fueron el personal que integra la planta, la ubicación de la empresa, las vías de transportación para poder trasladar el material y la forma en que lo hacen hasta la maquinaria que se utiliza para fabricar el cemento permitiendo la inyección de los polvos en los lugares indicados evitando así la contaminación al medio ambiente.

Y con el manual de mantenimiento preventivo los separadores se encontrarán en buenas condiciones por lo tanto el material se podrá homogeneizar mejor ya que el personal encargado de dicha área dará sus revisiones frecuentes para que el separador funcione adecuadamente.

### 5.3.- Conclusiones.

Con la ayuda de las herramientas Ingenieriles, y por medio del análisis cualitativo para la “Propuesta para el manejo de polvos en el proceso de calcinación de la materia prima para la fabricación del cemento”, se concluye que existen alternativas de solución que mejorarán el proceso del cemento y que ayudarán a una buena administración del manejo de los polvos.

Es decir, el Análisis FODA permitió identificar y analizar las Fuerzas y Debilidades de la Organización (Holcim Apasco), así como también las Oportunidades y Amenazas, considerando muchos y diferentes factores internos y externos para maximizar el potencial de las fuerzas y oportunidades, minimizando el impacto de las debilidades y amenazas.

El Diagrama de Árbol también permitió identificar todas las partes necesarias para poder alcanzar el objetivo e implementar una solución. También fue empleado para descomponer el objetivo en una serie de actividades que puedan hacerse. A través de la representación gráfica de actividades se facilitó el entendimiento de las acciones que intervendrán.

El Diagrama Ishikawa fue utilizado para poder apreciar las causas que contribuyeron al problema, ampliando así la visión, enriqueciendo el análisis y fundamentando las soluciones y las mejoras para el problema.

Así, con la ayuda de estas herramientas y el aprovechamiento de los resultados de su aplicación, los polvos podrán ser controlados y utilizados en:

- El producto terminado.
- La molienda del cemento.
- Dosifican en el transporte.

Los beneficios al utilizar los polvos en las descargas: acondicionamiento silo de homogeneización del horno 1; separadores de los molinos de cemento y acondicionamiento del silo de aserrín aumentará el rendimiento o producción en el proceso del cemento; también mejorará la calidad del concreto y su finura; además, se conseguirá mayor control en los sistemas de captación de polvo y, por lo tanto, se cuidará mejor el medio ambiente.

Y con la propuesta de mantenimiento preventivo que se desarrolló para los separadores surge de la necesidad de tener una producción continua, con un mínimo de paros ya que esto redundaría en un mayor rendimiento. Este manual surgió para minimizar un poco más el excedente de polvo, también para poder homogeneizar eficientemente polvo con cemento y poder incrementar el ciclo de vida de los separadores. También está propuesta permitió ver que es más costeable darle éste tipo de mantenimiento ya que solamente con siete hombres en los distintos turnos se puede dar; estos y otros problemas se pretenden eliminar con el programa de mantenimiento propuesto.

## ANEXOS

### GLOSARIO INDUSTRIAL

- **Aditivo:** Mineral cristalino no metálico compuesto principalmente de óxido de hierro.
- **Anillos:** Material de forma circular que se forma en el interior del horno.
- **Blaine:** Es la finura del material en términos de superficie específica expresada en cm<sup>2</sup>/gr.
- **Caliza:** Roca sedimentaria que puede ser de diferentes granulometrías que contiene predominante carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).
- **Capa de polvo:** Cantidad de polvo que se deposita en la superficie del medio filtrante antes de la limpieza; actúa como superficie de retención durante el proceso de filtrado.
- **Carga de polvo:** La cantidad de partículas en un determinado volumen de aire. Se indica en gr/m<sup>3</sup>.
- **CEM:** Monitoreo de Emisiones Continuas.
- **Chimenea:** Componente final de la instalación por donde el aire/gas sale a la atmósfera.
- **Chips:** Trozos de llantas.
- **Ciclonetas:** Empleadas en el final de la línea de transporte neumático para separar el sólido transportado por efecto ciclónico. Su válvula reguladora de caudal de aire en la aspiración permite encontrar la velocidad óptima para una correcta decantación.
- **Clíker:** Producto resultante de la calcinación de la harina cruda en el horno.
- **CO:** Monóxido de carbono.
- **CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono.
- **Colector:** Sinónimo de filtro.
- **Compuerta:** Aparato utilizado para aislar áreas del sistema o controlar el volumen del caudal del aire.
- **Controlador/ Analizador Gamma-metrics:** Dispositivo que actúa como una herramienta para el control de los parámetros de la harina cruda.
- **COP:** Proceso de Control Operacional (Control Operation Process).

- **CPC:** Cemento Portland Compuesto.
- **Coke:** Es un desecho del petróleo que actúa como combustible para el calentamiento del horno.
- **Crudo:** Es la mezcla de componentes finamente molidos y homogeneizados con adecuada composición química.
- **OH & S:** Seguridad y Salud Ocupacional.
- **Fraguado:** Endurecimiento de la mezcla.
- **Guamba:** Cañón de agua.
- **MM:** Cemento Mortero Maestro.
- **NOx:** Óxido de nitrógeno.
- **Partícula:** Materia sólida o líquida de tamaño pequeño.
- **Pérdida por Ignición:** Es la pérdida en peso por el desprendimiento de la humedad total y del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- **PHB:** Patio de pre homogenización.
- **Pfister:** Es un dosificador/alimentador muy confiable.
- **Puzolana:** Compuesto volcánico o ceniza con propiedades hidráulicas.
- **Retenido:** Parte gruesa que se retiene
- **Saturación de Cal:** Exceso de Oxido de Calcio (CaO).
- **Tolva:** Es un depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados.
- **Módulo de sílice:** Es una relación de silicio con fundentes.
- **Módulo de alúmina:** Es una relación de aluminio con fundentes.

## BIBLIOGRAFÍA

BHA

Product reference and Troubleshooting guide

Corporate headquarters

Copyright BHA Group, Inc 1998.

Pág: 80-84

SERIES H-PLUS

Rodillos de trabajo pesado para bandas transportadoras

Continental Conveyor & Equipment Company

Pág:1-13

“Seminario de Fundamentos y Mantenimiento de los Filtros de Mangas”

Manual de Referencia

BHA Group, Inc.

Pag:1-98

Manual Bomba Fuller

(422BF1) Manejo de polvos

BMH Americas Claudius Peters Technologies

Ersatzteilzeichnung.

Internet

[www.google.com](http://www.google.com)

<http://www.apasco.com.mx> / Fuerza.Desempeño.Pasión

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) es.wikipedia.org/wiki/Holcim.

Cemento-Wikipedia, la enciclopedia

Manual sobre impactos ambientales/cemento.

[http://www.uventas.com/ebooks/Analisis\\_Foda.pdf](http://www.uventas.com/ebooks/Analisis_Foda.pdf)