

12  
290



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores  
"ZARAGOZA"

## Análisis Financiero Comparativo Entre la Producción de Cemento Gris Portland Puzo- lanico Tipo I y Cemento Gris Portland Tipo I Normal.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
SALVADOR JIMENEZ MARTINEZ

Asesor: ING. RAUL RAMON MORA HERNANDEZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1993



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

### CONTENIDO

Pág.

#### CAPITULO I INTRODUCCION

Aspectos Históricos del Cemento Portland .....	1
Resumen Cronológico .....	5
1 GENERALIDADES .....	7
1.1 Definiciones .....	7
1.2 Clasificación del Cemento Portland .....	8
1.3 Aspectos Generales del Cemento Portland Tipo I Normal ..	10
1.3.1 Aplicaciones y Usos	
1.3.2 Composición Química	
1.3.3 Propiedades Características	
-Propiedades Físicas	
-Propiedades Químicas	
1.4 Aspectos Generales del Cemento Portland Puzolánico	
Tipo I .....	14
1.4.1 Aplicaciones y Usos	
1.4.2 Composición Química	
1.4.3 Propiedades Características	
-Propiedades Físicas	
-Propiedades Químicas	
1.5 Aspectos Relevantes Comparativos entre el Cemento Port. 18	
Tipo I Normal y el Cemento Portland Puzolánico Tipo I	
1.5.1 Comparación en Resistencia Química	
1.5.2 Comparación en Resistencias a la Compresión	
1.5.3 Comparación en Calor de Hidratación	
1.6 Aspectos Generales de las Puzolanas .....	20
1.6.1 Clasificación	
-Puzolanas Naturales	
-Puzolanas Artificiales	
1.6.2 Función de la Puzolana en el Cemento	

#### CAPITULO II ANALISIS DE MERCADO

2.1 Características del Cemento en el Mercado .....	23
2.1.1 Tipo de Producto	
2.1.2 Presentaciones Comerciales	
-Precios	
2.1.3 Mercados a los que Asiste	
2.1.4 Sucesos	

2.1.5 Distribución y Comercialización	
-Transporte	
-Canales de Distribución	
2.2 Producción .....	26
2.2.1 Plantas Productoras	
2.2.2 Producción de Cemento Tipo I Normal	
2.2.3 Producción de Cemento Puzolánico Tipo I	
2.3 Exportaciones .....	30
2.3.1 Exportaciones de Cemento Tipo I Normal	
2.3.2 Exportaciones de Cemento Puzolánico Tipo I	
2.4 Importaciones .....	33
2.4.1 Importaciones de Cemento Tipo I Normal	
2.4.2 Importaciones de Cemento Puzolánico Tipo I	
2.5 Consumo Aparente .....	35
2.5.1 Consumo Aparente de Cemento Tipo I Normal	
2.5.2 Consumo Aparente de Cemento Puzolánico Tipo I	
2.6 Proyecciones del Consumo Aparente .....	38
2.6.1 Proyecciones del C.A. para Cemento Tipo I Normal	
2.6.2 Proyecciones del C.A. para Cemento Puzolánico Tipo I	
2.7 Capacidad Instalada .....	44
2.7.1 Capacidad Instalada para Cemento Tipo I Normal	
2.7.1 Capacidad Instalada para Cemento Puzolánico Tipo I	
2.8 Cartera de Proyectos .....	47
2.8.1 Proyección de la Capacidad Instalada	
2.9 Capacidad Instalada Potencial .....	48
2.9.1 Capacidad Instalada Pot. para Cemento Tipo I Normal	
2.9.1 Capacidad Instalada Pot. para Cemento Puzolánico Tipo I	
2.10 Balance Oferta-Demanda .....	49
2.10.1 Balance Oferta-Demanda para Cemento Tipo I Normal	
2.10.2 Balance Oferta-Demanda para Cemento Puzolánico Tipo I	

**CAPITULO III**

**ANALISIS TECNICO DE PRODUCCION**

3.1 Producción de Cemento Portland .....	52
3.2 Materias Primas .....	54
-Caliza	
-Arcilla o Pizarra	
-Escoria y Hematita	

## (Mats. Primas Continuación)

-Sílice	
-Yeso	
3.2.1 Puzolana como materia prima para Cemento Puzolánico	
3.3 Tipos de Procesos .....	56
3.3.1 Proceso con Sistema de Homogeneización vía Húmeda	
3.3.2 Proceso con Sistema de Homogeneización vía Seca	
3.4 Características Generales del Proceso con Sistema Seco	59
3.4.1 Productos	
3.4.2 Subproductos y Desechos	
3.4.3 Requerimientos de Servicios	
-Energía Eléctrica	
-Combustible	
-Agua	
-Servicios de Lubricación	
-Aire	
3.4.4 Rendimiento del Proceso	
3.4.5 Pureza del Clinker y Cemento	
3.4.6 Equipo Principal	
3.4.7 Flexibilidad del Proceso	
3.5 Aspectos Generales del Proceso .....	62
3.5.1 Preparación de las Materias Primas .....	63
3.5.1.1 Explotación y Extracción de Caliza y Arcilla	
3.5.1.2 Trituración, Transporte y Almacenamiento de Caliza	
3.5.1.3 Trituración, Transporte y Almacenamiento de Arcilla	
3.5.1.4 Trituración, Transporte y Almacenamiento de Yeso, Escoria y Puzolana	
3.5.2 Descripción del Proceso .....	70
3.5.2.1 Proceso de Molienda de Crudo .....	70
-Especificaciones de la composición del Crudo	
3.5.2.2 Proceso de Homogeneización del Crudo .....	78
-Homogeneización por Lotes	
-Homogeneización Continua	
-Descripción del Proceso	
3.5.2.3 Proceso de Calcinación de Crudo y Enfto. de Clinker ..83	
-Descripción del Proceso	
-Resumen del balance Térmico	
-Almacenamiento y Transporte de Clinker	
3.5.2.4 Proceso de Molienda de Cemento .....	90
a) Molienda de Cemento Normal	
b) Molienda de Cemento Puzolánico	
3.5.2.5 Envase y Embarque de Cemento .....	92
-Procedimiento de Envase	
-Embarque a Granel	
3.6 Distribución General de Areas de Proceso y Servicios .....	96

	Pág.
3.7 Capacidad de la Planta y aspectos de Producción .....	96
3.8 Cédulas de Requerimientos .....	99
3.8.1 Requerimientos anuales para Cemento Normal	
3.8.2 Requerimientos anuales para Cemento Puzolánico	
-Organigrama	
-Requerimientos de personal	
3.9 Licenciadores de Equipo y Tecnología .....	105
-Situación Nacional	
-Proveedores de Tecnología	
3.10 Localización Probable para una Planta .....	108

**CAPITULO IV  
ANALISIS FINANCIERO**

<b>Introducción</b>	
4.1 Inversión Total .....	113
4.1.1 Estructura Porcentual de la Inversión Total	
a) Cemento Normal	
b) Cemento Puzolánico	
4.1.2 Estructura Porcentual e Inversión en Activos Fijos	
4.1.3 Estructura Porcentual e Inversión en Capital de Trabajo	
a) Cemento Normal	
b) Cemento Puzolánico	
4.2 Consideraciones y Bases de Cálculo para Costos .....	116
4.3 Inversión en Activos Fijos .....	118
4.4 Activos Diferidos .....	122
4.5 Capital de Trabajo .....	123
4.5.1 Capital de Trabajo para Cemento Normal	
-Monto por materias primas	
-Monto por servicios auxiliares	
4.5.2 Capital de Trabajo para Cemento Puzolánico	
-Monto por materias primas	
-Monto por servicios auxiliares	
4.6 Estructura Financiera .....	128
4.6.1 Estructura Financiera para Cemento Normal	
4.6.2 Estructura Financiera para Cemento Puzolánico	
4.7 Presupuesto de Ingresos .....	129
4.7.1 Presupuesto de Ingresos para Cemento Normal	
4.7.2 Presupuesto de Ingresos para Cemento Puzolánico	

	Pág.
4.8 Presupuesto de Egresos .....	130
4.8.1 Costos Fijos para producción de Cemento Normal y Puzolánico -Amortización para Cemento Normal y Puzolánico	
4.8.2 Costos Variables .....	132
4.8.2a Costos Variables para producción de Cemento Normal	
4.8.2b Costos Variables para producción de Cemento Puzolánico	
4.9 Gastos .....	133
4.10 Estados Financieros .....	136
-Estado de Resultados	
4.11 Indicadores Financieros .....	137
4.11.1 Valor Presente Neto	
-Valor Presente Neto para Cemento Normal	
-Valor Presente Neto para Cemento Puzolánico	
4.11.2 Tasa Interna de Retorno	
-Tasa Interna de Retorno para Cemento Normal	
-Tasa Interna de Retorno para Cemento Puzolánico	
4.11.3 Tiempo de Recuperación del Capital	
-Tiempo de Recuperación del Capital para Cemento Normal	
-Tiempo de Recuperación del Capital para Cemento Pz.	
4.12 Análisis Comparativo .....	141
4.12.1 Porcentajes en Costos de Producción	
4.12.2 Índices Financieros	
CONCLUSIONES .....	144
BIBLIOGRAFIA .....	147

El presente trabajo consta de cuatro capítulos, cada uno de éstos introduce al lector de manera simple para un mejor entendimiento de cada parte, y gradualmente se detalla en cada tema hasta terminarlo de acuerdo con los objetivos planteados.

El primer capítulo es introductorio para definir al cemento portland, particularmente el tipo I normal y puzolánico tipo I, así como propiedades características comparativas importantes del concreto hecho con los dos tipos de cemento.

En el segundo capítulo, se analizan los aspectos de mercado del cemento, desde su producción, comercio exterior, su entorno macroeconómico, tendencias de crecimiento y un balance oferta demanda, que abarcó diez años.

El tercer capítulo trata el aspecto del proceso enfocado a producción, de los dos tipos de cemento (normal y puzolánico), partiendo de sus materias primas, el proceso en cuatro áreas principales, insumos y servicios, y algunos aspectos técnicos, que prácticamente son muy similares para ambos cementos.

Por último, el cuarto capítulo, un análisis financiero, compara la rentabilidad económica de producción, contemplando inversiones, costos, e índices financieros entre el cemento normal y el puzolánico.

Desde luego, se dan las conclusiones después de un amplio análisis comparativo.

Por su importancia para el desarrollo económico y tecnológico del país, es oportuno tratar aspectos sobre Ingeniería Económica, dado que de muchas formas no se tiene una cultura económica y financiera básica bien definida.

Como Ingenieros Químicos debemos poseer no sólo conocimientos técnicos de nuestra área, ya que actualmente con muchos cambios en la economía internacional y nacional es necesario profundizar en conocimientos como estudios de Mercado, análisis contables, estudios Financieros y estudios de Sensibilidad. De hecho un Ingeniero Químico con estos conocimientos es adecuadamente cotizado.

En el presente trabajo, específicamente, se realizó un Análisis Financiero comparativo entre dos tipos de Cemento Portland, el Normal y Puzolánico, por ser la industria cementera nacional, desde el punto de vista de infraestructura en construcción, estratégica para el desarrollo económico del país.

Adicionalmente si tomamos en cuenta el acuerdo de libre comercio, México por su ubicación geográfica en éste junto con Estados Unidos y Canadá, países inversionistas, propiciarán oportunidades para nuestro país en materia comercial, y la industria del cemento saldrá beneficiada.

Actualmente la industria mexicana está tratando de disminuir sus costos de producción, entre otras actividades, para ser más competitiva en el mercado nacional y sobre todo en el internacional. Para el caso de la industria cementera mexicana, la tendencia es hacia mayor producción de Cemento Puzolánico, como respuesta ante la disminución de dichos costos, y como mejora de calidad.

---

Es importante destacar el desconocimiento actual por parte de la industria de la construcción referente a aspectos técnicos y de calidad del cemento puzolánico, como ventaja con respecto al cemento normal.

Cabe mencionar que de acuerdo a observaciones propias, en dos plantas cementeras importantes, en promedio el 80% de los ingenieros son egresados de otras escuelas, y un 20% son de la UNAM, con esto creo como universitario, que no debemos descuidar este aspecto, en particular a una industria importante como lo es la del cemento.

---

## CAPITULO I INTRODUCCION

---

## ASPECTOS HISTORICOS DEL CEMENTO PORTLAND

Debido a que el desarrollo histórico del Cemento Normal y Cemento Puzolánico esta íntimamente relacionado, trataremos la historia de ambos paralelamente.

Los primeros indicios del uso de mezclas cementantes para la construcción se remontan a 1500 años a.C., en el Medio Oriente, cuando en aquel entonces Babilonios y Caldeos emplearon barros arcillosos de los ríos Tigris y Eufrates que en algunos casos mezclaban con arenas desérticas para hacer sus "cementos" y ladrillos, empleándolos en la construcción de casas y pequeños edificios, fundando así ciudades ejemplares como Babilonia, Bagdag, Lagash y Ur, de esta última deriva el término "urbanización" por lo bien construida y planificada que fué, en su tiempo, dicha ciudad.

En el período clásico de Grecia hace dos mil años a.C., usaron un material aglutinante preparado a base de calizas (minerales ricos en óxidos de aluminio, hierro, silicio y carbonato de calcio principalmente) para la construcción de obras como el Partenón.

Posteriormente cerca del siglo III a.C. los Romanos añadían tierra Puzolánica (puzolana)<sup>1)</sup> a sus morteros<sup>2)</sup> de cal resultando un buen conglomerante hidráulico<sup>3)</sup>, usándolo en obras como la Vía Apia, el Coliseo Romano, la Basílica de Constantino, el Gran sistema de acueductos a lo largo del río Rin, construcción de baños y pisos, muchos de los cuales se encuentran en buen estado de conservación. Las primeras puzolanas empleadas como materia prima en la preparación de sus morteros eran cenizas volcánicas, que en parte resultaron de la erupción del Vesubio en el siglo I a.C. y provenían de un lugar llamado Puzzoli (del cual deriva el nombre de las Puzolanas y Cementos Puzolánicos) ubicado cerca del

1) Las puzolanas son materiales ricos en óxidos de silicio principalmente, este término importante se definirá en detalle posteriormente.

2) Se llama Mortero al primer cemento preparado a base de la calcinación rudimentaria de ciertas calizas.

puerto de Nápoles en Italia. Esta mezcla de cal y puzolana era el "cemento" que se conocía y empleaba en aquellos tiempos.

Actualmente se sabe que la Puzolana posee constituyentes que reaccionan con el hidróxido de calcio (mismo que es nocivo para el concreto en cantidades excesivas) que libera el cemento al hidratarse por la adición de agua, resultando compuestos muy estables con propiedades cementantes adhesivas.

En la siguiente era (se desconoce la fecha exacta) vino una declinación general en el conocimiento de estos materiales cementantes, regresándose a prácticas antiguas. Las puzolanas fueron olvidadas y los morteros de cal fueron de calidad pobre. Hubo sin embargo una tendencia gradual del uso de las puzolanas en los siglos XV y XVI d.C.

El mortero de los romanos y de casi todas las edificaciones europeas en los primeros diecisiete siglos de la era cristiana fué muy parecida, aunque con el tiempo la manera de prepararla se modificó muy poco, a tal grado de que los primeros ingenieros civiles encontraron algunas desventajas del mortero para la construcción de obras muy grandes. Varios autores coinciden en que el antecesor del Cemento Portland fué una mezcla de calizas resistentes a la corrosión de sales minerales creada por el inglés John Smeaton en 1756. Se desconoce el tratamiento que le dió a sus calizas para obtener su cemento.

Se continuaron las investigaciones pero fué hasta el año de 1824 cuando en Inglaterra Joseph Aspdin calcinó una mezcla proporcionada de caliza y arcilla obteniendo una muy buena cal hidráulica a la cual llamo "Cemento Portland", por su parecido a las piedras de Portland en Inglaterra usadas en aquel entonces para construcción. En 1825 James Frost instaló la primer fábrica de Cemento Portland en Inglaterra y posteriormente el hijo de --

3) Conglomerante hidráulico es un material pulverizado que al agregarle agua, ya sea solo o con arena, grava u otros materiales similares tiene la propiedad de endurecer gradualmente (fraguado) tanto en aire como en agua y formar una masa endurecida.

Aspdin obtuvo un cemento de resistencia superior al de su padre; usándolo este como referencia Isaac Charles Jhonson lo industrializó en 1850. Para el año de 1852 se mejoró la fórmula del Cemento Portland al descubrir las propiedades hidráulicas (propiedades características de algunos materiales cementantes que son el fraguado y endurecimiento total posterior) de las escorias granuladas de los altos hornos, siendo este hecho y los anteriores el inicio de la Industrialización del Cemento en Europa, principalmente en países como Inglaterra, Alemania, Bélgica y Francia.

Posteriormente en Estados Unidos se fabricó el Cemento Portland en 1870. En Alemania fué en 1878 cuando se establecieron las primeras normas para el suministro, regulación y ensayos del Cemento Portland, que son las antecesoras de las precisas normas actuales, contribuyendo a estandarizar la producción mediante el establecimiento de especificaciones para materias primas, conglomerantes y los métodos de fabricación, según los diferentes tipos de Cementos Portland.

Después del descubrimiento del Cemento Portland y alrededor del año 1900 se intentó la preparación de un mejor cemento capaz de proporcionar seguridad para concretos estables en medios que provocaran el deterioro del mismo. Dada esta situación W. Michaels, vanguardista en el ramo de cementos, aportó la solución del problema proponiendo con base en las antiguas mezclas romanas de cal y puzolana, el empleo de la mezcla Cemento Portland con puzolana, cuya validez fué comprobada entre otros por Tetmajer, Erdmenger, Le Chatelier, Feré y Poulsen.

A principios de 1909, Ferrari, basándose en sus primeras observaciones sobre el tema de las puzolanas, propuso que el estudio de los Cementos Puzolánicos debía conducir a resultados más importantes de los que se habían conseguido hasta entonces.

En México el inicio de la Industria Cementera ocurre en el año de 1906, en Hidalgo, Nuevo León, donde se estableció la primera fábrica de Cemento Portland Normal, la cual contaba con

una Capacidad Instalada anual de 66 mil toneladas, así mismo la primera producción de Cemento Portland Puzolánico fué en 1943, en Hermosillo, Sonora, destinada para la construcción de una Presa.

La Fórmula del Cemento Portland se fué perfeccionando con el tiempo: por una parte, debido a los procedimientos de análisis físicos y químicos, y por otra, a los instrumentos y equipos que se utilizan en cada etapa del proceso de producción.

Actualmente se producen varios tipos de Cementos Portland (posteriormente se describirán), tales como los Cementos con Escorias de Alto Horno<sup>4)</sup>, Cementos para Pozos Petroleros clases G y H<sup>5)</sup>, y en el contexto de esta diversificación se recuperó y normalizó la fórmula del Cemento Portland Puzolánico.

4) El Cemento con Escoria de Alto Horno es una clase de Cemento Portland, que se obtiene utilizando como materia prima escoria granulada de alto horno, la cual es un subproducto no metálico compuesto de silicatos y aluminatos de calcio, proveniente de la metalurgia del hierro.

5) Los Cementos Clases G y H son exclusivamente para el uso en la explotación de pozos petroleros y su producción esta dada bajo pedidos especiales, poseen propiedades únicas como mayor fraguado, que los hacen indispensables en dichos pozos.

## RESUMEN CRONOLOGICO

- 1 En el s.III a.C. los romanos añadian tierras puzolánicas a sus morteros, construyendo con éste obras como el Coliseo, el Panteón Romano, La Basílica de Constantino, el Sistema de Acueductos, etc.
- 2 Surge una declinación en el conocimiento del mortero puzolánico, se estima que coincide con la decadencia del Imperio Romano.
- 3 Los primeros ingenieros civiles encuentran algunas desventajas en los morteros a principios del s. XVII.
- 4 John Smeaton en 1756 crea el primer Cemento, superando a los morteros.
- 5 En 1824 Joseph Aspdin en Inglaterra crea otro cemento llamándolo "Cemento Portland".
- 6 En 1825 James Frost instaló la primer fábrica de Cemento Portland en Inglaterra.
- 7 El hijo de J.Aspsdin obtiene un cemento de resistencia superior al de su padre en 1825.
- 8 En 1852 se mejora la fórmula del Cemento Portland y se inicia la industrialización de éste.
- 9 Estados Unidos inicia la fabricación del Cemento Portland en 1870.

10 Alemania en 1878 establece las primeras normas y pruebas de --  
calidad del Cemento Portland.

11 W.Michaels en 1900 propone la mezcla de Cemento Portland con  
Puzolana para mejorar sus propiedades fisico-químicas

12 En 1909 con el apoyo de las Ciencias Químicas y Físicas, Ferrar-  
ri propone el Estudio de los Cementos Portland Puzolánicos.

13 Después de los años 50's se estandarizan los distintos tipos de  
Cemento Portland.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Definiciones

Con el propósito de facilitar la lectura y el entendimiento de los aspectos técnicos contenidos en el presente trabajo, a continuación se presentan unas breves definiciones:

**Cemento (de construcción).** Es un conglomerante Hidráulico que al ser amasado con agua, fragua y endurece como roca tanto en aire como sumergido en agua, permaneciendo en tal condición. Además tiene la característica de que en un período de tiempo supera una cierta resistencia mecánica, estabilidad de volumen alta y fraguado retardado, diferido por lo menos una hora después de su amasado. Existen para la construcción Cementos Portland y Cementos Aluminosos, únicamente nos referiremos a los primeros.

**Clínker.** Esta palabra procede del idioma Inglés y significa "escoria", este término se usa frecuentemente en la Industria Cementera, se define como el producto obtenido por fusión incipiente (calcinación) de materiales arcillosos y calizos que contienen óxidos de calcio, de silicio, aluminio y hierro en cantidades previa y convenientemente determinadas. El clínker se puede clasificar en cuatro tipos: I, II, IV, y V; dependiendo del tipo de cemento que se requiera fabricar, es decir si se requiere Cemento Portland Tipo I este se fabrica con clínker tipo I.

**Puzolanas.** Son materiales silíceos o silicoaluminosos. En su forma natural se encuentran en algunos cerros de zonas áridas o semiáridas, producto de lo que fué una actividad volcánica. Por sí solos estos materiales no poseen propiedades cementantes, pero cuando se encuentran finamente pulverizados en presencia de humedad forman una masa gelatinosa, reaccionan con el hidróxido de calcio (cuando se emplean para fabricar el cemento puzolánico) a temperatura ambiente, formando compuestos que tienen propiedades cementantes. Un ejemplo de puzolana natural es la piedra pómez.

Existen también puzolanas artificiales.

**Cemento Portland.** Es el cemento que proviene de la molienda conjunta de clínker y yeso previamente dosificados, así como de otros materiales que no sean nocivos para el comportamiento posterior de éste.

**Cemento Portland Puzolánico.** Tiene la misma definición anterior sólo que en la molienda además de clínker y yeso se le agrega puzolana de un 10 a 40% en peso total del cemento.

**Concreto.** Es un material tecnológico de construcción, del que se esperan, y al que se exigen, unas determinadas características, se compone de cantidades dosificadas de cemento, agua, arena y grava, se le pueden adicionar otros componentes si se desean propiedades específicas. También se le llama hormigón.

## 1.2 Clasificación del Cemento Portland

En el mercado americano los diferentes tipos de cementos que se producen son de acuerdo con las normas de la ASTM (American Society for Testing and Materials), designación C-150-86, cuyas normas en materia de fabricación de Cemento Portland son similares a las de ISO (International Standards Organization).

El cemento Portland se clasifica de acuerdo con las normas anteriores en cinco tipos:

**Tipo I.** Cemento normal o común, destinado a usos generales.

**Tipo II.** Cemento modificado, se manufactura de acuerdo con las especificaciones de las normas mexicanas NOM C-1 y su referente norteamericana ASTM C-150. Está clasificado para usos generales, especialmente cuando se requieren resistencias moderadas a los sulfatos y calor de hidratación moderado.

Tipo C-2 Portland Puzolana (puzolánico). Se fabrica de acuerdo con las normas NOM C-2 mexicana y su referente norteamericana ASTM 595. Este cemento se fabrica generalmente con Clínter tipo I y II, yeso y puzolanas, este cemento mejora las propiedades del Cemento Portland Normal.

Tipo III. Cemento de alta resistencia rápida. Este cemento por su grado de finura mayor que los cementos tipos I y II, se emplea cuando se requiere que el concreto adquiera una resistencia rápidamente.

Tipo IV. De bajo calor de hidratación. Este cemento se usa cuando se requiere que libere calor de hidratación muy reducido.

Tipo V. De alta resistencia a los sulfatos. Se emplea cuando se requiere una alta resistencia a la acción química de aguas con altas concentraciones de sulfatos.

También se especifican los cementos 1-A, 2-A y 3-A, con las mismas propiedades que los tipos I, II y III respectivamente, pero con la adición de un inductor de aire, con el propósito de darle mayor resistencia al concreto y evitar la destrucción por congelamiento y deshielo. Aunque en México no es común la fabricación de estos tipos de cemento.

Además de las clasificaciones anteriores, existen en el país otras clases de cemento:

Cemento Mortero. Se clasifica como cemento de albañilería. Su fabricación se rige por las normas NOM C-21 y ASTM C-91, se usa en la fijación de algunas lozetas y azulejos, unión de tubos de albañal, aplanados y en la elaboración de mezclas para plantillas de desplante.

Cemento Blanco. Este cemento aún no se encuentra normalizado, y se considera un cemento portland tipo I.

### 1.3 Aspectos Generales del Cemento Portland Tipo I Normal

**Definición:** Este cemento cumple con la definición de Cemento Portland dada en el punto 1.1, pero además se especifica que se fabrica con clínker tipo I.

#### 1.3.1 Aplicaciones y Usos

Este cemento es el que más comunmente se consume y se conoce a nivel mundial, sus aplicaciones son:

Construcción de Obras en general tales como casas habitación, edificios, puentes, vigas, columnas, caminos, plataformas terrestres, etc.

Se usa también para fabricar blocks, tabiques de concreto, adoquines, postes, asbestos, tubos de albañal, losetas, etc.

En general se aplica en la preparación de concretos destinados a usos comunes y normales.

#### 1.3.2 Composición Química

El Cemento Portland Tipo I Normal está constituido en promedio de 95% en peso de clínker tipo I y 5% de sulfato de calcio dihidratado (yeso natural). El clínker al ser elaborado por la calcinación en hornos cilíndricos giratorios apartir de materiales calizos y arcillosos, está compuesto principalmente de silicatos, aluminatos y ferritos cálcicos, óxido de calcio y compuestos alcalinos. El cuadro 1.1 nos muestra una composición típica del clínker tipo I, en base seca.

Cuadro 1.1 Composición Típica del clínker tipo I

Compuesto	% en peso
Silicato Tricálcico (3CaO)·SiO <sub>2</sub> ó C <sub>3</sub> S)	51.0
Silicato Dicálcico (2CaO)·SiO <sub>2</sub> ó C <sub>2</sub> S)	23.5
Aluminato Tricálcico (3CaO)·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ó C <sub>3</sub> A)	11.0
Ferroaluminatotetracálcico (4CaO)·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ó C <sub>4</sub> AF)	8.5
Cal libre (CaO) (que no reaccionó)	1.0
Oxido de Magnesio (MgO)	3.5
Alcalis (K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O)	0.5
Otros (azufre + cloruros + metales pesados)	1.0

Fuente: Lab. y Control de Calidad, Cementos Anáhuac, S.A., Planta Barrientos, Edo. de México.

Es importante aclarar que estos componentes son una muestra esquemática de los compuestos más probables e importantes de que hace referencia la industria cementera.

En el cuadro 1.2 se muestra la composición típica total del Cemento Portland Tipo I Normal.

Cuadro 1.2 Composición del Cemento Portland Tipo I Normal

Compuesto	% en peso
Silicato Tricálcico (3CaO)·SiO <sub>2</sub> ó C <sub>3</sub> S)	48.45
Silicato Dicálcico (2CaO)·SiO <sub>2</sub> ó C <sub>2</sub> S)	22.33
Aluminato Tricálcico (3CaO)·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ó C <sub>3</sub> A)	10.45
Ferroaluminatotetracálcico (4CaO)·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ó C <sub>4</sub> AF)	8.08
Sulfato de Calcio dihidratado (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	4.75
Oxido de Calcio (CaO) (que no reaccionó)	0.95
Oxido de Magnesio (MgO)	3.32
Alcalis (K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O)	0.47
Otros (azufre + mat.orgánica + cloruros)	1.20

Fuente: Lab. y Control de Calidad, Cementos Anáhuac, S.A., Planta Barrientos, Edo. de México.

Nota: El sulfato de calcio tiene una pureza del 95%.

### 1.3.3 Propiedades Características

#### Propiedades Físicas

Aspecto y Forma: Polvo muy fino color gris, con apariencia de talco.

Finura Relativa: 3000 a 3200 cm<sup>2</sup>/gr (por el método Blaine).

Finura Absoluta: del 40 a 45% de las partículas de polvo poseen un tamaño de 1 a 30 micras.

Resistencias a la compresión del concreto elaborado con Cemento Tipo I Normal:

t (días)	Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )
1	130
3	220
7	270
28	350

Densidad: de 3 a 3.2 g/cm<sup>3</sup>

Calor Específico (a presión constante): 0.19 kcal/kg°C

#### Calor de hidratación

El calor de Hidratación del Cemento es aquel que resulta debido a las reacciones químicas exotérmicas de los componentes del cemento, principalmente con el óxido de calcio, al agregarle agua en la preparación del concreto. Pueden liberarse hasta 120 cal/gr; esta propiedad es importante, ya que entre menor es el calor de hidratación, menor es la formación de agrietamientos y fisuras en el concreto, especialmente en climas templados y cálidos.

El Cuadro 1.3 muestra el calor de hidratación que libera el Cemento Portland tipo I Normal.

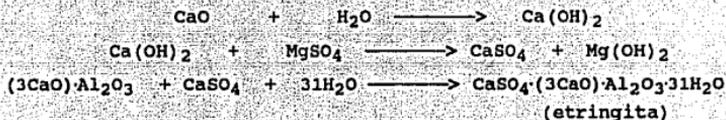
Cuadro 1.3 Calor de Hidratación después de 72 hrs.

Temperatura (°C)	4	24	32	41
Calor (cal/gr)	36.9	68.0	73.9	80.0

Fuente: "Tecnología del Concreto", A.M. Neville, Tomo I, págs. 60 y 61.



#### Sulfato de Magnesio



En exceso la etringita produce en el concreto debilitamiento, deterioro y destrucción.

#### Acido clorhídrico



En el caso de los ácidos fuertes es muy difícil proteger al concreto, pero existen tratamientos a base de resinas epóxicas.

#### 1.4 Aspectos Generales del Cemento Portland Puzolánico Tipo I

Definición: El Cemento Portland Puzolánico Tipo I, es un tipo de Cemento Portland que se obtiene de la molienda conjunta de clínker tipo I, yeso y puzolanas, variando la composición de estas últimas entre el 10 y 40% en peso del cemento, este porcentaje de variación se debe a la pureza de las puzolanas y en ocasiones a las características químicas del clínker. La adición de puzolanas mejora sus propiedades. Dadas sus características fisicoquímicas, este cemento es un producto que posee propiedades más deseables que el cemento normal, tales como:

- 1) Liberación de menor calor de hidratación. Dando como resultado la disminución de cuarteamientos y porosidad en el concreto, aumentando su impermeabilidad.
- 2) Resistencias moderadas al ataque de sulfatos diluidos, especialmente el de sodio y magnesio.
- 3) Mejor facilidad de manejo (trabajabilidad) al proporcionar a las mezclas mayor plasticidad y manejo.

4) Resistencias mecánicas a la tensión y compresión mayores a edades avanzadas (después de los 28 ó 90 días).

Adicionalmente, los cementos puzolánicos pueden elaborarse a partir de cualquiera de los tipos de clínker (prefiriéndose los tipos I y II) y son además muy compatibles con los tipos de cemento I, II, y IV Normales, ya que se pueden mezclar entre sí en cualquier proporción o colarlos sobre colados de concreto preparado con uno y otro cemento sin que se tenga el menor signo de rechazo.

#### 1.4.1 Aplicaciones y Usos

Por sus características mencionadas anteriormente, el Cemento Portland Puzolánico Tipo I, tiene una amplia variedad de aplicaciones al igual que el Cemento Tipo I Normal, y además se emplea en:

Obras Hidráulicas como construcción de sistemas de drenajes, presas, alcantarillados, canales de riego, etc.

Algunas obras marinas como construcción de Puertos y Muelles.

Elaboración de Mezclas de Inyección en la construcción de pantallas impermeables, relleno de fisuras en rocas, etc.

Obras en las que se requiere moderada resistencia a los sulfatos, aguas negras, impermeabilidad en las estructuras y algunos terrenos salitrosos.

Grandes construcciones tales como puentes, edificios, vigas, y columnas.

#### 1.4.2 Composición Química

En promedio el Cemento Portland Puzolánico Tipo I esta compuesto de 80% de Clínker tipo I, 15% de Puzolana y 5% de Yeso. El cuadro 1.3 muestra la composición total de este cemento.

Cuadro 1.3 Composición del Cemento Portland Puzolánico Tipo I

Compuesto	t en peso
Silicato Tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ó $\text{C}_3\text{S}$ )	40.80
Silicato Dicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ó $\text{C}_2\text{S}$ )	18.80
Aluminato Tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ó $\text{C}_3\text{A}$ )	8.80
Ferroaluminatotetracálcico ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ó $\text{C}_4\text{AF}$ )	6.80
Sulfato de Calcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	4.75
Puzolana ( $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ , etc.)	15.00
Cal libre ( $\text{CaO}$ )	0.80
Oxido de Magnesio ( $\text{MgO}$ )	2.80
Alcalis ( $\text{K}_2\text{O}$ y $\text{Na}_2\text{O}$ )	0.40
Otros (azufre + mat.orgánica + cloruros)	1.05

Fuente: Lab. y Control de Calidad, Cementos Anáhuac, S.A., Planta Barrientos, Edo. de México.

#### 1.4.3 Propiedades Características

##### Propiedades Físicas

Aspecto y Forma: Polvo Muy Fino Color Gris claro con apariencia de talco.

Finura Relativa: 3800 a 4100  $\text{cm}^2/\text{gr}$  (por el método Blaine)

Finura Absoluta: Del 45 al 50% de las partículas posee un tamaño de 3 a 30 micras.

Resistencias a la Compresión del Concreto elaborado con Cemento Portland Puzolánico Tipo I:

t (días)	Resistencia( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
1	120
3	200
7	250
28	350

Densidad: de 2.9 a 3.0  $\text{gr}/\text{cm}^3$

Calor Específico (a Presión Constante) : 0.187  $\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}$

### Calor de Hidratación

El Cemento Puzolánico Tipo I libera menor calor de hidratación con respecto al tipo I normal, en el siguiente cuadro se muestran los valores del calor que libera.

Cuadro 1.4 Calor de Hidratación a distintas edades y 25°C.

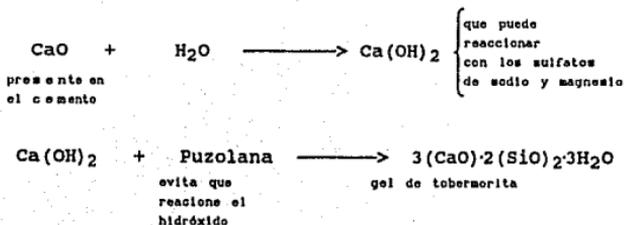
Tiempo (días)	3	7	14	28	90
Calor (cal/gr)	48	57	66	69	82

Fuente: Revista IMCYC, vol. 8, no. 47, Nov-Dic de 1970, pág.41

### Propiedades Químicas Características

De la misma manera como se expuso en el punto 1.3.3, únicamente nos referiremos a las propiedades características del concreto hecho con Cemento Puzolánico Tipo I en esta parte. Como se mencionó anteriormente el Sulfato de Sodio y Magnesio reaccionan con el hidróxido de calcio (producto de la hidratación del cemento al agregarle agua) produciendo la etringita que deteriora al concreto. La Puzolana del Cemento Puzolánico Tipo I reacciona con el hidróxido de calcio, evitando que se forme etringita.

Aquí se muestra un esquema sencillo y general de las reacciones que se llevan a cabo.



### 1.5 Aspectos Relevantes Comparativos entre el Cemento Portland Tipo I Normal y el Cemento Portland Puzolánico Tipo I

Existen Algunas propiedades deseables en un cemento para la preparación del concreto, tales como la Resistencia Química a sulfatos (presentes en terrenos selenitosos), resistencias mecánicas a la compresión y menor calor de hidratación (en climas templados y cálidos).

A continuación se muestran estas propiedades para ambos tipos de cemento, con la finalidad de comparar la calidad de cada uno.

#### 1.5.1 Comparación en Resistencia Química

En el cuadro 1.5 se observan las mejoras que proporciona el Cemento Puzolánico Tipo I con respecto al Cemento Tipo I Normal, cuando ambos son atacados químicamente por una solución concentrada de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Cuadro 1.5 efectos de la solución concentrada de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en la resistencia a la compresión ( $\text{kgf/cm}^2$ ) de cubos de concreto con 10 cm. por lado hechos con ambos tipos de cemento.

Tipo de Cemento	En Agua Resistencia a:		Sol. conc. de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ Resistencia a:	
	6 meses	12 meses	6 meses	12 meses
I Normal	442	465	200	90
Puzolánico T-I con 40% de arcilla calc. (puzolana artificial).	350	427	404	402
Puzolánico T-I con 40% de tierra trass (puzolana natural).	323	368	275	265

Fuente: Revista IMCYC, no. X, págs 97-101, México, 1972.

### 1.5.2 Comparación de Resistencias a la Compresión

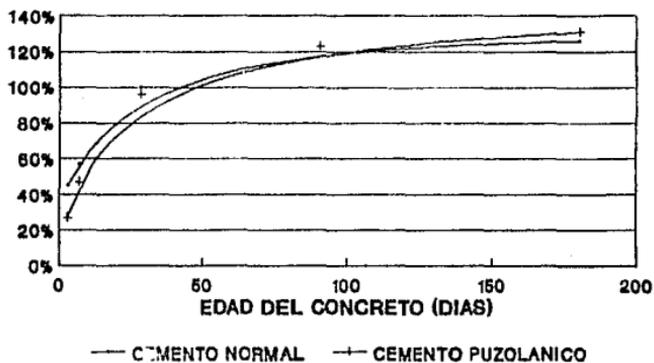
Para este caso, en igualdad de finura absoluta, el Cemento Puzolánico Tipo I presenta resistencias poco más bajas que el Cemento Tipo I normal a edades tempranas (a) inicio del endurecimiento del concreto), aunque posteriormente las supera en edades tardías. En la gráfica 1.5a se observa comparativamente las resistencias mecánicas a la compresión del concreto elaborado con ambos tipos de cemento (normal y puzolánico).

La menor resistencia inicial del cemento puzolánico se debe a que la velocidad de reacción de la sílice con la cal del cemento es lenta, ya que esta velocidad se ve influenciada por el tamaño de las partículas, pudiéndose superar este detalle por medio de una molienda más fina del cemento puzolánico.

### 1.5.3 Comparación del Calor de Hidratación

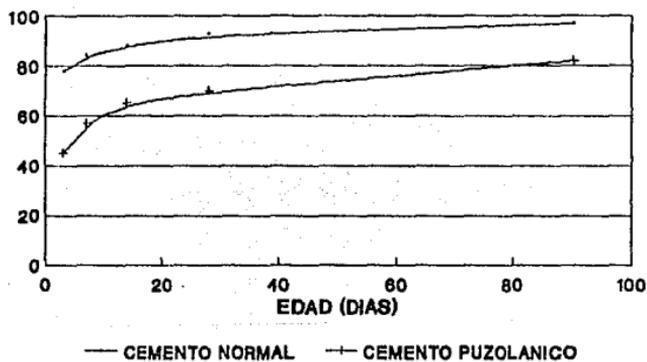
El Cemento Portland Puzolánico Tipo I libera menor calor de hidratación que el Tipo I normal, disminuyendo así la formación de fisuras y agrietamientos internos provocados por la contracción térmica, además esta característica lo hace indispensable en casos como en los colados masivos de obras hidráulicas. En la gráfica 1.5b se puede observar el calor de hidratación liberado para el Tipo I normal , el Puzolánico tipo I y otros tipos de cemento.

### RESISTENCIAS A LA COMPRESION COMPARACION EN %



Gráfica 1.5a  
Fuente: IMCYC, vol. 8, núm. 47  
nov.-dic. 1970

### COMPARACION EN CALOR DE HIDRATACION CALORIAS/GRAMO



Gráfica 1.5b  
Fuente:IMCYC, vol. 8, núm.47  
nov-dic. 1970

En el siguiente cuadro se muestra un resumen comparativo entre el Cemento Portland Tipo I normal, el Cemento Puzolánico Tipo I, así como los otros tipos de cementos portland, de las características más deseables que se esperan de cada cemento.

Tipos de Cemento Portland

Característica Reforzada ↓	I	II	III	IV	V	PZ	MT	ES
Alta resistencia rápida	B	B	E		B	(*)		
Resistencia normal	E	E	E		E	E		B
Resistencia al ataque químico		B			E	B		E
Adhesividad y plasticidad			B		B	B	E	
Bajo calor de hidratación		B		E	B	B		B
Economía	E	E				E	E	

Magnitud: B=Buena, E=Excelente

(\*) Esta propiedad la puede obtener por medio de una molienda más fina del producto.

Claves:

PZ = Cemento Puzolánico Tipos I y II  
 MT = Cemento Clase Mortero  
 ES = Cemento con Escoria de Alto Horno

## 1.6 Aspectos Generales de las Puzolanas

Las Puzolanas son uno de los constituyentes importantes en la fabricación del Cemento Puzolánico, y como se mencionó anteriormente, contribuyen para mejorar las propiedades de éste.

### 1.6.1 Clasificación de las Puzolanas

De manera General, éstas se clasifican en Naturales y Artificiales.

#### Puzolanas Naturales

Son básicamente cenizas volcánicas que tienen aspecto de masas sólidas o sueltas de estructura granulosa y son muy diferentes entre sí en cuanto a sus propiedades cementantes, las mejores

desde este punto de vista son las puzolanas procedentes de cenizas, las cuales durante las erupciones volcánicas han sido granuladas por el agua del vapor condensado o de la lluvia, cuando se encontraban en estado de fluidez, solidificándose en masas resistentes. Las cenizas volcánicas mezcladas con cantos de pómez, materiales lávicos de gran tamaño y productos originados por presión de las rocas, se encuentran dispuestas en las zonas que bordean a un volcán y por cementación se han convertido en bancos compactos y rocas tobáceas.

Hay puzolanas de origen orgánico, las cuales son el kieselgurh o tierra de infusorios que es un polvo extremadamente fino constituido por esqueletos de algas microscópicas unicelulares (diatomeas) cuyo esqueleto es preponderantemente silíceo, lo que las hace muy ricas en sílice.

Las puzolanas naturales poseen alta capacidad de reacción hidráulica debido a su estructura física, porosidad de gran área superficial interna; en el caso de las tierras de infusorios.

#### Puzolanas Artificiales

Son materiales que provienen de residuos, subproductos o desechos industriales. La mayoría se caracterizan por ser más hidráulicas que las naturales de mejor calidad.

Las siguientes clases son ejemplos de ambas.

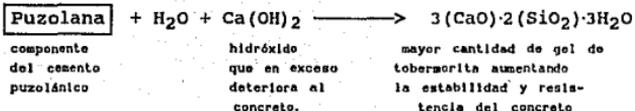
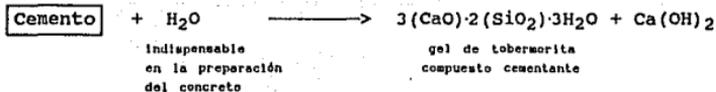
Puzolanas Naturales	{	Pumicitas
		Cenizas Volcánicas
		Arena de cuarzo molida
		Polvo de caliza calcinada
		Basalto molido
		Fonolita
		Pedernal
		Kieselgurh

**Puzolanas  
Artificiales**

- Escoria de Alto Horno
- Escoria de cobre bruto
- Cenizas volantes
- Marga y Marga arcillosa
- Arcilla calcinada
- Ladrillo pulverizado
- Pizarra aluminosa quemada
- Bituminosa destilada
- Cenizas de hulla y lignito
- Residuos de la cremación de basuras
- Desperdicios de la fabricación de alumbre
- Polvo de vidrio
- Silicato de Potasa
- Piedra pómez procesada
- Arcillas coloidales
- Arcillas caolínicas

**1.6.2 Función de la puzolana en el Cemento**

El siguiente diagrama muestra de manera sencilla y esquemática una de las funciones más conocida del efecto de las puzolanas en el Cemento Pozolánico y Concreto.



---

## CAPITULO II

### ANALISIS DE MERCADO

---

## 2.1 Características del Cemento en el Mercado

### 2.1.1 Tipo de Producto

El Cemento Tipo I Normal y Cemento Puzolánico Tipo I pertenecen al Sector Secundario por ser un producto manufacturado, su Producción, Distribución y Comercialización es controlada por el Sector Privado.

### 2.1.2 Presentaciones Comerciales

En el mercado, ambos tipos de cemento se presentan envasados en sacos de papel cartón de 3 capas (para transporte en camiones) y 4 capas (para transporte en ferrocarril), con un peso neto de 50 kg. Tanto el Cemento Normal como el Puzolánico se encuentran en el mercado como productos de elaboración nacional, con una pureza del 96% en promedio.

Cabe mencionar que el Cemento a Granel no es estrictamente una presentación comercial para los dos tipos de cemento, pero es otra forma de comercializarse, en las propias plantas productoras. En este caso se llenan carros-tanque de 15 a 40 toneladas de capacidad.

### Precios

En la tabla siguiente se listan los precios promedio al distribuidor, que es el comprador directo de fábrica y mayorista, que se encontraron para el D.F. y zona Metropolitana, para ambos tipos de cemento envasado, que es el que más se comercializa.

Tipo de Cemento	Precio(\$/Ton)*
Tipo I Normal	295,000.00
Puzolánico Tipo I	305,000.00

\*Fuente: Encuesta directa a Distribuidores (precios actualizados al 20/Jun/92)

### 2.1.3 Mercados a los que Asiste

Basicamente asiste al Ramo de la Construcción, en especial a la Industria de la Construcción como Concreteras, Constructoras y Transformadoras (prefabricados, asbestos, etc.) del Sector Privado, aunque también asiste las necesidades de construcción del Sector Público en obras de carácter social, y las necesidades de construcción de las dependencias gubernamentales como PEMEX, CFE, Recursos Hidráulicos, Caminos y Puentes Federales entre otras. También asiste a Mercados menores como la construcción de casas, habitaciones, y obras pequeñas.

### 2.1.4 Sucedáneos

En lo referente a construcción, el Cemento Portland Tipo I Normal y Puzolánico Tipo I figuran entre los tipos de cementos portland más usados, ya que cerca del 65% de las ventas nacionales corresponden a estos.

Aparte de los Cementos Portland existen otros cementos para construcción tales como los Cementos Aluminosos, aunque estos no se fabrican en el país debido a que no se dispone de suficiente materia prima para fabricarlos. (mineral de bauxita).

Prácticamente el Cemento Portland Tipo I Normal y Puzolánico Tipo I no tienen sucedáneos, aunque compiten entre ellos mismos y con los otros tipos de Cementos Portland, principalmente el tipo II el cual representa cerca del 20% de las ventas totales de Cemento en México, por consiguiente el único producto sucedáneo de los Tipos de Cemento I Normal y Puzolánico Tipo I, es el Cemento Portland Tipo II, sin embargo este se consume en mucho menor cantidad (menos de la tercera parte) para construcciones normales, ya que pocas son las compañías que lo fabrican.

### 2.1.5 Distribución y Comercialización

Tanto el Cemento Portland Tipo I Normal y Puzolánico Tipo I se distribuyen y comercializan de la misma manera.

### Manejo

El manejo para ambos es de dos maneras: envasado en sacos de papel cartón y a Granel, la mayor parte se maneja Envasado y representa el 65%, la gráfica 2.1a representa el manejo porcentual promedio para el Cemento Portland en General.

### Transporte

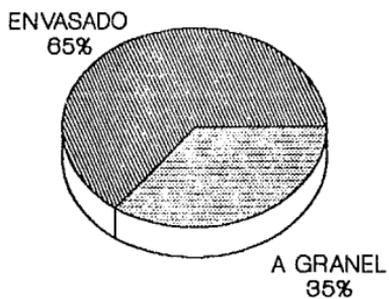
En relación a éste todos los tipos de Cemento Portland se transportan en promedio en 26.1% por ferrocarril, un 61.3% por carretera y el resto por vía marítima, tal como se aprecia en la gráfica 2.1b.

### Canales de Distribución

El principal medio de distribución es por medio de Casas de Materiales o Distribuidores de Cada Marca de Cemento, los cuales ocupan el 45%, y la venta directa a los consumidores tales como los productores de concreto premezclado, constructoras, el gobierno y los transformadores (fábricas de bloques, tubos, postes, etc.) poseen el 55% restante, tal como se observa en la gráfica 2.1c.

Es importante mencionar que la venta a distribuidores sigue diferentes pasos de intermediación, pues la venta final en ocasiones se encuentra a precios más elevados, especialmente en el área de autoconstrucción, donde la compra promedio es de 2 a 3 sacos en la casa de materiales o tlapalería más cercana. Esta información nos da una idea de la complejidad y diferenciación entre los distintos segmentos de mercado, lo que puede llevar a diseñar una estrategia comercial específica para cada canal de distribución.

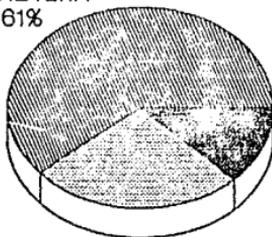
## MANEJO PORCENTUAL CEMENTO PORTLAND



Gráfica 2.1a

## MEDIOS DE TRANSPORTE CEMENTO PORTLAND

CARRETERA  
61%

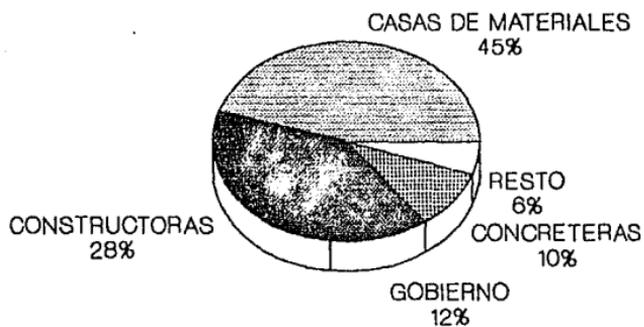


VIA MARITIMA  
13%

FERROCARRIL  
26%

Gráfica 2.1b

## CANALES DE DISTRIBUCION CEMENTO PORTLAND



**Gráfica 2.1c**  
Fuente: Revista IMCYC, Vol.20  
Mayo'82, Pág.28

## 2.2 Producción

El Principal Productor Nacional de Cemento Portland Tipo I Normal y Puzolánico Tipo I, es el Grupo Cementos Mexicanos, S.A. (CEMEX) que maneja y es dueño de los Grupos: Cementos Monterrey, Cementos Tolteca, Cementos Anáhuac, Cementos Guadalajara, Cementos Atoyac, Cementos del Yaqui, Cementos Chihuahua, Cementos Maya y Cementos del Norte; le sigue en importancia de Producción el Grupo Cementos Apasco que pertenece al grupo de Asesoría Técnica y Económica "Holderbank Glaris" de Suiza; el resto pertenece a pequeños grupos como Cementos Acapulco, Cementos Moctezuma, Cementos Hidalgo y otros.

Cabe aclarar que el Grupo Cooperativo de Cementos Cruz Azul es importante en producción, solo que produce Cemento Portland Tipo II y Puzolánico Tipo II, los cuales no se contemplan en el presente Trabajo.

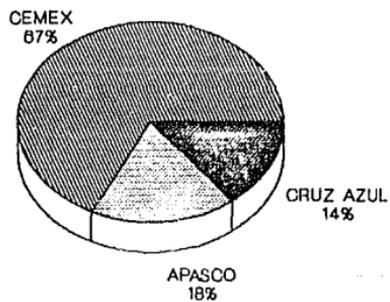
La siguiente tabla muestra la participación en la Producción Nacional de todos los Tipos de Cemento Portland, de los principales grupos.

Grupo	Participación(%)
Cemex	64.7
Apasco	17.4
Cruz Azul	13.8
Total	100.0

Fuente: "Las Relaciones de La Ind.Cementera", B. Galley, Revista Construcción y Tecnología, Junio 1991, pág. 8.

La gráfica 2.2a muestra la participación porcentual estimada con datos de CANACEM (Cámara Nacional de Cemento), de la producción de Cemento Tipo I Normal y Puzolánico Tipo I de los principales Grupos Productores.

## PRINCIPALES PRODUCTORES GRUPOS CEMENTEROS



Gráfica 2.2a

### 2.2.1 Plantas Productoras

A continuación se listan las Plantas Nacionales productoras de ambos tipos de Cemento.

#### Plantas que producen Cemento Tipo I Normal:

Compañía	Marca Comercial	Ubicación
Cemento Portland de México	Vito	Vito, Hidalgo.
Cementos Anáhuac, S.A.	Anáhuac	Barrientos, Edo. de Méx.
Cementos Anáhuac, S.A.	Anáhuac	Tamuín, S.L.P.
Cementos Apasco	Apasco	Macuspana, Tabasco.
Cementos Veracruz	Pico de Orizaba	Orizaba, Veracruz.
Cementos Mexicanos, S.A.	Monterrey	Huichapan, Hidalgo.
Cementos Mexicanos, S.A.	Monterrey	Cd. Valles S.L.P.
Cementos Maya, S.A.	Maya	Mérida, Yucatán.
Cementos Portland Moctezuma	Moctezuma	Jiutepec, Morelos.
Cementos Tolteca, S.A.	Tolteca	Atotonilco de Tula, Hgo.
Cementos Tolteca, S.A.	Tolteca	Zapotiltic, Jalisco.
Cementos Atoyac, S.A.	Atoyac	Puebla, Puebla.
Cementos Hidalgo, S.A.	Cauhtémoc	Hidalgo, Nvo. León.

#### Plantas que producen Cemento Puzolánico Tipo I:

Compañía	Marca Comercial	Ubicación
Cementos Anáhuac, S.A.	Anáhuac Extra	Barrientos, Edo. de Méx.
Cementos Anáhuac, S.A.	Anáhuac Extra	Tamuín, S.L.P.
Cementos Mexicanos, S.A.	Monterrey	Huichapan, Hidalgo.
Cementos Mexicanos, S.A.	Monterrey	Monterrey, Nvo. León.
Cementos del Norte, S.A.	Atlante	Monterrey, Nvo. León.
Cementos Maya, S.A.	León	León, Gto.
Cemento Portland Moctezuma	Moctezuma	Jiutepec, Morelos.
Cementos Guadalajara, S.A.	Guadalajara	Mojonera, Jalisco.
Cementos Tolteca, S.A.	Portland-Puzolana	Atot. de Tula, Hgo.
Cementos Tolteca, S.A.	Portland-Puzolana	Zapotiltic, Jalisco.
Cementos Atoyac, S.A.	Atoyac	Puebla, Puebla.
Cementos del Pacífico	Victoria	Mármol, Sinaloa.
Cementos Sinaloa, S.A.	Centenario	El Fuerte, Sinaloa.

Tras una búsqueda en Instituciones como CANACEM, SECOFI e INEGI, solo se pudieron encontrar datos referentes a la producción total de todos los tipos de Cemento Gris Portland, siendo más confiables y completos los datos que reporta CANACEM, ya que esta proporciona las estadísticas a todas las instituciones, tanto del sector público como Privadas.

La siguiente tabla muestra los datos más recientes y totales que se pudieron encontrar, para la Producción Nacional de todos los tipos de Cemento Gris Portland.

Año	Producción (miles de tons.)
1978	14,056
1979	15,178
1980	16,243
1981	17,978
1982	19,298
1983	17,078
1984	18,436
1985	20,680
1986	19,751
1987	22,347
1988	22,489
1989	23,334
1990	23,900

Fuente: Anuario Estadístico de CANACEM 1987.  
Los años 88,89 y 90 son actualizados por CANACEM.

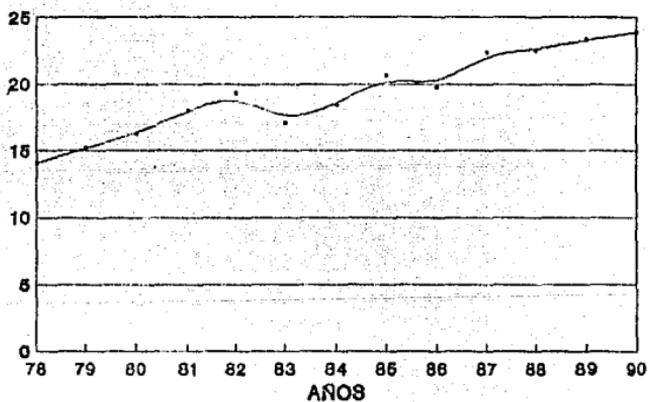
De la Tabla anterior, durante 1990 la producción total de Cemento alcanzó uno de sus valores más altos, representando un aumento del 2.43% en relación a 1989, debido al leve crecimiento del mercado nacional como al aumento en las exportaciones.

La Producción Global de Cemento ha tenido una tasa media anual de crecimiento del 4.08% entre 1978 y 1990, registrando disminuciones en 1983 y 1986, debidas a las recesiones económicas que se presentaron en el País.

La gráfica 2.2b muestra la tendencia de la Producción Global de Cemento.

En los siguientes puntos, 2.2.2 y 2.2.3, referentes a la producción de Cemento Tipo I Normal y Puzolánico Tipo I respectivamente, se realizaron estimaciones de estos datos, debido a que ninguna Institución Pública y Privada desglosa los datos de Mercado por Tipo de Cemento Portland.

**PRODUCCION GLOBAL  
MILLONES DE TONELADAS**



Gráfica 2.2b  
Fuente: CANACEM

### 2.2.2 Producción de Cemento Portland Tipo I Normal

Los únicos datos que reporta CANACEM son el porcentaje de Ventas de Cemento Tipo I Normal durante el período 1978-1988 con respecto a los otros Tipos de Cemento Portland. Si consideramos que toda la producción del tipo I normal es aproximadamente igual al volúmen de las ventas, podemos obtener una estimación de su producción mediante el producto del porcentaje de ventas y la producción total. En la siguiente tabla se da la producción estimada de Cemento Tipo I Normal.

Año	Prod.Global (miles de tons.)	% Ventas* Tipo I N	Prod.de T.I.N (miles de tons.)
1978	14,056	61.1	8,588
1979	15,178	62.9	9,545
1980	16,243	56.3	9,145
1981	17,978	49.8	8,953
1982	19,298	41.5	8,009
1983	17,068	42.2	7,203
1984	18,436	40.4	7,448
1985	20,680	45.2	9,347
1986	19,751	46.2	9,125
1987	22,347	49.0	10,950
1988	22,489	29.0	6,522
1989	23,334	29.0	6,767
1990	23,900	29.0	6,931

(\*) Fuente: Anuario Estadístico de CANACEM.  
Las Ventas de 89 y 90 son estimaciones de CANACEM.

### 2.2.3 Producción de Cemento Portland Puzolánico Tipo I.

Al igual que en el punto anterior, se realizó la estimación a partir de la Producción Global y las ventas. La siguiente tabla muestra la producción de Cemento Puzolánico Tipo I.

Producción de Cemento Puzolánico Tipo I

Año	Prod.Total (miles de tons.)	% de Ventas* Puzolánico	Prod.de Puzolánico T.I (miles de tons.)
1978	14,056	18.9	2,657
1979	15,178	17.6	2,671
1980	16,243	22.9	3,720
1981	17,978	30.4	5,465
1982	19,298	37.6	7,256
1983	17,068	32.8	5,598
1984	18,436	34.2	6,305
1985	20,680	34.2	7,073
1986	19,751	32.1	6,340
1987	22,347	35.6	7,956
1988	22,489	39.0	8,770
1989	23,334	41.8	9,749
1990	23,900	44.8	10,698

(\*) Fuente: Anuario estadístico de CANACEM 1987.

Los datos de 88 a 90 son actualizados por CANACEM.

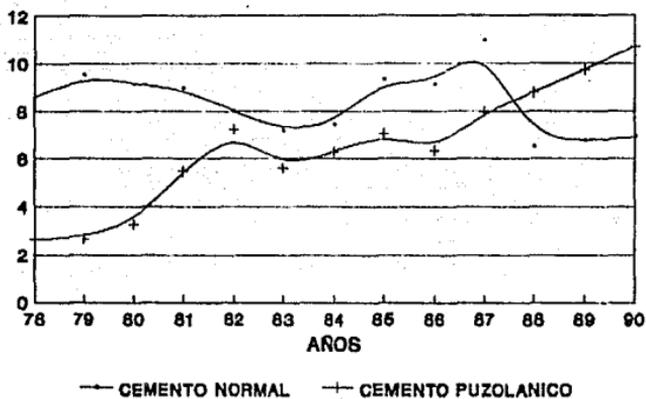
En las cifras de producción para ambos tipos de cemento de las Tablas anteriores, se puede observar que mientras la producción de Cemento Tipo I Normal disminuye, la correspondiente al Puzolánico Tipo I aumenta, debido a las ventajas económicas de producción del Puzolánico (que más adelante se tratarán en detalle).

La gráfica 2.2c muestra comparativamente la tendencia en la producción para el Cemento Normal y Puzolánico.

### 2.3 Exportaciones

En este punto también se realizaron estimaciones, ya que ninguna institución como la Dirección General de Aduanas, dependiente de la SHCP, y CANACEM, posee los datos de exportaciones por tipos de cemento portland y solo se disponen de datos para exportaciones globales que incluyen a todos los tipos de cemento.

### PRODUCCION COMPARATIVA MILLONES DE TONELADAS



Gráfica 2.2c

### 2.3.1 Exportaciones de Cemento Portland Tipo I Normal

De la misma manera tal como se realizó en el punto 2.2.2 con los datos que reporta CANACEM y los datos totales de exportación, se estimó durante el período 1978-1990, el volúmen de sus exportaciones, siendo esta la única forma de evaluarlas.

Año	Export.Totales* (miles de tons.)	% Ventas C.T.I.N	Exp.C.T.I.N (miles de tons.)
1978	985	61.1	602
1979	537	62.6	336
1980	250	56.3	141
1981	76	49.8	38
1982	202	41.5	84
1983	865	42.2	365
1984	1,619	40.4	654
1985	1,745	45.2	789
1986	3,036	46.2	1,403
1987	3,682	49.0	1,804
1988	4,272 **	29.0	1,239
1989	3,850 **	29.0	1,117
1990	2,679 **	29.0	777

(\*) Fuente: Anuario estadístico de CANACEM 1987.

(\*\*) Fuente: "Ind. del Cemento", Const. y Tecnología, Abril 1990, pág. 20.

Las exportaciones de Cemento Tipo I Normal han sido irregulares en cuanto a su crecimiento, según se observa en la gráfica 2.3; con una tasa media anual de crecimiento durante el período 1978-1990 de 29.6% .

Lo anterior se debe a que el principal comprador del cemento mexicano es Estados Unidos, que es un cliente muy exigente en cuanto a calidad y precio, y que incluso llegó a exigir a los fabricantes nacionales el pago de 10 dólares de impuesto por tonelada de cemento comprado, aún con esta situación hasta la fecha México es el primer proveedor de Cemento para Estados Unidos, debido a la cercanía y oportunidad del producto mexicano; además tiene que competir con países como Canadá, Japón, España, Grecia, Venezuela y otros. También existen exportaciones de Cemento Tipo I Normal hacia China, Centro y Sudamérica, aunque en

menor proporción con respecto a Estados Unidos.

### 2.3.2 Exportaciones de Cemento Puzolánico Tipo I

Al igual que en el punto 2.3.1, se estimaron las exportaciones para Cemento Puzolánico Tipo I durante el período 1978-1990 tal como se da en la siguiente tabla.

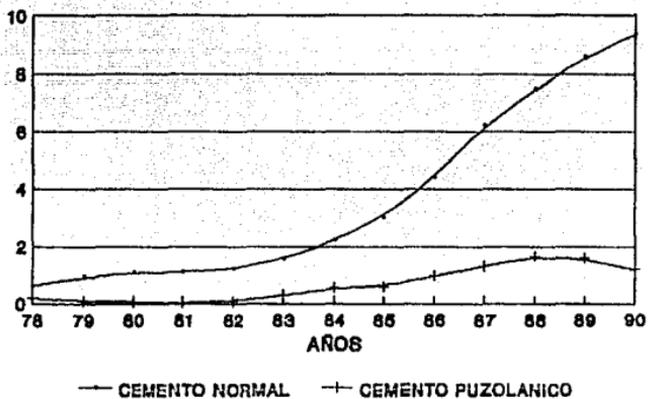
Año	Export.Totales* (miles de ton.)	‡ Ventas PZ.T.I.	Exp.Pz.T.I. (miles de tons.)
1978	985	18.9	186
1979	537	17.6	95
1980	250	22.9	57
1981	76	30.4	23
1982	202	37.6	76
1983	865	32.8	284
1984	1,619	34.2	554
1985	1,745	34.2	597
1986	3,036	32.1	975
1987	3,682	35.6	1,311
1988	4,272 **	39.0	1,666
1989	3,850 **	41.8	1,609
1990	2,679 **	44.8	1,200

(\*) Fuente: Anuario Estadístico de CANACEM 1987.  
 (\*\*) Fuente: "Ind. del Cemento", Const. y Tecnología, Abril, 1990, pág.20

En comparación con las exportaciones del Cemento Normal, las correspondientes al Cemento Puzolánico Tipo I, muestran un crecimiento a partir de 1983 a 1988, tal como se observa en la gráfica 2.3. Su tasa media anual de crecimiento es de 39.6% mayor en un 10% más que la tasa del Cemento Normal. Aunque el Cemento Puzolánico también enfrenta los mismos problemas de exigencia en calidad y precio del Mercado Estadounidense, sus ventajas en propiedades lo hacen más competitivo y justificar su mayor volumen en exportaciones. Tal como se expuso en el punto anterior, México también ocupa el primer lugar en exportaciones de este Cemento hacia los Estados Unidos, que es el principal cliente.

La gráfica 2.3 muestra comparativamente las exportaciones de Cemento Normal y Puzolánico.

### EXPORTACIONES MILLONES DE TONELADAS



Gráfica 2.3

## 2.4 Importaciones

En esta parte aunque es difícil hacer estimaciones sobre las Importaciones para ambos tipos de Cemento, debido a que aquí tampoco existe un desglose en los registros de importación de ninguna Institución por tipos de cemento, además de que solo existe información global que incluye a todos los tipos de Cemento Portland. Por esta razón el volúmen de las Importaciones globales es mínimo en comparación con las Exportaciones y la Producción global de cemento, más aun hasta el año de 1982 se importó cemento y a partir de 1983 hasta la fecha no existen importaciones según información de CANACEM.

### 2.4.1 Importaciones de Cemento Tipo I Normal

Para estimar las importaciones de este Cemento, se usó la premisa de que el producto del porciento de ventas de este por los datos de importaciones totales es aproximadamente igual a las importaciones de Cemento Normal. En la tabla siguiente se muestran los valores.

Importaciones Cemento Tipo I Normal

Año	Imp.Totales * (miles de tons.)	% Ventas C.T.I.N	Imp.C.T.I.N (miles de tons.)
1978	10	61.1	6
1979	84	62.6	53
1980	250	56.3	141
1981	313	49.8	156
1982	245	41.5	102
83 a 91	0	--	--

(\*) Fuente: Anuario Estadístico 1987 de CANACEM.

De la tabla anterior observamos que aunque el crecimiento de las Importaciones es alto por tener una tasa media anual de 154.3% hasta 1982, la Capacidad Instalada Total a partir del año 1983 estaba sobrada con un aprovechamiento del 75%, adicionalmente la calidad y variedad del Cemento en México no requería de mayores Importaciones, lo que explica la suspensión de éstas.

#### 2.4.2 Importaciones de Cemento Puzolánico Tipo I

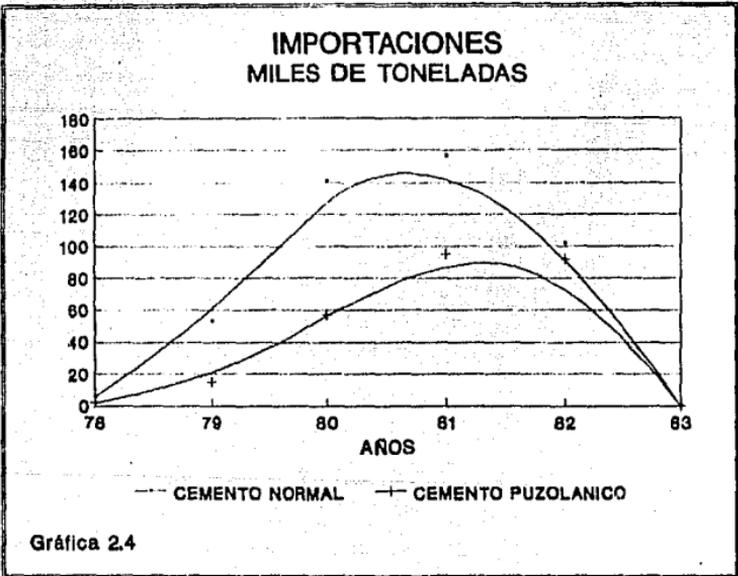
Al igual que en el punto anterior, se estimaron las Importaciones para este tipo de Cemento, en función de su consumo (ventas). La siguiente tabla muestra los valores estimados de Importación.

Año	Imp.Totales* (miles de tons.)	% Ventas C.P.T.I	Imp.C.PZ.T.I (miles de tons.)
1978	10	18.6	2
1979	84	17.6	15
1980	250	22.9	57
1981	313	30.4	95
1982	245	37.6	92
83 a 91	0	--	--

(\*) Fuente: Anuario estadístico 1987 de CANACEM.

Aunque el crecimiento de las Importaciones hasta 1982 fué alto con una tasa media anual de crecimiento de 165.6%, a partir de 1983 la Capacidad Instalada de Cemento en México estaba sobrada, y el aumento en producción y calidad de Cemento Puzolánico frenaron sus Importaciones.

En la gráfica 2.4 se muestran comparativamente las Importaciones estimadas tanto para el Cemento Normal como Puzolánico.



## 2.5 Consumo Aparente

Durante el período 1978 a 1990 que son los datos más recientes que se pudieron encontrar, el Consumo Aparente Total de Cemento Portland registró una tasa media anual de crecimiento de 4%, presentando disminuciones en 83, 86 y 88, tal como se observa en la siguiente tabla.

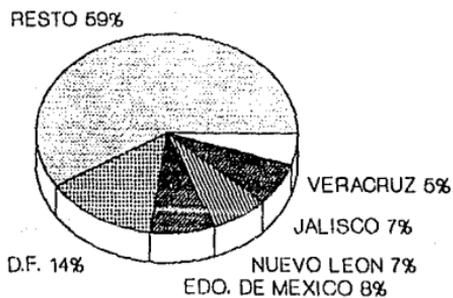
Año	Cons.Nal.Ap.Tot. (miles de tons.)	% de Aumento
1978	13,160	--
1979	14,916	13.3
1980	16,946	10.6
1981	18,452	11.8
1982	19,300	4.6
1983	16,184	-16.2
1984	16,659	2.9
1985	19,010	14.1
1986	16,801	-11.6
1987	18,522	10.2
1988	18,000	-2.8
1989	19,440	8.0
1990	21,200	9.0

Fuente: "Las Relaciones del Mercado de la Ind. Cementera",  
B.Galley, Construcción y Tecnología, Junio 1991.

Por otra parte se ha observado a fines de 1990 un dinamismo en el consumo de cemento en los Edos. del Norte del país, la capital y la zona conurbada se han quedado un poco más rezagados, no obstante haber sufrido los efectos del sismo de 1985. El consumo por entidades federativas se observa en la gráfica 2.5a.

El Consumo Aparente Total de Cemento permaneció estancado desde 1982 hasta 1989, registrando oscilaciones que estuvieron marcadas por los periodos recesivos de 83 y 86. Debido a esto la Industria de la Construcción (principal consumidor de cemento) modificó su participación en el Sector Público, por el saneamiento de las Finanzas Públicas como parte de las estrategias económicas del Gobierno, al disminuir su participación de 57% en 1981, a 40% a partir de 1988, mientras que el Sector Privado mantuvo prácticamente su mismo nivel de demanda, apoyado principalmente en

### CONSUMO POR ENTIDADES FEDERATIVAS CEMENTO PORTLAND



Gráfica 2.5a

la construcción de Tipo Residencial. En la gráfica 2.5b se observan los cambios de participación en los Sectores Público y Privado de la Industria de la Construcción.

Sin embargo, el cambio de la estructura en la demanda para la Industria de la Construcción propició en parte que el consumo de Cemento no resultara tan afectado como el Sector de la Construcción, debido a que la construcción privada formal e informal consumió relativamente más Cemento que la del Sector Público.

En los siguientes puntos se evaluó el Consumo Aparente para el Cemento Tipo I Normal y Puzolánico Tipo I, mediante la siguiente relación:

$$C.A. = P + I - E$$

donde:

- C.A.: Consumo Aparente por Tipo de Cemento.
- P: Producción por Tipo de Cemento.
- I: Importaciones " " "
- E: Exportaciones " " "

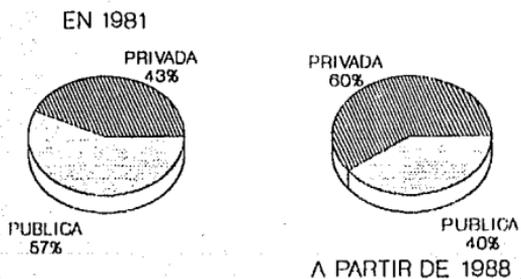
#### 2.5.1 Consumo Aparente de Cemento Tipo I Normal

En la siguiente tabla se muestran los valores para el Consumo Aparente Estimado del Cemento Normal, durante el período 1978-1990.

Año	Cons.Ap.Est.C.T.I (miles de tons.)
1978	7,992
1979	9,262
1980	9,145
1981	9,071
1982	8,027
1983	6,838
1984	6,794
1985	8,558
1986	7,722
1987	9,146
1988	5,283
1989	5,650
1990	6,154

tasa media anual de crecimiento = -0.34%

## CAMBIOS DE PARTICIPACION INVERSION EN CONSTRUCCION



Gráfica 2.6b  
Fuente: INEGI

De la tabla anterior, especialmente la tasa de crecimiento negativa, nos indica que existe una tendencia aunque mínima, en la disminución del Consumo Aparente de Cemento Tipo I Normal, esta tendencia se observa mejor en la gráfica 2.5c .

En algunas de las principales Plantas con Capacidades de Producción Altas ubicadas en la zona Centro (Edo. de México e Hidalgo) han disminuido su producción de Cemento Normal y aumentado su producción de Cemento Puzolánico, por las ventajas económicas de Producción que posee este último, lo cual en parte explica la disminución en el Consumo Aparente del Cemento Normal.

### 2.5.2 Consumo Aparente de Cemento Puzolánico Tipo I

La Tabla siguiente muestra el Consumo Aparente Estimado a partir de los datos de producción, importaciones y exportaciones del Cemento Puzolánico Tipo I.

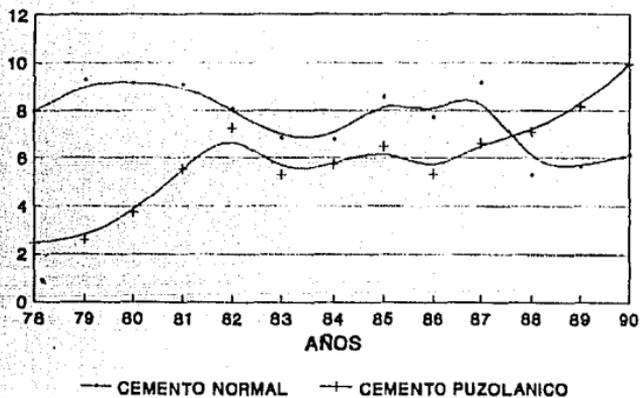
Consumo Aparente Cemento Puzolánico

Año	Cons.Ap.Est.CP.T.I (miles de tons.)
1978	2,473
1979	2,591
1980	3,720
1981	5,537
1982	7,272
1983	5,314
1984	5,751
1985	6,476
1986	5,365
1987	6,645
1988	7,104
1989	8,140
1990	9,948

tasa media anual de crecimiento = 12%

De acuerdo a la tasa de crecimiento anterior para el Consumo Aparente del Cemento Puzolánico Tipo I durante el periodo contemplado, nos indica un consumo creciente a futuro para este Tipo de Cemento con respecto al Normal, tal como se aprecia en la gráfica 2.5c. Debido a sus mejores propiedades y ventajas de

### CONSUMO APARENTE COMPARATIVO MILLONES DE TONELADAS



Gráfica 2.5c

producción en comparación con el Cemento Normal (más adelante se tratarán en detalle), la tendencia en el mercado es hacia un mayor Consumo y Producción de Cemento Puzolánico.

## 2.6 Proyecciones del Consumo Aparente

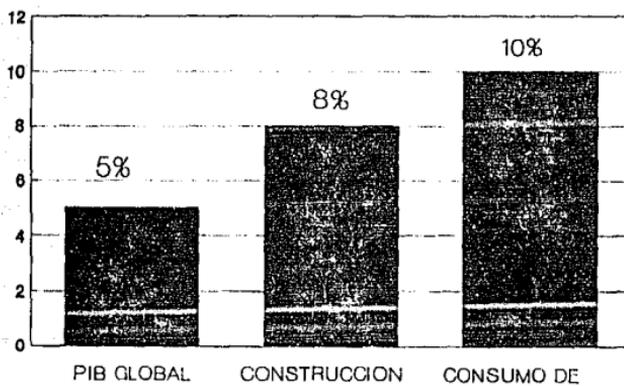
### Perspectivas de Crecimiento para la Demanda Global de Cemento

Las Condiciones Económicas actuales y las Políticas Económicas por parte del Gobierno del País, permiten prever un crecimiento de la Economía Mexicana durante los próximos años sobre bases sólidas. Este crecimiento económico requerirá de la expansión de algunas industrias y/o sectores como el de Transportes, Comunicaciones y otros, lo cual favorecerá a la demanda de la Industria de la Construcción, y consecuentemente a la del Cemento.

Las Metas del Plan Nacional de Desarrollo correspondientes al período 1988-1994 pretenden que el Producto Interno Bruto (PIB) crecerá a una tasa anual promedio del 5%, y a la vez que la Industria de la Construcción tendrá crecimientos del orden del 8% promedio anual, tal como se observa en la gráfica 2.6a.

Las expectativas de expertos en economía de la Industria Cementera, dicen que el consumo de Cemento crecerá a una tasa media anual del 10% durante los próximos 6 años. Adicionalmente, la modernización en las técnicas de la Construcción está dando lugar a que se use más el Concreto Premezclado y las estructuras prefabricadas, lo que además de ser más eficiente, hace más atractivo el uso del Cemento Portland en relación a otros materiales.

### PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO (88-94) PORCIENTO ANUAL PROMEDIO



Gráf. 2.6a

FUENTE: ESTUDIOS ECONOMICOS DEL PLAN  
NACIONAL DE DESARROLLO

2.6.1 Proyecciones del Consumo Aparente del Cemento Tipo I Normal De acuerdo a la tasa de crecimiento de -0.34% para el Cemento Tipo I Normal, existe la posibilidad de que su consumo tenderá a disminuir en forma mínima.

Por otra parte se realizaron regresiones polinómicas mediante un programa de computo (en BASIC) para el periodo histórico de 1978-1990, ya que los datos obtenidos de consumo aparente no presentan un comportamiento lineal tal como se presentan en la gráfica 2.5c, aunque se realizaron los modelos de ajuste lineal, logarítmico, exponencial y potencial. Los resultados fueron los siguientes:

Ajustes con modelos simples

Modelo	a	b	r
Lineal	9326.3461	-237.3681	-0.66185
Logarítmico	9418.8542	-1011.1271	-0.55410
Exponencial	9519.0310	0.0333	-0.67261
Potencial	9635.9716	-0.1415	-0.56143

Ajustes con regresiones Polinómicas para Cemento Tipo I Normal

Polinomio de 2o. orden ( $y = a+bx+cx^2$ )

a=8631.6084; b=40.5270; c=-19.8497

r=0.68684;  $c\sigma$  =1112.0328

Polinomio de 3er. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3$ )

a=8748.6504; b=-44.4678; c=-5.2194; d=-0.6967

r=0.68712;  $c\sigma$  =1171.7117

Polinomio de 4o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4$ )

a=7187.3566; b=1635.4536; c=-500.2304; d=52.8781; e=-1.9134

r=0.70955;  $c\sigma$  =1205.3972

Polinomio de 5o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5$ )

a=434.6897; b=11196.5313; c=-4613.0687; d=789.3814; e=-59.8407;

f=1.6551

r=0.84632;  $c\sigma = 974.12691$

Polinomio de 6o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5+gx^6$ )

a=7543.8414; b=-1089.3096; c=2388.0484; d=-1008.1619; e=169.1349;

f=-12.4688 g=0.3363

r=0.88876;  $c\sigma = 905.4021$

Polinomio de 7o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5+gx^6+hx^7$ )

a=12671.0612; b=-11393.5318; c=9677.6445; d=-3472.0954;

e=613.4255; f=-56.2461 g=2.5575; h=-4.5365x10<sup>-2</sup>

r=0.89503;  $c\sigma = 965.0738$

Polinomio de 8o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5+gx^6+hx^7+ix^8$ )

a=8510.3251; b=-1401.8972; c=713.4359; d=540.9881; e=-388.1116;

f=89.1173 g=-9.6110; h=0.4985; i=-1.0038x10<sup>-2</sup>

r=0.905463;  $c\sigma = 1026.7550$

Polinomio de 9o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5+gx^6+hx^7+ix^8+jx^9$ )

a=-5679.7695; b=27712.7308; c=-19985.7743; d=7073.7398;

e=-1216.5889; f=57.6975 g=12.2144; h=-2.0940; i=0.1246;

j=-2.6782x10<sup>-3</sup>

r=0.92764;  $c\sigma = 1043.245$

donde:

y = predicción del consumo para Cemento Tipo I Normal

x = años

r = coeficiente de correlación polinomial

$c\sigma$  = error estándar de las estimas

Con respecto a los ajustes obtenidos con regresiones simples se descartaron por tener coeficientes de determinación bajos ( $r^2 < 0.45$ ); los coeficientes de determinación para los polinomios de 7o., 8o., y 9o. orden son regularmente satisfactorios, pero

predicen consumos negativos, además el error estándar de las estimas aumenta, por otro lado los polinomios de 2o. a 6o. orden poseen coeficientes bajos ( $r^2 < 0.77$ ), y no predicen resultados adecuados, por lo que este tipo de ajustes se descartó.

El consumo proyectado para el Cemento Tipo I Normal con tasa de crecimiento negativa y predicciones polinómicas negativas, no se consideró ninguna de éstas. Sin embargo en otras fuentes como CANACEM e IMCYC, reconocidas en la Industria Cementera, se encontró que la demanda para este tipo de cemento, tendría un crecimiento del 5% anual en los próximos 5 años, por lo que bajo esta premisa se realizó la proyección de su consumo. La siguiente tabla muestra el consumo proyectado para el Cemento Tipo I Normal, determinado con base en el período histórico 1978-1990, con una tasa media anual de crecimiento del 5% para el período 1991-2003, considerando constante el Consumo a partir de 1996.

Año	Consumo Cemento Normal (miles de toneladas)
1991	6,462
1992	6,785
1993	7,124
1994	7,480
1995	7,854
1996	8,247
1997	8,247
1998	8,247
1999	8,247
2000	8,247
2001	8,247
2002	8,247
2003	8,247
2004	8,247
2005	8,247
2006	8,247
2007	8,247

### 2.6.2 Proyecciones del Consumo Aparente del Cemento Puzolánico Tipo I

Los datos históricos para este tipo de Cemento al igual que en el punto anterior no presentan un comportamiento lineal (ver gráfica 2.5c), por lo que se realizaron ajustes de regresión con modelos simples y polinómicos para el periodo histórico 1978-1990, los resultados fueron los siguientes:

#### Ajustes con modelos simples

Modelo	a	b	r
Lineal	2533.4231	476.9396	0.87687
Logarítmico	1706.5929	2401.1129	0.86762
Exponencial	2864.9521	0.0923	0.86499
Potencial	2306.4796	0.4974	0.91627

#### Ajustes con regresiones Polinómicas para Cemento Puzolánico Tipo I

Polinomio de 2o. orden ( $y = a+bx+cx^2$ )

a=2287.7413; b=588.0694; c=-8.9975

r=0.88031;  $c\sigma = 1064.6313$

Polinomio de 3er. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3$ )

a=-326.9161; b=2569,8856; c=-354.6209; d=16.5524

r=0.94463;  $c\sigma = 758.9440$

Polinomio de 4o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4$ )

a=602.0489; b=1429.1416; c=-9.3895; d=-21.0252; e=1.3421

r=0.94558;  $c\sigma = 816.4129$

Polinomio de 5o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5$ )

a=4587.8960; b=-4214.4051; c=2418.2652; d=-455.7561; e=35.5344;

f=-0.9769

r=0.96363;  $c\sigma = 716.8056$

Polinomio de 6o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5+gx^6$ )  
a=8932.5125; b=-11722.6516; c=6696.8582; d=-1554.2888; e=175.4683  
f=-9.6085; g=0.2055  
r=0.97024;  $c\sigma = 701.5236$

Polinomio de 7o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5+gx^6+hx^7$ )  
a=8817.5398; b=-11491.5899; c=6533.3965; d=-1499.0376; e=165.5055;  
f=-8.6268 g=0.15571; h=1.0173x10<sup>-3</sup>  
r=0.97024;  $c\sigma = 768.4637$

Polinomio de 8o. orden ( $y = a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5+gx^6+hx^7+ix^8$ )  
a=7183.1099; b=-7566.6530; c=3012.0554; d=77.3911; e=-227.9206;  
f=48.4752 g=-4.6244; h=0.2146; i=-3.9433x10<sup>-3</sup>  
r=0.97094;  $c\sigma = 849.1918$

Se descartaron los ajustes con modelos simples por tener coeficientes de determinación bajos ( $r^2 < 0.82$ ). Para el caso de los ajustes polinómicos, especialmente los últimos, aunque poseen coeficientes de determinación aceptables, tienen la desventaja de predecir consumos muy altos, por lo que también se descartaron. Siendo más realistas, bajo las premisas de algunas fuentes como CANACEM e IMCYC, el crecimiento en la demanda de Cemento Puzolánico será a una tasa promedio del 10% anual en los próximos 6 años, a partir del '91. Y la otra que se evaluó en este trabajo, que fué del 12%, se hizo la Proyección de la Demanda con esta última (tasa del 12%), considerando que no se presenten disparos fuertes en algunas variables macroeconómicas como el PIB, índice de inflación, etc.

En la siguiente tabla se presentan los resultados para el consumo de Cemento Puzolánico Tipo I, proyectado al 12% anual promedio para el período 1991-2003, en base al período histórico 1978-1990, considerando constante su consumo a partir de 1997.

### Consumo Aparente Cemento Puzolánico Tipo I

Año	Consumo C. Puzolánico (miles de toneladas)
1991	10,638
1992	11,915
1993	13,345
1994	14,946
1995	16,740
1996	18,749
1997	20,999
1998	20,999
1999	20,999
2000	20,999
2001	20,999
2002	20,999
2003	20,999
2004	20,999
2005	20,999
2006	20,999
2007	20,999

La gráfica 2.6b muestra comparativamente la Proyección del Consumo Aparente para Cemento Normal y Puzolánico.

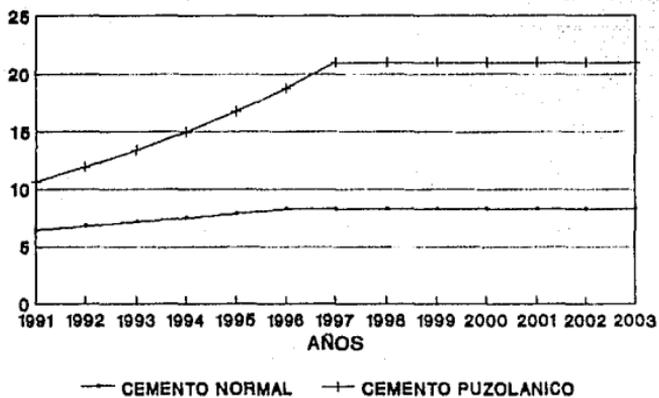
### 2.7 Capacidad Instalada

Al principio de la década pasada, las expectativas de crecimiento económico que provocó el auge petrolero, estimularon a la Industria Cementera a realizar altas inversiones, lo que originó que la Capacidad de Producción se aumentara en los años 1978-1987.

Los datos de Capacidad Instalada de 1978 a 1987 se obtuvieron en CANACEM, la cual proporcionó información sobre cada planta que produce tanto Cemento Tipo I Normal como Puzolánico Tipo I, y los datos más recientes que se lograron obtener de 1988 a 1990 fueron actualizados también por CANACEM.

Las principales variaciones de Capacidad Instalada a partir de 1988 se debieron al cierre de operaciones en una planta del grupo Tolteca en Mixcoac, D.F., con capacidad de 302 mil Toneladas, por razones ecológicas y ambientales que padece la

### CONSUMO PROYECTADO MILLONES DE TONELADAS



Gráfica 2.6b

capital del país; además la adquisición de los grupos Tolteca y Anáhuac en 1987, por parte del grupo Cemex (Cementos Mexicanos) que reestructuró técnica y económicamente las Plantas adquiridas de manera que fueran más productivas, eliminando el equipo obsoleto y modernizándolas a largo plazo, lo que provocó variaciones en la Capacidad Instalada. Por otra parte, aumentó la capacidad en 250 mil tons. en la planta de Cementos Acapulco en el Edo. de Guerrero en 1990.

Cabe mencionar que la Planta de Cementos Anáhuac en Barrientos, Tlalnepantla, Edo. de México, disminuirá su capacidad de producción en un 60% por su cercanía a la zona Metropolitana la cual padece problemas ambientales ya conocidos, dicha disminución de capacidad está programada a partir de 1993 según la SEDESOL.

#### 2.7.1 Capacidad Instalada para Cemento Tipo I Normal

La siguiente tabla muestra la Capacidad Instalada, producción, así como el aprovechamiento de la capacidad, durante el período 1978 a 1990 para el Cemento Tipo I Normal.

Capacidad Instalada para Cemento Tipo I Normal

Año	Capacidad Instalada (miles de tons.)*	Producción (miles de tons.)	Aprovechamiento C. Normal (%)
1978	10,445	8,588	82
1979	11,010	9,545	87
1980	11,597	9,145	79
1981	13,396	8,953	67
1982	18,695	8,009	43
1983	19,766	7,203	36
1984	19,912	7,448	37
1985	21,539	9,347	43
1986	21,619	9,125	42
1987	21,593	10,950	51
1988	15,460	6,522	42
1989	15,460	6,767	44
1990	16,456	6,931	42

(\*) Fuente: Anuario Estadístico de CANACEM; 88,89,90 actualizados por CANACEM

La tabla anterior muestra la disminución en la capacidad instalada y aprovechamiento de la misma en un 50% de 1978 a 1990 del Cemento Normal, lo cual se debe en parte al desplazamiento en la producción de éste, por el Cemento Puzolánico.

### 2.7.2 Capacidad Instalada para Cemento Puzolánico Tipo I

En la tabla siguiente se dan los datos de la Capacidad Instalada, producción, así como el aprovechamiento de la capacidad durante el período 1978 a 1990, para el Cemento Puzolánico Tipo I.

Capacidad Instalada Cemento Puzolánico Tipo I

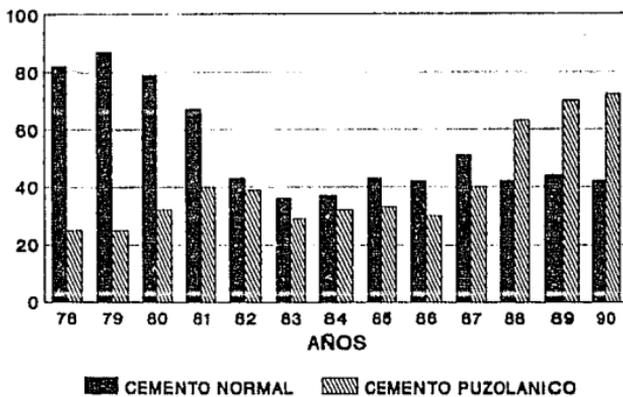
Año	Capacidad Instalada (miles de tons.)*	Producción (miles de tons.)	Aprovechamiento C.Puzolánico(%)
1978	10,673	2,657	25
1979	10,860	2,671	25
1980	11,822	3,720	32
1981	13,816	5,465	40
1982	18,461	7,256	39
1983	19,592	5,598	29
1984	19,738	6,305	32
1985	21,365	7,073	33
1986	21,445	6,340	30
1987	19,964	7,956	40
1988	13,900	8,770	63
1989	13,900	9,749	70
1990	14,827	10,698	72

(\*) Fuente: Anuario Estadístico de CANACEM; 88,89,90 actualizados por CANACEM

De la tabla anterior, se observa que aunque el aprovechamiento de la capacidad en 1978 era la cuarta parte, este se incrementó considerablemente en 1990 hasta alcanzar casi las tres cuartas partes de la capacidad, debido a los beneficios económicos de producción que posee el Cemento Puzolánico con respecto al Normal, ya que en algunas plantas productoras entre el 70 y 85% de su capacidad es para producción de Cemento Puzolánico.

La gráfica 2.7 muestra comparativamente el aprovechamiento de la capacidad instalada en porcentaje, para ambos tipos de cemento.

### APROVECHAMIENTO DE LA CAP. INSTALADA PORCIENTO



Gráfica 2.7

## 2.8 Cartera de Proyectos

A continuación se muestra la información sobre los proyectos de ampliación para plantas productoras existentes y construcción de nuevas plantas, así como su fecha probable de arranque, que incluye a ambos tipos de Cemento (Normal y Puzolánico).

COMPAÑIA	PROYECTO	INCREMENTO EN CAP. *	ARRANQUE
Cemex	Ampliaciones y Construcción	1,236	Inicio de 1991
Cemex	Ampliaciones	717	Inicio de 1992
Cemex	Ampliaciones y Construcción	1,538	Inicio de 1993
Apasco	Ampliaciones	1,100	Inicio de 1991
Apasco	Ampliaciones y Construcción	400	Inicio de 1992
Apasco	Ampliaciones	1,300	Inicio de 1993

(\* ) Miles de toneladas anuales.

Fuente: "Las Relaciones de Mercado de la industria Cementera", B. Galley, Construcción y Tecnología, Junio 1991, pág. 9.

Con respecto a la localización geográfica de las plantas y proyectos de ampliación, no se dispone de información suficiente, y CANACEM reporta que las ampliaciones del grupo Cemex serán en una planta de Mérida, Yuc., la construcción de una planta en Puebla, adicionalmente el 80% de dichos proyectos se destinarán para producción de Cemento Tipo I Normal y Puzolánico. Con respecto al grupo Apasco se nos informó de la ubicación de una nueva y moderna planta en Saltillo, Coah., y se considera que aproximadamente el 45% de su producción en sus proyectos será para Cemento Tipo I Normal, según información de CANACEM.

### 2.8.1 Proyección de la Capacidad Instalada

Dado que el Cemento es un producto que aunque hasta la fecha estrictamente no tiene sucedáneos en el ramo de la construcción, requiere para su producción, de costos muy altos de inversión, y que además el tiempo para la construcción y puesta en marcha de

una nueva planta, es de aproximadamente 3 años, y no se justifica que año con año aumente la Capacidad Instalada y se puedan realizar proyecciones de ésta para ambos tipos de Cemento, por lo que sólo se consideraron los últimos y más recientes proyectos en cartera que se pudieron encontrar de los grupos Cementeros.

## 2.9 Capacidad Instalada Potencial

En esta parte además de considerar el aumento en la Capacidad Instalada de los proyectos en cartera antes mencionados, se consideró la disminución del 60% de la capacidad instalada de la planta de Cementos Anáhuac ubicada en Barrientos, Tlalnepantla, edo. de México, que actualmente es de 2,500,000 tons. anuales, y que disminuirá a 1,000,000 de tons. anuales, en producción de Cemento Normal y Puzolánico.

### 2.9.1 Capacidad Instalada Potencial de Cemento Tipo I Normal

La siguiente tabla muestra la Capacidad Potencial para el Cemento Tipo I Normal de los años 1991 a 1993, que corresponden a los aumentos de acuerdo a los proyectos en cartera, y los años siguientes para los que no hay proyectos registrados según CANACEM.

Capacidad Instalada Potencial para Cemento Tipo I Normal

AÑO	CAP. ACTUAL	CAP. ADICIONAL	REDUCCIONES	CAP. INS. POTENCIAL*
1991	16,456	1,484	---	17,940
1992	17,940	754	---	18,694
1993	18,694	1,815	1,500	19,009
1994 en adelante	19,009	---	---	19,009

(\*) miles de toneladas anuales.



2.9.2 Capacidad Instalada Potencial de Cemento Puzolánico Tipo I  
 A continuación se muestran en una tabla la Capacidad Potencial para el Cemento Puzolánico Tipo I, de los años 1991 a 1993, los cuales corresponden a los aumentos de los proyectos en cartera, considerando solo la participación del grupo Cemex, ya que el grupo Apasco no produce Cemento Puzolánico hasta la fecha, así como los años siguientes para los que no hay más proyectos de ampliación, según las fuentes de información consultadas.

Capacidad Instalada Potencial para Cemento Puzolánico Tipo I

AÑO	CAP. ACTUAL	CAP. ADICIONAL	REDUCCIONES	CAP. INS. POTENCIAL*
1991	14,827	989	---	15,816
1992	15,816	547	---	16,390
1993	16,390	1,230	1,500	16,120
1994 en adelante	16,120	---	---	16,120

(\*) miles de toneladas anuales.

## 2.10 Balance Oferta-Demanda

Para realizar el balance se consideró el período histórico de la Oferta-Demanda de los años 1978 a 1990, y la proyección de la demanda con una oferta considerando proyección de acuerdo a la cartera de proyectos, por las razones expuestas en el punto 2.8.1; para ambos tipos de Cemento.

### 2.10.1 Balance Oferta-Demanda del Cemento Tipo I Normal.

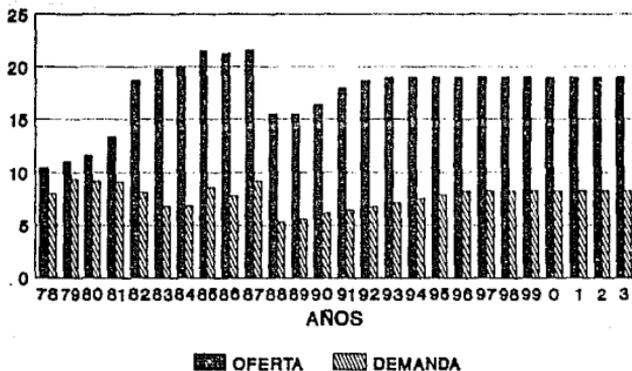
La siguiente tabla presenta el Balance para el período 1978 a 2003, del Cemento Normal.

**Balance Oferta-Demanda para Cemento Tipo I Normal**

<b>Año</b>	<b>Oferta Cap. Instalada</b>	<b>Demanda Cons. Aparente</b>	<b>Diferencia (toneladas)</b>
1978	10,445,000	7,992,000	2,453,000
1979	11,010,000	9,262,000	1,748,000
1980	11,597,000	9,145,000	2,452,000
1981	13,396,000	9,071,000	4,325,000
1982	18,695,000	8,027,000	10,668,000
1983	19,766,000	6,838,000	12,928,000
1984	19,912,000	6,794,000	13,118,000
1985	21,539,000	8,558,000	12,981,000
1986	21,619,000	7,722,000	13,897,000
1987	21,593,000	9,146,000	12,447,000
1988	15,460,000	5,283,000	10,177,000
1989	15,460,000	5,650,000	9,810,000
1990	16,456,000	6,154,000	10,302,000
1991	17,940,000	6,462,000	11,478,000
1992	18,694,000	6,785,000	11,909,000
1993	19,009,000	7,124,000	11,885,000
1994	19,009,000	7,480,000	11,529,000
1995	19,009,000	7,854,000	11,155,000
1996	19,009,000	8,247,000	10,762,000
1997	19,009,000	8,247,000	10,762,000
1998	19,009,000	8,247,000	10,762,000
1999	19,009,000	8,247,000	10,762,000
2000	19,009,000	8,247,000	10,762,000
2001	19,009,000	8,247,000	10,762,000
2002	19,009,000	8,247,000	10,762,000
2003	19,009,000	8,247,000	10,762,000

En la gráfica 2.10a se aprecia mejor la situación de la Oferta y la Demanda, que junto con la tabla anterior nos indican de una manera preliminar, la inexistencia de una demanda insatisfecha, y, por el contrario, la oferta está sobrada en más del 50% en promedio para el Cemento Tipo I Normal.

**BALANCE OFERTA-DEMANDA  
CEMENTO NORMAL  
MILLONES DE TONELADAS**



Gráfica 2.10a

2.10.2 Balance Oferta-Demanda del Cemento Puzolánico Tipo I

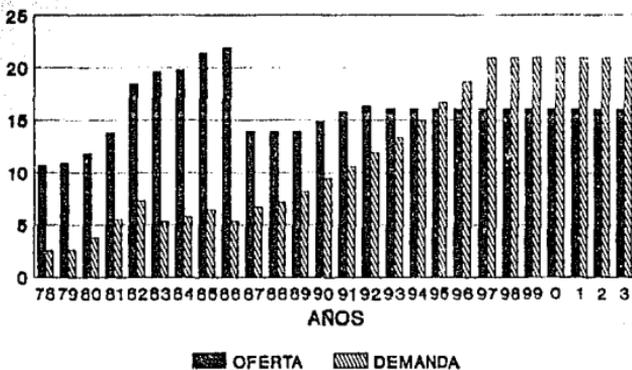
La tabla siguiente presenta el Balance para el período 1978 a 2003 para el Cemento Puzolánico.

Año	Oferta Cap. Instalada	Demanda Cons. Aparente	Diferencia (toneladas)
1978	10,673,000	2,473,000	8,200,000
1979	10,860,000	2,591,000	8,269,000
1980	11,822,000	3,720,000	8,102,000
1981	13,816,000	5,537,000	8,279,000
1982	18,461,000	7,272,000	11,189,000
1983	19,592,000	5,314,000	14,278,000
1984	19,738,000	5,751,000	13,987,000
1985	21,445,000	6,476,000	14,969,000
1986	19,964,000	5,365,000	14,599,000
1987	13,900,000	6,645,000	7,255,000
1988	13,900,000	7,104,000	6,796,000
1989	13,900,000	8,140,000	5,760,000
1990	14,827,000	9,498,000	5,329,000
1991	15,816,000	10,638,000	5,178,000
1992	16,390,000	11,915,000	4,475,000
1993	16,120,000	13,345,000	2,775,000
1994	16,120,000	14,946,000	1,174,000
1995	16,120,000	16,740,000	-620,000
1996	16,120,000	18,749,000	-2,629,000
1997	16,120,000	20,999,000	-4,879,000
1998	16,120,000	20,999,000	-4,879,000
1999	16,120,000	20,999,000	-4,879,000
2000	16,120,000	20,999,000	-4,879,000
2001	16,120,000	20,999,000	-4,879,000
2002	16,120,000	20,999,000	-4,879,000
2003	16,120,000	20,999,000	-4,879,000

La gráfica 2.10.b muestra la relación Oferta-Demanda que junto con la tabla anterior, nos indican la posible existencia a futuro de una demanda insatisfecha a partir de 1995 para el Cemento Puzolánico Tipo I.

Es importante aclarar que de aquí en adelante es equivalente decir: Cemento Normal por Cemento Portland Tipo I Normal, y Cemento Puzolánico a Cemento Portland Puzolánico Tipo I, por comodidad.

**BALANCE OFERTA-DEMANDA  
CEMENTO PUZOLANICO  
MILLONES DE TONELADAS**



Gráfica 2.10b

---

**CAPITULO III**  
**ANALISIS TECNICO DE PRODUCCION**

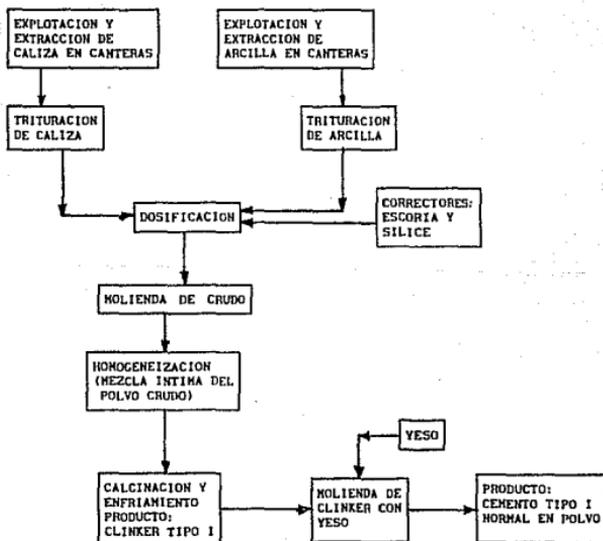
---

### 3.1 Producción de Cemento Portland

De manera simple, el proceso de fabricación para Cemento Portland consiste en las siguientes etapas:

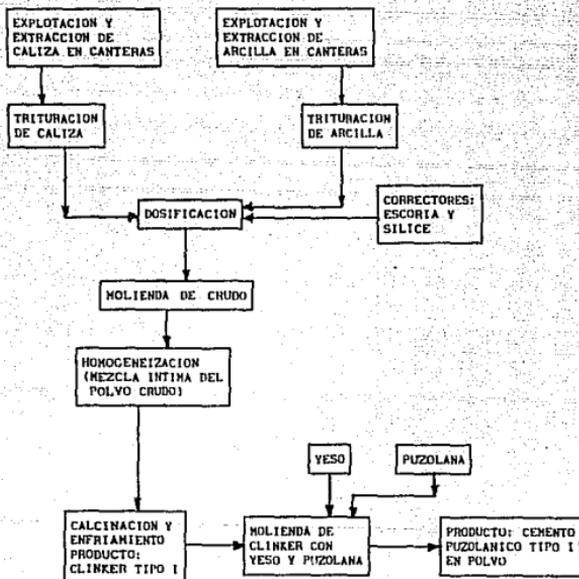
- 1 Extracción y Trituración de cada Materia Prima.
- 2 Molienda de Crudo (materia prima sin calcinar).
- 3 Homogeneización (mezcla íntima del polvo crudo).
- 4 Calcínación del polvo crudo y enfriamiento del Producto: (Clinker Tipo I).
- 5 Molienda de Cemento (molienda conjunta de clinker Tipo I con yeso para Cemento Normal)

El siguiente diagrama muestra la secuencia en bloques para la Producción de Cemento Normal.



## Diagrama de Bloques para Producción de Cemento Portland Puzolánico

A diferencia del anterior diagrama, en la molienda del clinker tipo I con yeso, adicionalmente se le agrega puzolana.



### 3.2 Materias Primas

Uno de los aspectos importantes en la elaboración del Cemento Portland Normal y Puzolánico es la fabricación del Clínker, para el cual se requieren dos materiales comunes en la naturaleza: uno calcáreo como la piedra caliza, y el otro silíceo tal como la arcilla o pizarras, empleando adicionalmente minerales de fierro y sílice en pequeñas cantidades (de 1 a 5%) como correctores para obtener la composición deseable de acuerdo al control de calidad para un clínker tipo I. A continuación se dan algunas características importantes y generales de cada materia prima.

#### Caliza

Se encuentra en las capas superficiales de varios cerros y montañas distribuidos en muchas regiones del país, principalmente en zonas áridas y semiáridas, en depósitos de profundidad variable, algunos de más de 200 metros. En la fabricación de Cemento se extraen volúmenes muy grandes ya que la caliza representa cerca del 80% de las materias primas que se requieren para elaborar el clínker. Antes de extraerla primero se explora el cerro para conocer el volúmen y el grado de pureza del material que se va a explotar, por medio del análisis químico se determina la calidad de la cantera, considerándose adecuada aquella que contiene 91% como mínimo de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), ya que cantidades menores ocasionan problemas para el control de calidad.

Debido a su dureza se extrae de las canteras con el uso de explosivos que provocan voladuras, las cuales producen de 30 a 100 mil toneladas de caliza en rocas.

#### Arcilla o Pizarra

Se les denomina "arcillas o pizarras" a los minerales constituidos principalmente por óxidos de silicio de 45 a 65%, óxidos de fierro de 6 a 12%, y por cantidades variables de óxido de calcio de 4 a 10%. Es a la vez la principal fuente de álcalis ( $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ ). La

pizarra o arcilla representa en promedio cerca del 18% de la materia prima para elaborar el clínker. Estos minerales son relativamente suaves, su sistema de extracción es similar al de la caliza, y requiere de explosivos de menor potencia. Dado que la composición de la arcilla varía de un punto a otro en la corteza terrestre, es necesario asegurar la disponibilidad de las cantidades suficientes de cada material.

#### Escoria y Hematita

Se le denomina "hematita" a materiales naturales que aportan mineral de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); la escoria de laminación, es un subproducto de la fundición de Altos Hornos. Dichos materiales contienen entre 75 y 90% de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), la escoria es más rica en este óxido. Con estos minerales se controla el contenido de óxido férrico en la mezcla cruda. La Escoria y Hematita constituyen entre el 1 y 2% de dicha mezcla.

#### Sílice

Algunas veces se agregan arenas sílicas que contienen aproximadamente de 75 a 80% de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), para obtener el óxido requerido en la mezcla cruda. Este mineral se encuentra en materiales como los jales (minas) de sílice.

#### Yeso

El que se usa principalmente es el sulfato de calcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), un yeso natural, ya que también hay yesos químicos. Este regula la hidratación del cemento y el fraguado mediante una reacción con el aluminato tricálcico, para formar el sulfoaluminato tricálcico, hidratándose lentamente la mezcla y además acelera la hidratación del silicato tricálcico.

El yeso se requiere de pureza adecuada el natural posee de 80 a 95% de pureza en promedio.

### 3.2.1 Puzolana como Materia Prima para Cemento Puzolánico

Además de las materias primas mencionadas anteriormente, para elaborar Cemento Puzolánico se requiere adicionalmente de Puzolana.

La que se emplea generalmente es la puzolana natural de origen volcánico. Como ya se mencionó se utiliza para mejorar las propiedades en el Cemento Portland, al combinar su contenido de sílice con la cal que libera el cemento al hidratarse, para formar compuestos con propiedades más estables.

Algunas puzolanas pueden ser activadas (los compuestos del silicio son más reactivos) por calentamiento. Se encuentran en pequeños bancos o capas superficiales de algunos cerros, comunmente en climas semiáridos.

La Puzolana junto con el Yeso son adicionados al Clinker tipo I, ya elaborado a partir de caliza y arcilla, en la última etapa del proceso de fabricación del Cemento Puzolánico, denominada Molienda de Cemento.

### 3.3 Tipos de Procesos

Aunque estrictamente no existe una clasificación por tipos de proceso de acuerdo a los licenciadores de tecnología, ya que son los mismos equipos y procedimientos de proceso, lo único que varía son las marcas del equipo principal y pequeñas variaciones técnicas en éstas. De manera general existen dos sistemas para la elaboración del Cemento Portland y Cemento Portland Puzolánico que son:

1. Proceso con Sistema vía Húmeda
2. Proceso con Sistema vía Seca

Los Sistemas de vía Húmeda y Seca se diferencian en la etapa de Homogeneización del polvo crudo, el cual proviene de la molienda de la materia prima.

### 3.3.1 Proceso con Sistema de Homogeneización vía Húmeda

Fué el primer sistema utilizado, para la producción organizada del Cemento Portland. Para la homogeneización, se usaba agua como agente dispersante, que se añadía junto con las materias primas formándose así una substancia viscosa cruda cuyo contenido de humedad ascendía hasta un 40% .

Comparando este sistema con el de vía seca, los resultados son:

- a) La inversión es mayor (de 10 a 20% más).
- b) El agua utilizada, generalmente es de ríos cuyos sólidos insolubles y sales solubles pueden contaminar la composición de la mezcla cruda.
- c) La pasta cruda formada tiene en promedio 40% de agua, 60% de mezcla cruda, densidad de  $1600 \text{ Kg/m}^3$ , y viscosidad de 1500 centipoises.
- d) Necesita de tanques homogeneizadores con gran capacidad, con descarga al fondo por gravedad y agitación neumática intermitente.
- e) Necesita canales, fosas receptoras, tamices y bombas rotativas para el llenado de los tanques de almacenamiento, recirculación y alimentación a hornos.
- f) Utiliza para el transporte de la pasta, tubería de 8 pulg. de diámetro, con gran número de válvulas de operación manual.
- g) El consumo de energía eléctrica para bombeo y aire a presión, es aproximadamente de 2.5 kWh/ton de pasta húmeda.
- h) En los tanques de almacenamiento el efecto de la gravedad sobre las partículas sólidas de la pasta húmeda, es considerable, por lo que es necesario que estén equipados con grandes agitadores mecánicos y neumáticos de operación continua.
- i) El consumo de energía utilizado para el secado y evaporación de agua, se incrementa hasta un 17% .

### 3.3.2 Proceso con Sistema de Homogeneización vía Seca

Cuando los avances técnicos hicieron posible utilizar como agente dispersante al aire en la homogeneización, la Industria Cementera Mundial fué revolucionada al implementarse el sistema por vía seca, que constituye el actual fundamento de los avances económicos y técnicos en el proceso de fabricación.

Las características principales de este sistema son:

- a) Menor costo de Inversión.
- b) Generalmente, el aire utilizado para la homogeneización, es aire atmosférico comprimido.
- c) La masa aire polvo, está formada en promedio por 21% de aire y 79% de polvo crudo y una densidad media de 0.96 kg/m<sup>3</sup>.
- d) Requiere de silos homogeneizadores.
- e) La agitación es continua, se puede regular adecuadamente la turbulencia media o máxima, lo que permite lograr que la homogeneización sea lo más completa posible, misma que con el mecanismo pulsante del silo puede incrementar la turbulencia para lograr una dispersión eficaz de las partículas del polvo.
- f) El transporte de la mezcla cruda se efectúa mediante aerodezliadores accionados con motores de baja potencia o mediante bombas neumáticas a través de tuberías, aprovechando la gravedad y fluidez de la mezcla aire-polvo o el efecto de la presión del aire sobre el polvo, permitiendo el transporte a alturas considerables.
- g) El consumo medio de energía total incluyendo homogeneización, transporte, recirculación y alimentación a horno es 1.5kWh/ton.

En la siguiente tabla se dan las características comparativas de cada sistema que aplican para ambos tipos de Cemento.

Características	Sistema Humedo	Sistema Seco
Costos Totales de Inversión	Mayor	Menor
Agente Dispersante	Agua	Aire
Densidad de la Mezcla (kg/m <sup>3</sup> )	1600	0.96
Tipo de Mezcla	Pasta	Aire/Polvo
Equipo Principal	Tanques	Silo
Equipo para Transp. de la Mezcla	Tubería y válvulas	Equipo Neumático
Consumo Total de Energía kWhr/ton	2.5	1.5
Eficiencia Total	Regular	Muy Buena

De acuerdo a la tabla anterior, solo se hará referencia al proceso con sistema seco, el cual proporciona mejores resultados globales, además es el que más se emplea en la Industria Cementera moderna, ya que en el País casi todas las plantas utilizan este sistema por ser más rentable.

### 3.4 Características Generales del Proceso con Sistema Seco

Los Procesos para la fabricación del Cemento Portland Normal y Portland Puzolánico, tienen las mismas características generales, ya que el proceso prácticamente es el mismo para ambos.

#### 3.4.1 Productos

Los productos que se obtienen del proceso con sistema vía Seca son: clínker tipo I y Cemento Portland Normal y/o Puzolánico, ambos tipo I.

El clínker se puede comercializar como producto si existe una producción excedente de éste, o si no se dispone de Molinos de Cemento para la molienda final (yeso, con clínker y/o puzolana) por restricciones técnicas o económicas.

Para la comercialización del clínker se requiere de vías férreas, ya que el costo del transporte por carretera es mayor, por la gran cantidad que se maneja.

El Cemento Portland en polvo es el producto principal, en este caso Normal y Puzolánico.

#### 3.4.2 Subproductos y Desechos

En el proceso no hay subproductos, sólo existen emisiones de gases en los hornos donde se realiza la calcinación, y los secadores de crudo, los gases son  $CO_2$  principalmente,  $H_2O$  y cantidades despreciables de  $SO_2$ ,  $H_2S$  y  $CO$ , los cuales se emiten a la atmósfera.

#### 3.4.3 Requerimientos de Servicios

##### Energía Eléctrica

Se requiere de una Subestación Eléctrica de 20 kvolts, red de distribución eléctrica, y transformadores para las siguientes tensiones:

110 volts para alumbrado y usos generales

220 volts para motores medianos de ventiladores, aerodeslizadores.

440 volts para motores grandes de bandas, compresores, extractores, etc.

2160 volts para motores medianos de equipo pesado.

4160 volts para motores principales de equipo pesado como molinos.

##### Combustibles

Se requiere de combustóleo para hornos, gas natural para molinos de crudo, calcinación y calentadores de aceite térmico, también se requiere de tanques de almacenamiento para ambos.

##### Aceite Térmico

Se requiere de una instalación de calentadores a fuego directo con gas para el calentamiento de aceite térmico (texatherm 46), para el bombeo de combustóleo.

#### Agua

Sólo se requiere de agua potable para la torre acondicionadora de gases calientes, también para usos generales y sanitarios.

#### Servicios de Lubricación

Grasas y aceites para equipo mecánico de transmisiones, coronas y chumaceras de equipo ligero, mediano y pesado.

#### Aire

Se requiere de cuartos de compresores centrífugos para el área de homogeneización, departamento de almacenamiento, envase y embarque de Cemento principalmente, así como de una red de distribución general para usos generales en las distintas áreas de proceso.

#### 3.4.4 Rendimiento del Proceso

En promedio, para producir una tonelada de Cemento Normal y Puzolánico se necesitan 1.6 toneladas de materia prima, por lo tanto el rendimiento global del proceso es del 63%, este valor aparentemente es bajo, pero se tienen que considerar aspectos como pérdida de masa en la descarbonatación del carbonato de calcio al pasar a óxido, pérdida de material como polvo fugitivo, pérdida de agua en materias primas por humedad y eficiencia de los equipos principales.

#### 3.4.5 Pureza del Clínter y Cemento

La pureza del clínter obtenido en el proceso es en promedio de 96 a 97.5%, la del Cemento Normal y Puzolánico es de 95 a 96.5%. Las impurezas consisten en óxido de calcio (cal libre), óxido de magnesio, álcalis ( $K_2O$  y  $Na_2O$ ), azufre, cloruros y materia orgánica.

### 3.4.6 Equipo Principal

La siguiente tabla proporciona información general del equipo principal para la fabricación del Cemento Portland Normal y Puzolánico, desde la explotación y extracción de materia prima hasta la obtención del producto final, para una planta de 1,182,600 tons. de cemento/año.

Equipo	Capacidad (ton/hr)	Producto
Impactor-Triturador Hazemag	250	Grava de Caliza de 4" y menores
Quebrador de Martillos	120	Gravilla de Caliza o Arcilla de 3/8 a 3/4"
Molino de Bolas para Crudo	185	Polvo fino malla 200
Silo Homogeneizador	400	Mezcla íntima de polvo fino
Horno Giratorio con Precaentador y Enfriador	84	Clínker Tipo I
Molino de Bolas para Molienda de Cemento	140	polvo de cemento con finura promedio en malla 325

### 3.4.7 Flexibilidad del Proceso

Por medio del proceso vía seca se obtiene el clínker tipo I, y además se pueden elaborar los tipos II, IV y V, para Cemento Portland tipo II, IV, y V respectivamente. Esto depende en gran parte, de la calidad de los yacimientos de caliza, arcilla y los requerimientos del mercado. El Cemento tipo III se puede fabricar a partir del clínker tipo II, adicionalmente su molienda es más fina.

### 3.5 Aspectos Generales del Proceso

El Proceso vía Seca para la producción de Cemento Portland Normal y Puzolánico, prácticamente es el mismo, desde la explotación y extracción de las dos materias primas base (caliza y arcilla) hasta el envase y embarque del producto.

La única diferencia entre la producción de ambos tipos de Cemento, es el requerimiento adicional de puzolana como materia prima para el Cemento Puzolánico en la molienda final de éste, por lo que se requiere de una báscula dosificadora (poidómetro) extra, para la dosificación de puzolana.

Debido a lo anterior, la descripción del proceso se consideró de igual forma para el Cemento Normal y Puzolánico, resaltando la única y pequeña diferencia ya mencionada.

### 3.5.1 Preparación de las Materias Primas

Como ya se mencionó, el primer paso para la fabricación de Cemento Portland es el referente a la explotación, extracción y trituración de la caliza y arcilla. Posteriormente es el Proceso propiamente dicho en la Planta.

#### 3.5.1.1 Explotación y Extracción de Caliza y Arcilla

Las canteras de caliza y arcilla son un factor del aspecto general del control de calidad, el cual es de primordial importancia en la elaboración de Cemento. Las actividades y procedimientos en éstas, están enfocados para asegurar de manera económica y continua el suministro de las materias primas al proceso en planta.

Normalmente se seleccionan primero los sitios de explotación en las canteras, para elaborar después un esquema de explotación con las mismas. Hay diversos factores que influyen sobre la selección de los sitios de explotación, por lo que se tienen que considerar algunos criterios para dicha selección, tales como: criterio geológico, características físicas y químicas de la caliza y arcilla, condiciones climatológicas, parámetros operacionales, posibilidad de acceso y manejo entre otros. La mayoría de los procedimientos para la explotación de canteras son determinados por las condiciones locales, es decir, por las características de la materia prima y las condiciones climatológicas. Sin embargo es importante tomar en cuenta otros factores como aspectos de ingeniería de explotación, estratégicos

y operacionales, cada uno de estos incluye:

**Aspectos de Ingeniería:**

- Selección de equipos en canteras
- Acceso y Transporte
- Drenaje
- Suministro de Servicios (electricidad, agua, etc.)
- Edificios

**Estratégicos:**

- Explotación selectiva o no selectiva de la cantera
- Filosofía de control
- Avances de la Cantera

**Operacional:**

- Sistemas de explotación de canteras
- Características del Banco: altura del frente, ancho y largo
- Fragmentación
- Métodos de Extracción: dinamitación o rasgamientos
- Impacto sobre el medio

La explotación en las canteras de caliza y arcilla se efectúa en forma similar, ambas se encuentran en la naturaleza como minerales calcáreos y arcillosos. Ordinariamente los compuestos de éstas en el análisis químico se representan en forma de óxidos.

Su explotación se hace a cielo abierto, en galerías o bancos de 25 a 30 metros de altura, la arcilla en su estado físico es menos dura que la caliza, y su manejo es más fácil. Existen partes donde no es posible "desgarrar" el terreno y es necesario hacer pequeñas voladuras, que requieren de los siguientes pasos:

- a) perforación
- b) carga de explosivos y voladuras
- c) carga de material y transporte para su trituración

El objetivo de las voladuras radica en el suministro del material con un tamaño adecuado para su transporte, ya que los yacimientos de las canteras están formados por una serie de capas unidas estrechamente.

El personal del laboratorio químico y control de calidad, supervisa los sitios de explotación constatando el criterio que se refiere a la explotación selectiva o no selectiva de materia prima.

### **Trituración**

Después de que las materias primas han sido extraídas de sus canteras, se someten a la operación de trituración que consiste en reducir el tamaño original de las rocas hasta obtener un producto menor a tres cuartos de pulgada, de las cuatro materias primas con que se fabrica el Cemento Portland, dos de ellas son las que se someten a esta operación: la caliza y arcilla, la escoria se recibe en planta ya triturada debido a que es un subproducto de otros procesos como la fundición del hierro, la sílice llega en estado natural en forma de partículas finas y no requiere triturarse.

La operación de trituración se divide en dos categorías: Trituración Primaria y Trituración Secundaria, dependiendo del tamaño de las partículas sometidas a la operación; si la reducción se efectúa en las rocas tal como vienen de los frentes hasta obtener un producto de cuatro pulgadas y menores, la operación se denomina Trituración Primaria.

La Trituración Secundaria reduce los materiales desde cuatro hasta tres cuartos de pulgada, que es el tamaño adecuado para continuar con la siguiente etapa del proceso de fabricación del Cemento, que es la Molienda de Crudo.

Las instalaciones de trituración primaria y secundaria de caliza se localizan en la cantera de ésta materia prima; el equipo básico consta de dos impactores con capacidad para triturar 200

toneladas por hora cada uno; dos quebradores de martillos de 150 toneladas por hora y dos cribas vibratorias que cierran el circuito de trituración.

### 3.5.1.2 Trituración, Transporte y Almacenamiento de Caliza

Las unidades de transporte procedentes de los frentes en la cantera, cargadas con caliza descargan el material en la tolva alimentadora TV-01, donde es tomada por los alimentadores de oruga BND-01 y 02, transportándola a los impactores QRB-01 y 02, éste equipo gira a altas velocidades y su gran masa golpea las piedras de caliza con gran fuerza, proyectándolas contra una serie de placas resistentes al impacto, de esta forma, las rocas, incluyendo algunas de más de un metro de diámetro, son trituradas completamente obteniéndose una distribución de tamaños de partículas que van desde cuatro pulgadas hasta polvo fino; posteriormente la banda transportadora BND-03, lleva este material hasta las cribas vibratorias CRV-01 y CRV-02, donde tiene lugar la separación de las partículas menores a tres cuartos de pulgada, esta porción es transportada por medio de la banda BND-04 hasta la tolva almacenadora TV-02 y constituye el producto final de la trituración secundaria, la porción gruesa de material que no alcanzó estas dimensiones es alimentado a los quebradores de martillos QRB-03 y 04 para someterla a una nueva operación de triturado y recircular la caliza nuevamente a las cribas CRV-01 y 02 para su clasificación y separación. Posteriormente la caliza triturada es transportada a la planta por medio de trailers de 40 tons. de capacidad y depositada a una tolva múltiple receptora de donde es transportada por las bandas BND-05 y 06, esta última opera junto con un vehículo repartidor denominado "tripper" TRP-01, que reparte el material en el almacén ALM-01. La caliza se extrae de su almacén por medio un sistema de tolvas ubicados en la parte inferior de éste y la banda transportadora BND-07, que lo deposita a su vez en la banda BND-08, que alimenta a otra área de proceso, la Molienda de Crudo. El diagrama de Operaciones DOP-A

muestra esquemáticamente las operaciones principales en el proceso de trituración primaria-secundaria para Caliza.

El equipo auxiliar instalado en el área de trituración de caliza es el siguiente:

Una rompedora neumática instalada en la tolva receptora de caliza TV-01 que facilita la operación de trituración primaria, al romper las rocas de gran tamaño, incluyendo las de un metro a dos metros de diámetro.

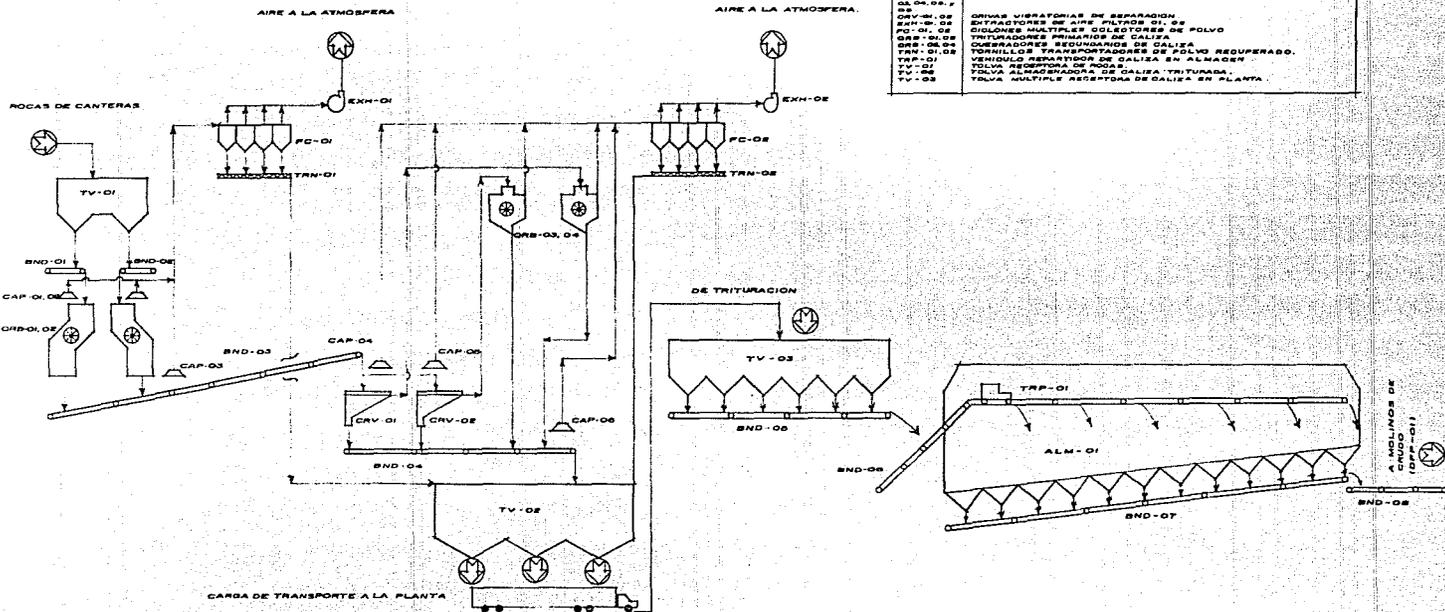
Dos colectores de Polvo FC-01 y 02, que consisten en una serie de ciclones conectados por medio de ductos a los puntos generadores de polvo, tales como las descargas de los impactores, quebradores de martillos y de las cribas vibratorias.

Un sistema de captación de polvo fugitivo que consta de una bomba, tuberías, válvulas y toberas, que atomizan una solución especial para captar el polvo fino generado principalmente en los puntos de descarga de material, ya sea de un equipo de trituración o una banda, con ayuda de campanas extractoras de polvo CAP-01, 02, 03, 04, 05 y 06.

Un detector de metales que separa del sistema los trozos de metales extraños por medio de un electroimán, que pueden ocasionar daños al equipo de trituración secundaria.

### 3.5.1.3 Trituración, Transporte y Almacenamiento de Arcilla

La trituración de arcilla se lleva a cabo en la planta, debido a las variaciones en composición química que presenta comunmente, y así facilitar el control de calidad. El objetivo es reducir el tamaño de las rocas provenientes de la cantera mediante voladuras, hasta dejarlas con un tamaño inferior a tres cuartos de pulgada. Aquí las operaciones de trituración primaria-secundaria de arcilla se llevan a cabo en un solo paso.



LISTA DE EQUIPO

CLAVE	DESCRIPCION
ALM-01	ALMACEN GENERAL DE CALIZA EN PLANTA
BND-01-06	BANDAS METALICAS RECEPTORAS DE CALIZA
BND-02	BANDA RECEPTORA DE CALIZA TRITURADA
BND-03	BANDA RECEPTORA DE CALIZA CLASIFICADA
BND-04-05	BANDAS TRANSPORTADORAS DE CALIZA A ALMACEN
BND-06	BANDAS TRANSPORTADORAS DE CALIZA A MOLINOS
CAP-01-06	CAMPAÑAS RECEPTORAS DE POLVO PRIMARIO
CRV-01-02	CRUSAS VIBRATORIAS DE SEPARACION
EXH-01-02	EXTRACTORES DE AIRE FILTROS 01-02
FC-01-02	FIDUCIONES MULTIPLES COLECTORES DE POLVO
GRS-01-02	GRUADORES PRIMARIOS DE CALIZA
GRS-03-04	GRUADORES SECUNDARIOS DE CALIZA
TRN-01-02	TORNILLOS TRANSPORTADORES DE POLVO RESEQUEADO
TRP-01	TORNILLO SEPARADOR DE CALIZA EN ALMACEN
TV-01	TELERA RECEPTORA DE ROCA
TV-02	TELERA ALMACENADORA DE CALIZA TRITURADA
TV-03	TELERA MULTIPLE RECEPTORA DE CALIZA EN PLANTA

U N A M.		DIAGRAMA DE OPERACIONES DOP-A	
FES ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA		TRITURACION, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE CALIZA	
ELABORO: S. JIMENEZ M.	DIBUJO DE 4.	REV. ING. R. R. MORAN HDEZ.	ESCALA: S/E ACOT.: S/A.

El equipo principal consta de un quebrador de martillos QRB-01, de 120 toneladas por hora de capacidad, una criba vibratoria CRV-01, y los equipos auxiliares que incluyen la tolva de alimentación, una rompedora neumática, el alimentador de oruga, las bandas de transporte, un filtro colector de polvo FTM-01 y un sistema de captación de polvo fugitivo.

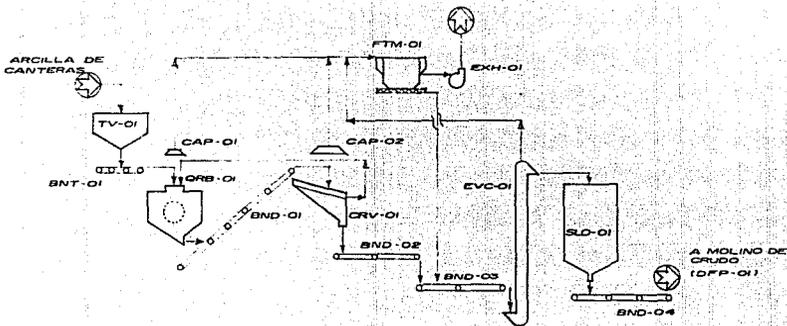
Los camiones cargados con rocas de arcilla procedentes de la cantera, descargan el material en la tolva receptora TV-01 donde es tomado por el alimentador de oruga BNT-01 que lo transporta al quebrador de martillos QRB-01, la banda BND-01 la lleva hasta la criba vibratoria CRV-01 para su clasificación, el material grueso es retornado al quebrador para triturarse nuevamente.

La arcilla que cumple con la granulometría de tres cuartos de pulgada y menores, es transportada por medio de las bandas BND-02 y 03 hacia el elevador de cangilones EVC-01, el cual deposita el material a un silo de almacenamiento SLO-01, éste posee en el fondo una tolva de descarga que también alimenta el material a la banda BND-04, que a su vez la transporta a la Báscula dosificadora de arcilla para alimentar al Molino de crudo. El diagrama de operaciones DOP-B muestra gráficamente la secuencia de operaciones para la trituración, transporte y almacenamiento de arcilla.

#### 3.5.1.4 Trituración, Transporte y Almacenamiento de Yeso, Escoria y Puzolana.

Para el caso de Escoria y agregados (yeso y puzolana) es suficiente disponer del mismo sistema de transporte y almacenamiento, aclarando que el transporte puede ser de un solo material a la vez.

La escoria y/o Puzolana provenientes de sus patios de almacenamiento son transportados mediante camiones y descargados a las tolvas TV-02 y 03, las cuales tienen en el fondo unas descargas que depositan el material a la banda BND-02, posteriormente con el elevador de cangilones EVC-01, la banda BND-03 y el vehículo repartidor de material TRP-01 se deposita a cada

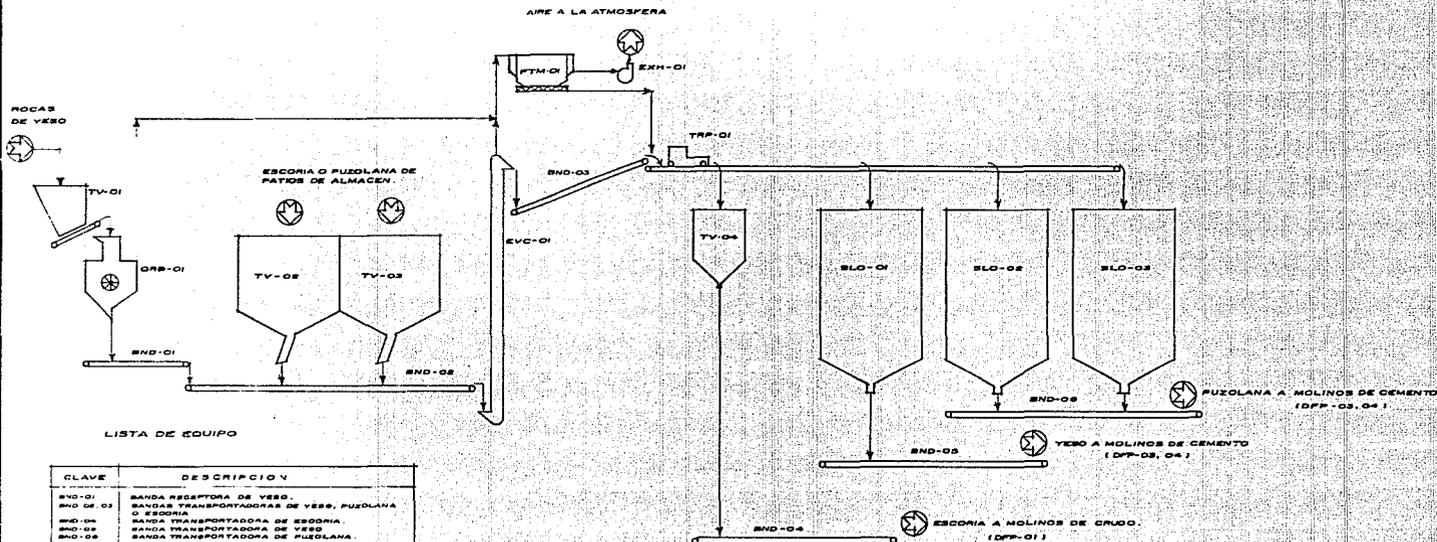


CLAVE	DESCRIPCION
BND-01	BANDA RECEPTORA DE MATERIAL TRITURADO.
BND-01,02	BANDAS TRANSPORTADORAS DE MATERIAL PINO.
BNT-01	BANDA RECEPTORA DE ARCILLA.
BND-04	BANDA TRANSPORTADORA A MOL.
CAP-01,02	CAMPAÑAS RECEPTORAS DE POLVO FUGITIVO.
EKH-01	EXTRACTOR DE FILTRO.
EVC-01	ELEVADOR DE ALIMENTACION A SILO.
FTM-01	FILTRO COLECTOR DE POLVO FUGITIVO.
CRV-01	CRISA VIBRATORIA DE SEPARACION.
ORB-01	QUEBRADORA DE MANTILLOS.
TV-01	TOLVA RECEPTORA DE ARCILLA EN ROCAS.
SLO-01	SILO ALMACENADOR DE ARCILLA.

U N A M		DIAGRAMA DE OPERACIONES (DOP-B)	
FES ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA		TRITURACION, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE ARCILLA.	
ELABORO : S. JIMENEZ M.	DIBUJO DE #	REV. : ING. R. R. MORA HDEZ.	ESCALA : S/A. ACOT. : S/A.

material en sus respectivos silos de almacenamiento, el SLO-01 para yeso, los SLO-02 y 03 para puzolana, y la tolva almacenadora TV-04 para escoria. Cada silo descarga el material a las bandas BND-05 y 06 que transportan yeso y puzolana respectivamente al área de Proceso de Molienda de Cemento. La tolva de escoria TV-04 descarga el material a la banda BND-04 la cual lo lleva hasta la Báscula dosificadora de ésta para alimentar al área de Molienda de crudo.

La trituración de Yeso se realiza también en la planta, ya que las canteras de esta materia prima por lo general no se encuentran cerca de la planta. El equipo principal consta de un quebrador de martillos QRB-01 con capacidad para triturar 120 toneladas por hora de yeso, una tolva receptora TV-01 con alimentador de oruga, un filtro colector de polvo FTM-01 que lo recupera en los principales puntos donde se genera este. El yeso no requiere de clasificación con cribas, y con una sola etapa de trituración es suficiente ya que es un material con menor dureza que la caliza y arcilla. Las bandas BND-01 y 02 transportan el yeso triturado al elevador EVC-01 y mediante el mismo sistema de transporte para escoria y puzolana, se deposita el yeso en su respectivo silo de almacenamiento SLO-01. El diagrama DOP-C muestra las operaciones para la trituración del yeso; transporte y almacenamiento de puzolana, escoria, así como de yeso.



LISTA DE EQUIPO

CLAVE	DESCRIPCION
BND-01	BANDA RECEPTORA DE YESO.
BND-02-03	BANDAS TRANSPORTADORAS DE YESO, PUZOLANA O ESCORIA.
BND-04	BANDA TRANSPORTADORA DE ESCORIA.
BND-05	BANDA TRANSPORTADORA DE YESO.
BND-06	BANDA TRANSPORTADORA DE PUZOLANA.
ENH-01	EXTRACTOR DE AIRE DE FILTRO.
PTM-01	FILTRO COLADOR DE POLVO FURATIVO.
EVC-01	ELEVADOR DE YESO, PUZOLANA O ESCORIA.
QRB-01	QUEBRADOR DE YESO.
TRP-01	VENTILADOR REPARTIDOR DE YESO, PUZOLANA Y/O ESCORIA.
TV-01	ESCORIA.
TV-02-03	TOLVA RECEPTORA DE YESO EN ROCAS.
TV-04	TOLVA RECEPTORA DE ESCORIA Y/O PUZOLANA.
SLO-01	SILO ALMACENADORA DE ESCORIA.
SLO-02-03	SILOS ALMACENADORES DE PUZOLANA.

<b>U N A M</b>		<b>DIAGRAMA DE OPERACIONES (DOP-C)</b>	
<b>FES ZARAGOZA</b> INGENIERIA QUIMICA		<b>TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE -</b> <b>YESO, ESCORIA Y PUZOLANA.</b>	
ELABORO: S. JIMENEZ M.	DIBUJO DE A	REV. : ING. R. R. MORA NDEZ.	ESCALA : S/E. ACOT. : S/A.

### 3.5.2 Descripción del Proceso

Debido a que el proceso global de producción de Cemento Normal y Puzolánico es considerablemente extenso, además de ser el mismo prácticamente para ambos, e involucra diversos equipos, se describió el proceso en cuatro áreas principales de proceso:

Area 1: Proceso de Molienda de Crudo

Area 2: Proceso de Homogeneización de Crudo

Area 3: Proceso de Calcinación de Crudo y Enfriamiento de Clinker

Area 4: Proceso de Molienda de Cemento

a) Molienda de Cemento Normal

b) Molienda de Cemento Puzolánico

Adicionalmente se hizo referencia al Proceso con Sistema Seco, por ser el que más se emplea en la Industria Cementera Moderna, además de ser más rentable (que el sistema húmedo), al proporcionar mejores resultados globales.

#### 3.5.2.1 Proceso de Molienda de Crudo

El objetivo de esta área de proceso, consiste en reducir la gravilla y partículas de crudo a polvo fino con un control granulométrico promedio en malla 200, y composiciones previamente establecidas por el control de calidad.

Es necesario que las materias primas de la mezcla cruda en nuestro caso: caliza, arcilla, y escoria, no solo estén correctamente proporcionadas sino que es muy importante que tanto la estructura física (finura), como la composición química tengan en el caso ideal las mismas características. En la práctica esto no es posible debido principalmente a que las materias primas que se encuentran en la naturaleza, tienen estructuras y composiciones variables dentro de ciertos rangos.

Para poder efectuar la molienda de crudo hay equipo adecuado a la función que va a realizar, así esta se efectua en molinos de circuito cerrado, esto es que al salir el material de los molinos, pasa a separadores centrífugos, los cuales separan el material fino mandándolo como producto terminado, y el material grueso se retorna al molino para efectuar un nuevo ciclo de molienda o "circuito cerrado". El secado del crudo se realiza en los separadores dinámicos.

Antes de describir el proceso se dan algunas características de operación del equipo principal involucrado:

#### **Básculas Dosificadoras o Poidómetros**

El objetivo de éstas consiste en controlar y dosificar la cantidad en kilogramos por hora de cada uno de los materiales: caliza, arcilla y escoria que forman la alimentación al molino. Su operación consiste en que cada una mantenga constante ciertos pesos por metro lineal de su banda, para lo cual cuentan con un sistema de balanza electromecánica que abre o cierra una compuerta, para aumentar o disminuir la cantidad de material. Cada báscula esta calibrada para trabajar con cierto grado de capacidad en kilogramos por hora que corresponde a diferentes velocidades. Si por algún motivo llegase a faltar material, cuentan con un interruptor de agotamiento localizado en una especie de varilla que va sobre el material, activando o desconectando también a las demás básculas que estén en operación. Su supervisión la realiza el laboratorio químico.

#### **Banda Transportadora**

Consiste en una banda sinfin de hule con tela de nylon, con poleas de cabeza o pie sirviendo una u otra como polea motriz, con rodillos que actúan como soporte, montados sobre una mesa metálica. Su función es el transporte de material.

### **Elevadores de Cangilones**

Consisten de bastidores, poleas de transmisión o de pie y una cadena sin fin en la cual van sujetos los cangilones para elevar los materiales en una trayectoria vertical.

### **Separador Neumático**

Su función consiste en separar el material fino del grueso, mediante el aprovechamiento de tres fuerzas: centrífuga, de gravedad y neumática, la primera se produce por el giro de un plato dispersor que proyecta el material hacia una pared de forma circular con emplacado resistente a efectos abrasivos; la segunda fuerza es consecuencia del propio peso de las partículas por cuyo efecto tienden a caer; la acción neumática es una fuerza ascendente de aire que se genera internamente por medio de un ventilador que tiende a levantar las partículas más finas, actuando en contra de las fuerzas centrífuga y de gravedad.

La densidad del material, su velocidad de proyección hacia la pared de choque y la corriente de aire ascendente tienen una función determinante en el aspecto de separación del material fino del grueso.

La alimentación al separador es a través de una boquilla de entrada de donde cae a un cono receptor que lo deposita en el disco distribuidor inferior, éste es un alimentador giratorio que produce la fuerza centrífuga para la acción selectora que origina que las partículas en movimiento de rotación se alejen del centro de giro, proyectándose hacia la zona de separación entre dicho plato inferior y uno superior. La intensidad de la fuerza centrífuga aumenta en proporción directa a su peso y velocidad de rotación, es decir entre más pesada es la partícula, la fuerza centrífuga es mayor. Por otro lado, a medida que las partículas se desplazan hacia un radio mayor, su fuerza centrífuga disminuye.

La separación se realiza de la manera siguiente: las partículas de mayor tamaño y peso son lanzadas a mayor distancia del centro de rotación, pierden fuerza y caen por la acción de la

gravedad, en la cámara de materiales gruesos con retorno al molino. Las partículas más ligeras o finas tienen una menor fuerza centrífuga y son arrastradas por la corriente de aire ascendente producida por el ventilador principal arrastrándolas como consecuencia de ello, a la cámara de materiales finos para caer por ella hasta el aerodeslizador de finos, mediante un tubo de descarga.

Antes de efectuarse la operación de separación, existe una cámara de secado, donde el material que entra al separador, y a contracorriente con los gases calientes provenientes del quemador de gases produce un calentamiento del material y en consecuencia la evaporación del agua de humedad.

#### Quemador de Gas

Proporciona gas caliente que sirve para realizar el secado del material en los separadores, el cual llega a éstos por unos ductos forrados interiormente con concreto refractario aislante. El gas se origina por la combustión de gas natural que se quema en el hogar del quemador. La combustión del gas debe ser completa, ya que la presencia de monóxido de carbono en los gases que llegan al electrofiltro pueden originar una explosión con sus consecuentes efectos destructivos.

#### Molino de Bolas

Los molinos son cilindros rotatorios de acero en donde se realiza el desmenuzamiento del material por el movimiento de cuerpos molidores, los cuales son bolas de acero aleado especial de diferentes diámetros, desde 3-1/2, 3, 2-1/2 y 2-1/4 de pulgada para una molienda preliminar, y 1-1/2, 1, 7/8 y 3/4 de pulgada para una molienda fina, pudiendo ser variables estos tamaños de acuerdo a la dureza del material.

El interior del molino lleva instalado un diafragma con ranuras que sirve de separación entre los compartimientos, permitiendo así el paso únicamente de materia tamizada e

impidiendo la salida de los cuerpos molidores.

#### **Electrofiltro**

Se emplea para la depuración (separación de polvo) de gases calientes, con determinada humedad y arrastre de polvo fino. Consta de una serie de placas dispuestas en filas longitudinales formando "calles", y en medio de éstas, equidistantes a las placas, unas barras o alambres que actúan como electrodos. Una fuerte tensión eléctrica de signo negativo, aplicada a los electrodos, provoca una emisión de electrones que ionizan las partículas y se adhieren a las placas cuyo potencial eléctrico es cero. Las placas son golpeadas, el polvo cae y es extraído. Para el correcto funcionamiento de los electrofiltros, es preciso que se cumplan condiciones tales como: temperatura adecuada, grado de humedad bajo, buena distribución del gas a depurar en el interior del filtro, tensión eléctrica sin bajadas, evitar fugas de aire al interior del filtro (aire falso). La eficiencia de un electrofiltro, bajo condiciones de operación normales y un adecuado mantenimiento preventivo, alcanza más del 95%. Un ventilador exhaustor instalado después del electrofiltro, produce un barrido o succión para extraer la corriente de gas depurado.

#### **Filtro de Mangas**

Su operación es simple, se hace pasar la mezcla aire-polvo a través de unas bolsas o mangas, atrapando las partículas de polvo, pasando el aire libre de polvo casi en su totalidad a la atmósfera. El elemento principal de estos filtros son las mangas o bolsas, y su capacidad de filtración está en función de la humedad, temperatura y carga de polvo que lleve el aire, por lo que las calidades del tejido de las mangas son la base del buen funcionamiento del filtro.

También es de capital importancia el sistema de limpieza de las mangas, que puede ser mecánico, o neumático, y de su efectividad depende que las mangas estén libres de polvo adherido

y que, consecuentemente, no disminuya su capacidad de filtración. La recolección de polvos se hace por la parte inferior del filtro con transporte de un tornillo sinfin. Un ventilador exhaustor instalado después del filtro, produce en todo el circuito, molinos-separadores dinámicos, un aire de barrido que facilita el proceso de molienda con gran cantidad de material suspendido.

#### Ciclones

Se usan como decantadores de polvo, previos a otros equipos, para colectar polvos gruesos. Las partículas son recolectadas por la parte inferior, una vez que se han decantado por propio peso, al perder velocidad por choque en forma de remolino y dificultad en su recorrido. El principal requisito para el buen funcionamiento, es que el tubo de inmersión se encuentre en buena posición y condiciones.

Hay ciclones regulables, en cuanto a su capacidad de recolección, por medio de álaves o paletas en forma de anillo que ensanchan o estrechan la zona de paso, este tipo de ciclones se denominan separadores estáticos.

#### Descripción del Proceso de Molienda de Crudo

Se alimentan de sus almacenes: caliza, arcilla, y escoria a las básculas dosificadoras (poidómetros) PDS-01, PDS-02, y PDS-03 respectivamente, las cuales descargan la materia prima cruda dosificada a la banda BND-01 que a su vez descarga el material en la tolva receptora TV-01, que junto con el elevador de cangilones EVC-01 alimentan la materia prima cruda a los separadores SEP-01 y 02, éstos tienen la función de separar y secar el crudo con la ayuda del generador de gases calientes QMD-01, para facilitar la molienda, y separar el material fino del grueso, mediante el aprovechamiento de la fuerza centrífuga, de gravedad y neumática.

El material grueso separado en los SEP-01 y 02, es alimentado al molino de bolas cilíndrico MOB-01 en donde se realiza la molienda de la materia prima cruda. El molino tiene dos salidas,

una de éstas alimenta a los elevadores de retorno EVC-02 y 03 que recirculan a los separadores el material grueso que no alcanzó a molerse completamente, para una nueva separación y molienda completándose así el "circuito cerrado" de molienda. La salida superior del molino es mediante un "tiro" o succión que realiza el extractor EXH-03 que opera junto con el filtro de mangas FTM-01, cuya función es recuperar el polvo que arrastra la corriente de succión del molino y llevarlo como parte del producto al aerodeslizador de finos AED-02.

Las corrientes de salida de gas caliente que efectuaron el secado en los separadores SEP-01 y 02 son succionadas por el extractor EXH-01 y en su trayecto pasan por un sistema de separadores, el FCE-01, los ciclones FC-01 y 02, y el electrofiltro ELT-01. El FCE-01 es un separador estático que separa una parte del polvo fino que arrastra la corriente gaseosa, este polvo se decanta por gravedad y se alimenta al aerodeslizador AED-02. La corriente gaseosa de salida del separador FCE-01 es succionada y se hace pasar a los separadores ciclónicos FC-01 y FC-02 que separan parte del polvo fino arrastrado por los gases en la corriente, depositándolo en el recuperador de tornillo sinfin TRN-01, que a su vez lo deposita en la corriente de finos que alimentan al aerodeslizador AED-02.

El polvo más fino que no se logró separar de la corriente gaseosa en el FCE-01 y los ciclones FC-01 y 02 se hace pasar al electrofiltro ELT-01 por medio del "tiro" o succión del extractor EXH-02, dicho electrofiltro depura y separa el polvo de la corriente gaseosa con alta eficiencia, y emite a la atmósfera los gases principalmente CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, con una cantidad mínima despreciable de polvo crudo.

El material fino separado en SEP-01 y SEP-02 es transportado mediante el aerodeslizador AED-01 al aerodeslizador AED-02, la corriente de salida de éste, proveniente de todos los sistemas de separadores y filtros es el producto final del proceso de molienda, y se deposita en la bomba neumática (b. fuller) BMN-01

para pasar a la siguiente etapa del proceso que es la Homogeneización.

El Diagrama de Flujo de Proceso DFP-01 muestra gráficamente las operaciones en el proceso de molienda de crudo, el equipo principal, así como los resultados del Balance de Masa y Energía para esta parte del proceso.

#### Especificaciones de la Composición del Crudo y su Control de Calidad

Es importante aclarar que la composición química que se reporta del crudo en su análisis con respecto a los óxidos, principalmente el de calcio (CaO), en realidad se trata químicamente de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>); por razones de gran importancia práctica para Control de Calidad, que a través de muchos años de experiencia en producción, es conveniente expresar la composición del crudo en términos de óxido de calcio, por lo siguiente:

a) Existe un Factor, denominado Factor de Saturación de Cal ó FSC que se evalúa normalmente como:

$$F.S.C. = 100 * (\%CaO + 1.5 * \%MgO) / (2.85 * \%SiO_2 + 1.18 * \%Al_2O_3 + 0.65 * \%Fe_2O_3)$$

el cual debe tener un valor recomendado entre 90 a 98, y es de suma importancia para la calidad del clínker, ya que entre más cercano sea a 98, da lugar a una mayor cantidad de silicato tricálcico (3(CaO)·SiO<sub>2</sub>) en el proceso de calcinación, elemento primordial para favorecer la resistencia del cemento, formado en mayor proporción por óxido de calcio.

b) También existe el Módulo Hidráulico ó M.H. que se calcula como:

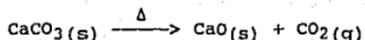
$$M.H. = \%CaO / (\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3)$$

cuyo valor debe estar entre 1.7 a 2.4, dicho parámetro depende considerablemente del %CaO, que es el componente en mayor proporción a los demás en el crudo; si el valor es mayor a 2.4 producirá un concreto con aumento de volúmen y fisuras en éste; por otra parte si el valor es menor a 1.7 el resultado será un concreto de baja resistencia a la compresión, tensión y de fácil ataque por agentes químicos agresivos más comunes.



Por lo tanto es necesario evaluar ambos parámetros (F.S.C. y M.H.) antes de su procesamiento en el horno, para evitar grandes problemas en la calidad del clínker y consecuentemente en el cemento y concreto, ya que si no se realizan estas previas acciones correctivas, los efectos son irreversibles.

Los anteriores factores demuestran que en el análisis químico del crudo, es necesario reportar el calcio en términos de óxido, y no de carbonato, ya que el crudo es alimentado a los hornos, y dentro de éstos, en la precalcinación se descarbonata el calcio de acuerdo a la reacción:



#### 3.5.2.2 Homogeneización del Crudo

Para elaborar un Cemento Portland cuyas características de calidad sean buenas y uniformes, es necesario obtener un clínker de composición homogénea dentro de ciertos parámetros químicos establecidos. Para lograrlo, se requiere que los componentes de la mezcla cruda químicamente dosificados, sean también homogéneos físicamente en su tamaño de partícula.

En la práctica a nivel industrial, para obtener y mantener una mezcla cruda uniforme, se presentan dificultades cuyo origen está en función de las características físicas y químicas variables, que presentan las materias primas durante su explotación. Por lo tanto, para minimizar las variaciones en la composición de la mezcla cruda es necesario sujetarla a un proceso físico de Homogeneización vía seca con aire.

Existen dos métodos principales de Homogeneización para materiales como el polvo procedente de la molienda de crudo:

##### Homogeneización por Lotes

Esta requiere por lo menos de dos silos, de los cuales, uno se llena con el crudo a homogeneizar, mientras que el otro silo, con material ya homogeneizado, se va vaciando a un silo almacén. La homogeneización se inicia mientras se está llenando el silo y

termina aproximadamente una hora después de haberse llenado. La homogeneización por lotes es aplicable cuando las variaciones fisicoquímicas del crudo (composición química, tamaño de partícula) cambian dentro de límites alejados y con períodos temporales largos.

#### Homogeneización Continua

Como su nombre lo indica se realiza en forma constante con alimentación y descarga al silo, al mismo tiempo que se está homogeneizando el material. Esta se aplica para desviaciones menores de calidad y con períodos temporales cortos o también con instalaciones en serie para desviaciones mayores. Los sistemas de homogeneización continua se han desarrollado intensivamente durante los últimos años en diferentes formas y marcas, combinando diferentes técnicas para mezclado, obteniendo grados de mezcla comparables a los de sistemas por lotes, por lo que en producciones considerables de crudo se han usado más ampliamente.

#### Requerimientos del Sistema de Homogeneización

El sistema a utilizar en nuestro caso, nos obliga a definir un sistema de homogeneización tal que permitiera cumplir con las siguientes premisas:

- a) variación del factor de saturación de cal (F.S.C) en el crudo menor a  $\pm 0.2\%$ .
- b) factible de trabajar a diferentes capacidades de alimentación y descarga para cubrir posibilidades de trabajo con una o varias unidades tanto de molienda de crudo como de calcinación, para ampliaciones futuras en caso necesario.
- c) mínimo espacio requerido para su instalación.
- d) capacidad suficiente de almacenamiento de polvo crudo para mínimo cuatro días de consumo para el horno, en conjunto con el silo de almacenamiento.
- e) bajo consumo de energía.
- f) mínimo costo de inversión.

El tipo de homogeneización que cumple con la mayoría de los requerimientos anteriores, es el sistema continuo con silo de cámara de homogeneización tipo HKD, con construcción de silo elevado en pórtico para paso inferior, con las especificaciones siguientes:

Especificación	Valor
Material a manejar con finura media	polvo crudo (malla 200)
Variación del F.S.C.	± 0.2%
Diámetro interior del Silo	13.33 m.
Altura total del Silo	30 m.
Altura interior del Silo	24.8 m.
Capacidad del Silo	6666.7 m <sup>3</sup>
Requerimiento específico de potencia	0.51 kwh/ton
Capacidad máxima de alimentación	400 ton/hr
Capacidad máxima de vaciado	400 ton/hr

Adicionalmente, el sistema de homogeneización debe tener una instalación de equipo con muestreo automático, que envíe al laboratorio, el material necesario para analizarlo e integrar la información de control de calidad de éste.

La instalación tiene tanto la función de homogeneizar como de mantener una reserva suficiente para asegurar la operación continua del proceso de calcinación, en caso de falla en la molienda de crudo.

La homogeneización del material se logra mediante la combinación de las siguientes funciones de mezcla (ver fig.3.1):

- a) Mezcla por gravedad en el compartimiento principal del silo, obtenida por el sistema de carga múltiple en la parte superior que asegura una distribución uniforme en el silo, mediante formaciones estratificadas horizontalmente.
- b) Homogeneización neumática por el sistema de cuadrantes con reotécnica<sup>1)</sup> óptima en la cámara de homogeneización integrada, que se obtiene mediante aerodeslizadores abiertos localizados en el

1) reotécnica es la fluidización del polvo crudo mediante aire.

b) (continuación)

- anillo exterior del fondo del silo y aereado a intervalos ajustables de tiempo. Al mismo tiempo fluye el material hacia la cámara de homogeneización con sistema de cuadrantes propio, el cual opera en forma activa con cantidades de aire relativamente altas, e inactiva con bajo volumen de aire y en forma sincronizada con el sistema de cuadrantes del anillo exterior, logrando con todo esto que el material tenga trayectorias cambiantes, -- dependiendo del cuadrante en operación.
- c) Compensación de presión y ventilación de la cámara de homogeneización hacia el compartimiento principal del silo, permitiendo que el aire de aereación fluya por una tubería a la parte superior del compartimiento principal y de éste al filtro de mangas, para ser expulsado al exterior y mantener al silo libre de sobrepresiones.
- d) Prehomogeneización en el compartimiento principal del silo, que cuenta con fondo aereado, el cual opera bajo el sistema de cuadrantes en secuencia con el exterior del silo, produciendo fluidización del material hasta que pasa a la parte superior de la cámara por medio de un dosificador instalado en la parte superior de ésta.

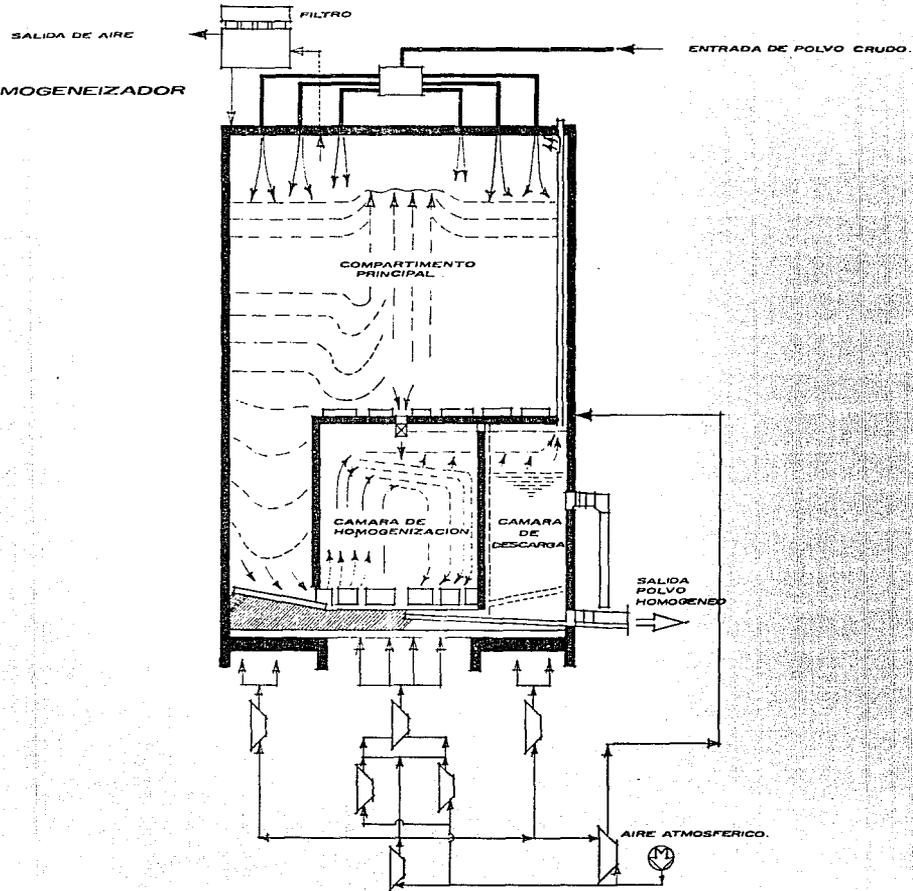
El suministro de aire comprimido, proviene de la estación central de compresores y es controlado por medio de distribuidores rotatorios programados a los diferentes puntos de aereación para el proceso de homogeneización, los consumos de aire son suministrados de la siguiente forma:

compartimiento principal:  $42.3 \text{ m}^3/\text{min. a } 2 \text{ kg/cm}^2$  \*  
anillo exterior de fondo:  $12 \text{ m}^3/\text{min. a } 1 \text{ kg/cm}^2$  \*  
cámara de homogeneización: (activo)  $73.2 \text{ m}^3/\text{min. a } 1 \text{ kg/cm}^2$  \*  
(inactivo)  $265 \text{ m}^3/\text{min. a } 1 \text{ kg/cm}^2$  \*

\* Fuente: "Sistema de homogeneización continua", Cementos Anáhuac Planta Barrientos, Tlalnepantla Edo. de México, 1986.

FIGURA 3.1

DIAGRAMA DE SILO HOMOGENEIZADOR



La descarga continua del silo se realiza mediante dosificadores cilíndricos desde la antecámara a través de la boca superior o inferior, o proporcionalmente de las dos. La figura 3.1 muestra gráficamente el diagrama del silo de homogeneización.

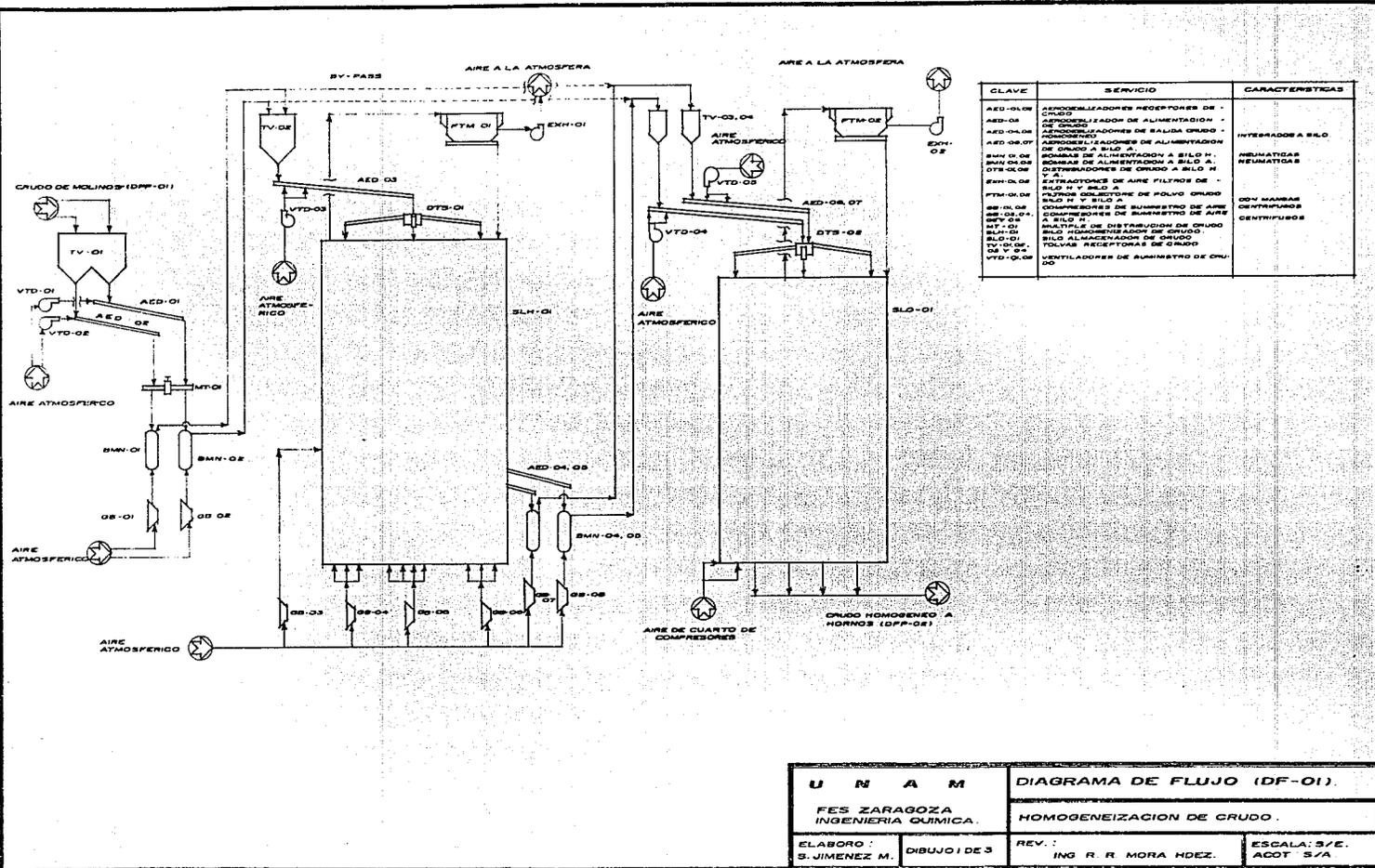
#### Descripción del Proceso

La producción resultante del molino de crudo es recibida en la tolva TV-01, desde la cual se envía por medio de los aerodeslizadores AED-01 y 02, a un múltiple, MT-01, que a su vez alimenta a las bombas neumáticas BMN-01 y 02. El múltiple tiene como función alimentar el polvo crudo a cualquiera de los dos pares de bombas, ya sea las de operación normal o las de relevo.

La tolva TV-02 recibe el polvo crudo de las bombas neumáticas y lo deposita en el aerodeslizador AED-03, el cual alimenta el crudo a la caja de distribución del sistema de carga múltiple DST-01 cuya función es distribuir y alimentar el material al silo homogeneizador SLH-01. El polvo cae por gravedad al compartimiento principal del silo y pasa a la cámara de homogeneización interna del mismo, en donde se mezcla el polvo crudo con ayuda del aire suministrado por los compresores centrifugos GB-03, 04, 05 y 06, finalmente el polvo crudo ya homogéneo se deposita en la cámara de descarga, la cual alimenta el polvo crudo a los aerodeslizadores internos AED-04, 05, para descargarlo en las bombas neumáticas BMN-04, 05 que lo llevan hasta las tolvas TV-03,04 y depositarlo en los aerodeslizadores AED-05,06 respectivamente, tal como se muestra en el Diagrama de Flujo DF-01.

Finalmente el material se reparte, por medio de la caja de distribución DTS-02, en el silo de almacenamiento o silo "stock" SLO-01, que almacena el polvo crudo homogéneo para alimentar y garantizar un abasto continuo al horno.

Tanto el silo de homogeneización como el de almacenamiento cuentan con filtros colectores de mangas, el FTM-01 y el FTM-02, para cada silo respectivamente, cuya función es despresurizarlos y depurar el aire en éstos. Adicionalmente cada filtro posee un



CLAVE	SERVICIO	CARACTERÍSTICAS
AED-04-06	APROVECHADORES RECEPTORES DE CRUDO	
AED-04	APROVECHADOR DE ALIMENTACIÓN DE CRUDO	
AED-04-06	APROVECHADORES DE SALIDA CRUDO - RECEPTORES	INTERGRADOS A SILD
AED-05-07	APROVECHADORES DE ALIMENTACIÓN DE CRUDO A SILD	
BMN-01-02	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A SILD	RESULTANZAS HELMÁTICAS
DTS-01-02	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A SILD A DISTANCIADORES DE CRUDO A SILD N° 1	
EXH-01-02	EXTRACTORES DE AIRE FILTROS DE SILD N° 1 SILD A	
FTM-01-02	FILTROS DE AIRE DE CRUDO CRUDO SILD N° 1 SILD A	
GS-01-02	COMPROBES DE SUMINISTRO DE AIRE A SILD N° 1	CON MANEJAS CENTRIFUGOS
GS-01-02	COMPROBES DE SUMINISTRO DE AIRE A SILD N° 1	
MT-01	MANEJOS DE DISTRIBUCIÓN DE CRUDO	
SLH-01	SILD PLANTAS DE ALIMENTACIÓN DE CRUDO	
SLG-01	SILD ALMACENADOR DE CRUDO	
VTD-01-02	VÁLVULAS RECEPTORAS DE CRUDO	
VTD-03-05	VENTILADORES DE SUMINISTRO DE CRUDO	

<b>U N A M</b>		<b>DIAGRAMA DE FLUJO (DF-01)</b>	
FES ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA		HOMOGENEIZACION DE CRUDO	
ELABORO: S. JIMENEZ M.	DIBUJO DE: 3	REV.: ING R. R. MORA HDEZ.	ESCALA: S/E. ACOT 3/4

extractor de aire, el EXH-01 para el filtro FTM-01 y el EXH-02 para el FTM-02, los cuales emiten a la atmósfera el aire depurado con una cantidad mínima, despreciable de polvo.

3.5.2.3 Proceso de Calcinación de Crudo y Enfriamiento de Clínter  
El término calcinación se emplea comunmente en la industria del Cemento Portland para designar el proceso que tiene lugar dentro un horno y que da lugar a la formación del clínter. Realmente, calcinación significa formación de cal y constituye solamente una etapa en el proceso que sigue la mezcla cruda desde que se alimenta al precalentador hasta que sale del enfriador en forma de nódulos verdoso-oscuros (clínter) lo suficientemente fríos para ser manejados, constituyendo la materia prima principal para fabricar Cemento Portland. Se considera al área de Calcinación como el proceso principal que tiene lugar en una Planta Cementera. El equipo para la fabricación a escala industrial del clínter para Cemento Portland se ha modificado a través de la historia, empezando por los hornos verticales antiguos, luego hornos rotatorios largos que tienden a desaparecer dejando en su lugar a los hornos cortos con precalentador que hacen su aparición después de la segunda Guerra Mundial. Básicamente, un horno rotatorio está constituido por un tubo de gran diámetro y longitud que varía en dimensiones según su capacidad; los hay de 2 hasta 8 metros de diámetro, y longitudes que oscilan entre 30 y 200 metros, su velocidad de rotación va desde 60 hasta 120 revoluciones por hora y el accionamiento esta formado por un sistema de transmisión mecánico que es un par-motor-reductor que actúa sobre un piñón y corona para hacer girar al horno. A lo largo del horno y a distancias convenientes van ceñidas unas llantas metálicas, apoyadas sobre rodillos giratorios, estos elementos son los que permiten al horno girar sin problemas durante su operación normal. El horno más empleado hoy en día para fabricar clínter es el horno corto con precalentador por suspensión de gases, provisto de cuatro etapas de precalentamiento y un precalcinador. El

precalentador consiste en una serie de ductos y ciclones cuya función principal es la de permitir un intercambio de calor entre los gases ascendentes calientes procedentes del horno y el crudo alimentado a la torre. Un ventilador exhaustor realiza un "tiro" ó succión para que los gases calientes fluyan a través de los ductos y ciclones del precalentador, así como para suspender el polvo crudo dentro de los gases en su recorrido por los ductos.

Formando parte de una unidad de calcinación, se encuentran algunos equipos auxiliares tales como:

#### Torre de Acondicionamiento de Gases

Tiene como función enfriar y humidificar los gases calientes procedentes del precalentador para facilitar la captación de polvo arrastrado por la corriente gaseosa en los electrofiltros.

#### Enfriador de Parrillas Recíprocantes

Equipado con un molino quebrador de martillos cuya función consiste en enfriar desde 1375°C hasta 90 o 100°C aproximadamente, y triturar los nódulos grandes del clínker. El enfriamiento se logra inyectando aire a la temperatura ambiente por medio de ventiladores.

Las instalaciones cuentan con bandas metálicas transportadoras (cintas de aumund) debido a que el clínker caliente es muy abrasivo, las cuales lo llevan a su respectivo almacén.

#### Filtro de Gravas

Es una mezcla de ciclones y filtro de mangas, hace un ciclamiento del gas, y después lo pasa por un elemento filtrante con un lecho o capa de grava. Este tipo de filtro se utiliza para gases de escape con temperaturas variables, humedad extremadamente baja y arrastre de partículas generalmente gruesas. Opera con ayuda de extractores de aire y recupera el polvo y partículas de clínker provenientes del enfriador.

El horno cuenta con una sala de control desde donde se supervisa y controla toda la unidad de calcinación. En esta se localizan todos los instrumentos de medición y control de las variables principales del proceso, tales como temperaturas, presiones, flujos, etc. Una cámara de televisión especial interna permite al operador observar desde el tablero las condiciones en el interior del horno, en la zona más importante, la de clinkerización.

La mezcla cruda que va a ser procesada en una unidad de calcinación (Horno) dotada de precalentador para transformarse en clinker, es alimentada en el ducto superior, esta mezcla va aumentando su temperatura a medida que pasa por las siguientes etapas de precalentamiento y llega antes de depositarse al horno, al precalcinador, hasta que finalmente es alimentada al horno a una temperatura de que oscila alrededor de 900°C. Los gases calientes del horno entran al precalentador por un ducto de conexión interior, a una temperatura aproximada de 1000°C y van cediendo calor al material a medida que fluyen en forma ascendente por los ductos y ciclones del precalentador, succionados por el extractor. La eficiencia del precalentador es debida a que las partículas del material van envueltas por gases calientes durante la suspensión que tiene lugar en los ductos y la separación de material dentro de los ciclones en cada etapa del precalentador.

Para el control de la operación del precalentador se dispone de un sistema completo de medición de temperaturas y presiones por etapa, para los gases y material. La mezcla cruda después de haber intercambiado calor con los gases calientes ascendentes en el precalentador es precalcinada antes de ser alimentada al horno, por unos quemadores de gas en un gran conducto que conecta al precalentador con el horno, posteriormente es alimentada al horno donde realiza un recorrido a través de éste por su inclinación y empuje provocado por el movimiento de rotación. La temperatura de la mezcla va elevando su temperatura en su recorrido por el horno, ya que a su paso va encontrando gases cada vez más calientes.

Cuando la mezcla alcanza los 950°C, se termina la descarbonatación de las partículas de caliza, transformándose en CaO y CO<sub>2</sub>, éste último es arrastrado por los gases de combustión. Una porción de la mezcla cruda se funde cuando su temperatura alcanza los 1200°C, se inicia la formación de la llamada fase líquida, factor muy importante porque favorece las reacciones químicas que dan lugar a la formación de los compuestos potenciales del clínker. Alrededor de los 1500°C, tienen lugar las últimas reacciones químicas para formar el clínker, que consiste en una serie de compuestos denominados ferroaluminatos y silicatos de calcio, que son los responsables de las propiedades del Cemento Portland, tales como el fraguado y resistencia. El clínker toma la forma de nódulos esféricos-irregulares incandescentes en el interior del horno debido al movimiento de rotación de éste y a la presencia de fase líquida dentro del magma sujeto al proceso.

Finalmente los nódulos de clínker caen al enfriador donde intercambian calor con el aire inyectado por los ventiladores, los nódulos grandes son triturados en el quebrador de martillos del enfriador, para poder ser transportado.

#### Descripción del Proceso

La corriente aire-polvo proveniente del silo Homogeneizador es alimentada al silo "Stock" SLO-01, que tiene dos funciones: almacenar el polvo crudo homogeneizado y garantizar un abasto continuo de éste. El transporte y alimentación de polvo crudo a la torre precalentadora TPR-01 es mediante el sistema de transportadores interconectados en el siguiente orden: aerodeslizador AED-01 con tolvas múltiples de descarga, elevador de cangilones EVC-01, aerodeslizador AED-02, elevador de cangilones EVC-02, tolva de concreto TV-01, tolva de prepesado TV-02, aerodeslizador AED-03 y bomba neumática (aeropol) BMN-01, tal como se observa en el diagrama de flujo DFP-02. Las tolvas TV-01 y 02 operan juntas, de manera que regulan el flujo másico de polvo crudo, y garantizan continuidad en la alimentación al

precalentador TPR-01.

El polvo crudo alimentado al precalentador TPR-01 pasa a través de un sistema de ductos y ciclones e intercambia calor a contracorriente que es cedido por los gases ascendentes provenientes de la combustión del combustible en el quemador principal QMD-01, instalado en el horno BAC-01. El precalentador consta de 4 etapas de precalentamiento, numeradas de abajo hacia arriba, con ciclones intercambiadores: dos ciclones en la 1a. etapa, uno en la 2a. etapa, dos en la 3a., y cuatro en la 4a. etapa, adicionalmente posee un precalcinador, posterior a los ciclones que descargan el polvo precalentado al horno. Los gases calientes en su trayectoria ascendente por el precalentador TPR-01, arrastran el polvo más fino, que no se alimentó por gravedad en el horno, éste polvo se hace pasar a través de una torre acondicionadora TFR-01, a la cual se le alimenta agua que se atomiza en la parte superior de la torre, provocando la disminución de la temperatura de la mezcla gas caliente-polvo, y aumenta la humedad en dicha mezcla para facilitar la operación de los electrofiltros ELT-01 y 02, a la vez en el proceso se logra una eliminación de las partículas más gruesas, que por efecto de la humedad y pérdida de velocidad, se decantan por gravedad en la parte inferior de la torre, donde son recuperadas y recicladas al proceso.

La succión de gases calientes a través del precalentador TPR-01 y torre TFR-01, es mediante el extractor de tiro inducido EXH-01, tal como se muestra en el diagrama de flujo de proceso DFP-02. La corriente gaseosa que sale del extractor se divide en dos, y cada una se hace pasar a través de los electrofiltros ELT-01 y 02, que se emplean para la depuración (separación de polvo) de la mezcla de gases con polvo, con determinada humedad. Los extractores EXH-02 y 03 hacen pasar las corrientes por los electrofiltros y emiten el gas depurado a la atmósfera con una cantidad muy despreciable de polvo. Los electrofiltros recuperan gran parte del polvo contenido en la mezcla de gases, el polvo es

depositado en la tolva TV-03, la cual alimenta a la bomba neumática BMN-02 (b. fuller) que recircula el polvo a la tolva TV-01, según se muestra en el diagrama DFP-02.

El polvo precalentado en la torre llega a los ductos de decantación de los ciclones de la 1ª. etapa, y es precalcinado por medio del quemador de gas QMD-02, al cual se le inyecta aire por medio del ventilador VTD-03; el polvo precalcinado se alimenta por gravedad al horno cilíndrico rotatorio BAC-01, que por su giro e inclinación pasa el material a través de éste, el polvo primero se calcina completamente en los primeros metros del horno, después se forma una fase líquida viscosa parecida a un magma, posteriormente se forman los silicatos de calcio y ferroaluminatos-cálcicos, y por último finalizan las reacciones y se forma el clínker tipo I con todos sus compuestos químicos potenciales. El Horno posee un quemador principal QMD-01, al que se le alimenta combustible que junto con el ventilador-inyector de aire VTD-01 producen una gigantesca flama, que suministra la energía necesaria para la clinkerización del material. Posteriormente el clínker cae por gravedad al enfriador de parrillas reciprocantes EFR-01, en donde se le inyecta gran cantidad de aire por medio del ventilador VTD-02 para enfriar al clínker, que disminuye su temperatura de 1400°C aproximadamente a un rango de 90 a 110°C, las parrillas reciprocantes metálicas del enfriador llevan a los nódulos de clínker hacia el quebrador de martillos QRB-01, ubicado en el interior del enfriador EFR-01. El clínker como producto de la calcinación se deposita por gravedad en la banda metálica transportadora (transportador Aumund) BND-01, la cual lo lleva hasta el almacén de clínker. Se genera polvo de clínker por el choque de éste con las parrillas del enfriador y el impacto de los nódulos grandes de clínker con el quebrador de martillos, así el polvo es recolectado en el filtro de gravas FGR-01, que tiene ciclones con un lecho de grava, el polvo de clínker es recuperado y depositado en la banda metálica BND-01. El filtro también tiene un extractor EXH-04 y los ventiladores VTD-04 y 05 para el



arrastre de polvo a través del filtro.

El diagrama de flujo de proceso DFP-02 muestra esquemáticamente todo el proceso de calcinación así como el balance de masa y energía; la tablas 3.5a y b, muestran el balance térmico global para esta parte del proceso.

Tabla 3.5a Balance Térmico del Horno (Entradas)

CALOR SUMINISTRADO	KCAL/KG. CK
CALOR SENSIBLE DE LA MATERIA PRIMA	18.48
CALOR SENSIBLE CON EL COMBUSTOLEO	6.67
CALOR SENSIBLE CON EL AIRE	15.77
CALOR POR LA COMBUSTION DEL COMBUSTOLEO	850.74
CALOR POR LA COMBUSTION DEL GAS NATURAL	61.75
CALOR SENSIBLE CON EL AGUA EN TORRE ENFTO.	2.16
TOTAL	955.57

Tabla 3.5b Balance Térmico del Horno (Salidas)

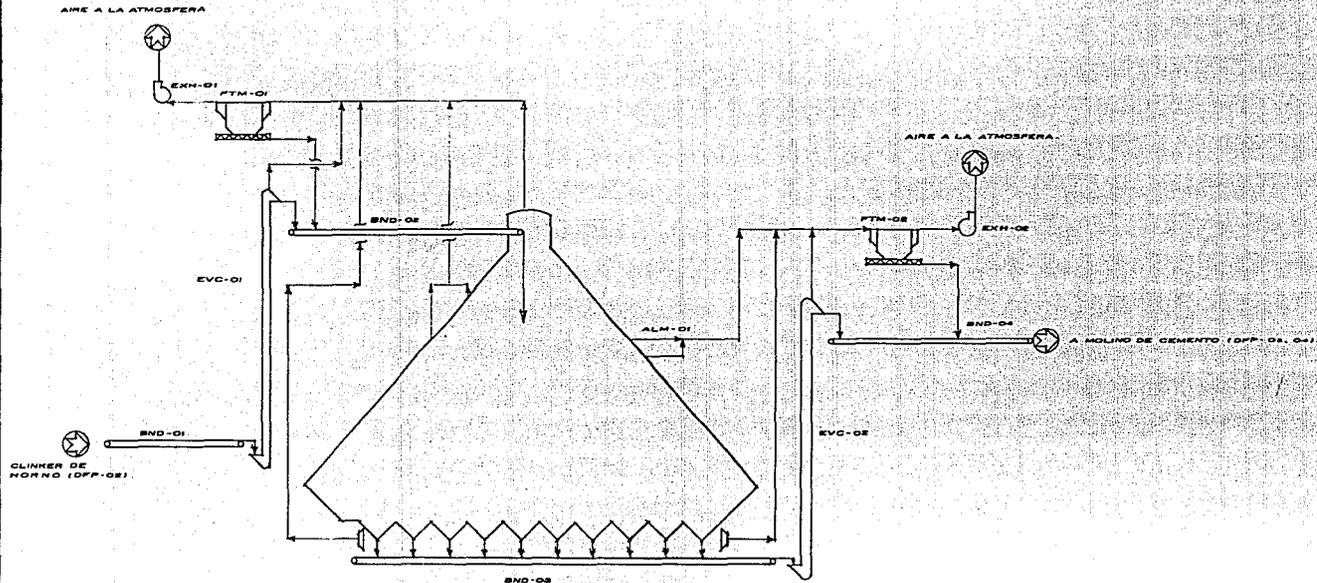
CALOR ABSORBIDO	KCAL/KG. CK
CALOR DE FORMACION DEL CLINKER	415.86
CALOR SENSIBLE CON GAS DE ELECTROFILTROS	99.56
CALOR SENSIBLE CON GAS DE SALIDA DE F.GRAVAS	100.81
CALOR SENSIBLE CON EL CLINKER	19.00
CALOR SENSIBLE POR CALENTAMIENTO DE AGUA	19.13
CALOR POR EVAPORACION DE AGUA EN TORRE ENFTO.	146.70
CALOR POR SOBRECALENTAMIENTO DEL VAP. DE AGUA	4.79
PERDIDAS DE CALOR POR ENTRADAS DE AIRE FALSO	99.55
PERDIDAS DE CALOR POR RADIACION Y CONVECCION	49.56
TOTAL	954.99

#### Almacenamiento y Transporte de Clinker

El clinker procedente del área de calcinación, es transportado hacia su almacén cerrado ALM-01, por medio de la banda metálica BND-01 (transportador Aumund), el elevador de cangilones EVC-01 y la banda metálica BND-02. Dicho almacén cuenta con dos filas de tolvas múltiples de descarga que alimentan a las bandas metálicas BND-03 y 04 que junto con el elevador de cangilones EVC-02 y la Banda BND-04 lo transportan al área de molienda de Cemento. El

LISTA DE EQUIPO:

CLAVE	DESCRIPCION
ALM-01	ALMACEN DE CLINKER
BND-01,02	BANDAS METALICAS TRANSPORTADORAS DE CLINKER.
BND-03	BANDA METALICA RECEPTORA DE CLINKER.
BND-04	BANDA METALICA TRANSPORTADORA DE CLINKER A MOLINO DE CEMENTO.
EVC-01,02	ELEVADORES DE CANILONES.
EXN-01,02	EXTRACTORES DE AIRE PARA FILTROS D1 Y D2.
FTN-01,02	FILTROS COLECTORES DE NUBES.



<b>U N A M</b>		<b>DIAGRAMA DE OPERACIONES (DOP-D)</b>	
<b>FES ZARAGOZA</b>		<b>TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE CLINKER</b>	
<b>INGENIERIA QUIMICA</b>			
ELABORO:	DISEÑO 4 DE 4	REV	ESCALA: 3/E
S JIMENEZ M		ING R. R. MORA HDEZ.	ACOT: 5/A

almacén cuenta con una capacidad de 25,000 toneladas de clínker, suficiente para alimentar en más de una semana al molino de cemento.

Las instalaciones cuentan con filtros colectores de mangas, FTM-01 y 02, para recuperar el polvo fino de clínker en los principales puntos donde se genera éste, evitando emisiones de polvo y aprovechándolo para su procesamiento. El diagrama DOP-D muestra las operaciones principales para el transporte y almacenamiento de clínker.

#### 3.5.2.4 Proceso de Molienda del Cemento

Esta área es considerada la última en términos de procesamiento, el objetivo es moler y reducir a partículas finas el clínker, yeso y/o puzolana previamente dosificados, hasta obtener la finura requerida por el control de calidad para las propiedades de resistencia del Cemento Portland.

En el caso de Molienda de Cemento, debe buscarse el punto óptimo tanto en el aspecto de costo de producción, como el de calidad, lo cual debe significar hasta que punto resultaría inecesaria y antieconómica una molienda excesiva, si como consecuencia de ella no se va a lograr mejor calidad.

##### a) Descripción del Proceso de Molienda para Cemento Normal

El clínker y yeso provenientes de sus almacenes son transportados por las bandas BND-01 y BND-02 respectivamente, depositando el material en la tolva receptora TV-01 para clínker y TV-02 para yeso. Las tolvas a su vez alimentan a las básculas dosificadoras (poidómetros) PDS-01, que dosifica clínker y PDS-02 para dosificación de yeso. Los materiales ya dosificados se alimentan al molino de Cemento MOB-01 por medio del elevador de cangilones EVC-01. El molino realiza el proceso de molienda por medio de bolas por el movimiento de éste, tiene dos salidas, una de material grueso que no alcanzó a molerse con la finura requerida y es transportado al separador SEP-01 por medio del aerodeslizador

AED-03, el elevador de cangilones EVC-02 y el aerodeslizador AED-04; en el separador se clasifica y separa el cemento en polvo, aquel que alcanzó una finura promedio de la malla 325 es el producto final del proceso y se transporta mediante el aerodeslizador AED-02; el polvo grueso de cemento que no alcanzó la finura antes mencionada, es separado y reciclado nuevamente al proceso de molienda en el Molino, por medio del aerodeslizador AED-01. El extractor EXH-01 es el equipo auxiliar del separador SEP-01 el cual realiza una succión interna en el separador para facilitar su operación.

La salida superior del molino se realiza mediante un "tiro" o succión del extractor EXH-02, esta salida se alimenta a un separador estático FCE-01 que separa el material grueso y lo alimenta al elevador de cangilones EVC-02 para su recirculación al molino; el material fino que sale del separador estático se alimenta a un ciclón doble FC-01 donde se separa una fracción de finos que son arrastrados por la corriente de succión de la mezcla aire-polvo de cemento, esta fracción de finos se deposita al aerodeslizador AED-05; la otra corriente de salida del ciclón FC-01 es alimentada al filtro colector de mangas FTM-01 en donde se depura (separación mayor) la corriente aire-polvo de cemento, el filtro separa el polvo de cemento de la corriente y es depositado en el aerodeslizador AED-07, el aire ya depurado contiene una cantidad despreciable de polvo de cemento y es emitido a la atmósfera mediante el extractor EXH-02.

El extractor EXH-01 realiza una succión en el separador SEP-01 y a su vez suministra aire para facilitar la separación, una parte del aire suministrado (corriente 27 en la tabla del balance para cemento normal y 28 para puzolánico) es succionada por el extractor EXH-02 que la hace pasar por el filtro colector FTM-02, que separa casi en su totalidad el polvo contenido en la corriente.

Los finos provenientes de los separadores SEP-01, FC-01 y los filtros FTM-01 y 02 son llevados también como producto final del proceso de molienda de Cemento, al aerodeslizador AED-06, que a su vez lo deposita en las bombas neumáticas (fuller) BMN-01 y 02 las cuales lo transportan hasta un silo de almacenamiento para Cemento Tipo I Normal. El diagrama de flujo de Proceso DFP-03 describe gráficamente el proceso de molienda para la producción de Cemento Tipo I Normal y presenta los resultados del Balance de Masa para dicho Proceso.

#### b) Proceso de Molienda para Cemento Puzolánico

El equipo, proceso y operaciones para la molienda de Cemento Puzolánico es el mismo que se emplea en la molienda de Cemento Normal, la única diferencia es el requerimiento extra de equipo menor tal como una banda transportadora BND-02, una tolva receptora TV-02, y una báscula dosificadora PDS-02, todos estos para puzolana, ya que se dosifica ésta además de clinker y yeso, para impartirle mejores propiedades al Cemento. Por consiguiente la descripción del Proceso de Molienda para Cemento Puzolánico es la misma que se dió para el Normal, el Diagrama de Flujo de Proceso DFP-04 muestra gráficamente el proceso de molienda del Cemento Puzolánico y presenta el Balance de Masa de éste.

#### 3.5.2.5 Envase y Embarque de Cemento

El objetivo de esta área, es envasar y embarcar el producto terminado, ya sea Cemento Normal o Puzolánico Tipos I, al consumidor. Puede ser envasado o a granel dependiendo de las necesidades del cliente, y entregado en camión o ferrocarril según sea su destino. La capacidad de almacenamiento para ambos tipos de Cemento debe ser tal que permita una entrega oportuna del producto.

Las ensacadoras garantizan que el peso de los sacos sea de 50 kilogramos cada uno. Los sacos utilizados en el envasado para camiones son de tres capas y para furgones de cuatro capas.



El cemento a granel es llenado en carros tanque o góndolas de Ferrocarril, la capacidad de carga depende de las características de la unidad a cargar.

#### Descripción del Procedimiento de Envase

El Cemento en polvo proveniente del área de molienda de Cemento es depositado al silo de Almacenamiento SLO-01 para Cemento Normal y al silo SLO-02 para Puzolánico. El polvo se extrae de los silos almacenadores por medio de un sistema neumático ubicado en la parte inferior de cada silo, y mediante los aerodeslizadores AED-01 y AED-02 se transporta hasta las bombas neumáticas BMN-01 o BMN-02 de Cemento Normal y Puzolánico respectivamente. Cada bomba lleva el cemento en polvo hasta el ciclón FC-01 que separa el polvo de cemento del aire, depositando el polvo en la criba vibratoria CRV-01 la cual retiene material extraño que pudiese tener el polvo de cemento, y lo descarga a un tanque tolva receptor TA-01 alimentando el cemento a la ensacadora rotativa ENS-01 y a la ensacadora estática ENS-02. Ambas ensacadoras, con ayuda de un operador envasan el Cemento en polvo en sacos de cartón con capacidad para 50 kilogramos, la rotativa tiene capacidad para 8 bultos y los descarga en forma giratoria a la banda transportadora BND-01, que a su vez los deposita en las bandas BND-02 y 03, éstas últimas con ayuda de un estibador embarcan y cargan el Cemento envasado en camiones o en carros de ferrocarril. La Ensacadora estática tiene una capacidad de llenado de 4 bultos y es alimentada por medio del aerodeslizador AED-03, la ensacadora deposita los bultos a la banda BND-04 y ésta a la BND-05 para cargar también el Cemento envasado en camiones o ferrocarril.

El área de Envase cuenta con los filtros colectores de mangas FTM-01 y 02 para captar el polvo fugitivo generado en las ensacadoras ENS-01 y 02, descarga del elevador de cangilones EVC-01, y alimentación de la criba vibratoria CRV-01. Los filtros depuran y separan el cemento en polvo del aire, recuperando el



polvo y depositándolo en un sistema mecánico de tornillo colector sinfín TRN-01, el aire depurado que contiene una cantidad despreciable de partículas de polvo se emite a la atmósfera por los extractores de succión EXH-01 y 02.

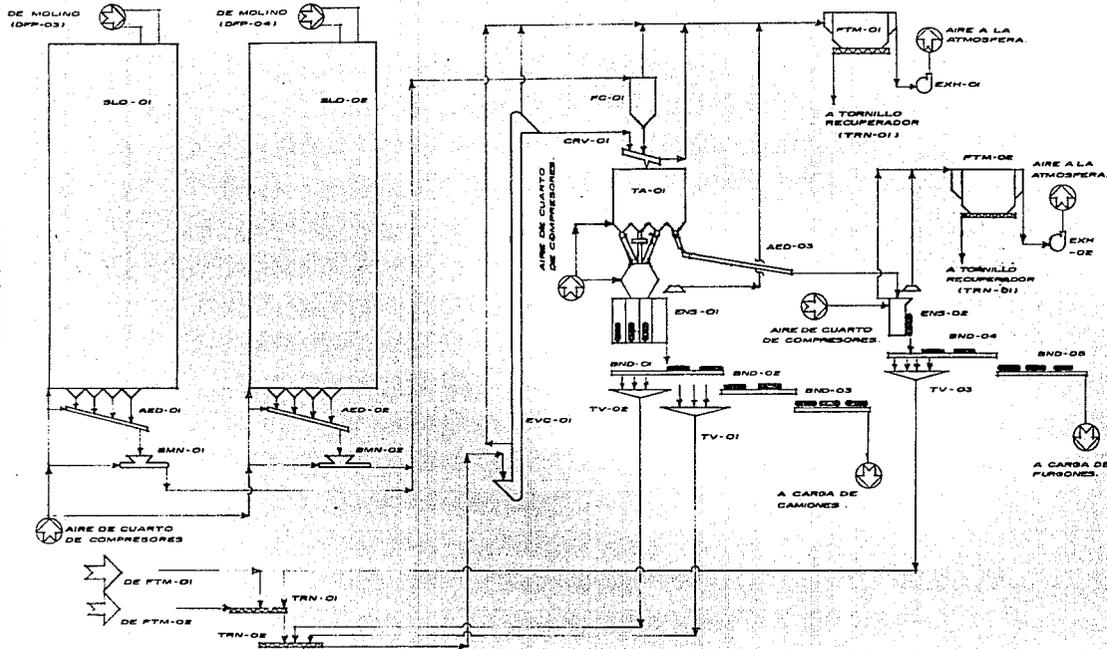
Adicionalmente se cuenta con un sistema de tolvas recuperadoras TV-01, 02 y 03 en la parte inferior de las ensacadoras y bandas transportadoras que colectan el polvo de Cemento que cae por gravedad, enviándolo a los tornillos colectores TRN-01 y 02, los cuales transportan el Cemento recuperado al elevador EVC-01, donde es reciclado al proceso de envasado.

El diagrama de flujo DF-02 muestra la secuencia de operaciones, así como el equipo principal en el procedimiento de ensacado de Cemento Normal y Puzolánico.

#### Embarque a Granel de Cemento

Una parte del cemento en polvo proveniente del área de molinos de Cemento es depositado en los silos SLO-01 y 02 para Cemento Normal y Puzolánico respectivamente. El cemento se extrae de los silos, también como en el caso de envase, por medio de un sistema neumático ubicado en la parte inferior de cada silo y con ayuda de los aerodeslizadores AED-01 y 02, es depositado en las bombas neumáticas (b. fuller) BNM-01 y 02 para Cemento Normal y Puzolánico. Dichas bombas depositan el cemento en los tanques tolva TA-01 y TA-02 los que a su vez lo depositan en los aerodeslizadores con ducto de descarga AED-03 y AED-04 para Cemento Normal y Puzolánico, descargándolo a los carros tanque para carga a granel.

Los tanques tolva TA-01 y 02, cuentan con una salida extra que alimentan al aerodeslizador con ducto de descarga AED-05 para carga de Cemento a granel en furgones de ferrocarril, para ambos tipos de Cemento.



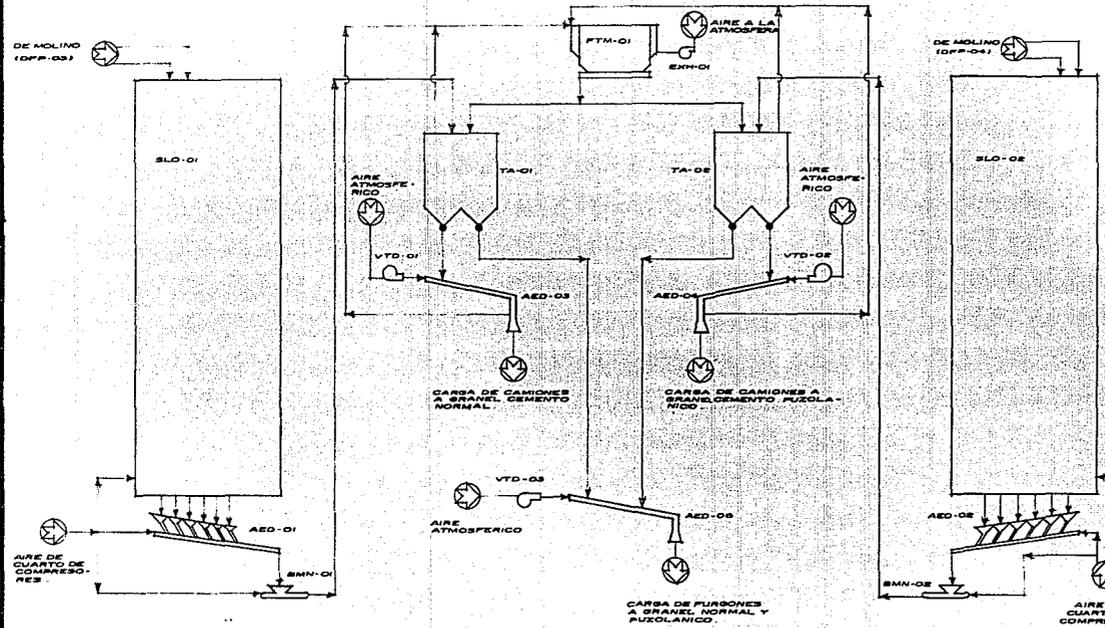
CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS
AED-01-02	APROVECHADORES DE DEGRADACION DE CEMENTO NORMAL Y PU-EDUCADO	RECEPTORES
AED-03	APROVECHADOR DE ALIMENTO PARA ENBAZADORA ESTÁTICA	
BND-01-02	BANDAS TRANSPORTADORAS DE SACOS A GANONES	
BND-03-04	BANDAS TRANSPORTADORAS DE SACOS A PUNES	
BND-05-06	BANDAS TRANSPORTADORAS DE SACOS A PUNES	
ENS-01	ENBAZADORA DE SULTOS	ROTATIVA ESTÁTICA
ENS-02	ENBAZADORA DE SULTOS	
FTM-01-02	EXTRACTORES DE AIRE DEPURADOR	DE MANABAS
FC-01	CLASIFICADOR DE POLVO RECUPERADO	
EVC-01	EXTRACTOR DE POLVO RECUPERADO	
SLO-01-02	MOLINOS ALMACENADORES DE CEMENTO NORMAL Y PULVEDINCO	
TR-01	TORNILLO TRANSPORTADOR Y COLECTOR DE CEMENTO	
TRN-01-02	TORNILLOS SIN FIN DE CEMENTO RECUPERADO	
TV-01-02-03	TELAS RECUPERADORAS DE CEMENTO	
CRV-01	GRVA VIBRATORIA DE RETENCION	

<b>U N A M</b>		<b>DIAGRAMA DE FLUJO (DF-02)</b>	
<b>FES ZARAGOZA</b>		<b>AREA DE ENVASADO EN SACOS</b>	
<b>INGENIERIA QUIMICA.</b>			
ELABORO:	REV.	ESCALA 3/4	
S. JIMENEZ M.	DIBUJO 2 DE 3	ING R. R. MORA HDEZ.	ACOT. 3/A

El filtro colector de mangas FTM-01 recupera el polvo fugitivo de Cemento Normal y/o Puzolánico, generado en la descarga de los tanques tolva y de los aerodeslizadores AED-03, 04 y 05, mediante la succión de los extractores EXH-01, para recuperarlo y depositar el polvo de Cemento a los tanques tolva TA-01 y 02, para así recircularlo al embarque a granel.

Los aerodeslizadores AED-03, 04 y 05 cuentan con sistemas móviles electromecánicos que se ajustan a cada unidad de carga, ya sea carros-tanque o furgones de ferrocarril de distintas alturas y capacidades, para poder descargar el Cemento a granel.

El diagrama de flujo DF-03 muestra el procedimiento de embarque a granel para Cemento Normal y Puzolánico.



CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS
AED-01	ASPECTUALIZADOR DE DESCARGA CEMENTO NORMAL	RECEPTORES
AED-02	ASPECTUALIZADOR DE DESCARGA CEMENTO PULCIFICADO	RECEPTORES
AED-03	ASPECTUALIZADOR DE CARGA CEMENTO NORMAL A GRANEL	MOVIL
AED-04	ASPECTUALIZADOR DE CARGA CEMENTO PULCIFICADO A GRANEL	MOVIL
BMN-01	BOMBA DE ALIMENTACION DE CEMENTO NORMAL	TPO FULLER
BMN-02	BOMBA DE ALIMENTACION DE CEMENTO PULCIFICADO	TPO FULLER
FTM-01	PLANTA COLECTORA DE POLVO	DE MANEJA
SLO-01	SILO ALMACENADOR DE CEMENTO NORMAL Y PULCIFICADO	
TA-01, 02	TANQUE RECEPTOR DE CEMENTO NORMAL Y PULCIFICADO	

<b>U N A M</b>		<b>DIAGRAMA DE FLUJO (DF -03)</b>	
FES ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA.		AREA DE CARGA A GRANEL	
ELABORO E. JIMENEZ M.	DIBUJO 3 DE 3	REV. ING R. R. MORA HDEZ.	ESCALA 3/E ACOT. 3/A

### **3.6 Distribución General de Areas de Proceso y Servicios**

Aunque no existe un criterio determinístico global para la distribución de las áreas de proceso y servicios, éstas deben estar ubicadas de tal forma que en lo posible, se facilite un transporte rápido de material entre una área de procesamiento y otra, también deberán tener andenes y caminos de acceso para mantenimiento a los equipos principales, así como el traslado de refacciones tales como tabique refractario para hornos y bolas para los molinos, entre otros. El diagrama DG-01 muestra en vista aérea una posible distribución general de las áreas para una planta Cementera.

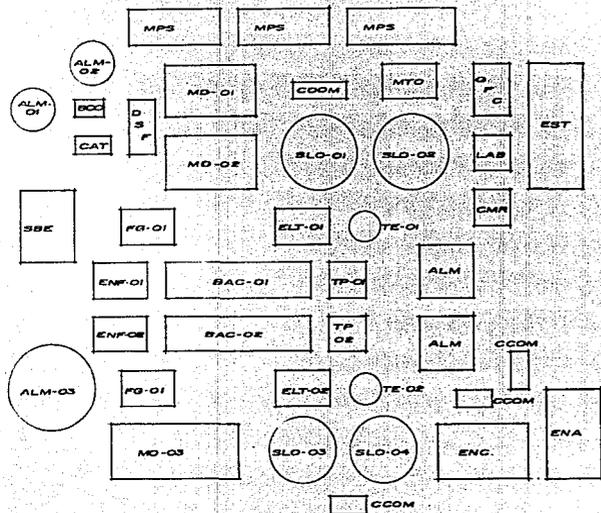
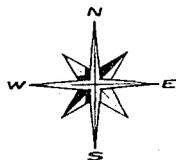
### **3.7 Capacidad de la Planta y Aspectos Generales de Producción**

Se fijó una Capacidad Instalada anual de producción de Cemento Normal y Puzolánico de 1,182,600 tons. para cada uno, debido al Análisis de Mercado y también por restricciones de información técnica.

#### **Aspectos de Producción**

De acuerdo a sugerencias dadas por personal involucrado en aspectos prácticos de producción, es importante mantener una reserva o "stock" en polvo crudo para calcinación, y clínker para molinos de cemento. Lo anterior es para garantizar un abasto continuo de material a dichas áreas de proceso, ya que el equipo principal (hornos y molinos de cemento) como norma no debe parar por falta de material, los paros a considerar son:

- a) paros por mantenimiento mecánico y eléctrico al equipo
- b) paros por inspección periódica
- c) paros por emergencias e imprevistos (accidentes, fallas, etc.)
- d) paros por contratos de energía eléctrica (sólo en molinos de crudo)



EQUIPO Y AREAS

CLAVE	DESCRIPCION
ALM-O1	ALMACEN DE SAS
ALM-O2	ALMACEN DE COMBUSTIBLEO
ALM-O3	ALMACEN DE OLIVIER
ALM	ALMACENES GENERALES
BAC-O1, O2	FORNOS REFRIGERIOS
BAT	CALENTADORES DE COMBUSTIBLES
CCOM	CUANTOS DE COMPRESION
CMR	COMEDOR INDUSTRIAL
DSP	DOSECACIONES DE MATERIAS PRIMAS
ROC	ROMERO DE COMBUSTIBLES
ELT-O1, O2	ELECTROFILTROS
ENA	ENVASE EN SACOS
ENF-O1, O2	ENVASES DE OUNER
EST	AREA DE ESTACIONAMIENTO
FLU-O1, O2	FILTROS DE BRUVA
FRIG-O1, O2	FRIGORIFEROS
MO-O1, O2	MOLINO DE CEMENTO
MPS	MOLINO DE CEMENTO
MTO	AREA DE MANTENIMIENTO
LAB	LABORATORIO
OPD	OPOMAS GENERALES
Q.F.C.	QUIMICA ORGANICA
TE-O1, O2	TORNES ELECTRICAS
TP-O1, O2	TORNES PNEUMATICAS
WLD-O1, O2	WLD BOMBAS Y FUND.
SLO-O1, O2, O3, O4	SILOS DE CEMENTO

U N A M		DIAGRAMA DG-01	
FES ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA		VISTA AEREA Y DISTRIBUCION DE - AREAS	
ELABORO: S. JIMENEZ M.	DISUJO IDE I	REV: ING. R. R. MORA HEZ	ESCALA: S/E ACOT. S/A

El siguiente cuadro muestra los paros totales promedio para cada área de proceso.

AREA	PAROS TOTALES (DIAS/AÑO)	OPERACION (DIAS/AÑO)
MOL. DE CRUDO	197 <sup>a</sup>	168
CALCINACION	63 <sup>b</sup>	302
MOL. DE CEMENTO	43 <sup>c</sup>	322

a) Incluye paros de 5 hrs./día por contrato de energ. eléctrica y revisión periódica del equipo

b),c) Incluye paros por revisión periódica.

Para cumplir con el abasto de materiales entre cada área de proceso (mol. de crudo, calcinación y mol. de cemento) es necesario disponer de las siguientes unidades:

# DE EQUIPOS	EQUIPO	PRODUCCION (TON/HR-EQ)	PRODUCC. TOTAL (TON/HR)
2	MOL. DE CRUDO	184.0	368.0
2	HORNOS	92.2	164.4
1	MOL. DE CEMENTO	135.0	135.0

Adicionalmente, los molinos de crudo y Hornos son unidades similares (idénticas).

De acuerdo con la información anterior, la producción real por área de proceso considerando todo tipo de paros en cada una de éstas, así como reservas en los respectivos almacenes es mostrada a continuación:

**Crudo**

Producción

Días de operación: 168/año

Producción total: 8,832 ton./día (368 ton./hr)\*

Producción anual real: 1,483,776 tons.

### Requerimientos

#### Cemento Normal

Requerimiento de clinker: 3,024 ton./día (126 ton./hr)\*

Factor: 1.4 (ton.crudo/ton.clinker)\*

Requerimiento de crudo: 4,233 tons./día

Días de operación para hornos: 302/año

Requerimiento anual real de crudo: 1,278,547 tons.

#### Cemento Puzolánico

Requerimiento de clinker: 2,424 ton./día (101 ton./hr)\*

Factor: 1.4 (ton.crudo/ton.clinker)\*

Requerimiento de crudo: 3,393 tons./día

Días de operación para hornos: 302/año

Requerimiento anual real de crudo: 1,024,867 tons.

#### Clinker

Producción total: 3,945.6 tons. (164.4 ton./hr)\*

Días de operación para hornos: 302/año

Producción anual real: 1,191,571 tons.

### Requerimientos

#### Cemento Normal

Requerimiento total 3,024 tons. (126 ton./hr)\*

Días de operación para molinos de cemento: 322/año

Requerimiento anual real: 973,728 tons.

#### Cemento Puzolánico

Requerimiento total 2,424 tons. (101 ton./hr)\*

Días de operación para molinos de cemento: 322/año

Requerimiento anual real: 780,528 tons.

\* Del Balance de Materiales

## ALMACENAMIENTO Y RESERVA (STOCK)

### Crudo

#### Cemento Normal

Producción anual real: 1,483,776 ; Requerimiento real: 1,278,547

Almacenamiento anual: 205,229 tons.

Almacenamiento por día: 1,222 tons.

(168 días/año de operación en molinos de crudo)

#### Cemento Puzolánico

Producción anual real: 1,483,776 ; Requerimiento real: 1,024,867

Almacenamiento anual: 458,909 tons.

Almacenamiento por día: 2,732 tons.

(168 días/año de operación en molinos de crudo)

## EXCEDENTE DE CLINKER

### Cemento Normal

Producción anual: 1,191,571 ; Requerimiento anual: 973,728

Excedente anual: 217,843 tons.

### Cemento Puzolánico

Producción anual: 1,191,571 ; Requerimiento anual: 780,528

Excedente anual: 411,043 tons.

## 3.8 Cédulas de Requerimientos

A continuación se muestran en resumen las cédulas de requerimientos para materias primas, servicios auxiliares e insumos, evaluados a partir del balance de masa y energía del proceso e información directa recopilada en plantas cementeras, así como de personal para la producción de Cemento Normal y Puzolánico, considerando un arranque con 100% de la capacidad instalada, 10 años de operación y costos para JUN'92.

### 3.8.1 Requerimientos Anuales para Cemento Normal

#### a) Materias Primas

MAT. PRIMA	CONSUMO UNITARIO <sup>a</sup>	PRODUCCION DE CEMENTO <sup>b</sup>	CONSUMO M. PRIMAS <sup>c</sup>	COSTO DE M. PRIMAS <sup>d</sup>	COSTO ANUAL (\$)
CALIZA	1.045	1,182,600	1,235,817	1,750.00	2,162,679,750
ARCILLA	0.248	" " "	293,285	3,270.00	959,041,950
ESCORIA	0.013	" " "	15,374	55,000.00	845,570,000
YESO	0.066	" " "	78,052	1,080.00	84,296,160

TOTAL: \$ 4,051,587,860

<sup>a</sup> (ton. de mat.prima/ton. de cemento)

<sup>b,c</sup> (ton./año)

<sup>d</sup> (\$/ton.), proporcionados por Cementos "Cruz Azul", planta Cd. Coop. Cruz Azul, Hgo., incluye fletes y preparación de éstas.

#### b) Servicios Auxiliares

##### Energía Eléctrica

CARGO ENERGETICO	CONSUMO <sup>a</sup> (KW-HR/MES)	COSTO <sup>b</sup> (\$/KW-HR)	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
DEMANDA BASE POR FACT.	27,303	24,135	658,957,905	7,907,494,860
CONS. PERIODO PUNTA	1,728,346	201.00	347,397,546	4,168,770,551
CONS. PERIODO BASE	9,131,688	125.75	1,148,309,776	13,779,717,190
SUB TOTAL	---	--	2,154,665,217	25,855,982,601
ALUM. PUBLICO (1.5 X)	---	--	32,319,987	387,839,739
I V A (10 X)	---	--	215,466,522	2,585,598,260

TOTAL POR AÑO: \$ 28,829,420,600

<sup>a</sup> Fuente: Cementos "Cruz Azul", Planta Cruz Azul, Hgo.

<sup>b</sup> Fuente: SEMIP, tarifa H.H., Dirección General de Operación Energética.

### Gas Natural

AREA	CONSUMO (M3/AÑO)	PODER <sup>c</sup> CALORIF.	REQUERIMIENTO (10 <sup>6</sup> CAL/AÑO)	COSTO GAS *	COSTO ANUAL (\$)
A. TÉCNICO	1,578,528	8460	13,354,346.88	29.61	395,422,211
MOLINOS	3,260,507	" "	27,583,889.22	" "	816,758,960
HORNOS	7,947,072	" "	67,232,229.12	" "	1,990,746,304
TOTAL	12,786,107	--	108,170,465.22		3,202,927,475

<sup>c</sup> KCAL/M3 GAS.

### Combustóleo (solo en calcinación)

CONSUMO (LT/AÑO)	COSTO* (\$/LT)	COSTO ANUAL (\$)
107,415,120	281.00	30,183,648,720

- \* Fuente: Subgerencia de Desarrollo Comercial, PEMEX precios para zona centro, incluyen IVA.

### Aceite Térmico (Texatherm 46, recirculación en todo el circuito)

REQUERIMIENTO <sup>a</sup> (LTS)	COSTO* (\$/LT)	COSTO TOTAL (\$)
37,939	2,455.00	93,140,245.00

- \* Fuente: Cementos "Cruz Azul", planta Cd. Coop. Cruz Azul, Hgo.
- \* Fuente: Texaco S.A. de C.V., división aceites especiales el costo incluye envase e IVA.

### Sacos de papel-cartón (para 60% de la producción total)

REQUERIMIENTO (SACOS/TON.)	PRODUCCION (TON./AÑO)	CONSUMO (SACOS/AÑO)	CONSUMO TOTAL <sup>b</sup> (SACOS/AÑO)
20	709,560	14,191,200	14,900,760

REQUERIMIENTO (SACOS/AÑO)	COSTO* (\$/SACO)	COSTO ANUAL (\$)
14,900,760	600.00	8,940,456,000.00

- <sup>b</sup> Incluye 5% adicional por ruptura de sacos.
- \* Fuente: Sacos de Tula S.A. de C.V., incluye IVA.

### 3.8.2 Requerimientos Anuales para Cemento Puzolánico

#### a) Materias Primas

MAT. PRIMA	CONSUMO <sup>a</sup> UNITARIO	PRODUCCION DE CEMENTO <sup>b</sup>	CONSUMO M. PRIMAS <sup>c</sup>	COSTO DE M. PRIMAS <sup>d</sup>	COSTO ANUAL (\$)
CALIZA	0.838	1,182,600	991,019	1,750.00	1,734,283,250
ARCILLA	0.199	" " "	235,337	3,270.00	769,551,990
ESCORDIA	0.010	" " "	11,826	55,000.00	650,430,000
YESO	0.066	" " "	78,052	1,080.00	84,296,160
PUZOLANA	0.185	" " "	218,791	11,200.00	2,450,347,200

TOTAL: \$ 5,688,908,600

<sup>a</sup> (ton. de mat.prima/ton. de cemento)

<sup>b,c</sup> (ton./año)

<sup>d</sup> (\$/ton.), proporcionados por Cementos "Cruz Azul", planta Cd. Coop. Cruz Azul, Hgo., incluye fletes y preparación de éstas.

#### b) Servicios Auxiliares

##### Energía Eléctrica

CARGO ENERGETICO	CONSUMO <sup>a</sup> (KW-HR/MES)	COSTO <sup>b</sup> (\$/KW-HR)	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
DEMANDA BASE POR FACT.	27,303	24.135	658,957,905	7,907,494,860
CONS.PERIODO PUNTA	1,410,009	201.00	283,411,809	3,400,941,708
CONS.PERIODO BASE	7,413,248	125.75	932,220,463	11,186,645,560
SUB TOTAL	---	--	1,874,590,177	22,495,082,120
ALUM.PUBLICO (1.5 X)	---	--	28,118,852	337,426,224
I V A (10 X)	---	--	187,459,017	2,249,508,204

TOTAL POR AÑO: \$ 25,082,016,550

<sup>a</sup> Fuente: Cementos "Cruz Azul", planta Cruz Azul, Hgo.

<sup>b</sup> Fuente: SEMIP, tarifa H.H., Dirección General de Operación Energética.

### Gas Natural

ÁREA	CONSUMO (M3/AÑO)	PODER <sup>c</sup> CALORIF.	REQUERIMIENTO (10 <sup>6</sup> CAL/AÑO)	COSTO GAS *	COSTO ANUAL (\$)
A. TERMICO	1,265,328	8460	10,704,674.88	29.61	316,965,423
MOLINOS	2,613,581	" "	22,110,895.26	" "	654,703,609
HORNOS	6,370,272	" "	53,892,501.12	" "	1,595,756,958
TOTAL	10,249,181	--	86,708,071.26		2,567,425,990

<sup>c</sup> KCAL/M3 GAS.

### Combustóleo (solo en calcinación)

CONSUMO (LT/AÑO)	COSTO* (\$/LT)	COSTO ANUAL (\$)
86,102,040	281.00	24,194,673,240

\* Fuente: Subgerencia de Desarrollo Comercial, PEMEX precios para zona centro, incluyen IVA.

### Aceite Térmico (Texatherm 46, recirculación en todo el circuito)

REQUERIMIENTO <sup>a</sup> (LTS)	COSTO* (\$/LT)	COSTO TOTAL (\$)
30,411	2,455.00	74,659,005.00

<sup>a</sup> Fuente: Cementos "Cruz Azul", planta Cd. Coop. Cruz Azul, Hgo.

\* Fuente: Texaco S.A. de C.V., división aceites especiales el costo incluye envase e IVA.

### Sacos de papel-cartón (para 60% de la producción total)

REQUERIMIENTO (SACOS/TON.)	PRODUCCION (TON./AÑO)	CONSUMO (SACOS/AÑO)	CONSUMO TOTAL <sup>b</sup> (SACOS/AÑO)
20	709,560	14,191,200	14,900,760

REQUERIMIENTO (SACOS/AÑO)	COSTO* (\$/SACO)	COSTO ANUAL (\$)
14,900,760	600.00	8,940,456,000.00

<sup>b</sup> Incluye 5% adicional por ruptura de sacos.

\* Fuente: Sacos de Tula S.A. de C.V., incluye IVA.

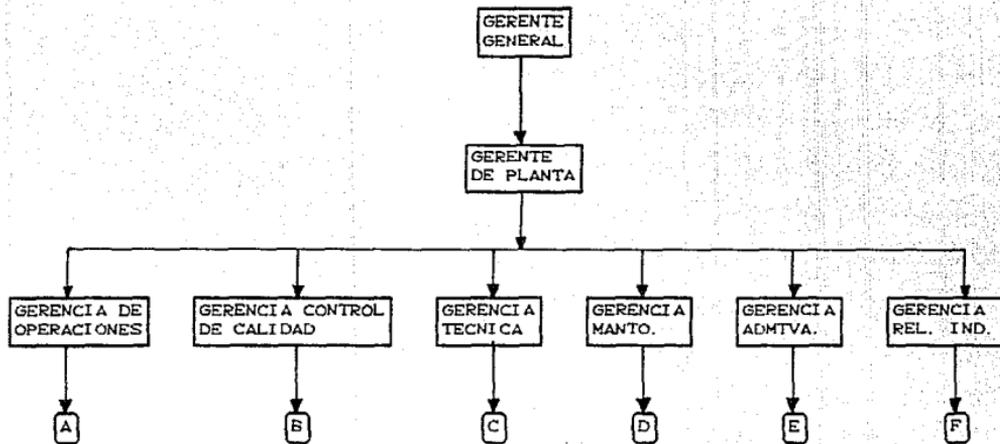
**COSTOS ADMINISTRATIVOS \***

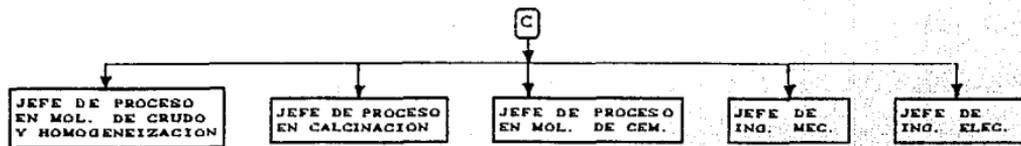
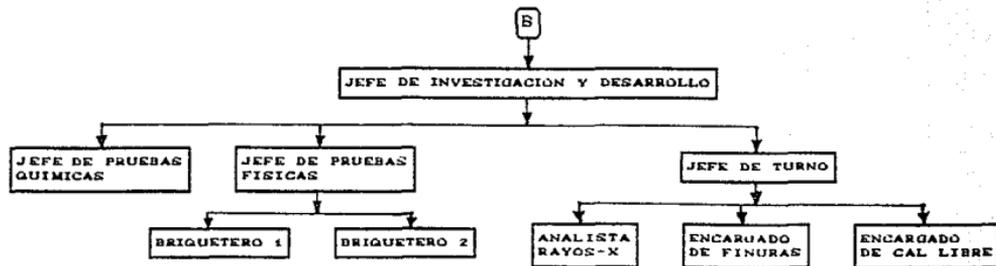
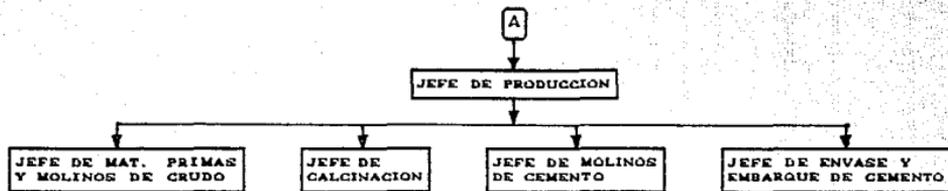
Descripción	Sueldo Mensual	Sueldo Anual
	(\$)	(\$)
1 Gerente General	9,000,000	108,000,000
1 Gerente de Planta	8,000,000	96,000,000
1 Gerente de Operaciones	6,500,000	78,000,000
1 Gerente de Control de Calidad	5,000,000	60,000,000
1 Gerente Técnico	5,000,000	60,000,000
1 Gerente de Mantenimiento	5,000,000	60,000,000
1 Gerente Administrativo	5,000,000	60,000,000
1 Gerente de Rel. Industriales	5,000,000	60,000,000
1 Gerente de Producción	5,500,000	66,000,000
1 Auxiliar de Producción	2,500,000	30,000,000
1 Secretaria para Gte. General	2,000,000	24,000,000
1 Secretaria para Gte. Planta	1,800,000	21,600,000
1 Secretaria para Gte. Admtvo.	1,700,000	20,400,000
1 Secretaria para Gte. Rel.Ind.	1,700,000	20,400,000
1 Jefe de Contabilidad	2,200,000	26,400,000
1 Jefe de Compras	2,200,000	26,400,000
1 Jefe de Sistemas	2,200,000	26,400,000
1 Jefe de Jurídico	2,200,000	26,400,000
1 Jefe de Ventas	2,200,000	26,400,000
2 Secretarias Generales	1,400,000	16,800,000
2 Auxiliares de Costos	1,500,000	18,000,000
1 Jefe de Almacén	2,000,000	24,000,000
1 Auxiliar de Almacén	1,500,000	18,000,000
1 Auxiliar de Sistemas	1,500,000	18,000,000
1 Auxiliar Jurídico	1,500,000	18,000,000
1 Auxiliar de Serv.a Distribuid.	1,500,000	18,000,000
1 Jefe de Capacitación	2,200,000	26,400,000
1 Jefe de Rec. Humanos	2,000,000	24,000,000
1 Jefe de Seguridad e Higiene	2,000,000	24,000,000
1 Jefe de Relaciones Laborales	1,800,000	21,600,000
1 Jefe de Nóminas	2,050,000	24,600,000
1 Secretaria	1,400,000	16,800,000
1 Auxiliar de Capacitación	1,500,000	18,000,000
1 Auxiliar de Selecc. de Pers.	1,500,000	18,000,000
1 Auxiliar de Rel. Laborales	1,400,000	16,800,000
1 Auxiliar de Nóminas	1,500,000	18,000,000
1 Office Boy	800,000	9,600,000
2 Mensajeros	850,000	10,200,000
1 Operadora de Conmutador	1,200,000	14,400,000
1 Jefe de Vigilancia	1,400,000	16,800,000

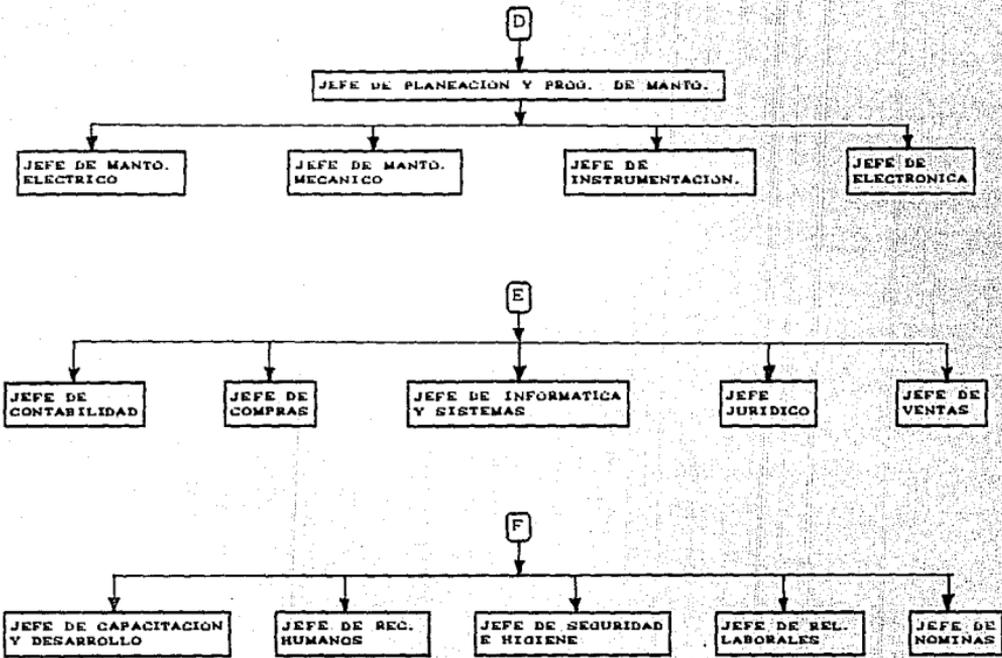
\*Fuente: Encuesta realizada en Cementos Anáhuac, S.A.  
 Planta Barrientos, Tlalnepanitla edo. de México  
 (costos para JUN'92)

**COSTOS ADMITIVOS. TOTALES: \$ 1,264,800,000**

ORGANIGRAMA







MANO DE OBRA DIRECTA \*

AREA: MATERIAS PRIMAS	1er. Turno	2do. Turno	3er. Turno	Sueldo/Mes Unitario	Sueldo Mens. Total	Sueldo Tot. /año
#						
1 Operador de trascavo	1	1	1	1,500,000	4,500,000	57,000,000
2 Operador de bandas	2	2	2	700,000	4,200,000	50,000,000
1 Garrotero	1	1	1	700,000	2,100,000	25,000,000
AREA: MOLIENDA DE CRUDO						
#						
4 Op. de molinos	4	4	4	1,700,000	20,400,000	244,800,000
4 Operador de bandas	4	4	4	700,000	8,400,000	100,000,000
4 Ayudantes de molinos	4	4	4	1,500,000	18,000,000	216,000,000
AREA: CALCINACION						
#						
4 Op. de hornos	4	4	4	2,000,000	24,000,000	288,000,000
4 Ayud. de enfriador	4	4	4	800,000	9,600,000	115,200,000
2 Op. de Silo Stock	2	2	2	800,000	4,800,000	57,600,000
2 Fogoneros	2	2	2	800,000	4,800,000	57,600,000
2 Ayud. de Hornos	2	2	2	1,600,000	9,600,000	115,200,000
4 Banderos de cintas	4	4	4	800,000	9,600,000	115,200,000
4 Ayud. de torre precal.	4	4	4	800,000	9,600,000	115,200,000
AREA: MOLINOS DE CEMENTO						
#						
2 Op. de molino	2	2	2	1,700,000	10,200,000	122,400,000
2 Op. de bandas (clinker)	2	2	2	800,000	4,800,000	57,600,000
2 Op. de bandas (adivos.)	2	2	2	800,000	4,800,000	57,600,000
1 Ayud. de molino	1	1	1	1,500,000	4,500,000	57,600,000

AREA: ENVASE Y EMBARQUE			1er.	2do.	3er.	Sueldo/Mes	Sueldo	Sueldo
#	Turno	Turno	Turno	Turno	Unitario	Mens. Total	Tot. /año	
1	Op. envasadora estatica	1	1	1	1,600,000	4,800,000	57,600,000	
2	Op. envasadora rotativa	2	2	2	1,600,000	9,600,000	115,200,000	
2	Estibadores env. est.	1	1	1	800,000	2,400,000	28,800,000	
1	Estibadores env. rot.	1	1	1	800,000	2,400,000	28,800,000	
2	Op. de bandas	2	2	2	700,000	4,200,000	57,600,000	

TOTAL (M. O. DIRECTA): \$ 2,142,000,000

MANO DE OBRA INDIRECTA \*

AREA: MATERIAS PRIMAS			1er.	2do.	3er.	Sueldo/Mes	Sueldo	Sueldo
#	Turno	Turno	Turno	Turno	Unitario	Mens. Total	Tot. /año	
1	Operador de locomotora	1	-	-	1,500,000	1,500,000	18,000,000	
1	Mecánico reparador	1	-	-	1,200,000	1,200,000	14,400,000	
1	Ayudante de mecánico	1	-	-	1,000,000	1,000,000	12,000,000	
2	Reparadores de bandas	2	2	-	1,200,000	4,800,000	57,600,000	
1	Operador de bob-cat	1	-	-	1,200,000	1,200,000	144,000,000	
1	Operador de barredora	1	-	-	1,200,000	1,200,000	144,000,000	
2	Choferes de camión	2	2	1	1,500,000	7,500,000	90,000,000	
1	Operador de sucker	1	1	-	1,200,000	2,400,000	28,800,000	
3	Peones de brigada	3	3	-	600,000	3,600,000	43,200,000	

AREA: MOLIENDA DE CRUDO

#	Turno	Turno	Turno	Sueldo/Mes	Sueldo	Sueldo
1	Jefe de area	(Horario mixto)		2,800,000	2,800,000	33,600,000
1	Supervisor de turno	1	1	2,000,000	6,000,000	72,000,000
3	Peones de brigada	3	-	600,000	3,600,000	43,200,000
1	Enc. de homogeneización	1	1	1,200,000	3,600,000	43,200,000

MANO DE OBRA INDIRECTA (continuación)

AREA: CALCINACION

#	1er. Turno	2do. Turno	3er. Turno	Sueldo/Mes Unitario	Sueldo Mens. Total	Sueldo Tot. /año
1 Jefe de área	(horario mixto)			3,000,000	3,000,000	36,000,000
1 Supervisor de turno	1	1	1	2,200,000	6,600,000	79,200,000
2 Op. de aceite térmico	2	2	2	1,800,000	5,400,000	64,800,000
1 Bombero de combustóleo	1	1	1	1,800,000	4,800,000	57,600,000
4 Peones de brigada	4	4	4	700,000	2,400,000	28,800,000

APEA: MOLIENDA DE CEMENTO

#	(horario mixto)			Sueldo/Mes Unitario	Sueldo Mens. Total	Sueldo Tot. /año
1 Jefe de área	(horario mixto)			2,800,000	2,800,000	33,600,000
1 Supervisor de turno	1	1	1	2,000,000	6,000,000	72,000,000
3 Ayudantes de bandas	3	3	3	700,000	2,100,000	25,200,000
3 Peones de brigada	3	3	3	800,000	2,400,000	28,800,000

APEA: ENVASE Y EMBARQUE

#	(horario mixto)			Sueldo/Mes Unitario	Sueldo Mens. Total	Sueldo Tot. /año
1 Jefe de área	(horario mixto)			2,800,000	2,800,000	33,600,000
1 Supervisor de turno	1	1	1	2,000,000	6,000,000	72,000,000
2 Operadores de bombas	2	2	2	1,800,000	5,400,000	64,800,000
1 Operador de montacargas	1	1	-	1,200,000	2,400,000	28,800,000
1 Operador de Trackmobil	1	1	1	1,800,000	4,800,000	57,600,000
1 Garrotero	1	1	1	1,200,000	3,600,000	43,200,000
1 Pesador	1	1	1	800,000	2,400,000	28,800,000
1 Oficial de reparto	1	1	1	1,800,000	4,800,000	57,600,000
1 Encargado de sacos	1	1	-	1,500,000	3,000,000	36,000,000

MANO DE OBRA INDIRECTA (continuación)

AREA: LAB. Y CONT. DE CAL.	1er. Turno	2do. Turno	3er. Turno	Sueldo/Mes Unitario	Sueldo Mens. Total	Sueldo Tot. /año
#						
1 Jefe de inv. y des.		(Horario mixto)		2,500,000	2,500,000	30,000,000
1 Jefe de pruebas quim.		(Horario mixto)		2,000,000	2,000,000	24,000,000
1 Jefe de pruebas fis.		(Horario mixto)		1,900,000	1,900,000	22,800,000
1 Supervisor de turno	1	1	1	2,000,000	6,000,000	72,000,000
2 Briqueteros	2	-	-	700,000	1,400,000	16,800,000
1 Operador de comp. R-X	1	1	1	900,000	2,700,000	32,400,000
1 Encargado de finuras	1	1	1	800,000	2,400,000	28,800,000
1 Encargado de cal libre	1	1	1	800,000	2,400,000	28,800,000

AREA: MATENIMIENTO

#						
1 Jefe de plan. y prog.		(Horario mixto)		2,800,000	2,800,000	33,600,000
1 Jefe de manto. elect.		(Horario mixto)		2,800,000	2,800,000	31,200,000
1 Jefe de manto. mecánico		(Horario mixto)		2,600,000	2,600,000	31,200,000
1 Jefe de instrumentación		(Horario mixto)		2,600,000	2,600,000	31,200,000
1 Jefe de electrónica		(Horario mixto)		2,800,000	2,800,000	31,200,000
5 Aux. de prog. elect y mec.		(Horario mixto)		2,400,000	12,000,000	144,000,000
1 Ayud. de manto. elect. E		4	-	1,200,000	12,000,000	144,000,000
10 Ayud. de manto. mecán. E		4	-	1,200,000	12,000,000	144,800,000
2 Ay. de inst. y electronic.		(Horario mixto)		1,400,000	2,800,000	33,600,000
2 Torneros		(Horario mixto)		1,800,000	3,600,000	43,200,000
2 Fresadores		(Horario mixto)		1,800,000	3,600,000	43,200,000
2 Soldadores		(Horario mixto)		1,900,000	3,800,000	45,600,000
2 Ayudantes de soldador		(Horario mixto)		1,000,000	2,000,000	24,000,000

MANO DE OBRA INDIRECTA (continuación)

AREA: VIGILANCIA

	1er.	2do.	3er.	Sueldo/Mes	Sueldo	Sueldo
#	Turno	Turno	Turno	Unitario	Mens. Total	Tot. /año
1 Cabo de turno	1	1	1	1,100,000	3,300,000	39,600,000
4 Policías industriales	4	4	4	900,000	10,800,000	129,600,000

AREA: DEPTO. TECNICO

1 Jef. de proceso en crudo	(Horario mixto)	3,000,000	3,000,000	36,000,000
1 Jef. de proceso en calc.	(Horario mixto)	3,200,000	3,200,000	38,400,000
1 Jef. de proceso en cem.	(Horario mixto)	3,000,000	3,000,000	36,000,000
1 Jef. de ing. eléct.-mec.	(Horario mixto)	3,100,000	3,100,000	37,200,000
1 Aux. de ing. eléct.-mec.	(Horario mixto)	1,800,000	1,800,000	21,600,000
1 Dibujante téc.-indust.	(Horario mixto)	1,500,000	1,500,000	18,000,000
1 Aux. de dibujante	(Horario mixto)	1,200,000	1,200,000	14,400,000

TOTAL(M. O. INDIRECTA): \$ 3,000,000,000

\* Fuente: Encuesta directa realizada en Cementos Anáhuac S. A.  
 Planta Barrientos, Tlalnepanitla, edo. de México.  
 (Costos para Jun'92)

### 3.9 Licenciadores de Equipo y Tecnología

#### Situación Nacional

El proceso de fabricación de Cemento está basado en la utilización intensiva de maquinaria y equipo muy especializado en las distintas áreas de proceso. Al respecto, la industria nacional ha obtenido un nivel tecnológico en producción comparable al de los países industrializados. Sin embargo, es importante destacar que a pesar de que la producción de cemento cuenta con más de 80 años de experiencia en nuestro país, aún se importa gran parte del equipo principal y se contrata a consultores técnicos extranjeros para la elaboración y desarrollo de nuevos proyectos.

La información de los proyectos que se están llevando a cabo para construir dos plantas con capacidad instalada de 900 mil toneladas anuales cada una, muestra que entre el 28% y el 29.6% de la inversión total se destina a la obra civil, alrededor del 50% para maquinaria y equipo, incluyendo el montaje; el resto lo constituye el pago de impuestos, seguros, fletes y la capacitación del personal. Cabe señalar que el contenido de importación en el valor total del equipo, es del orden del 60%.

De acuerdo a la participación nacional en la fabricación del equipo mecánico utilizado por la industria cementera, éste se clasifica en tres grupos: el primero se refiere al equipo de fabricación totalmente nacional, el segundo es aquel que tiene cierto grado de participación nacional y el tercero es el equipo totalmente importado. Por lo que respecta al equipo de fabricación completamente nacional, es un equipo estandarizado simple, de uso general en otras industrias, con una gran participación de estructuras metálicas y de pailería. El equipo de fabricación mixta es un poco más especializado, aun cuando la parte de fabricación nacional se concentra nuevamente en elementos metálicos de soporte estructural y de pailería. Finalmente, el equipo que se importa completamente comprende equipo muy especializado que no se puede desintegrar, así como materiales con calidades muy especiales, como son los molinos, sus bolas y su

recubrimiento interno con duración de por vida, de los cuales depende, en gran medida, la vida útil de operación de los molinos sin mantenimiento.

En lo referente a la adquisición de tecnología incorporada, en la actualidad sólo existen dos proveedores que prácticamente dominan el abastecimiento de equipo principal para la industria Mexicana de cemento: F.L.Smith de Dinamarca y Polysius de Alemania. La evidente preferencia de los productores nacionales de Cemento para adquirir tecnología incorporada europea, radica en la calidad de la maquinaria, así como en los servicios rápidos y efectivos de reparación y mantenimiento que prestan sus proveedores, quienes cuentan con instalaciones propias adecuadamente equipadas en México.

Es importante señalar que según la participación de personal propio en el montaje de la planta, existen dos estrategias conocidas como el sistema "llave en mano", y el sistema de participación. Con el primero el proyecto lo lleva a cabo integralmente el contratista general, el cual capacita al personal propio de la empresa cementera en la fase de montaje, en especial a los trabajadores que se encargarán del mantenimiento.

Por lo que corresponde a la transferencia de tecnología no incorporada, ésta se refiere a la contratación de servicios de ingeniería básica y de detalle, de estudios de factibilidad técnicos y económicos, la selección de equipo, capacitación del personal y de la supervisión general del proyecto, así como de la asistencia técnica para aumentar la productividad y reducir los costos de operación. Cabe señalar que en virtud de que los nuevos proyectos se llevan a cabo en forma muy esporádica, las empresas cementeras no cuentan con el personal altamente especializado para realizarlos. Los principales proveedores de tecnología no incorporada que operan en México son: Holderbank Financiera Glaris de Suiza, Blue Circle Industries de Inglaterra y Asland-Sereland de España.

En la actualidad se pretende alcanzar un mayor grado de integración nacional en la fabricación de equipo para la industria cementera, para lo cual se han implementado incentivos fiscales, que otorgan una exención de impuestos del 20% cuando la participación nacional en el valor total del equipo es superior al 50% .

#### Proveedores de Tecnología

Medidas por su penetración en el mercado internacional de equipo para industria cementera, las principales empresas proveedoras son F.L.Smidth y Polysius, cuyas participaciones son del 25% y el 20% del total, respectivamente. La primera es una empresa independiente orientada a la producción y comercialización de equipo para las industrias minera y del Cemento, cuenta con plantas de fabricación en Dinamarca, Alemania, Estados Unidos y en Brasil, además de oficinas de representación en otros países entre ellos México. Por su parte, Polysius es una filial del consorcio industrial alemán KRUPP y el equipo para la industria cementera representa alrededor del 90% de sus ventas totales; asimismo cuenta con plantas productoras en Alemania, Francia, Inglaterra, España, Sudáfrica, Estados Unidos y Brasil.

El resto de los proveedores de equipo para la industria cementera, tienen una participación menor al 10% del mercado mundial. Entre ellos, destacan las empresas Humboldt y Sket de Alemania, Gaxt-Fuller y Allis Chalmers de Estados Unidos, las empresas japonesas Mitsubishi, Ishikawajima Harima y Kawasaki Onada. Aun cuando actualmente no existe equipo japonés en México, se espera en un futuro cercano la entrada de tecnología de ese país con precios competitivos.



### 3.10 Localización Probable para una Planta Cementera

Aunque estrictamente, el presente trabajo no es un estudio de prefactibilidad, se analizó de una manera breve pero objetiva la localización probable para una planta, teniendo en cuenta que este trabajo puede ser el antecedente para un estudio más detallado.

Uno de los factores más importantes para la instalación de una planta cementera es la disponibilidad y calidad de las materias primas: caliza y arcilla para cemento normal y puzolánico. El yeso y escoria no son de gran problema si se dispone de vías de comunicación tales como carreteras pavimentadas y vías férreas.

Otro aspecto importante en la localización de una planta es la ubicación de los clientes potenciales, que pueden ser canalizados a través de distribuidores exclusivos, casas de materiales, constructoras, concreteras, etc.

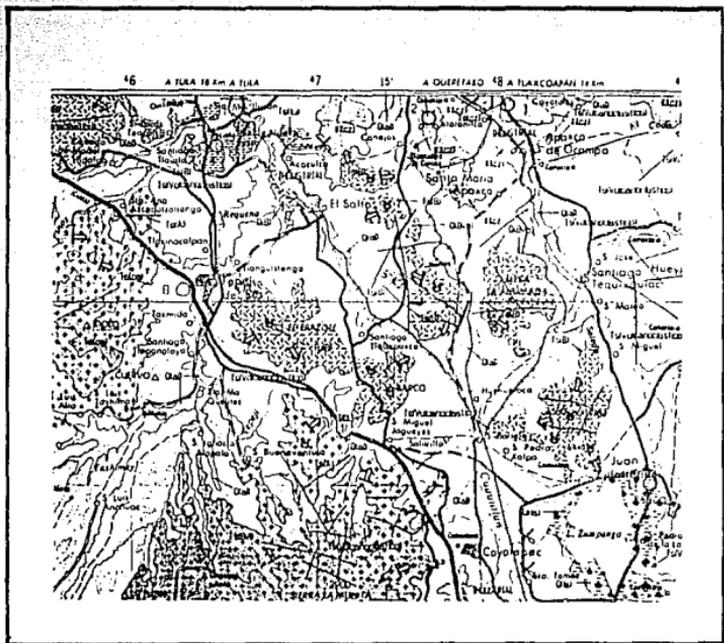
Existen otros aspectos que aunque de menor importancia que los mencionados anteriormente, no dejan de ser decisivos, tales como la disponibilidad de combustibles (combustóleo y gas natural), energía eléctrica y adecuadas vías de comunicación y transporte. Cabe aclarar que la localización de una planta cementera es distinta a la localización de otro tipo de plantas químicas, ya que por lo general estas últimas se localizan en algunos parques industriales, lo que no sucede para una cementera.

Los siguientes aspectos muestran de manera general los requisitos necesarios para la instalación de una planta cementera:

Requisito	Características deseables
Yacimientos de caliza	Lo más cerca posible de la planta, adecuada para explotación y buena calidad química
Yacimientos de arcilla	Cerca de la planta, adecuada para explotación y buena calidad química
Yacimientos de Puzolana	Lo más homogénea posible físicamente y químicamente de calidad química adecuada
Carreteras Pavimentadas	De fácil acceso a autopistas
Vías Férreas	Para transporte de materias primas y producto
Red Eléctrica	Para alta tensión y trifásica
Agua Potable	Para uso sanitario y General
Red Telefónica	Disponible para varias líneas
Combustible y Gas natural	Cerca de centros de distribución o refinerías para transporte en carros tanque

Adicionalmente la planta deberá localizarse cerca del Distrito Federal, Zona metropolitana y estado de México (municipios de Cuautitlán, Naucalpan y Tlalnepantla), por ser estos lugares los mayores consumidores de cemento, cerca del 22% del total nacional.

El siguiente mapa geológico-geográfico, muestra una zona del estado de Hidalgo, uno de los estados con mayores yacimientos de caliza, arcillas y puzolanas. La ubicación de estos materiales en dicha zona posee además disponibilidad de vías de comunicación, combustibles, energía eléctrica y esta cercana al Edo de México y D.F. aproximadamente a 70 kms. de distancia.



Dados los requerimientos descritos anteriormente y las características de la zona de Hidalgo, la localización más probable para una planta cementera, sería en el poblado de Conejos, perteneciente al municipio de Tula de Allende, Hidalgo. Dicho poblado cuenta con las siguientes características:

#### Yacimientos de Caliza

Ubicados a 3 kms. con calidad química adecuada, opcionalmente se dispone de algunos cerros en zonas cercanas en un radio no mayor a 10 kms. de Conejos, Hgo., en poblaciones como Bomintzhá, Cerro Jardín, Santa Ma. Apaxco y Atotonilco de Tula. La duración de estos yacimientos es variable, de 1 a 5 años.

#### Yacimientos de Arcilla

Ubicados a 3 kms. con calidad química aceptable y fácil explotación, opcionalmente se dispone de algunos cerros en zonas cercanas en un radio no mayor a 15 kms., en poblaciones como San Lucas, Tepeji del Río, Santa Ma. Ilucán y Atotonilco de Tula Hgo. La duración de estos yacimientos es lo suficiente para abastecer a una planta por lo menos 15 años.

#### Yacimientos de Puzolana

Ubicados a 15 kms. con calidad química aceptable y de fácil explotación. Se encuentran ubicados en los ejidos de Santa Ma. Ilucan, Tepeji del Río y Tula de Allende Hgo. La duración de los yacimientos es muy variable y no se dispone de información precisa, aunque tomando en cuenta las zonas cercanas a Conejos Hgo., estas garantizan un abasto de por lo menos 10 años.  
Carreteras y Autopistas

#### Carreteras

Existen en la zona carreteras pavimentadas para el transporte de producto terminado y materias primas en camiones; del Poblado de Conejos a la carretera federal México-Refinería Miguel Hidalgo-

Tula de Allende, la cual se comunica con la autopista México-Querétaro, también se dispone de carreteras que las comunican a ciudades y poblados principales, a sí como a la capital, Pachuca, Hgo. Para el caso de los yacimientos de caliza y arcilla se tienen que abrir caminos que comuniquen a las canteras con la planta, recuperando la inversión en pocos años.

#### Vías Férreas

Se cuenta con una vía férrea que comunica a esta zona con el estado de México.

#### Red Eléctrica

Se dispone de red eléctrica para uso doméstico. Dado que se requiere de servicio de alta tensión (20 kvolts), se encuentra a 4 kms. la central termoeléctrica "Fco. Perez Ríos" de la CFE.

#### Combustóleo y Gas Natural

La Refinería Miguel Hidalgo de PEMEX ubicada a 5 kms., la cual suministra combustóleo y gas natural.

#### Red Telefónica

Se dispone de líneas telefónicas hasta el poblado de Atotonilco de Tula, requiriendo una ampliación hasta el poblado de Conejos, cuya distancia es de 2 kms. aproximadamente.

#### Agua Potable

Aunque la región es semi-desértica, existen algunos manantiales de aguas duras, requiriendo un adecuado proceso de tratamiento de agua por su alto contenido de carbonatos, de calcio, principalmente, para uso general y sanitario.

---

**CAPITULO IV**  
**ANALISIS FINANCIERO**

---

## Introducción

Los altos requerimientos de inversión para la industria Cementera, es una de las principales barreras desde el punto de vista financiero y de inversión total.

Otro aspecto importante es referente a los costos de producción, ya que si el nivel de éstos para una planta cementera es más alto con respecto a otras, a futuro tendrá menos posibilidades de competencia y penetración en los mercados aledaños, corriendo el riesgo de desaparecer totalmente del mercado, tal es el caso actualmente de la compañía Cementos Hidalgo S.C.L.

Es bien conocido que un Análisis Financiero preliminar es el que decide la puesta en marcha para una planta, al determinar la rentabilidad de ésta en su periodo de vida útil.

Para estimar la situación financiera de una planta es necesario elaborar documentos que se denominan Estados Financieros. Dicha situación es una parte muy importante dentro de un análisis económico, ya que se obtiene información sobre las utilidades, y si estas son satisfactorias; también proporciona información presupuestaria a los socios o acreedores, los cuales otorgan créditos financieros.

En este trabajo se realizó un Análisis Financiero Comparativo entre la producción de Cemento Normal y Puzolánico, con el fin de cuantificar desde el punto de vista económico-ingenieril, cuál sería la mejor opción. Dicho análisis es breve pero objetivo en el rubro de producción, ya que la mayoría de la información se recopiló de fuentes directas y reales en la industria Cementera y CANACEM (Cámara Nacional de Cemento) principalmente.

En el análisis se evaluó comparativamente para ambos tipos de Cemento, los siguientes indicadores financieros:

- Valor Presente Neto (VPN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Tiempo de Recuperación del Capital (TRC)

Para lo anterior se definió y estimó, la Inversión Total, Estructura Financiera, Presupuesto de Ingresos, Presupuesto de Egresos, Estado de Resultados y Estado de Flujo de Efectivo.

#### 4.1 Inversión Total

Esta comprende los Activos Fijos, Activos Diferidos y Capital de Trabajo. Los activos se clasifican dependiendo de su grado de disponibilidad, es decir, de su menor o mayor facilidad para convertir en efectivo el valor de un determinado bien, así los elementos que forman el activo se clasifican en Activos Fijos y Diferidos, los cuales contoplan de manera general:

Activos Fijos { Terrenos  
Edificios  
Obras Civiles  
Mobiliario y equipo de oficina  
Maquinaria  
Vehículos de Transporte  
Equipo de Proceso

Activos Diferidos { Gastos notariales  
Licencias e Impuestos  
Publicidad Inicial  
Facturas y Papelería  
Gastos de instalación  
Pruebas, arranque y puesta en marcha

El Capital de Trabajo para la Industria Cementera contempla:

Capital de Trabajo { Materias primas  
Servicios auxiliares  
Mano de obra  
Otros (sacos de papel)

#### 4.1.1 Estructura porcentual de la Inversión Total

A continuación se muestra el monto y la estructura porcentual para producción de Cemento Normal y Puzolánico, para una planta con capacidad de 1.18 millones de toneladas anuales, dicha capacidad para cada tipo de cemento (normal y puzolánico) estimada en base al mercado y balance de masa del proceso, a precios de Junio de 1992.

##### a) Cemento Normal

La Inversión Total de la planta para Cemento Normal se estima en 716.487 miles de millones de pesos, de los cuales los activos fijos representan el 63.6% de ésta inversión, el cuadro siguiente muestra cada rubro que forma la inversión total, más adelante se da su forma de cálculo.

Concepto	Inversión (miles de millones de \$)	%
Activos Fijos	455.684	63.60
Activos Diferidos	218.941	30.56
Capital de Trabajo	41.862	5.84
Total	716.487	100.00

##### b) Cemento Puzolánico

De la misma forma que la anterior, el siguiente cuadro muestra el monto de la inversión y el porcentaje de cada rubro en la Inversión Total para Cemento Puzolánico.

Concepto	Inversión (miles de millones de \$)	%
Activos Fijos	455.684	63.99
Activos Diferidos	218.941	30.75
Capital de Trabajo	37.475	5.26
Total	712.100	100.00

#### 4.1.2 Estructura Porcentual e Inversión en Activos Fijos

Los Activos Fijos para una planta tanto de Cemento Normal como Puzolánico son iguales, ascienden a 455.684 miles de millones de pesos, donde el equipo de proceso y obras civiles son los activos de mayor peso segun se muestra en el cuadro siguiente:

Activo Fijo	Monto (miles de millones de \$)	%
Equipo de Proceso y maquinaria	171.048	37.54
Equipo eléctrico	47.893	10.51
Edificios de servicios	36.904	8.09
Obras Civiles	196.195	43.06
Terreno	2.250	0.49
Unidades de transporte	1.394	0.31
Total	455.684	100.00

#### 4.1.3 Estructura Porcentual e Inversión en Capital de Trabajo

Aunque el Capital de Trabajo representa el porcentaje menor en la Inversión Total, en el aspecto de producción es muy importante, por el alto costo de servicios auxiliares para la planta.

##### a) Cemento Normal

El siguiente cuadro muestra el monto de la inversión y su porcentaje de cada elemento que compone al Capital de Trabajo para producción de Cemento Normal.

Concepto	Monto (miles de millones de \$)	%
Materias primas	2.026	4.84
Servicios aux.	31.201	74.53
Mano de obra	4.164	9.95
Sacos de papel	4.470	10.68
Total	41.861	100.00

b) Cemento Puzolánico

De la misma forma que la anterior, el siguiente cuadro muestra cada elemento que conforma el Capital de Trabajo para producción de Cemento Puzolánico.

Concepto	Monto (miles de millones de \$)	%
Materias primas	2.844	7.59
Servicios aux.	25.996	69.37
Mano de obra	4.164	11.11
Sacos de papel	4.470	11.93
Total	37.474	100.00

4.2 Consideraciones y Bases de Cálculo para la Estimación de Costos

Para poder desglosar los activos fijos y diferidos, afortunadamente se obtuvo información de precios de Presupuesto para fábricas de Cemento de la Compañía Danesa F.L.Smidht & Co., muy reconocida en la industria del Cemento. Dicha información proporcionada por CANACEM; a continuación se describe:

Capacidad de clinker (ton/día)	1,600	2,000	2,500	3,150
Inversión Total (millones de \$USD)	98.9	112.6	128.3	147.4

Según esta fuente, para una planta de 3,150 ton.clinker/día se tiene:

Concepto	% del Costo
1 Equipo de proceso, maquinaria y equipo eléctrico	32.63
2 Montaje y puesta en marcha	13.57
3 Obras civiles	29.24
4 Transporte	3.39
5 Edificios de servicio	5.50
6 Costos diversos	6.78
7 Gastos imprevisibles	8.89

Base de precios: 1o. de Mayo de 1982

Condiciones para los costos:

Item-1: Incluye refacciones, y para equipo de cantera esta incluido el valor correspondiente al precio total de maquinaria y equipo eléctrico.

Item-2: Están incluidas obras como nivelación, desague, caminos y plataformas de acceso, el valor se considera con incertidumbre, ya que no es conocido el terreno.

Item-4: Incluye transporte y fletes desde Europa hasta un lugar en México central.

Item-5: Incluye edificios administrativos, laboratorios, talleres, almacenes, etc., con su equipo, máquinas y maquinaria correspondiente.

Item-6: Incluye viviendas durante la construcción de la planta, entrenamiento de personal, seguros, etc.

De los porcentajes anteriores, el costo del equipo principal se distribuye en las distintas áreas de producción, según F.L.Smith, de la manera siguiente:

Area	% del costo*
Trituración y almacenaje de materias primas	10
Molienda de crudo	14
Calcinación	24
Premolienda de clínker	6
Molienda de Cemento	15
Transporte, almacenaje y envase de cemento	8
Homogeneización, almacenes de máts. aditivos, tratamiento de agua.	23

(\*) con respecto al costo del equipo de proceso

El equipo eléctrico que corresponde a un 28% en promedio del valor del equipo de proceso, no puede ser distribuido entre las áreas de proceso y departamentos, ya que gran parte del mismo es común para toda la planta.

Adicionalmente, del costo variable de producción, el 24.5% corresponde a materiales y refacciones de mantenimiento (tabique refractario para hornos, bolas para molinos, etc.). Todos estos costos no incluyen adquisición de terreno ni gastos financieros.

#### 4.3 Inversión en Activos Fijos

Como se sabe, son los bienes propiedad de la empresa que tienen cierta permanencia o fijeza, son indispensables directa o indirectamente para las actividades productivas, y son adquiridos con el propósito de usarlos.

Para estimar parte de la Inversión inicial y obtener los activos fijos a partir de los datos anteriores de F.L.Smith, se utilizó el método de relación exponencial, el cual emplea la

siguiente ecuación:

$$I_x = I_y * (C_x/C_y)^n$$

donde:

$I_x$ : Inversión inicial deseada para la planta x

$I_y$ : Inversión inicial conocida para la planta y

$C_x$ : Capacidad proyectada para la planta x (estudio técnico)

$C_y$ : Capacidad conocida para la planta y

n : exponente cuyo valor fluctúa entre 0.6 y 0.95

Para nuestro caso, según información de F.L.Smith:

$I_x = 147,400,000$  \$US Dólares

$C_x = 3945$  tons.clinker/día

$C_y = 3150$  tons.clinker/día

$n = 0.7$  (según CANACEM y F.L.Smith)

por lo tanto la inversión inicial o costo a partir de la fórmula y datos anteriores:

**Costo Inicial = 172,549,200 \$US Dólares (Mayo de 1982)**

El costo actualizado a Junio'92 por índices:

Costo(Junio'92) = Costo(Mayo'82) \* Índice Junio'92/Índice Mayo'82

Los índices inflacionarios para la industria del cemento son:

Índice Junio'92 = 953.4 (Chemical Engineering, Agosto 1992)

Índice Mayo'82 = 767.4 (Chemical Engineering, Julio 12, 1982)

por lo tanto el costo en Junio'92 = 214,341,158 \$US dólares en pesos mexicanos ( 1 dólar = 3,131 pesos en Junio'92):

**Costo Inicial de la Planta = \$670,981,724,500.00 pesos**

El cuadro siguiente muestra información adicional de F.L.Smith, para obtener el costo del equipo de proceso y equipo eléctrico.

Descripción del costo	Porcentaje
Equipo de proceso + equipo eléctrico	32.63% de la inversión inicial
Equipo eléctrico	28% del equipo eléctrico

Si del costo anterior (\$670,981,724,500.00), el 32.63% corresponde al costo del equipo de proceso y equipo eléctrico, resulta un costo de \$218,941,336,700.00 pesos, para éstos. Por otra parte del cuadro anterior, el monto del equipo eléctrico corresponde a un 28% en promedio del equipo mecánico, por consiguiente podemos evaluar el monto del equipo de proceso y equipo eléctrico por separado mediante las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned}
 x &: \text{costo del equipo de proceso} \\
 y &: \text{costo del equipo eléctrico} \\
 x + y &: \text{costo del equipo de proceso y eléctrico} \\
 x + y &= \$218,941,336,700 \\
 \text{además: } y &= 0.28 * x \\
 \text{resolviendo para } x, y &: \\
 x &= 171,047,919,300 \\
 y &= 47,893,417,400
 \end{aligned}$$

Así, del costo del equipo de proceso (171,047,919,300) como anteriormente se mencionó, el 10% es para el área de trituración y almacenaje de materias primas, 14% para molienda de crudo, 24% para calcinación, 6% para premolienda de clínker, 15% para molienda de cemento, 8% para transporte, almacenaje y envase de cemento y el 23% para equipo de homogeneización, filtros, transporte de clínker, almacenes de materiales aditivos y tratamiento de agua.

La siguiente tabla muestra parte de los activos fijos para Cemento Normal y Puzolánico, los cuales son iguales para ambos:

Area de Proceso	Monto (\$Jun'92)
Trituración y almacenaje de materias primas	17,104,791,930
Molienda de Crudo	23,946,708,700
Calcinación	41,051,500,630
Premolienda de clínker	10,262,875,160
Molienda de Cemento	25,657,187,900
Transporte, almacenaje y envase de cemento	13,683,833,540
Homogeneización, tratamiento de agua, etc.	39,341,021,440
Subtotal (A)	171,047,919,300

A continuación se desglosan otros activos fijos estimados con la anterior información de F.L.Smidht.

Concepto	Monto (\$Jun'92)
Equipo eléctrico	47,893,417,400
Edificios de servicios (5.50% de la inv.inicial)	36,903,994,850
Terreno (25 Hectáreas)*	2,250,000,000
Obras civiles (29.24% de la inversión inicial)	196,195,056,000
Subtotal (B)	283,242,468,500
Subtotal (A)+Subtotal (B)	454,290,387,750

(\*) Fuente: Ejido de Santa Ma. Ilucan, Hgo., encuesta directa a ejidatarios, con un precio de \$90,000,000/hectárea en Jun. 92.

Para el equipo de transporte mínimo necesario para la operación de la planta:

Unidad de Transporte	Monto(\$)*
2 Pipas Kenworth mod.90 para combustible de 40 ton.	440,000,000
2 Pipas Kenworth mod.90 para gas de 40 ton.	420,000,000
4 Camiones de Volteo Ford mod.82 para transporte	180,000,000
2 Camionetas Ford Mod.91 de 3 1/2 tons. para almacén	76,000,000
2 Pick up Nissan mod. 91 para departamento mecánico	52,000,000
2 Volkswagen Sedán mod.91 para usos generales	36,000,000
2 Montacargas Clark C500 de 10,000 lbs. para almacén	190,000,000
Total	1394,000,000

\*Fuente:Aviso Oportuno, Periódico "El Universal" Precios para Jun.'92

En resumen los Activos Fijos tanto para Cemento Normal como Puzolánico, y el monto de éstos, es como sigue:

Concepto	Monto (\$)
Equipo de Proceso, Maquinaria e instalaciones	454,290,387,800
Unidades de Transporte	1,394,000,000
Total de Activos Fijos	455,684,387,800

#### 4.4 Activos Diferidos

Son el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarios para su funcionamiento, o sea los gastos preoperativos, de los que se espera recibir un servicio aprovechable, ya sea en el ejercicio en curso o posteriormente. Este rubro incluye: gastos notariales y de escrituración, marcas comerciales o industriales, asistencia técnica o transferencia de tecnología, gastos de instalación y arranque, contratos de servicios (energía eléctrica, teléfonos,

etc.), capacitación de personal, y todos aquellos gastos preoperativos intangibles. Para nuestro caso nuevamente se evaluó, de acuerdo a información de F.L.Smith & Co.

En general, los activos diferidos para una cementera contemplan (como ya se mencionó anteriormente): montaje y puesta en marcha 13.57%, transportes y fletes 3.39%, costos diversos 6.87% y gastos imprevisibles 8.89%, todos éstos porcentajes con respecto a la inversión total inicial (670,981,724,500.00).

La parte referente a costos diversos incluye capacitación de personal, seguros, trámites legales y administrativos. La siguiente tabla muestra los Activos Diferidos que son iguales para producción de Cemento Normal y Puzolánico.

Concepto	Monto (\$)
Montaje y puesta en marcha	91,052,220,010
Transportes y Fletes	22,746,280,460
Costos Diversos	45,492,560,920
Gastos Imprevisibles	59,650,275,310
Total	218,941,336,700

#### 4.5 Capital de Trabajo

En términos prácticos, es el monto requerido para que la planta o empresa inicie su funcionamiento, es decir, hay que financiar la primera producción antes de recibir ingresos, por lo que debe pagarse materia prima, mano de obra que la transforme, posibilidad de otorgar crédito a los clientes en las primeras ventas y contar con cierta cantidad en efectivo para sufragar los gastos diarios de la empresa. Todo esto constituye el Activo Circulante.

Pero al mismo tiempo se puede obtener crédito a corto plazo en conceptos tales como impuestos, algunos servicios y proveedores; esto es el llamado Pasivo Circulante. De aquí se deriva el

concepto de Capital de Trabajo, es decir el capital con que hay que contar para empezar a operar.

Dada la magnitud de este capital para una Cementera, se consideró un periodo de seis meses para financiarse. Adicionalmente el Capital de Trabajo es diferente entre la producción de Cemento Normal y Puzolánico, referente a servicios y materia prima requerida.

#### 4.5.1 Capital de Trabajo para Cemento Normal

##### a) Monto por materias primas (del Balance de Masa)

M.Prima	Cantidad (tons.)	Costo (\$/ton.)	Costo Semestral(\$)
Caliza	617,909	1,750.00	1,081,340,750
Arcilla	146,643	3,270.00	479,522,610
Escoria	7,687	55,000.00	422,785,000
Yeso Nat.	39,026	1,080.00	42,148,080
Total			2,025,796,440

##### b) Servicios Auxiliares (del Balance de Masa y Energía)

###### -Energía Eléctrica

Costo Mensual	Costo Semestral(\$)
2,402,451,717	14,414,710,300

###### -Gas Natural

Demanda Calorífica (millón de cal./sem.)	Costo* (\$/millón de cal.)	Costo Semestral (\$)
54,085,232.60	29.61	1,601,463,738

###### -Combustóleo

Demanda (lts./sem.)	Costo* (\$/lt.)	Costo Semestral (\$)
53,707,560	281.0	15,091,824,360

\*Fuente: Subgerencia de Desarrollo Comercial, PEMEX  
Precios para Zona Centro (incluyen IVA).

**-Aceite Térmico (Recirculación en todo el circuito)**

Requerimiento (lts.)	Costo* (\$/lt.)	Costo Total (\$)
37,939	2,455.0	93,140,245

\*Fuente: Texaco, S.A. de C.V., División Aceites Especiales  
El costo incluye envase e IVA, para Jul.'92.

**c) Mano de Obra (del análisis técnico)**

Costo Semestral (\$)
4,164,420,000.0

**c) Sacos de papel cartón (para 60% de la producción)**

Requerimiento (sacos/sem.)	Costo* (\$/saco)	Costo Semestral (\$)
7,450,380	600.0	4,470,228,000.0

\*Fuente: Sacos de Tula, S.A. de C.V.  
Precio incluye IVA, para Jun.'92.

**TOTAL**

Concepto	Costo (\$)
Materias Primas	2,025,796,440
Servicios Auxiliares	31,201,138,643
Mano de Obra	4,164,420,000
Sacos de papel cartón	4,470,228,000
<b>TOTAL</b>	<b>41,861,583,083</b>

**4.5.2 Capital de Trabajo para Cemento Puzolánico**

**a) Monto por materias primas (del Balance de Masa)**

M.Prima	Cantidad (tons.)	Costo (\$/ton.)	Costo Semestral(\$)
Caliza	495,510	1,750.00	867,142,500
Arcilla	117,669	3,270.00	384,777,630
Escoria	5,913	55,000.00	325,215,000
Yeso Nat.	39,026	1,080.00	42,148,080
Puzolana	109,391	11,200.00	1,225,179,200
<b>Total</b>			<b>2,844,462,410</b>

b) Servicios Auxiliares (del Balance de Masa y Energía)

-Energía Eléctrica

Costo Mensual	Costo Semestral(\$)
2,090,168,048	12,541,008,228

-Gas Natural

Demanda Calorífica (millón de cal./sem.)	Costo* (\$/millón de cal.)	Costo Semestral (\$)
43,354,035.63	29.61	1,283,712,995

-Combustóleo

Demanda (lts./sem.)	Costo* (\$/lt.)	Costo Semestral (\$)
43,051,020	281.0	12,097,336,620

\*Fuente:Subgerencia de Desarrollo Comercial, PEMEX  
Precios para Zona Centro (incluyen IVA).

-Aceite Térmico (Recirculación en todo el circuito)

Requerimiento (lts.)	Costo* (\$/lt.)	Costo Total (\$)
30,441	2,455.0	74,659,005

\*Fuente:Texaco, S.A. de C.V., División Aceites Especiales  
El costo incluye envase e IVA, para Jul.'92.

c) Mano de Obra (del análisis técnico)

Costo Semestral (\$)
4,164,420,000.0

d) Sacos de papel cartón (para 60% de la producción)

Requerimiento (sacos/sem.)	Costo* (\$/saco)	Costo Semestral (\$)
7,450,380	600.0	4,470,228,000.0

\*Fuente:Sacos de Tula, S.A. de C.V.  
Precio incluye IVA, para Jun.'92.

**TOTAL (C. Puzolánico)**

Concepto	Costo (\$)
Materias Primas	2,844,462,410
Servicios Auxiliares	25,996,716,848
Mano de Obra	4,164,420,000
Sacos de papel cartón	4,470,228,000
TOTAL	37,475,827,258

Como se puede observar, en el aspecto de producción para Cemento Normal y Puzolánico, referente al consumo de servicios auxiliares (energía eléctrica y combustibles), existe una diferencia importante en el costo, este efecto se tratará más a fondo en los siguientes puntos del Análisis Financiero.

#### 4.6 Estructura Financiera

En esta parte se establece el origen del capital para la Inversión Total; es un aspecto importante por el monto de dicha inversión.

En realidad la industria Cementera recurre a instituciones de crédito extranjeras, o bien asociarse con un grupo industrial grande como CENEX (Cementos Mexicanos). Esto se debe a que, para éste tipo de industria, los créditos del exterior ofrecen mejores comodidades de pago referentes a tasas de interés bajas y plazos de pago largos, según información de NAFINSA y de las propias Cementeras.

Aunque el presente trabajo no es un proyecto de inversión, se requiere evaluar los beneficios económicos comparativamente en la producción de Cemento Puzolánico con respecto al Normal, por lo tanto, la estructura financiera se consideró de la siguiente manera:

- a) Aportación de accionistas y/o Socios: 80% de la Inv. Total
- b) Financiamiento: 20% de la Inversión Total.
- c) Tasa de interés anual\*: (CPP\*\* + 6)
- d) Plazo de pago igual a 5 años con 20 periodos de capitalización trimestrales

\* Tasa de interés según NAFINSA

\*\* CPP(Costo Porcentual Promedio para Jun.'92 :16.01)  
Fuente:Periodico "El Financiero", 10. Jul.'92

##### 4.6.1 Estructura Financiera para Cemento Normal

El cuadro siguiente, muestra el monto y la estructura del financiamiento para Cemento Normal.

Concepto	Monto (\$)
Inversión Total	716,487,307,600.00
Aportación de accionistas	573,189,846,100.00
Financiamiento	143,297,461,500.00

#### 4.6.2 Estructura Financiera para Cemento Puzolánico

De la misma forma que la anterior, se muestra con el siguiente cuadro la estructura financiera para Cemento Puzolánico.

Concepto	Monto (\$)
Inversión Total	712,101,551,800.00
Aportación de accionistas	569,681,241,400.00
Financiamiento	142,420,310,500.00

#### 4.7 Presupuesto de Ingresos

Para la industria Cementera es común considerar ventas netas (la producción es igual a las ventas).

Adicionalmente, dado que se tiene un excedente para producción de clínker según el análisis técnico, éste también se comercializa, obteniéndose ingresos extras. Entonces los ingresos para cada tipo de cemento abarcan:

- Ingresos por venta de Cemento a Granel (40% de la producción)
- Ingresos por venta de Cemento Envasado (60% de la producción)
- Ingresos por venta de clínker (70% del excedente)

En la industria Cementera para plantas con capacidad de un millón tons./año también es común, en el arranque de la planta, operar al 100% de capacidad instalada desde el primer año de producción, por el alto costo de servicios e insumos que requiere el equipo principal; previamente con una demanda garantizada por un estudio de mercado.

#### 4.7.1 Presupuesto de Ingresos para Cemento Normal

El siguiente cuadro muestra el monto para cada tipo de ingreso, así como el presupuesto total para el Cemento Normal.

Concepto	Volúmen (tons./año)	Precio Pcto. (\$/ton.)	Ingreso Anual ( \$ )
Cemento a Granel	473,040	260,000.00	122,999,400,000.00
Cemento Envasado	709,560	295,000.00	209,320,200,000.00
Clinker a Granel	152,490	227,000.00	34,615,230,000.00
INGRESOS TOTALES	--	--	366,925,830,000.00

#### 4.7.2 Presupuesto de Ingresos para Cemento Puzolánico

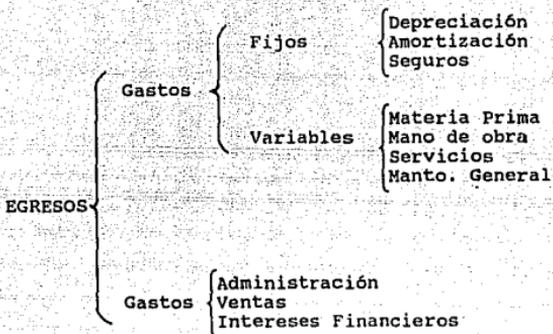
De la misma forma que la anterior, se muestra cada tipo de ingreso, así como el presupuesto total para el Cemento Puzolánico.

Concepto	Volúmen (tons./año)	Precio Pcto. (\$/ton.)	Ingreso Anual ( \$ )
Cemento a Granel	473,040	270,000.00	127,720,800,000.00
Cemento Envasado	709,560	305,000.00	216,415,800,000.00
Clinker a Granel	287,730	227,000.00	65,314,710,000.00
INGRESOS TOTALES	--	--	409,451,310,000.00

#### 4.8 Presupuesto de Egresos

Esta formado por los Costos Fijos, Variables, Gastos de Administración, Ventas y Financieros. Es importante aclarar que para nuestro caso, la producción de Cemento, solo los costos variables y los gastos financieros son diferentes entre la producción de Cemento Normal y Puzolánico, mientras que los costos fijos, gastos de administración y ventas son iguales.

El siguiente esquema muestra en forma general los rubros que contemplan los egresos.



4.8.1 Costos Fijos para Producción de Cemento Normal y Puzolánico  
 El siguiente cuadro muestra la depreciación anual de los activos fijos, así como su monto.

Activos Fijos	Monto* (1 x 10 <sup>9</sup> \$)	Vida Media (años)	Depreciación* (1 x 10 <sup>9</sup> \$)
Maquinaria y Equipo de proceso	171.048	10	17.104
Equipo eléctrico	47.893	10	4.789
Edificios de serv.	36.904	20	1.845
Obras civiles	196.195	20	9.809
Terreno	2.250	∞	-
Unidades de Transp.	1.394	5	0.279
TOTAL			33.826

(\*) 1 x 10<sup>9</sup> \$ = miles de millones de pesos para Jun'92.

#### Amortización para Cemento Normal y Puzolánico

El cargo por Amortización se consideró como el monto de los activos diferidos entre 10 años de vida útil de la planta, que es el promedio para un análisis contable, aunque en realidad es mayor (30 años).

Amortización Anual :  $218.914/10 = 21.891$   
(miles de millones de \$)

#### Seguros

Para costos por concepto de seguros se consideró 3% de los costos del equipo de proceso, maquinaria mecánica, equipo eléctrico y unidades de transporte, éstos incluidos en los activos fijos.

Costos anuales por seguros :  $220.335 * 0.03 = 6.610$   
(miles de millones de \$)

#### 4.8.2 Costos Variables

Están constituidos por costos de materias primas, mano de obra directa, servicios e insumos, mantenimiento general, para el caso de una cementera.

Para el costo de mantenimiento general y refacciones se tomó el 24.5% de mats. primas + mano de obra + servicios, éste porcentaje es el que reporta F.L.Smith. Cabe aclarar que el insumo correspondiente al aceite térmico, no se contempla, ya que esta incluido en el capital de trabajo, y por sus características opera en un circuito cerrado y se recircula, su tiempo de servicio es de 6 años, según la compañía TEXACO.

#### 4.8.2a Costos Variables para Producción de Cemento Normal

La tabla siguiente muestra los costos variables para producción de Cemento Normal, evaluados en base al balance de masa y energía.

Concepto	Monto (miles de millones de \$)
Materias Primas	4.052
Mano de obra directa	2.785
Servicios	62.216
Sacos de papel-cartón	8.940
Manto. y refacciones	19.108
TOTAL	97.101

#### 4.8.2b Costos Variables para Producción de Cemento Puzolánico

De la misma manera se muestran éstos costos para la producción de Cemento Puzolánico.

Concepto	Monto (miles de millones de \$)
Materias Primas	5.688
Mano de obra directa	2.785
Servicios	51.844
Sacos de papel-cartón	8.940
Manto. y refacciones	16.968
TOTAL	86.225

#### 4.9 Gastos

Los gastos están constituidos por gastos de Administración y Ventas, gastos indirectos y financieros. Los gastos administrativos constituyen los sueldos de la plantilla administrativa como son el gerente, contadores, administrativos, secretarias, personal de ventas, etc., así como el pago de papelería y servicios utilizados por todo el personal administrativo.

Los gastos financieros constituyen tanto el pago del interés generado por el monto prestado por la institución de crédito, como el pago del capital, esto es la cantidad de dinero que se paga anualmente del monto prestado. Los pagos tanto de capital como interés se realizaron en veinte períodos de capitalización trimestral, resultando un interés de 3.3015% por período.

Las siguientes dos tablas, 4.1 y 4.2 muestran el interés y el capital que se debe pagar por período de capitalización durante cinco años de crédito, así como un resumen del interés y capital a pagar anualmente, para el financiamiento del Cemento Normal y Puzolánico respectivamente.

Como se puede observar comparativamente, en los egresos entre la producción de Cemento Normal y Puzolánico, existe una diferencia importante en el aspecto de producción, ya que en el primer año de operación la diferencia es de más de veintidós mil millones de pesos, favorables para la producción de Cemento Puzolánico, aumentando dicha diferencia en los siguientes años de operación.

TABLA 4.1 AMORTIZACION PARA CEMENTO NORMAL

AÑO	PERIODO	VALOR ORIGINAL	INTERES (3.3015%)	PAGO DE CAPITAL	SALDO FINAL
1	1	143.297	4.731	7.165	136.128
	2	136.128	4.494	7.165	128.963
	3	128.963	4.258	7.165	121.798
	4	121.798	4.021	7.165	114.633
2	5	114.633	3.785	7.165	107.468
	6	107.468	3.548	7.165	100.303
	7	100.303	3.312	7.165	93.138
	8	93.138	3.075	7.165	85.973
	9	85.973	2.838	7.165	78.808
	10	78.808	2.602	7.165	71.643
3	11	71.643	2.365	7.165	64.478
	12	64.478	2.129	7.165	57.313
	13	57.313	1.892	7.165	50.148
	14	50.148	1.656	7.165	42.983
4	15	42.983	1.419	7.165	35.818
	16	35.818	1.183	7.165	28.653
	17	28.653	0.946	7.165	21.488
	18	21.488	0.709	7.165	14.323
	19	14.323	0.473	7.165	7.165
5	20	7.165	0.236	7.165	0.000

RESUMEN DE INTERESES (C.NORMAL)  
(MILES DE MILLONES DE PESOS)

AÑO	INTERES	PAGO DE CAPITAL
1	17.504	28.660
2	13.720	28.660
3	9.934	28.660
4	6.150	28.660
5	2.364	28.660
	TOTAL	143.297

TABLA 4.2 AMORTIZACION PARA CEMENTO PUZOLANICO

AÑO	PERIODO	VALOR ORIGINAL	INTERES (3.3015X)	PAGO DE CAPITAL	SALDO FINAL
1	1	142.420	4.702	7.121	135.299
	2	135.299	4.467	7.121	128.178
	3	128.178	4.232	7.121	121.057
	4	121.057	3.997	7.121	113.936
	5	113.936	3.762	7.121	106.815
2	6	106.815	3.526	7.121	99.694
	7	99.694	3.291	7.121	92.573
	8	92.573	3.056	7.121	85.452
	9	85.452	2.821	7.121	78.331
	10	78.331	2.586	7.121	71.210
3	11	71.210	2.351	7.121	64.089
	12	64.089	2.116	7.121	56.968
	13	56.968	1.881	7.121	49.847
	14	49.847	1.646	7.121	42.726
	15	42.726	1.411	7.121	35.605
4	16	35.605	1.175	7.121	28.484
	17	28.484	0.940	7.121	21.363
	18	21.363	0.705	7.121	14.242
	19	14.242	0.470	7.121	7.121
	20	7.121	0.235	7.121	0,000

RESUMEN DE INTERESES (C.PUZOLANICO)  
(MILES DE MILLONES DE PESOS)

AÑO	INTERES	PAGO DE CAPITAL
1	17.398	28.484
2	13.635	28.484
3	9.874	28.484
4	6.113	28.484
5	2.350	28.484
	TOTAL	142.420

#### 4.10 Estados Financieros

##### Estado de Resultados

El estado de pérdidas y ganancias o estado de resultados es un documento que muestra detallada y ordenadamente desde el punto de vista contable, la utilidad (ganancias) y las pérdidas durante el ejercicio u operación de una empresa o institución; producción de Cemento en nuestro caso.

Basicamente consta de tres partes:

La primera consiste en analizar todos los elementos que entran en la compra-venta de mercancías para determinar la utilidad o pérdida, o sea la diferencia entre el precio del costo y el de venta del producto. Una vez determinado el monto de las ventas o Ingresos y el costo total (costos fijos + variables), la utilidad de ventas se determina mediante la diferencia aritmética entre el valor de las ventas netas y los costos totales, ésta diferencia también se denomina Utilidad Bruta.

La segunda parte constituye el análisis de los gastos de operación (administrativos, ventas, indirectos y financieros), la diferencia entre la Utilidad Bruta y el monto de gastos es para obtener la Utilidad de Operación.

La tercera y última parte es considerada la más importante, ya que se obtiene la Utilidad Neta del ejercicio, en éste caso la producción de Cemento. La Utilidad Neta es el resultado de la diferencia entre la Utilidad de Operación, el Impuesto sobre la Renta (I.S.R.) y el Reparto de Utilidades (R.U.). El I.S.R. es el Impuesto retenido a los trabajadores, y constituye el 32% de la Utilidad de Operación, el R.U. corresponde al 10% de dicha Utilidad.

Las tablas 4.3 y 4.4 muestran el Estado de Resultados para producción de Cemento Normal y Puzolánico respectivamente. También las tablas 4.5 y 4.6 presentan el Estado de Flujo de Efectivo para ambos tipos de Cemento.

TABLA 4.3

ESTADO DE RESULTADOS PARA PRODUCCION DE CEMENTO NORMAL  
 PRECIOS CONSTANTES A JUNIO DE 1992 (MILES DE MILLONES DE PESOS)

CONCEPTO	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS NETAS	366,925	366,925	366,925	366,925	366,925	366,925	366,925	366,925	366,925	366,925
MANT. PRIMAS	4,052	4,052	4,052	4,052	4,052	4,052	4,052	4,052	4,052	4,052
MANO DE OBRA D.	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785
SERVICIOS	62,216	62,216	62,216	62,216	62,216	62,216	62,216	62,216	62,216	62,216
MATERIALES DE PAPEL.	8,940	8,940	8,940	8,940	8,940	8,940	8,940	8,940	8,940	8,940
MANTO Y REFACC.	19,108	19,108	19,108	19,108	19,108	19,108	19,108	19,108	19,108	19,108
TOTAL C. VARIAB.	97,101	97,101	97,101	97,101	97,101	97,101	97,101	97,101	97,101	97,101
DEPRECIACION	33,826	33,826	33,826	33,826	33,826	33,826	33,826	33,826	33,826	33,826
AMORTIZACION	21,891	21,891	21,891	21,891	21,891	21,891	21,891	21,891	21,891	21,891
SEGUROS	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610
TOTAL C. FIJOS	62,327	62,327	62,327	62,327	62,327	62,327	62,327	62,327	62,327	62,327
TOTAL COSTOS	159,428	159,428	159,428	159,428	159,428	159,428	159,428	159,428	159,428	159,428
UTILIDAD BRUTA	207,497	207,497	207,497	207,497	207,497	207,497	207,497	207,497	207,497	207,497
GASTOS ADMNVS.	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645
GASTOS INDIREC.	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900
GASTOS FINANC.	17,504	17,520	9,934	6,150	2,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL DE GASTOS	23,049	19,265	15,479	11,695	7,709	5,545	5,545	5,545	5,545	5,545
UTILIDAD DE OP.	184,448	188,232	192,018	195,802	199,588	201,952	201,952	201,952	201,952	201,952
I. M. R. Y R. U. T.	77,408	19,057	80,048	82,237	82,827	84,820	84,820	84,820	84,820	84,820
UTILIDAD NETA	106,980	109,175	111,370	113,565	115,761	117,132	117,132	117,132	117,132	117,132

TABLA 4. 4

ESTADO DE RESULTADOS PARA PRODUCCION DE CEMENTO PUZOLANICO  
 PRECIOS CONSTANTES A JUNIO DE 1992 (MILES DE MILLONES DE PESOS)

CONCEPTO	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS NETAS	409,451	409,451	409,451	409,451	409,451	409,451	409,451	409,451	409,451	409,451
MAT. PRIMAS	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688
MANO DE OBRA D.	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785	2,785
SERVICIOS	51,844	51,844	51,844	51,844	51,844	51,844	51,844	51,844	51,844	51,844
SACOS DE PAPEL	8,040	8,040	8,040	8,040	8,040	8,040	8,040	8,040	8,040	8,040
MANTO. Y REFACC.	16,068	16,068	16,068	16,068	16,068	16,068	16,068	16,068	16,068	16,068
TOTAL C. VARIAB.	86,225	86,225	86,225	86,225	86,225	86,225	86,225	86,225	86,225	86,225
DEPRECIACION	39,826	39,826	39,826	39,826	39,826	39,826	39,826	39,826	39,826	39,826
AMORTIZACION	21,801	21,801	21,801	21,801	21,801	21,801	21,801	21,801	21,801	21,801
SEGUROS	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610	6,610
TOTAL C. FIJOS	62,927	62,927	62,927	62,927	62,927	62,927	62,927	62,927	62,927	62,927
TOTAL COSTOS	148,552	148,552	148,552	148,552	148,552	148,552	148,552	148,552	148,552	148,552
UTILIDAD BRUTA	260,899	260,899	260,899	260,899	260,899	260,899	260,899	260,899	260,899	260,899
GASTOS ADMTIVOS.	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645
GASTOS INDIREC.	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
GASTOS FINANC.	17,398	13,635	9,847	6,113	2,350	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL GASTOS	22,043	19,180	15,419	11,658	7,895	5,545	5,545	5,545	5,545	5,545
UTILIDAD DE OP.	237,956	241,719	245,480	249,241	253,004	255,354	255,354	255,354	255,354	255,354
I. S. R. Y R. U. T.	99,941	101,522	103,102	104,681	106,262	107,249	107,249	107,249	107,249	107,249
UTILIDAD NETA	138,015	140,197	142,378	144,560	146,742	148,105	148,105	148,105	148,105	148,105





#### 4.11 Indicadores Financieros

Como ya se mencionó, los indicadores financieros considerados para la evaluación financiera son:

- a) Valor Presente Neto (VPN)
- b) Tasa Interna de Retorno (TIR)
- c) Tiempo de Recuperación de Capital (TRC)

##### 4.11.1 Valor Presente Neto

A partir de los Flujos de Efectivo de las tablas 4.5 y 4.6, se calculó el Flujo de Efectivo Descontado anual ( $FED_n$ ) para ambos tipos de Cemento mediante la siguiente fórmula:

$$FED_n = FE_n / (1+i)^n$$

donde:

$n$  = año

$i$  = tasa diferencial

$FED_n$  = flujo de efectivo para el año  $n$ , para cada tipo de Cemento.

Para el cálculo de éste indicador fue necesario determinar la tasa diferencial de la siguiente forma:

$$\begin{array}{l} \text{Tasa} \\ \text{diferencial} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Tasa activa} \\ \text{bancaria} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Tasa pasiva} \\ \text{bancaria} \end{array}$$

La Tasa activa bancaria es la Tasa de interés anual por concepto de préstamos bancarios, equivale a 37.11%\*. La Tasa pasiva bancaria corresponde a la Tasa de interés anual por concepto de pagarés bancarios, equivale al 20.57%\*. Por lo tanto, la Tasa diferencial equivale a 16.54 % .

\* Fuente: Banco Comermex

Así, el Valor Presente Neto (VPN) se determinó a partir de:

$$VPN = \sum_{n=0}^{10} FED_n$$

Este indicador es un criterio de aceptación financiera si  $VPN > 0$ .

**Valor Presente Neto para Cemento Normal**

La siguiente tabla muestra el Flujo de Efectivo y Flujo de Efectivo Descontado para producción de Cemento Normal, posteriormente se muestra el VPN para éste tipo de Cemento.

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	FLUJO DESCONTADO
0	-573.190	-573.190
1	134.037	115.014
2	136.232	100.307
3	138.427	87.457
4	140.622	76.235
5	141.982	66.048
6	172.849	68.995
7	172.849	59.203
8	172.849	50.800
9	172.849	43.590
10	172.849	47.265

$$\text{VPN} = 141.724$$

**Valor Presente Neto para Cemento Puzolánico**

De la misma manera, la siguiente tabla muestra el Flujo de Efectivo y Flujo de Efectivo Descontado para producción de Cemento Puzolánico, y posteriormente se muestra el VPN para éste Cemento.

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	FLUJO DESCONTADO
0	-569.682	-569.682
1	165.248	141.795
2	167.430	123.277
3	169.611	107.159
4	171.793	93.133
5	173.139	80.542
6	203.822	81.358
7	203.822	69.811
8	203.822	59.903
9	203.822	51.402
10	249.390	53.967

$$\text{VPN} = 292.665$$

#### 4.11.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El cálculo de éste indicador consiste en determinar una tasa anual de rendimiento ( $i$ ) tal que  $VPN=0$ . Y se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$FE_0/(1+i)^0 + FE_1/(1+i)^1 + FE_2/(1+i)^2 + \dots + FE_{10}/(1+i)^{10} = 0$$

se resuelve para  $i$  analíticamente mediante un método numérico, por iteraciones o por ensayo y error.

El valor de este parámetro se acostumbra referir al Costo del Capital Promedio (CCP), sin embargo para el análisis comparativo sólo establecerá la comparación entre la TIR para ambos tipos de Cemento.

#### Tasa Interna de Retorno para Cemento Normal

Mediante el método numérico de Newton-Raphson se determinó la tasa interna de retorno (TIR), obteniéndose  $i = 0.2249$  (22.49%).

#### Tasa Interna de Retorno para Cemento Puzolánico

De la misma manera, tal y como se evaluó la tasa anterior, se determinó para Cemento Puzolánico, resultando  $i = 0.2863$  (28.63%).

#### 4.11.3 Tiempo de Recuperación del Capital (TRC)

El procedimiento de cálculo consiste en ir sumando los flujos de efectivo descontados para obtener el Flujo de Efectivo Descontado Acumulado ( $FED_{acum}$ ) por año, el año en que se da el cambio de signo (de - a +), es el año de operación en el que se recupera la Inversión, tal que  $FED_{acum} = 0$ .

El Tiempo de Recuperación de Capital nos indica el tiempo en el cual el inversionista recupera su capital, para el caso de Cementeras, comunmente puede recuperarse en 12 o 15 años, según especialistas del IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y Concreto), por el largo período de vida útil de éstas plantas, que es de 30 años en promedio.

Aunque no hay un criterio estricto y determinístico para la aceptación financiera con respecto al tiempo de recuperación del

capital, para la Industria del Cemento si TRC<12, se toma como aceptable la inversión.

#### Tiempo de Recuperación de Capital para Cemento Normal

La tabla siguiente muestra el flujo de efectivo descontado y flujo de efectivo descontado acumulado, este último nos indica el año de operación en el que se recupera el capital, en este caso de 7 años para la producción de Cemento Normal.

AÑO	FLUJO DESCONTADO	FLUJO DESC. ACUMULADO
0	-573.190	-573.190
1	115.014	-458.176
2	100.037	-358.139
3	87.457	-270.682
4	76.235	-194.447
5	66.048	-128.399
6	68.995	-59.404
7	59.203	-0.201
8	50.800	50.599
9	43.590	94.189
10	47.265	141.454

TRC = 7 AÑOS

#### Tiempo de Recuperación de Capital para Cemento Puzolánico

De la misma forma como la anterior, se muestra en la siguiente tabla el flujo de efectivo descontado acumulado, el cual nos indica el tiempo en que se recupera el capital, que es de 5.3 años para producción de Cemento Puzolánico.

AÑO	FLUJO DESCONTADO	FLUJO DESC. ACUMULADO
0	-569.682	-569.682
1	141.795	-427.887
2	123.277	-304.610
3	107.159	-197.451
4	93.133	-104.318
5	80.542	-23.776
6	81.358	57.582
7	69.811	127.393
8	59.903	187.296
9	51.402	238.698
10	53.967	292.665

TRC = 5.3 AÑOS

#### 4.12 Análisis Comparativo

Este compara de manera significativa las diferencias más importantes desde el punto de vista económico-financiero en la producción de Cemento Normal y Puzolánico.

##### 4.12.1 Porcentajes en Costos de Producción

El siguiente cuadro muestra comparativamente los porcentajes en costos de producción para ambos tipos de Cemento, así como la diferencia de éstos.

#### Porcentajes en Costos de Producción

CONCEPTO	CEMENTO NORMAL	CEMENTO PUZOLANICO	DIFERENCIA ABSOLUTA
MATERIAS PRIMAS	2.59	3.90	1.31
MANO DE OBR A DCTA.	1.78	1.91	0.13
SERVICIOS	39.70	35.55	4.15
SACOS DE PAPEL	5.70	6.13	0.43
MANTO. Y REFACC.	12.19	11.63	0.56
DEPRECIACION	21.58	23.19	1.61
AMORTIZACION	13.96	15.01	1.05
GASTOS INDIRECTOS	2.49	2.67	0.18
TOTAL	100.00	100.00	9.42

Del cuadro anterior observamos que la mayor diferencia corresponde al consumo de servicios (energía eléctrica, combustibles, etc.), que es el porcentaje de más peso en los costos de producción; la diferencia total del porcentaje (9.42%) aparenta ser pequeña y aunque varios porcentajes son menores para el Cemento Normal, resulta que de manera global los costos son menores para la producción de Cemento Puzolánico, de acuerdo al cuadro siguiente.

Costo Anual Promedio Comparativo de Producción  
(Miles de Millones de Pesos para Jun'92)

CEMENTO NORMAL	CEMENTO PUZOLANICO	DIFERENCIA	CARACTERISTICA RELEVANTE
156.718	145.842	10.876	MAJOR PARA C.NORMAL EN 7.46% EN PROMEDIO CON RESPECTO AL C.PUZOLANICO

Desglosando el consumo de energía eléctrica, combustóleo y gas natural para Cemento Puzolánico, éstos son menores en comparación con el consumo en Cemento Normal para el mismo nivel de producción de ambos, de acuerdo al cuadro siguiente; obtenidos en base al balance de masa y energía así como recopilación directa de datos en planta.

SERVICIO	CONSUMO POR TON. DE CEMENTO NORMAL	CONSUMO POR TON. DE C. PUZOLANICO
E. ELECTRICA (KW-HR) <sup>a</sup>	112	91
COMBUSTOLEO (LTS)	90	72
GAS NATURAL (M <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	10	8

<sup>a</sup> Incluye consumo total desde molienda de crudo hasta envase.

<sup>b</sup> Consumo total en mol. de crudo, hornos y calentadores de aceite térmico.

#### 4.12.2 Indices Financieros

El siguiente cuadro resume y muestra los indices financieros obtenidos para la producción de ambos tipos de Cemento.

INDICE	CEMENTO NORMAL	CEMENTO PUZOLANICO	DIF.	CARACTERISTICA IMPORTANTE
VPN *	141.724	292.665	150.941	207% MAYOR PARA PUZOLANICO
TIR (X)	22.490	28.630	6.140	27% MAYOR PARA PUZOLANICO
TRC (AÑOS)	7.000	5.300	1.700	32% MENOR PARA PUZOLANICO

\*MILES DE MILLONES DE PESOS  
A PRECIOS DE JUN'92

La anterior información demuestra que la producción de ambos tipos de Cementos es rentable desde el punto de vista económico-financiero, siendo mejor opción la producción de Cemento Puzolánico, para el cual todos los índices financieros (VPN, TIR y TRC) son más favorables con respecto al Normal.

## CONCLUSIONES

---

Las mejores propiedades del concreto hecho con Cemento Puzolánico, lo hacen un mejor producto en lo que a calidad se refiere.

Una de las necesidades actuales de la Industria Cementera nacional es el abatir sus costos de producción, una parte a la solución de éste problema es la producción de Cementos Puzolánicos.

Adicionalmente, un Análisis Financiero (en nuestro caso comparativo) hecho con información técnica realizada con un criterio ingenieril, le da más confiabilidad y objetividad a éste.

Las conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

1 El concreto elaborado con Cemento Puzolánico posee mejores propiedades características deseables tanto físicas como químicas, con respecto al concreto elaborado con Cemento Normal, desde el punto de vista de construcción; tales propiedades son:

-Propiedades Físicas

- Mayor resistencia a la compresión a edades tardías (después de 28 días). Aumentando la resistencia en todo tipo de construcciones sujetas a esfuerzos de compresión.
- Menor calor de hidratación. Evitando menor formación de agrietamientos y fisuras en el concreto.
- Menor Densidad. Dando facilidad de manejo (trabajabilidad) en la preparación de la mezcla de concreto.

-Propiedades Químicas

- Moderada resistencia en aguas con sulfatos de sodio y magnesio principalmente. Con menor deterioro en cimentaciones y construcciones en general, en condiciones salitrosas.

2 Existe desconocimiento de dichas propiedades del Cemento Puzolánico, tanto de vendedores como consumidores.

- 3 El mercado para Cemento Puzolánico es más favorable desde el punto de vista oferta-demanda, adicionalmente la necesidad del país en inversión de infraestructura en comunicaciones y construcción, ocasiona más consumo de Cemento.
- 4 En el aspecto de producción, existe una tendencia en el desplazamiento de Cemento Normal por Cemento Puzolánico en un 80% en promedio a nivel nacional.
- 5 Actualmente no se cubre completamente la demanda del mercado nacional de Cemento, A partir del '95 en adelante es probable que aumentará dicha demanda.
- 6 El proceso para producción de Cemento Normal y Puzolánico es prácticamente igual, con el mismo equipo principal y auxiliar, así como en servicios e insumos. La única diferencia radica en el requerimiento de Puzolana natural (en este caso) como materia prima para la elaboración de Cemento Puzolánico, la cual es adicionada en la sección de Molienda de Cemento junto con yeso y clínker.
- 7 Aún con más de 80 años de experiencia en producción de Cemento, el país no cuenta con personal adecuadamente especializado en el diseño de equipo principal como hornos y molinos, e ingeniería de procesos para desarrollo de tecnología 100% mexicana.
- 8 La Inversión Total para una planta, tanto de Cemento Normal como Puzolánico con capacidad de 1.182 millones de tons./año, son muy similares, rebasando los 700,000 millones de pesos a precios y pesos del '92. En promedio el 64% de dicha inversión corresponde a los activos fijos, el 31% a los activos diferidos y el 5% al capital de trabajo.

9 Las Instituciones de crédito del país no cuentan con tasas de interés preferenciales para las inversiones en plantas Cementeras; recurriendo estas últimas a créditos del exterior.

10 Dentro de los rubros que componen los costos de producción, el de mayor peso corresponde al consumo de servicios (e. eléctrica y combustibles) siendo menor para producción de Cemento Puzolánico en comparación con Cemento Normal, con porcentajes de 39.7 y 35.55 respectivamente, para un mismo nivel de producción.

11 Desde el punto de vista de utilidades netas, las correspondientes al Cemento Puzolánico son en promedio mayores en 27% respecto al Normal.

12 Económica y Financieramente, la producción de Cemento Normal y Puzolánico es rentable, resultando mejor opción la producción de Cemento Puzolánico, demostrado por los índices financieros que, para Cemento Normal y Puzolánico resultaron respectivamente:

Valor Presente Neto (VPN): 141.72 contra 150.94

Tasa Interna de Retorno (TIR): 22.4% contra 28.63%

Tiempo de Recuperación del Capital (TRC): 7 contra 5.3 años

Los cuales son más favorables para la producción de Cemento Puzolánico en comparación con el Normal.

## BIBLIOGRAFIA

---

## Libros

1. A.M. Neville, "Tecnología del Concreto", 2a. ed., Tomo I, Ed. Limusa, México D.F., 1988, págs. 60,61.
2. L. Poole y M. Borchers, "Algunos Programas de Uso Común en Basic", 3a. ed., Ed. Osborne-McGraw-Hill, México D.F., 1982, págs. 151-153.
3. R. Reid C., T.K. Sherwood, "The Properties of Gases and Liquids", Ed. McGraw-Hill, New York, 1958, Appendix A, Property Data Bank, págs. 634, 637-640.
4. M.S. Peters, K.D. Timmerhaus, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 4th. ed., Ed. McGraw-Hill, 1991, págs. 163-166, 169.

## Tesis

1. F. Herrera P., "Cemento Puzolánico", Lic. en Química, Facultad de Química, U.N.A.M., México D.F., págs. 41-89, 1982.
2. J. Gpe. Alfonso Ramos A., "Metodología para el Diagnóstico Energético en una Planta Productora de Cemento", Maestría en Energética, FES-CAUATITLAN, U.N.A.M., Edo. de México, 1987, págs. 26, 130-131.

## Revistas

1. "Características del Cemento Portland-Puzolana", A. Aguilar C. IMCYC, Editada por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, vol.8, núm.47, México D.F., págs. 37-44, Nov.-Dic., 1970.
2. "Cementos Producidos en México", J.M. Villaseñor, IMCYC, Editada por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, vol. 25, núm.200, México D.F., págs. 5-43, Enero, 1988.
3. "Resistencia del Concreto de Cemento Portland a los Sulfatos", G.Guemez R., IMCYC, Editada por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, núm. X, México D.F., págs. 97-101, 1972.
4. "La Ind. del Cemento y el Proceso de Desarrollo en México", B. Quintana A., IMCYC, Editada por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, vol. X, núm.59, pág. 15, Nov-Dic 1972.
5. "El Mercado de la Industria Cementera", Situación de la Oferta y la Demanda, J. Domene Z., Construcción y Tecnología, Editada por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, vol. II, núm. 23, págs. 27-31, Abril 1990.



6. "La Industria del Cemento", J. Domene Z., Construcción y Tecnología, Editada por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, vol. II, núm. 23, págs. 17-25, Abril de 1990.
7. "Las Relaciones de Mercado de la Industria Cementera", Expectativa de la Oferta y la Demanda, B. Galley, Construcción y Tecnología, Editada por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, vol. IV, núm. 37, págs. 6-10, Junio de 1991.
8. "Economics Indicators", Marshall & Swift equipment Cost Index Chemical Engineering, McGraw-Hill Publication, vol 89, no.14, pág. 7, July 12, 1982.
9. "Economics Indicators", Marshall & Swift equipment Cost Index Chemical Engineering, McGraw-Hill Publication, vol 99, no. 8, pág. 170, August 1992.

#### Anuarios y Manuales

1. Anuario Estadístico CANACEM'87, Editado por la Cámara Nal. de Cemento (CANACEM), México D.F., 1987.
2. Capacidad de las Fábricas de Cemento en México, Editado por la Cámara Nal. de Cemento (CANACEM), México D.F., 1986.
3. "Handbook of Mill Process ". F.L.Smith, Circulation Factor and Load, secc. e1, e7 y f2, Ed. by F.L.Smith & Co.
4. "Sistema de Homogeneización Continua", Cementos Anáhuac S.A., planta Barrientos edo. de México, págs. 6-9, 1986.
5. "Proceso de elaboración de Cemento", Cementos Cruz Azul SCL., planta Cd. Coop. Cruz Azul edo. de Hgo., secc. I,II,III, IV y V, 1978.
6. "Balances Térmicos en Hornos", Seminario de Cemento organizado por Holderbank Glaris de Suiza, págs. 36, 36 y 54, México D.F., 1982.
7. Reporte Mensual de Calidad, Laboratorio y Control de Calidad, Cementos Anáhuac S.A., planta Barrientos edo. de México, Enero-Sept. de 1991.
8. "Industria de la Construcción y sus Insumos", Análisis y Expectativas, Tomo I, ed. por SPP., págs. 55-59, Mayo de 1981.