

14
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"ESTUDIO DE UNIFORMIDAD DEL CEMENTO
BASADO EN LA NORMA ASTM-C-917"**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
AUREA LIGIA ARGANIS JUAREZ**



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

	Pág.
INTRODUCCION	7
I. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN MEXICO	11
1.1. Antecedentes Históricos.	13
1.2. Fabricación del Cemento.	16
1.2.1. Proceso General.	
1.2.2. Tipos de Cemento Producidos en México.	
1.2.2.1. Cementos Portland.	
1.2.2.2. Cementos Extendidos o Puzolánicos.	
1.2.2.3. Cementos Especiales.	
1.3. Situación Actual.	27
1.3.1. Distribución de Fábricas.	
1.3.2. Capacidad Instalada. Producción.	
1.3.3. Consumo y Exportación.	
1.3.4. Inversión el Control de la Contaminación.	
1.3.5. Aspectos Laborales.	
II. PARAMETROS DE CALIDAD.	35
II.1. Normas ASTM y NOM.	37
II.2. Norma ASTM-C-917.	43

III. ESTUDIOS REALIZADOS. 47

III.1. Zona de Muestreo y
Tipos de cementos empleados. 49

III.2. Métodos de Prueba empleados. 50

III.2.1 Método No. 1 "Mezclado
Mecánico para Pastes".

III.2.2 Método No. 2 "Mezclado
Mecánico para Morteros".

III.2.3 Método No. 3 "Consistencia
Normal".

III.2.4 Método No. 4 "Tiempo
de Fraguado".

III.2.5 Método No. 5 "Falso
Fraguado".

III.2.6 Método No. 6 "Peso
Específico".

III.2.7 Método No. 7 "Resistencia
à Compresión".

IV. ANALISIS DE RESULTADOS. 71

IV.1. Presentación. 73

IV.2. Procedimiento Estadístico y
Resultados. 89

IV.3. Resumen. 123

V. CONCLUSIONES. 129

BIBLIOGRAFIA. 133

ANEXOS. 137

INTROUCCION

INTRODUCCION

El principal objetivo del presente estudio es la aplicación de la Norma ASTM-C-917 para conocer las variaciones en las propiedades del cemento de una sola fuente. Dicho método, implementado en Estados Unidos en 1980, le presta atención especial a una de las características principales del cemento : su resistencia, factor que ejerce gran influencia en el concreto endurecido y por lo tanto es de suma importancia.

Se estableció la conveniencia de estructurar este trabajo en cinco capítulos que van desde la evolución de la Industria del Cemento en México y los Parámetros de Calidad que se emplean actualmente, hasta el Análisis de los Resultados obtenidos en la aplicación de esta Norma en casos prácticos.

En el capítulo I se exponen brevemente los inicios de la Industria del Cemento en México y su importancia actual dentro del marco económico nacional. Así mismo en forma muy general se describe el proceso de elaboración del cemento y los principales tipos que se producen.

En el capítulo II se toman de las Normas que rigen a los cementos más empleados en el mercado: Puzolánicos y Por-

tiendo Tipo 1, los parámetros convenientes para establecer comparaciones y verificar su calidad.

En el capítulo III se enuncian los tipos de cementos que se utilizaron, se describen los métodos de prueba empleados y las Normas en que éstos se basan.

Lo establecido en los capítulos anteriores, se emplea para analizar el comportamiento de los cementos estudiados en los resultados obtenidos directamente de las pruebas, y después de haber empleado el Método de Evaluación de Uniformidad ASTM-C-517 propuesto. Es necesario aclarar que esta evaluación fue realizada en un período de tiempo determinado y por tanto no es estricta para cada cemento, ya que posteriormente al estudio se pudieron presentar altas o bajas en la calidad. Los resultados obtenidos así como el análisis estadístico se presentan en tablas y gráficas en el Capítulo IV.

En el Capítulo V, se muestran las Conclusiones a las que se llegó, después de desarrollar el trabajo planteado.

CAPITULO I

LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN MEXICO.

I. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN MEXICO.

I.1 Antecedentes Históricos.

La civilización ve nacer las grandes obras que constituyen las ciudades de la antigüedad, la construcción de ellas implicó el uso de materiales cementantes adhesivos similares al cemento de nuestro tiempo.

Los otomíes, toltecas y mayas en nuestro país y los griegos y romanos en Europa, emplearon ciertos tipos de cementantes en sus construcciones y aún hoy en día puede apreciarse en los restos de sus obras que han perdurado a través de más de veinte siglos, el excelente resultado con que lo hicieron.

Sin embargo los conocimientos de los antiguos sobre esta materia se pierden al paso del tiempo. A principios del siglo XIX se desconocía el mecanismo de fraguado de dichos cementantes.

Los primeros ensayos de producción de cemento mediante la cocción de mezclas preparadas artificialmente con caliza y arcilla se efectuaron en Francia, donde Vicat las realizó con éxito a principios del siglo XIX. Sin embargo, no se sacó partido práctico de tales ensayos, fueron los ingleses quienes volvieron a trabajar en esa materia obteniendo varias patentes con resultados poco satisfactorios.

Tras largos ensayos, el inglés Joseph Áspdin consiguió un excelente aglomerante en 1825, cociendo a temperatura muy elevada una mezcla bien dosificada de cal apagada y arcilla. Le dio el nombre de Cemento Portland por su aspecto parecido a la piedra de Portland, Condado de York, en la Gran Bretaña.

En 1826 Frost montó en Inglaterra a la primera fábrica de cemento y hasta 1850 la producción de las cuatro fábricas existentes fue la que dominó el mercado mundial. En esta época Francia empezó a fabricar cemento y en 1855 se montó la primera fábrica en Alemania, que para 1877 contaba ya con 30 instalaciones similares. En los Estados Unidos de América se importó por primera vez Cemento Portland en 1865; para 1872 montó su primera fábrica.

Durante el siglo XIX en México no se fabricaba cemento en cantidad alguna. En 1900 solo había algunas fábricas de mosaico y talleres de piedra artificial que utilizaban el cemento como materia prima, así como para impermeabilizar los techos de tabla y tierra y los de bóveda catalana.

La Industria del Cemento en México se inició con la fundación de las primeras tres fábricas montadas con hornos rotatorios. De estas fábricas la primera fue la de Cementos Hidalgo, S.A., en Hidalgo, Nuevo León, fundada el 3 de febrero de 1906. La Tolteca, en el Estado de Hidalgo, fue la segunda, mon-

tada en 1909 y por último la Cruz Azul, en Jasso, Hidalgo, que empezó a operar en 1910. Todas ellas con capital norteamericano.

Al término del Porfiriato en 1911, la demanda de cemento se había incrementado a 75,000 toneladas por año, impulsada por el abaratamiento de este material. Con la guerra civil que provocó el asesinato de Madero, esa demanda se vino abajo: Cementos Hidalgo hubo de suspender sus trabajos por ocho años consecutivos, las pérdidas de la Cruz Azul se acumularon y pasó la empresa a manos del Banco Nacional de México y la Tolteca siguió trabajando pero con grandes pérdidas.

Después de la Lucha Armada, la reconstrucción del país por los regímenes revolucionarios requirió del cemento para hacer el México nuevo.

A partir de entonces hasta nuestros días, se han ampliado las tres antiguas fábricas y se han establecido 27 nuevas, estratégicamente situadas en todo el país, de tal manera que ningún punto del territorio se encuentra a más de 400 kilómetros de una fábrica de cemento; lo que es altamente satisfactorio, si se considera que en países altamente industrializados, en muchas ocasiones el transporte de cemento cubre distancias de aproximadamente 1000 kilómetros.

1.2 Fabricación del Cemento.

1.2.1 Proceso General.

El Cemento Portland es el material que proviene de la pulverización del producto obtenido por fusión incipiente de materiales arcillosos y calizos que contienen los óxidos de calcio, silicio, aluminio y fierro, en cantidades convenientemente calculadas, mas adición posterior de yeso sin calcinar y agua, así como otros materiales que no excedan del 1 % del peso total y que no sean nocivos para el comportamiento posterior del cemento.

La obtención de tal composición, requiere dos materias primas esenciales: la que suministra la base - como las calizas compuestas por carbonato de calcio - y la que proporciona los materiales ácidos - óxidos de silicio, aluminio y fierro - provenientes de granitos, andesitas, riolitas y arcillas o escorias; siendo usual el empleo de mineral de fierro para aumentar el contenido de óxidos férrico en el material ácido.

Generalmente en las canteras de piedra caliza se trabaja empleando dinamita, cuya explosión desprende toneladas de trozos de piedra, algunos mayores de 60 cm. Este material se transporta hacia potentes máquinas de trituración - que pueden ser de mandíbula o rotatorias - reduciendo el material a 15 cm. de tamaño aproximadamente. A continuación se transporta la pier-

dra a otras quebradoras de cono que la convierte a un tamaño de unos 4 cm. de diámetro o menor. A este proceso de trituración son sometidos tanto la piedra caliza como la arcilla o barro, el mineral de hierro, el yeso, etc.

Los materiales ya triturados se transportan usualmente por medio de bandas de hule al Patio de Almacenamiento General de Crudos, donde se depositan. Este Patio cuenta con una grúa viajera eléctrica que transporta los materiales a los lugares que se requieren dentro del Patio, así como a las tolvas de alimentación de secadores o molinos.

En el proceso seco una vez reducidas a fragmentos, a la caliza y la arcilla se les suelta individual y separadamente la humedad que contienen por medio de secadores, constituidos por grandes tambores dotados de un lento movimiento de rotación por los que circulan gases de calefacción en dirección opuesta a la del producto que se va a secar. Mediante el movimiento de unas palas en el interior de los tambores que levantan continuamente y dejan caer el material a través de la corriente de gases, se consigue una desecación uniforme.

Ya secos los distintos ingredientes, se conducen por medio de transportadores de tornillo sin fin a gusanillos, a sus correspondientes depósitos, de donde la grúa viajera los toma y los conduce a las tolvas de alimentación de los molinos de material crudo. Estas tolvas reciben individualmente a los

distintos componentes y los descargan en transportadores de bandas que los llevan por separado a pesadores automáticos, los cuales regulan la proporción de cada uno de los materiales de acuerdo con su particular composición química, controlada por el Laboratorio, considerando así mismo la composición del tipo de cemento que se desea obtener. Una vez dosificados los materiales - caliza, arcilla y aditivos férricos y silíceos - pasan a los molinos de material crudo.

Los molinos de crudo emplean un sistema a base de bolas de acero forjado y están compuestos por tres compartimientos con el fin de lograr la molienda en etapas sucesivas. Son impulsados por motores eléctricos y los hay de diversas capacidades.

En el primer compartimiento el material es reducido de tamaño a 4 cm como máximo para pasar a un segundo, donde queda reducido a pequeños granos y al tercero en que se pulveriza, mediante la acción del movimiento de rotación del molino y de bolas de acero en su interior que van disminuyendo de tamaño en cada uno de los compartimientos.

Del molino de crudos se bombea el material pulverizado por medio de un dispositivo neumático al Silo de Homogenización, donde además de almacenarse el material pasa por un proceso de homogenización en tanto se le conduce a los Hornos de Calcinación. Los Hornos son rotatorios y tienen la forma de

grandes cilindros de acero provistos de quemadores especiales para petróleo negro o para gas. Están forrados internamente de tabiques refractarios para resistir las elevadas temperaturas - hasta 1400 C - que son necesarias para calcinar el material crudo.

Los hornos instalados en las fábricas de cemento -- existentes en Mexico actualmente, miden desde 2 hasta 5.2 m de diámetro y desde 25 hasta 140 m de largo, con capacidades de producción que fluctúan desde 30 hasta 1 750 toneladas diarias de cemento cada uno.

Los hornos tienen una inclinación de un 4 % aproximadamente con respecto a la horizontal; el material crudo homogenizado entra por la parte superior donde la temperatura es de alrededor de 300 C. Con el movimiento rotatorio de los hornos el material avanza al extremo inferior -- alcanzando una temperatura de 1400 C -- donde se descarga en un estado de semi-fusión o pastoso que motiva la formación de aglomerados, aproximadamente esféricos de unos 5 cm de diámetro, designados con el nombre de CLINKER.

El Clinker sale del horno al rojo blanco y pasa a un enfriador de aire por el cual se sustrae el aire caliente del material y se introduce aire fresco para reducir la temperatura del clinker a poco menos de 100 C. El aire caliente se aprovecha como aire auxiliar en el horno de calcinación. A con-

tinuación el clinker se conduce en transportadores de cadena al patio de almacenamiento.

Del Patio de Almacenamiento la grúa viajera toma el clinker y el yeso para conducirlos a la tolva o silo de alimentación del molino de cemento. Este es similar al descrito para el de material crudo. Este molino convierte el clinker y el yeso, previamente dosificados, a polvo impalpable que es el Cemento Portland. La correcta adición del yeso controla el fraguado del cemento, eleva su resistencia y reduce su contracción por secado, mejorando el comportamiento del cemento e impidiendo la prematura formación de compuestos que dificultan la completa hidratación y endurecimiento.

Mediante un dispositivo neumático, el cemento es depositado a continuación en los silos de almacenamiento. De éstos se bombea, por medio de otro dispositivo, a las máquinas envasadores que automáticamente llenan los sacos de papel hasta un contenido neto de 50 kilogramos; o hacia los depósitos del cemento a granel.

Una vez envasado el cemento, se distribuye a los consumidores por medio de ferrocarril o camiones y en transportes especiales para cemento en grandes cantidades.

A diferencia del proceso seco antes descrito, en el proceso húmedo la arcilla se desmenuza en tanques provistos de

rastrillos giratorios, en que el lodo arcilloso se revuelve con el polvo de piedra caliza hasta producir un lechada que posteriormente se somete a la molienda en molinos horizontales tubulares. Aun cuando el agua facilita el manejo y la revoltura de los materiales, origina un mayor gasto de combustible al evaporarse en el horno.

Del total de empresas productoras de cemento, el 83 % emplea sistema seco y solo 7 % el sistema húmedo. El 10 % restante emplean ambos sistemas o un sistema semihúmedo.

En los Anexos 1.1 a 1.4a se muestran esquemas que ilustran los procesos de elaboración del cemento así como el sistema que emplea cada planta.

1.2.2 Tipos de Cemento Producidos en México.

En México se elaboran actualmente diversos tipos de Cemento Portland, los cuales por sus características particulares son los más utilizados. Existen algunos materiales activos naturales o artificiales, entre ellos las puzolanas - destacando las pumíticas y las tobas -, las escorias de fundición granuladas y las cenizas volantes; los cuales al mezclarse finamente con un Cemento Portland, modifican o destacan alguna propiedad específica del mismo, lo cual da lugar a nuevos tipos de cemento, que se agrupan bajo el nombre genérico de Cementos Extendidos o Puzolánicos.

También emparentados con el Cemento Portland, se cuentan ciertos Cementos Especiales diseñados para usos muy particulares, como los Cementos para Pozos Petroleros y los Cementos de Albañilería o Morteros.

En los Anexos 1.5 y 1.5a se muestran los tipos de cemento que se fabrican en cada planta con las marcas que se emplean en el mercado.

1.2.2.1 Cementos Portland.

Los Cementos Portland se dividen en cinco tipos:

TIPO	CARACTERISTICAS
I	Normal o de uso común.
II	Moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
III	Alta resistencia rápida.
IV	Bajo Calor de hidratación.
V	Alta Resistencia a los sulfatos.

El Cemento Blanco y otros cementos coloreados por lo general se ubican en el Tipo I de la anterior clasificación.

Todos estos tipos de Cemento Portland tienen una composición química basada en los mismos elementos y compuestos, los principales son: Silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), Silicato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) y

Ferrocálcido Tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). La proporción relativa de éstos de origen a que se acentúen o disminuyan algunas de las características físicas del cemento, lo cual especializa su aplicación particular.

El Cemento Tipo I o Cemento Normal se considera prototipo del Cemento Portland, y su uso es amplio y de aplicación universal.

En el Cemento Tipo II se ha controlado la química del mismo en forma tal, que sus propiedades se ven modificadas en cuanto a una menor generación de calor al hidratarse y una moderada resistencia al ataque de los sulfatos. Sus características son similares a las del Tipo I y sus aplicaciones son también muy amplias.

El Cemento Tipo III de alta resistencia rápida, se recomienda sólo cuando se desea obtener en el concreto una resistencia elevada a edades tempranas. Permite también menores dosificaciones de cemento para lograr una resistencia determinada en el concreto, pero su precio es proporcionalmente más elevado y requiere además de mayores cuidados en su elaboración y curado debido a que este cemento es más fino de lo normal y libera mayor calor hidratación.

En el Cemento Tipo IV de bajo calor de hidratación, se limita en forma considerable el contenido de compuestos químicos que producen un mayor calor de hidratación pero al dis-

minuir dicho contenido se afecta su capacidad de generar resistencias mecánicas. Su uso queda casi restringido a ciertas obras de gran envergadura.

En el Cemento Tipo V, se ha ajustado su composición para reducir a bajas proporciones el compuesto químico que lo hace vulnerable al ataque de los sulfatos disueltos en el agua y en consecuencia se vuelve más resistente que los demás cementos Portland a este agente agresivo. Es ideal para obras que están en contacto con la humedad o el agua, incluyendo el agua de mar.

En la composición del Cemento Blanco casi se ha eliminado por completo el óxido férrico, causante principal del color gris oscuro característico del Cemento Portland. La eliminación del hierro se consigue seleccionando calizas y caolines de muy alta pureza, razón por la cual su precio es muy superior al de los otros cementos y su uso se circunscribe a fines decorativos.

1.2.2.2 Cementos Extendidos o Pacolánicos.

Como se mencionó anteriormente, se ha dado en llamar Cemento Extendido a un Cemento Portland al cual se ha agregado un material activo, que contribuye a la generación de resistencias mecánicas y que además puede impartirle ciertas propiedades convenientes al producto. De estos materiales activos los

más conocidos y usados son las puzolanas - naturales o artificiales -, las escorias de alto horno granuladas y las cenizas volantes.

Los Cementos Fuzolánicos suelen rendir resistencias mecánicas inferiores a las del Cemento Portland Tipo I a edades tempranas, pero las igualan y aun superan a edades posteriores. Por otra parte, son más delicados en el curado, pero generan menor calor de hidratación y resisten mejor el ataque de agentes químicos agresivos. Pueden elaborarse indistintamente con cualquiera de los tipos de Cemento Portland, aunque se prefieren los Tipos I, II y V.

En México, los Cementos Fuzolánicos, también conocidos como Tipo C-2 por ser ésta la clave de la norma oficial que los ampara, se producen desde hace algún tiempo y se venden prácticamente en todo el ámbito nacional. Alrededor de un tercio de la producción total de cemento en el país corresponde a Cemento Fuzolánico.

1.2.2.3 Cementos Especiales.

Cementos Petroleros.

La composición química de los Cementos para pozos petroleros es muy similar a la de los Cementos Portland Tipos I, II y V. La característica que los distingue de éstos se encuentra en sus propiedades físicas impartidas por aditivos quí-

micos que modifican principalmente sus tiempos de fraguado en condiciones especiales de alta presión y temperatura.

El Cemento se utiliza en la perforación de pozos petroleros para controlar el flujo de aguas subterráneas, para añadir resistencia y soporte al ademe de acero y para proteger a éste contra la corrosión.

El uso de Cementos Petroleros en México queda casi en exclusividad en el ámbito de operaciones de perforación de Petróleos Mexicanos, empresa que se abastece en el mercado nacional de dicho producto.

Cemento de Albañilería o Mortero.

Las características de alta resistencia mecánica a la compresión o tensión no siempre constituyen la cualidad única o más conveniente en un cementante; tal es el caso del Mortero o Cemento de Albañilería, en el cual se exige sobre todo plasticidad, adherencia y trabajabilidad, relegando la resistencia a segundo término.

Estos morteros contienen por lo general de un 30 a un 50 % de Cemento Portland, al cual se ha integrado un fluidificante que suele ser carbonato de calcio, arcilla o puzolana, finamente molido y pequeñas cantidades de aditivos orgánicos que ayudan a aumentar las propiedades citadas. Se emplea el mortero para pegar tabiques, ladrillos o rocas entre sí, así

como para tender firmes de los pisos y aplanados en los muros.

Con la elaboración de todos estos productos, la Industria del Cemento es una de las más importantes del país, contándose además dentro de los 15 mayores productores de Cemento en el mundo.

1.3 Situación Actual.

1.3.1 Distribución de Fábricas.

Se cuenta en la actualidad con 30 plantas cementeras distribuidas en todo el país, las cuales producen cemento los 365 días del año, para abastecer el mercado nacional y hacer importantes exportaciones; ocupando a más de 14 000 trabajadores.

Regionalizando la localización de estas plantas, se presenta la siguiente relación:

ZONA CENTRAL :

- 1.- Cemento Portland Blanco de México, S.A.
Vito, Hidalgo.
- 2.- Cementos Anahuac, S.A.
Barrientos, Tlalnepantla, Edo. de México.
- 3.- Cementos Apasco, S.A.
Apasco, Edo. de México.
- 4.- Cementos Atoyac, S.A.
Puebla. Puebla.

- 5.- Cementos Portland Moctezuma, S.A.
Cuernavaca, Morelos.
- 6.- Cementos Tolteca, S.A.
Atotonilco, Hidalgo.
- 7.- Cementos Tolteca, S.A.
Mixcoac, D.F. (CERRADA).
- 8.- Cementos Tolteca, S.A.
Tolteca, Hidalgo.
- 9.- Coop. Manufacturera de Cemento Portland,
La Cruz Azul.
Cd. Coop. Cruz Azul, Jasso, Hidalgo.
- 10.- Cementos Mexicanos, S.A.
Huichapan, Hidalgo.

ZONA DEL BAJIO :

- 11.- Cementos Guadalajara, S.A.
Mojonera, Mpo.de Tlaquepaque, Jalisco.
- 12.- Cementos Maya, S.A.
León, Guanajuato.
- 13.- Cementos Tolteca, S.A.
Zapotiltic, Jalisco.

ZONA NORTE Y NOROESTE :

- 14.- Cementos de Chihuahua, S.A.
Nombre de Dios, Chihuahua.
- 15.- Cementos de Chihuahua, S.A.
Cd. Juárez, Chihuahua.
- 16.- Cementos Mexicanos, S.A.
Monterrey, Nuevo León.
- 17.- Cementos Mexicanos, S.A.
Torreón, Coahuila.
- 18.- Cementos del Norte, S.A.
Monterrey, Nuevo León.

- 19.- Cementos Hidalgo, S.C.L.
Hidalgo, N.L.

ZONA DEL PACIFICO :

- 20.- Cementos Portland Nacional, S.A.
Hermosillo, Sonora.
- 21.- Cementos Guadalajara, S.A.
Ensenada, Baja California Norte.
- 22.- Cementos del Pacifico, S.A.
Mazatlan, Sinaloa.
- 23.- Cementos Sinaloa, S.A.
El Fuerte, Sinaloa.

ZONA DEL GOLFO :

- 24.- Cementos Anáhuac, S.A.
Tamuín, San Luis Potosí.
- 25.- Cementos Mexicanos, S.A.
Cd. Valles, San Luis Potosí.
- 26.- Cementos Apasco, S.A.
Macuspana, Tabasco.
- 27.- Cementos Veracruz, S.A.
Orizaba, Veracruz.

ZONA PACIFICO SUR :

- 28.- Cementos Acapulco, S.A.
Acapulco, Guerrero.
- 29.- Coop. Manufacturera de Cemento Portland,
La Cruz Azul.
Lagunas, Oaxaca.

ZONA DEL SURESTE :

30.- Cementos Maya, S.A. Mérida, Yucatán.

En esta distribución es importante hacer notar la concentración de plantas en la Zona Central, debido a la cantidad de centros urbanos que emplean mayores consumos de cemento.

En el Anexo I.6 se presenta un mapa de distribución de las Plantas Productoras de Cemento.

1.3.2 Capacidad Instalada. Producción.

La situación económica del país durante 1986, que en general fue negativa, excepto para el crecimiento de las exportaciones; tuvo influencia en la actividad de la industria del cemento. Con una capacidad instalada de cerca de 33 millones de toneladas, se obtuvo una producción de 20 millones, aproximadamente, los cuales representan un 60 % de aprovechamiento de la capacidad instalada.

La inversión total de la Industria ascendió en 1986 en un 26.7 % la cual se destinó a hacer ajustes en la capacidad productiva que en el futuro le permitirá una mayor eficiencia en las plantas, sin ponerse en operación nuevas debido a la capacidad excedente que se tiene desde 1982.

Por lo que respecta a las ventas por tipo de cemento, el Tipo I y el Puzolánico continúan siendo las más importantes, pues en conjunto representan el 78.2 % de las ventas totales, aun cuando el Tipo I mostró una fuerte baja (2.5 %) al pasar de 9 382 millones de toneladas en 1985 a 9 148 millones de toneladas en 1986. El Cemento Puzolánico también mostró una reducción del 10 % entre ambos años, mientras que el Tipo II tuvo un crecimiento de 19.3 %.

En forma global, el cemento gris representa un 97 % de las ventas, siendo 0.4 % menor en 1986 que en 1985. En cambio el Cemento Blanco mostró un crecimiento de 1.6 % entre ambos años; de igual forma el Mortero se incrementó en un 2.9 % en el mismo período. Los dos últimos productos representan el 3 % del total de ventas.

Se han resumido en forma muy general los datos económicos de la Industria, que comprenden este tema incluyendo además datos de ventas del producto. Estos datos pueden verse en los cuadros que se presentan en los Anexos 1.7 al 1.13.

1.3.3 Consumo y Exportación.

Como consecuencia de la excedente capacidad en la Industria, no ha habido necesidad de importar ninguna cantidad de cemento, pues los requerimientos del país se satisfacen con la producción nacional y se realizan inclusive importantes

exportaciones. De 1985 a 1986, las exportaciones han alcanzado los 3.036 millones de toneladas, lo cual implica un crecimiento de 74.0 %. Teniendo una tasa anual de crecimiento de 10.9 % en los últimos 10 años.

En los Anexos 1.14 al 1.16 se muestran algunos datos económicos de la Balanza Comercial y de Exportación.

En lo que se refiere a la distribución geográfica del consumo, en 1986 el Distrito Federal, Jalisco, Estado de México, Nuevo León y Veracruz representan el 37.6 % del consumo nacional. Durante este año, con excepción del Distrito Federal, el Estado de Morelos y Quintana Roo, ninguna entidad mostró un incremento de consumo. Esto puede observarse en el Anexo 1.17.

1.3.4 Inversión en el Control de la Contaminación.

Respecto al control de la contaminación, la Industria Cementera ha realizado inversiones en equipos anticontaminantes con un monto total de 1 262.6 millones de pesos, lo que representa un incremento del 23.7 % frente al total invertido en años anteriores, como puede observarse en el Anexo 1.18.

1.3.5 Aspectos Laborales.

Un concepto de suma importancia que es necesario señalar es el del personal ocupado en la Industria, que asciende

a un total, entre empleados y obreros, de 14 133 personas, los cuales resultan beneficiados con las inversiones que realiza la industria en sueldos, salarios y prestaciones, habiendo obtenido un incremento de 4.1 % en términos reales en 1986.

Las cifras respecto al personal ocupado en la Industria pueden verse en el Anexo I.19.

La importancia de la mención de estos datos es dar un panorama general del desarrollo que ha tenido la Industria Cementera dentro de la economía nacional.

CAPITULO II

PARAMETROS DE CALIDAD.

II. PARAMETROS DE CALIDAD

II.1 Normas ASTM y NOM

Dentro del proceso de elaboración del Cemento y siendo ya un producto terminado, se encuentra sometido a una serie de pruebas físicas y químicas que abarcan el control de calidad. En México la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a través de la Dirección General de Normas, establece las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en las cuales se presentan las especificaciones de las pruebas con las que deben cumplir los cementos; con clave (C) para Cementos Portland y C-2 para Cementos Portland Puzolana. Estas normas son similares a las que establece la American Society for Testing and Materials (ASTM) en Estados Unidos con clave C-150 y C-495 respectivamente. Es por ello que en adelante sólo se mencionarán las Normas ASTM para el caso de que no exista su equivalente en NOM.

Las especificaciones que señalan estas Normas son resultados mínimos de pruebas basadas en métodos debidamente estandarizados que emplean como referencias, algunos de ellos que se utilizan en este estudio y que corresponden a pruebas físicas son:

NOM-C-57 Determinación de la Consistencia Normal.

NOM-C-132 Determinación del Falso Fraguado.

NOM-C-152 Determinación del Peso Específico.

NOM-C-61 Determinación de la Resistencia a Compresión.

ya que se hará referencia a ellas en los capítulos siguientes.

Así mismo en las NOM-C-1 y C-2 se establecen las siguientes definiciones:

"CONGLOMERANTE HIDRAULICO."

"Es el material finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales similares, tienen la propiedad de fraguar tanto en el aire como en el agua y formar una masa endurecida."

"CLINKER."

"Es el material sintético granular, resultante de la cocción a una temperatura de 1673 K (1400 C) de materias primas de naturaleza calcarea y arcilloferruginosa, previamente trituradas, proporcionadas, mezcladas, pulverizadas y homogenizadas. Esencialmente el clinker está constituido por silicatos, aluminatos y ferroaluminatos cálcicos."

"CEMENTO PORTLAND."

"Es el conglomerante hidráulico que resulta de la pulverización del clinker, a un grado de finura determinado, al cual se le adiciona sulfato de calcio o agua y sulfato de calcio. A criterio del productor pueden incorporarse además, como auxiliares a la molienda o para impartir determinadas propiedades al cemento, otros materiales en proporción tal que no sean nocivos para el comportamiento posterior del producto."

"PUZOLANA."

"Es un material silíceo o sílico-aluminoso, que en sí posee poco o ningún valor cementante, pero que finamente molido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ordinaria, para formar compuestos con propiedades cementantes."

"CEMENTO PORTLAND PUZOLANA."

"Es el conglomerado hidráulico, integrado por la mezcla íntima de Cementos Portland y Puzolana, pudiendo adicionarse escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio. La mezcla de Cemento Portland y Puzolana puede obtenerse directamente en la mezcla de estos dos materiales, o bien mediante la molienda conjunta de clinker portland, puzolana y sulfato de calcio, o de clinker portland, sulfato de calcio, escoria granulada de alto horno y puzolana.

La molienda y el mezclado de estos productos, puede ser realizada por el productor en el orden que estime conveniente, cuidando que las proporciones del constituyente puzolánico deben encontrarse en la mezcla del 15 al 40 % de la masa total."

Respecto a la clasificación de los cementos, las normas ASTM difieren de las NOM debido a la gran variedad de cementos que se fabrican en E.U., por mencionar alguna la norma ASTM-C-150 establece 8 tipos de Cementos Portland y la NOM-C-1

establece 5 tipos de cementos producidos en México. Por considerar más importante visualizar los parámetros que se tienen en el país, se mencionarán las clasificaciones que establecen las NOM-C-1 y C-2 :

El Cemento Portland se clasifica en cinco tipos diferentes:

TIPO I	Normal
TIPO II	Modificado
TIPO III	De Rápida Resistencia Alta
TIPO IV	De Bajo Calor de Hidratación
TIPO V	De Alta Resistencia a los Sulfatos

El Cemento Portland Puzolana se clasifica en dos tipos con un solo grado de calidad:

Cemento Portland Puzolana PUZ-1. Para uso en construcciones de concreto en general.

Cemento Portland Puzolana PUZ-2. Para uso en construcciones de concreto en donde no son requeridas resistencias altas en edades tempranas.

El siguiente punto que indican las normas son una serie de requisitos que los cementos que se señalan deben cumplir, de todos ellos se sustraerán los que se necesitarán para establecer comparaciones posteriores respecto a los estudios elaborados. Así, se presentan dos tablas de las Especificaciones Físicas que se requieren para los Cementos Portland y Cementos Puzolánicos.

TABLA 1

ESPECIFICACIONES FISICAS PARA CEMENTO PORTLAND NOM-C-1

CARACTERISTICAS	TIPO
	I
Resistencia a Compresión kg/cm ² En cubos de mortero con relación Cemento/Arena de 1:2.75 en masa relación Agua/Cemento: Constante 0.485 NOM -C-61	
Valores Mínimos	
A las 24 horas	100
A los 3 días	130
A los 7 días	200
A los 28 días	-
Tiempo de Fraguado Método Vicat NOM-C-59	
Fraguado Inicial en minutos NO MENOS DE	45
Fraguado Final en Horas NO MAS DE	8
Fraguado Falso NOM-C-132 Penetración Final MINIMO %	50

TABLA 2

ESPECIFICACIONES FISICAS PARA CEMENTO PORTLAND PUZOLANA
NOM-C-2

CARACTERISTICAS	CEMENTO PORTLAND PUZOLANA PUZ-1
	2
Resistencia a Compresión kg/cm ² En cubos de mortero con relación Cemento/Arena de 1:2.75 en masa relación Agua/Cemento: la necesaria para dar la fluidez. NOM-C-61 Valores Mínimos	
A las 24 horas	-
A los 3 días	130
A los 7 días	200
A los 28 días	255
Tiempo de Fraguado Método Vicat NOM-C-59	
Fraguado Inicial en minutos NO MENOS DE	45
Fraguado Final en Horas NO MAS DE	7
Fraguado Falso NOM-C-102 Penetración Final MINIMO %	50

Como puede observarse en ambas tablas, las especificaciones para ambos cementos es muy similar, siendo tipos distintos.

11.2 NORMA ASTM-C-917

Debido a que las Normas anteriores establecen valores mínimos de calidad -en especificaciones de importancia como es la Resistencia a Compresión en el Cemento-, sin considerar las variaciones que pudieran presentarse por arriba de ese valor mínimo y que fueran considerables para las condiciones de los diseños de mezclas de concreto de los grandes consumidores de cemento; la ASTM ha establecido un Método de Evaluación de la Uniformidad de la Resistencia del Cemento normalizado en la ASTM-C-917, con el objeto de llevar un control sobre esta uniformidad y poder conocer los límites de variabilidad.

Esta Norma no es un especificación, es decir no contiene ningún valor como parámetro de calidad, sino un método de evaluación estadística de muestras de cemento de una sola fuente, el cual se emplea en las circunstancias en que el comprador desea información sobre dicha uniformidad. Este método emplea como referencias principalmente la NOM-C-61 o ASTM-C-109 "Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cementantes Hidráulicos".

El Método puede ser aplicado a todos los cementos

hidráulicos cubiertos en las especificaciones ASTM-C-150 y ASTM-C-495 (en México NOM-C-1 y C-2). En su sección sobre muestreo menciona que las muestras se tomen de unidades de suministro normales; ya sea en camiones o vagones o algún otro punto durante el proceso de carga y descarga. Todas las muestras tomadas deberán ser probadas a la compresión a los 7 y 28 días de acuerdo con la Norma ASTM-C-109 (NOM-C-51).

Respecto a la evaluación estadística que sugiere esta norma de los resultados obtenidos en las pruebas, se obtienen resistencias promedio, desviaciones estándar, límites superior e inferior, etc., que conducen a una serie de resultados interesantes sobre la variabilidad del cemento analizando dichos resultados. Los detalles sobre la evaluación estadística y el cálculo de estos parámetros se mencionarán más adelante.

El hecho de querer evaluar un cemento que cumple todas las especificaciones de su tipo, no es sólo verificar que el cemento que se emplea sea de mayor o menor calidad, sino analizar las posibles variaciones que se pueden presentar en cementos del mismo tipo de marcas distintas y aun de la misma marca de diferentes días de producción. En México no se ha establecido aún un método de esta naturaleza, debido probablemente a la falta de interés por parte de los consumidores de cemento en conocer las posibles variaciones que pudiera tener

el material que adquieren o tal vez a la absoluta confianza que se tiene a los proveedores de cemento. Sin embargo se trata de dar una pauta para despertar el interés de conocer una de las materias primas, (la más importante), para la elaboración del material básico en la construcción, "el concreto".

CAPITULO III

ESTUDIOS REALIZADOS.

III. ESTUDIOS REALIZADOS

III.1 ZONA DE MUESTREO Y TIPOS DE CEMENTO EMPLEADOS

Se escogió el Área Metropolitana como Zona de Muestreo por la facilidad de adquisición del material al encontrar diversas marcas y tipos de cemento, además de ser una zona muy importante debido a su gran consumo considerándose muy adecuada para aplicar el método ASTM-C-917.

Los muestreos del producto se realizaron con diferentes proveedores del area metropolitana, tomándolos aleatoriamente de los 4 puntos cardinales de la zona, adquiriéndolos en sacos de 50 kg., procurando cambiar de proveedor cada vez para tener una mayor representatividad de las muestras.

Observando la tendencia comercial de la venta indistinta de cementos puzolánicos por cualquier cemento portland, se convino en manejar dos tipos de cemento correspondientes a los más empleados: el cemento puzolánico tipo PUZ-1 y el Portland Tipo 1 Normal.

Se adquirieron cinco marcas distintas de cementos, empleándose la siguiente nomenclatura para denominarlas: Marcas A, B, C, D y E, de las cuales las tres primeras corresponden a cementos puzolánicos y las dos últimas a cementos portland tipo 1. Tal como se indica en la Tabla 3.

TABLA 3

MARCAS Y TIPOS DE CEMENTO EMPLEADOS

MARCA	TIPO
A	FUZOLANICO
B	FUZOLANICO
C	FUZOLANICO
D	NORMAL
E	NORMAL

III.2 METODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

Las Normas Oficiales Mexicanas establecen métodos estandarizados para la elaboración de las pruebas que se realizan a fin de determinar la calidad y aceptación del cemento. Se aclara que en este caso, el elaborar todas estas pruebas implica un costo muy elevado que no siempre es posible sufragar, sin embargo se realizaron las pruebas que se consideraron de mayor importancia, así como para comparar ciertos límites que marcan las especificaciones con la realidad.

Antes de iniciar cualquier prueba, las Normas señalan las condiciones de las áreas físicas, del equipo y de los materiales con que se van a realizar, estas se describen brevemente a continuación:

- El Laboratorio donde se realicen las pruebas debe tener una temperatura de 20 a 28 C y una humedad mayor al 50%.

- El Cuarto de Curado empleado debe tener una temperatura de 21 a 25 C y una humedad mayor del 90 %.

- El Agua destilada para pastas y morteros debe tener una temperatura de 21 a 25 C. Para lograr esto se debe tener siempre un garratón de agua destilada para este uso, dentro del cuarto de curado, desde un día antes de las pruebas.

- La olla de mezclado, el aspa, la mesa y el cono de fluidez, deben estar ligeramente húmedos y a la temperatura del Laboratorio.

- La arena y cemento a ensayar deben estar a la temperatura del Laboratorio, así como el resto del equipo.

Establecidas estas condiciones, es posible realizar las pruebas basándose en los Métodos estandarizados por la Dirección General de Normas, los empleados en este trabajo se mencionarán y detallarán de la forma siguiente:

III.2.1 METODO No. 1 "PROCEDIMIENTO PARA MEZCLADO MECANICO PARA PASTAS" (NOM-C-85, ASTM-C-309 EXTRACTO.)

EQUIPO: Batidora con olla mezcladora y aspa, de dos velocidades: baja (140 más/menos 5 R.P.M.) y media (285 más/menos 10 R.P.M.), espátula de hule (Fig. 1), cronómetro.

PROCEDIMIENTO: Se coloca el aspa y olla ligeramente húmedas en posición de mezclado. Se vierte el agua destilada en la olla de mezclado y se añade el cemento dejando absorber por 30 segundos. Inmediatamente después se enciende la batidora y se mezcla a baja velocidad durante 30 segundos. Al cabo, se detiene la batidora durante 15 segundos y en este tiempo se despega la pasta que se haya colectado en las paredes de la olla así como del aspa. Se enciende nuevamente la mezcladora a velocidad media:

- * 1 minuto para prueba de Consistencia Normal (NOM-C-57. METODO No. 3).
- * 2.5 minutos para prueba de Falso Fraguado (NOM-C-132. METODO No. 5).

III.2.2 METODO No. 2 "PROCEDIMIENTO PARA MEZCLADO MECANICO PARA MORTEROS" (NOM-C-85. ASTM-C-305 EXTRACTO.)

EQUIPO: El señalado en el Método No. 1 y una fra-nela húmeda.

PROCEDIMIENTO: Se coloca el aspa y la olla ligera-

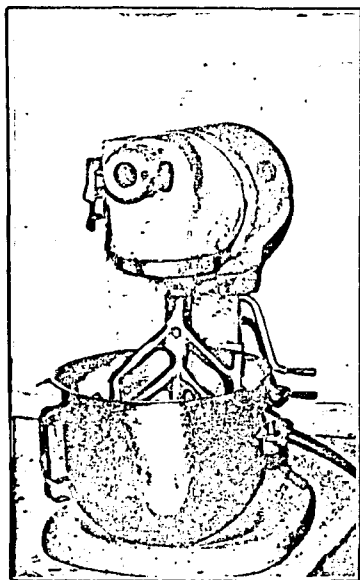
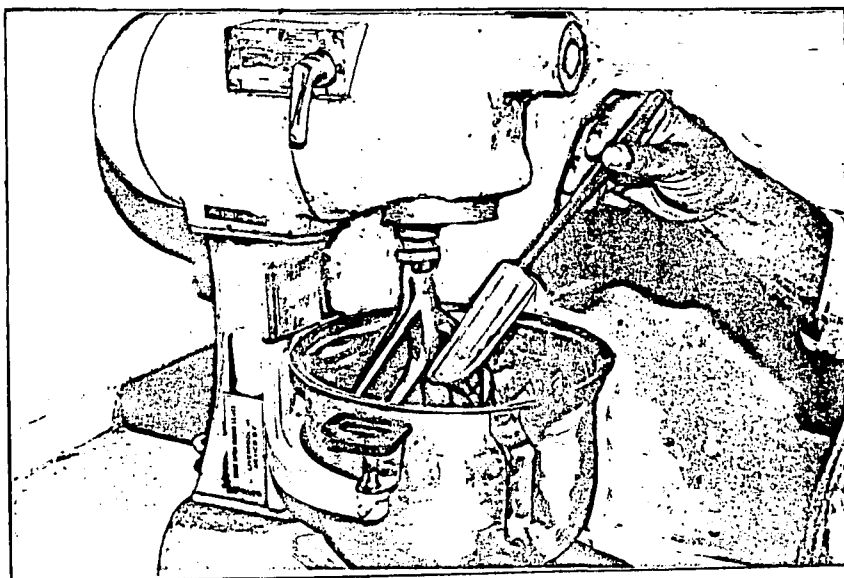


Fig. 1. Dos aspectos de la batidora con olla mezcladora y aspa. Arriba, espátula de hule que se emplea en la operación de despeque de pastas y morteros de las paredes de la olla.

mente húmedas en posición de mezclado. Se vierte toda el agua destilada en la olla. Se agrega el cemento y se enciende la batidora inmediatamente a baja velocidad durante 30 segundos. Transcurrido este tiempo se va agregando la arena de Ottawa, que se emplea en la elaboración de los morteros, lentamente hasta verterla completamente en la olla antes de cumplir el minuto de mezclado (la batidora debe permanecer encendida durante todo el proceso). Se detiene la batidora para cambiar a velocidad media y se mezcla durante 30 segundos al cabo de los cuales se detiene para dejar reposar 1.5 minutos. En los primeros 15 segundos de este intervalo se despegan los morteros que haya quedado adherido a el aspa y en las paredes de la olla cubriéndola a continuación con la franela húmeda hasta completar el resto del intervalo de reposo. Se retira la franela y se mezcla durante 1 minuto a velocidad media.

III.2.3 METODO No. 3 " DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DE CEMENTANTES HIDRAULICOS" (NOM-C-57 EXTRACTO.)

DEFINICIONES: Consistencia Normal es la cantidad de agua necesaria para obtener una plasticidad estándar. Se refiere a plasticidad como la avidez de agua de un material, en este caso una plasticidad de 9 a 11 cm de penetración en el Aparato de Vicat.

EQUIPO: El señalado en el Método No. 1, Aparato de

Vicat (Fig. 2), cuchara pequeña de albañilería, balanza con aproximación de 0.1 gr. y probeta con capacidad de 250 ml.

PROCEDIMIENTO: Se pesan 500 gr. de cemento y se mide la cantidad de agua destilada que se considere necesaria para obtener la Consistencia Normal, recomendando iniciar la prueba con una cantidad igual al 25 % del peso del cemento. A continuación se sigue el procedimiento de mezclado del METODO No.1. Rápidamente con las manos enguantadas, se forma con la pasta una pelota y se lanza de una mano a otra o veces teniendo una distancia de separación entre ambas manos de unos 15 cm. Con la pelota en una mano y el cono del Vicat en la otra, se introduce la pelota por la base mayor del cono, retirando el sobrante con un simple movimiento de la palma de la mano y comprimiendo suavemente para llenarlo por completo. Se coloca el cono sobre la placa del Vicat con la base mayor hacia abajo y se quita el sobrante de la base menor del cono mediante un corte oblicuo con el filo de la cuchara inclinada ligeramente. Si es necesario se alisa la superficie con la punta de la cuchara sin presionar la pasta. A continuación se lleva la placa con el cono al aparato y se pone la barra móvil sobre la pasta fijándola con el tornillo de presión verificando que quede la escala del Vicat en "Cero". Se deja caer la barra aflojando el tornillo de presión. Todo este proceso debe efectuarse en los 30 segundos a partir de que se terminó de hacer la pasta. Se toma la lectura en la escala a los 30 segundos después de haber

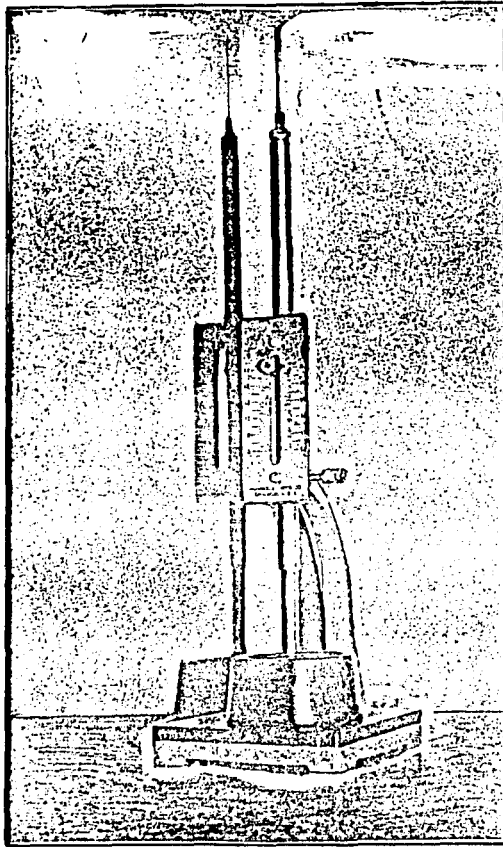


Fig. 2. Aparato de Vicat con
aguja de 1 mm de diámetro en
la parte superior y aguja de
1 cm de diámetro en la parte
inferior.

soltado la barra.

RESULTADOS: La pasta tendrá Consistencia Normal cuando la barra de penetración del Vicat baje 10 más/menos 1 mm a partir de la superficie original de la pasta en un intervalo de 30 segundos contados desde el instante en que se solto dicha barra. Se hacen una serie de pruebas variando el porcentaje de agua hasta lograr la Consistencia Normal, pero en ningún caso se debe emplear la misma pasta, reportándose como un porcentaje del peso del cemento empleado.

III.2.4 METODO No. 4 "DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE CEMENTANTES HIDRAULICOS". (NOM-C-59. EXTRACTO.)

EQUIPO: El señalado en el Método No. 3.

PROCEDIMIENTO: Después de haber determinado la Consistencia Normal, se alisa la superficie de la pasta con la cuchara sin presionar y se coloca el cono con la pasta dentro del cuarto de curado durante unos 30 minutos, después de los cuales se determina la penetración de la aguja de 1 mm de diámetro del Vicat, cada 15 minutos hasta obtener una penetración de 25 mm o menor. Para obtener las lecturas de penetración se coloca la aguja en la superficie de la pasta y se deja caer tomando la lectura en la escala, 30 segundos después. Las penetraciones no deben efectuarse a una distancia menor de 6 mm una de otras y ninguna de ellas se hará a una distancia menor

de 9 mm de la parte interior del cono.

RESULTADOS: Se registran todas las lecturas de las penetraciones y por interpolación se determina el tiempo correspondiente a la penetración de 25 mm ya que este es el Tiempo de Fraguado Inicial. El Tiempo de Fraguado Final es aquel en que la misma aguja no penetra visiblemente la pasta.

III.2.5 METODO No. 5 "DETERMINACION DEL FALSO FRAGUADO DE CEMENTANTES HIDRAULICOS" (NOM-D-132, EXTRACTO.)

EQUIPO: El señalado en el Método No. 3.

PROCEDIMIENTO: Se pesan 500 gr. de cemento y se mide la cantidad necesaria de agua para obtener el Falso Fraguado, se recomienda emplear de 1 a 1.5 % más de la cantidad de agua (en porcentaje) de la utilizada en la obtención de la Consistencia Normal. Se sigue el procedimiento de mezclado para pastas METODO No. 1. A continuación se forma una pelota con la pasta de cemento y se introduce en el cono por su base mayor eliminando el sobrante con un simple movimiento de la palma de la mano y comprimiendo suavemente para llenarlo por completo; enseguida se pone el cono con la base mayor hacia abajo, sobre la placa del Vicat y se elimina el sobrante de la base menor con un corte oblicuo de la cuchara, alisando si es necesario y sin presionar. A continuación se coloca la placa con el cono

y la pasta en el Aparato de Vicat y se determina la Penetración Inicial colocando la barra sobre la pasta y dejando caer exactamente 20 segundos después de haber terminado el mezclado. El aparato debe estar libre de vibraciones. Se considera que la pasta tiene la consistencia adecuada cuando la barra penetra 34 más/menos 4 mm (en ASTM 32 más/menos 4 mm) abajo de la superficie original de la pasta, después de 30 segundos que ha sido soltada. Se hacen pastas de prueba con diversos porcentajes de agua hasta obtener esta penetración. Durante el tiempo que dura esta determinación el sobrante de la pasta se regresa a la olla y se cubre con una franela húmeda. Después de haber determinado la penetración inicial, se retira la aguja de la pasta y se limpia. Se mueve la placa con el cono a una nueva posición y se coloca la barra nuevamente sobre la superficie de la pasta. Se suelta la barra exactamente a los 5 minutos de haber terminado el periodo de mezclado y se toma la lectura de Penetración Final a los 30 segundos de haber soltado la barra nuevamente.

RESULTADOS: El Porcentaje de Falso Fraguado se obtiene de la siguiente expresión:

$$\% \text{ Falso Fraguado} = \frac{\text{Penetración Final (mm)}}{\text{Penetración Inicial (mm)}} \times 100$$

Si el valor calculado es superior al 50 % se da por terminada la prueba y se reporta el valor obtenido. Si el valor calculado es inferior al 50 % se deberá determinar si se

trata de Falso Fraguado o Fraguado Instantáneo, como se describe a continuación:

Después de haber efectuado la penetración final, se regresa la pasta moldeada a la olla, se pone en posición de mezclado y se enciende a velocidad media durante 1 minuto. Se llena nuevamente el molde y se determinan las penetraciones como se describió anteriormente. Se efectúan los cálculos y si el valor calculado es mayor a 50 % se trata de Falso Fraguado, si el valor calculado sigue manteniéndose menor a 50 % se trata de Fraguado Instantáneo, reportándose cualquiera de los resultados obtenidos.

III.2.6 METODO No.6 "DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DE CEMENTANTES HIDRAULICOS" (NOM-C-152 EXTRACTO.)

DEFINICION: Se entiende por peso específico de los cementantes hidráulicos, la relación del peso del cementante en gramos entre el volumen en mililitros que desplaza al introducirse en un líquido con el cual no se efectúa reacción química alguna.

EQUIPO: Frasco de LeChatelier, pincel, espátula (Fig. 3), balanza con precisión de 0.1 gr., embudo y cubeta pequeña.

MATERIAL: Gasolina o cualquier otro líquido libre de

agua y con densidad mayor a 0.730 gr/ml, papel absorbente y agua a la temperatura del Laboratorio.

PROCEDIMIENTO: Se llena el frasco de LeChatelier con gasolina hasta el "0" de la graduación, luego se tapa y se sumerge la parte inferior del frasco en la cubeta con agua a la temperatura del Laboratorio para que la gasolina adquiera esta temperatura. Mientras tanto, se pesan 60 gr. de cemento con una aproximación de 0.1 gr. Se verifica el nivel de la gasolina en el frasco la cual variará mientras no adquiera una temperatura constante, se agrega o quita líquido si es necesario para conservar el nivel en "0". Cuando se logra estabilizar la temperatura y el nivel, se seca el cuello interior del frasco con el papel absorbente y se coloca el embudo en la parte superior. Con la espátula se agrega poco a poco el cemento de tal forma que caiga hasta el fondo y no se pegue en las paredes del frasco evitando salpicaduras dentro del mismo. Al terminar de introducir todo el cemento de esta forma, se procede a desalojar el aire atrapado, tapando el frasco y haciéndolo girar en posición inclinada sujetándolo por el cuello con una mano y moviéndolo por la parte inferior con la otra; de otra forma puede sujetarse el frasco por el cuello y se coloca en una superficie plana, se inclina levemente y se rueda empujando la parte inferior con la otra mano. Después de eliminar el aire, el frasco se sumerge nuevamente hasta estabilizar la temperatura tomándose la lectura cuando esto ocurre, es decir cuando se estabilice también el nivel del líquido.

RESULTADOS: El Peso Específico se calculará con la siguiente expresión:

$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso del Cemento (gr.)}}{\text{Volumen Desalojado (ml.)}}$$

III.2.7 METODO No. 7 "DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CEMENTANTES HIDRAULICOS" (NOM-C-61. EXTRAC-TO.)

EQUIPO: El señalado en el Método No. 2, balanza con precisión de 0.1 gr., probeta con capacidad de 500 ml, moldes para los especímenes cúbicos de ensaye de 2 " de lado, apisonador de 1" x 1/2" x 6" (Fig. 4), mesa, cono y calibrador para fluides (Fig. 5), máquina de ensaye de tipo hidráulico (Fig. 6).

MATERIAL: Cemento, agua destilada, arena natural de sílice de Ottawa graduada de la Malla No. 100 a la 16.

PROCEDIMIENTO: La Norma indica que se ensayen tres especímenes para cada fecha de prueba, de acuerdo a esto se programan los especímenes elaborados de la siguiente manera:

No. DE ESPECIMENES	EDAD DE PRUEBA
3	1 día
3	3 días
3	7 días
3	28 días

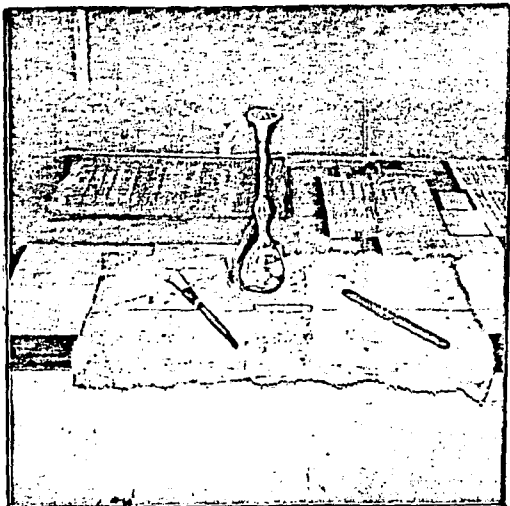


Fig. 3. Frasco de Lechatelier con pincel y espátula.

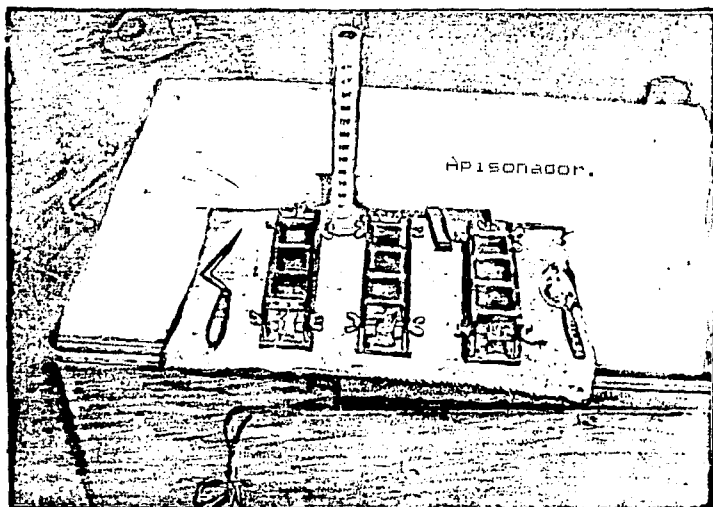


Fig. 4. Moldes cúbicos para especímenes de cemento de 2" x 2" x 2" de sustrato de albañilería y probeta.

La proporción de los materiales para elaborar los especímenes son 900 gr. de Cemento, con la relación 1:2.75 que señala la Norma se obtienen 2 475 gr. de Arena, los cuales se pesan. Se mide la cantidad necesaria de agua para obtener una fluidez de 110 mas/menos 5 % - la obtención de la misma se explica más adelante -. esto es para el caso de los Cementos Puzolánicos; para los Cementos Portland se emplea la relación A/C constante igual a 0.485 lo que resulta en 436.5 ml. de agua destilada. A continuación se sigue el procedimiento de mezclado mecánico para morteros (METODO No. 2). Se procede a determinar la fluidez engrasando ligeramente la mesa y el molde, colocando este último en el centro de la mesa; se pone una capa de mortero en el molde de un espesor aproximado de 25 mm - la mitad del molde - y se compacta 20 veces con el apisonador aplicando la presión necesaria para que el llenado sea uniforme. Se añade otra capa de mortero hasta llenar totalmente el molde, se compacta de igual manera que la anterior y se enrasa pasando el filo de la cuchara en un movimiento aserrado. Se limpia la parte de la mesa de fluidez no cubierta por el molde y se levanta éste un minuto después de haber terminado el mezclado. Se deja caer el platillo de la mesa 25 veces en 15 segundos. Con el calibrador de fluidez se toman 4 lecturas del diámetro y se suman - el calibrador está graduado en porcentaje de aumento del diámetro de la base -. La fluidez es el incremento del diámetro de la base de la masa del mortero, expresado como porcentaje del diámetro de la base original, por tan-

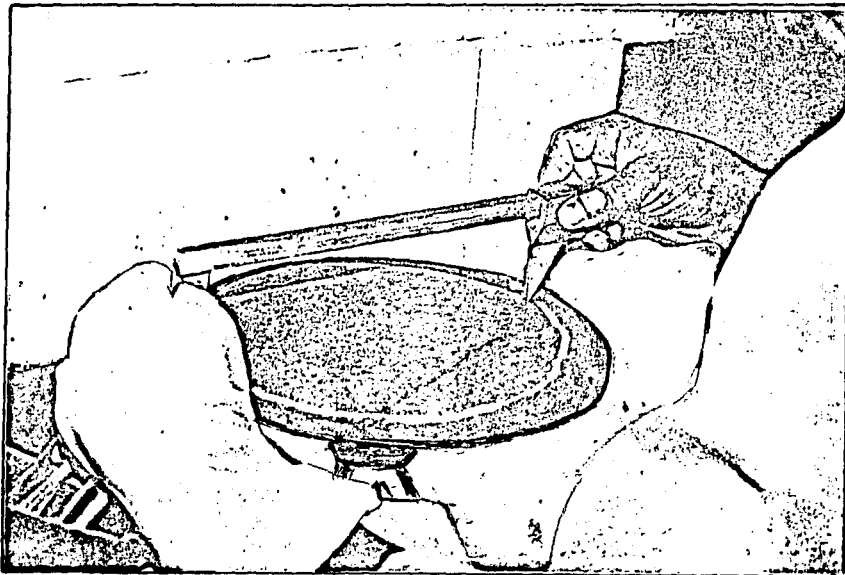
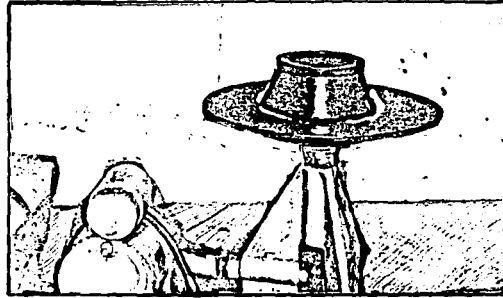


Fig. 5. Mesa de Fluides, Molde y Calibrador.

to la suma de las medidas tomadas será la fluidez. Se deben hacer mezclas de prueba variando los porcentajes de agua hasta obtener la fluidez especificada, excepto en los Cementos Portland en los cuales la cantidad de agua permanecerá constante independientemente de su fluidez. Al terminar la prueba el mortero se regresa a la olla y se remezcla a velocidad media durante 15 segundos. La elaboración de los especímenes debe hacerse dentro de un tiempo no mayor de 2.5 minutos después de haber terminado el mezclado, colocando en los compartimientos del molde, previamente engrasado y sellado, una capa de mortero de aproximadamente 25 mm de espesor y compactándola con el apisonador 32 veces en unos 10 segundos en 4 vueltas. El inicio de cada vuelta se efectúa a 90 grados con respecto a la siguiente - o a la anterior - y consiste de 8 golpes adyacentes repartidos en toda la superficie. La presión para compactar cada cubo debe ser la necesaria para asegurar un llenado uniforme. Se deben completar las 32 compactaciones en un cubo antes de continuar con el siguiente. Una vez terminado el apisonado de la primera capa en todos los cubos, los compartimientos se deben llenar utilizando el resto del mortero y volviendo a compactar tal como se hizo en la primera capa. Al terminar la compactación, el mortero sobresaliente se extiende suavemente con la cuchara a lo largo del molde aplanándolo ligeramente y enrasando a continuación con la cuchara un poco inclinada una sola vez a ángulos rectos sobre cada cubo y en dirección normal al eje longitudinal del molde con un movimien-

to de sierra. Después de elaborar los cubos, estos deberán permanecer dentro del cuarto de curado durante 20 a 24 horas, en esta fecha serán desmoldados y conservados nuevamente en el cuarto de curado sumergidos en agua limpia hasta cumplir la edad de prueba (1, 3, 7 y 28 días), en la cual son retirados del tanque de almacenamiento. Los cubos se secan superficialmente y se les eliminan los granos sueltos de arena, así como las incrustaciones, a aquellas caras que harán contacto con las placas de la máquina de ensaye. Los cubos deben probarse de inmediato con las siguientes tolerancias:

EDAD DE PRUEBA	TOLERANCIA
1 día	+ 30 minutos
	-
3 días	+ 1 hora
	-
7 días	+ 3 horas
	-
28 días	+ 12 horas
	-

La carga se debe aplicar sobre las caras de los cubos que estuvieron en contacto con las paredes verticales del molde. El cubo se coloca en la máquina centrándolo cuidadosamente con respecto a la placa superior. La velocidad de aplicación de la carga debe ser tal que el 50 % restante del total de la carga debe presentarse entre 20 y 30 segundos del inicio del ensaye.

RESULTADOS: Se registran las cargas máximas obtenidas de los tres especímenes de prueba y se promedian para obtener

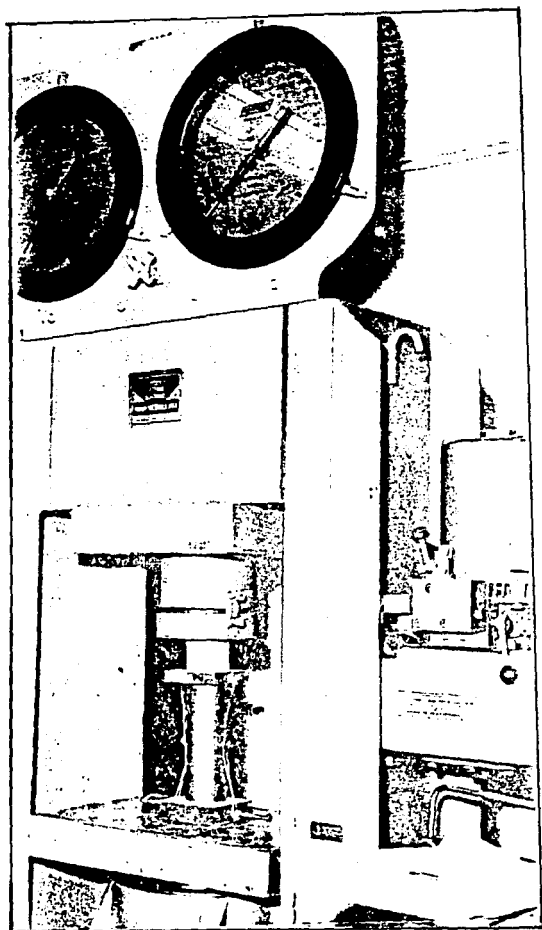


Fig. 6. Máquina de Ensaye Hidráulica con extensión para prueba a compresión de especímenes de cemento.

ner la carga máxima a compresión de la muestra. Este resultado se divide entre el área del espécimen igual a 25.000 cm^2 para obtener el Esfuerzo o Resistencia a Compresión de la muestra.

Todos estos Métodos son empleados en las Fábricas de Cemento como parte del Control de Calidad, es por ello que se emplearon en este trabajo en los cinco cementos estudiados.

Los resultados obtenidos de dichas pruebas se presentan en el Capítulo siguiente como introducción al Análisis de Resultados.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS.

IV. ANALISIS DE RESULTADOS.

IV.1 Presentación.

En este capítulo se procederá a evaluar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas mediante el "Método de Evaluación de la Uniformidad del Cemento obtenido de una sola fuente", ASTM-C-917.

Antes de iniciar la evaluación, se presentan los resultados en tablas que indican el Cemento empleado, la Resistencia a Compresión, los promedios de Consistencia Normal, Tiempos de Fraguado, Falso Fraguado y Densidad con el fin de establecer comparaciones con los parámetros que señalan las Normas correspondientes a cada Cemento.

Se tomó el Promedio de estas últimas pruebas, debido a que las diferencias entre una y otra muestra fueron mínimas y con el objeto de estimar un resultado general para cada una de dichas pruebas. No siendo así para las Resistencias a Compresión, las cuales servirán además de fijar los límites con las Normas C-1 y C-2, para aplicar el Método ASTM-C-917 arriba señalado.

TABLA No. 4

CEMENTO MARCA " A "

RESULTADOS

No. de Muestra	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)			
	EDAD (días)			
	1	3	7	28
1	124	137	263	412
2	103	212	267	383
3	90	184	233	377
4	122	190	250	385
5	103	172	254	361
6	114	221	290	414
7	103	191	257	389
8	77	191	246	373
9	131	218	265	371
10	113	189	237	363
11	119	237	319	407
12	111	187	294	413
13	183	251	348	448
14	87	209	274	387
15	123	195	278	334

CONSISTENCIA NORMAL (% prom.) = 27.45

TIEMPO DE FRAGUADO: Fraguado Inicial (hrs.prom.) = 1:59
Fraguado Final (hrs.prom.) = 4:34

FALSO FRAGUADO (% prom.) = 70.6

CEMENTO " A "

Puede observarse en la Tabla No. 4, que los resultados obtenidos para el Tiempo de Fraguado Inicial y Final se encuentran por encima de los límites que señala la Norma C-2. En el caso de una Consistencia Normal de 27.45 % y una penetración de 10 mm en el Aparato de Vicat, rebasa por más de una hora los 45 min. como mínimo de Fraguado Inicial y además se tienen 2.5 horas menos de Fraguado Final.

Respecto al Porcentaje de Falso Fraguado con un ---
76.6 % supera ampliamente el mínimo de 50 % , según Tabla ---
No. 2.

En lo que se refiere a Resistencias, en los resultados a 1 día, hay 3 muestras (No. 3, 8, 14) que no llegan al mínimo de 100 kg/cm^2 que indica la Norma C-1, siendo éste un Cemento Fuzolánico y otras 3 muestras (2, 5 y 7) están muy cercanas a éste límite.

En las Resistencias a 3 días, a excepción para éste caso de la muestra No. 1 que se encuentra muy cercana al límite, se encuentran muy por arriba de de los 130 kg/cm^2 que señala la Norma a esta edad.

Los resultados de las muestras a 7 y 28 días son similares en cuanto a que rebasan con amplio margen los parámetros establecidos por la Norma C-2 para cada una de esas edades.

GRAFICA DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CEMENTO A

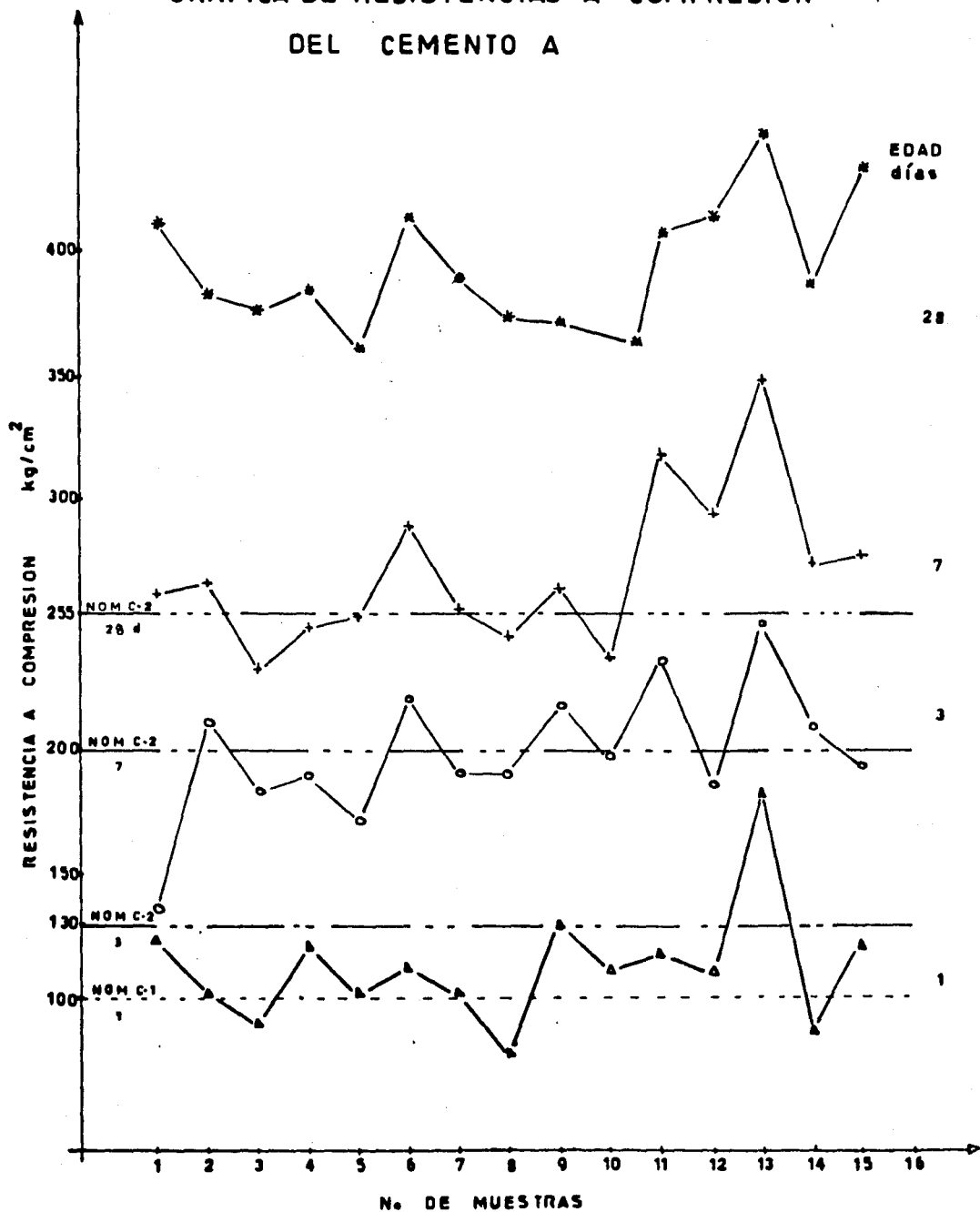


TABLA No. 5

CEMENTO MARCA " B "

RESULTADOS

No. de Muestra	Resistencia a compresión (kg/cm ²)			
	EDAD (días)			
	1	3	7	28
1	100	222	287	342
2	100	188	255	368
3	89	159	271	377
4	66	146	218	273
5	85	226	281	351
6	108	244	317	385
7	80	214	288	372
8	77	257	288	367
9	126	227	286	375
10	106	223	274	381
11	96	231	260	327
12	90	212	304	355
13	94	225	288	306
14	107	218	281	327
15	89	187	245	322
16	83	208	259	310

CONSISTENCIA NORMAL (% prom.) = 27.80

TIEMPO DE FRAGUADO: Fraguado Inicial (hrs.prom.) = 2:53
Fraguado Final (hrs.prom.) = 5:39

FALSO FRAGUADO (% prom.) = 75.44

DENSIDAD (gr/ml prom.) = 2.926

CEMENTO " B "

Este cemento obtuvo una Consistencia Normal igual a 27.8 %, ligeramente mayor que el Cemento A y una Penetración igual a 9.9 mm, para obtener una hora aproximadamente más de Fraguado Inicial y Final estando igualmente dentro de los límites permitidos.

Así mismo el Porcentaje de Falso Fraguado, ligeramente menor que el cemento anterior lo coloca dentro del rango aceptable.

Obsérvese también que la Densidad de ambos cementos es muy parecida.

De las Resistencias obtenidas puede observarse que a 1 día hay 10 muestras que se encuentran por abajo de los 100 $\frac{2}{\text{kg/cm}}$ (Resistencia a 1 día para Cementos Portland) y 5 que se encuentran muy cercanas a este límite.

Sin embargo a 3 días las Resistencias superan ampliamente el límite de 130 $\frac{2}{\text{kg/cm}}$ que les fija la Norma C-2 y de igual forma para las edades de 7 y 28 días.

Respecto a la muestra 4, se mantiene bastante abajo a la edad de 1 día (casi por 30 $\frac{2}{\text{kg/cm}}$); pero logra rebasar aunque por muy poco los límites de 3, 7 y 28 días respecto a las demás muestras .

GRAFICA DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CEMENTO B

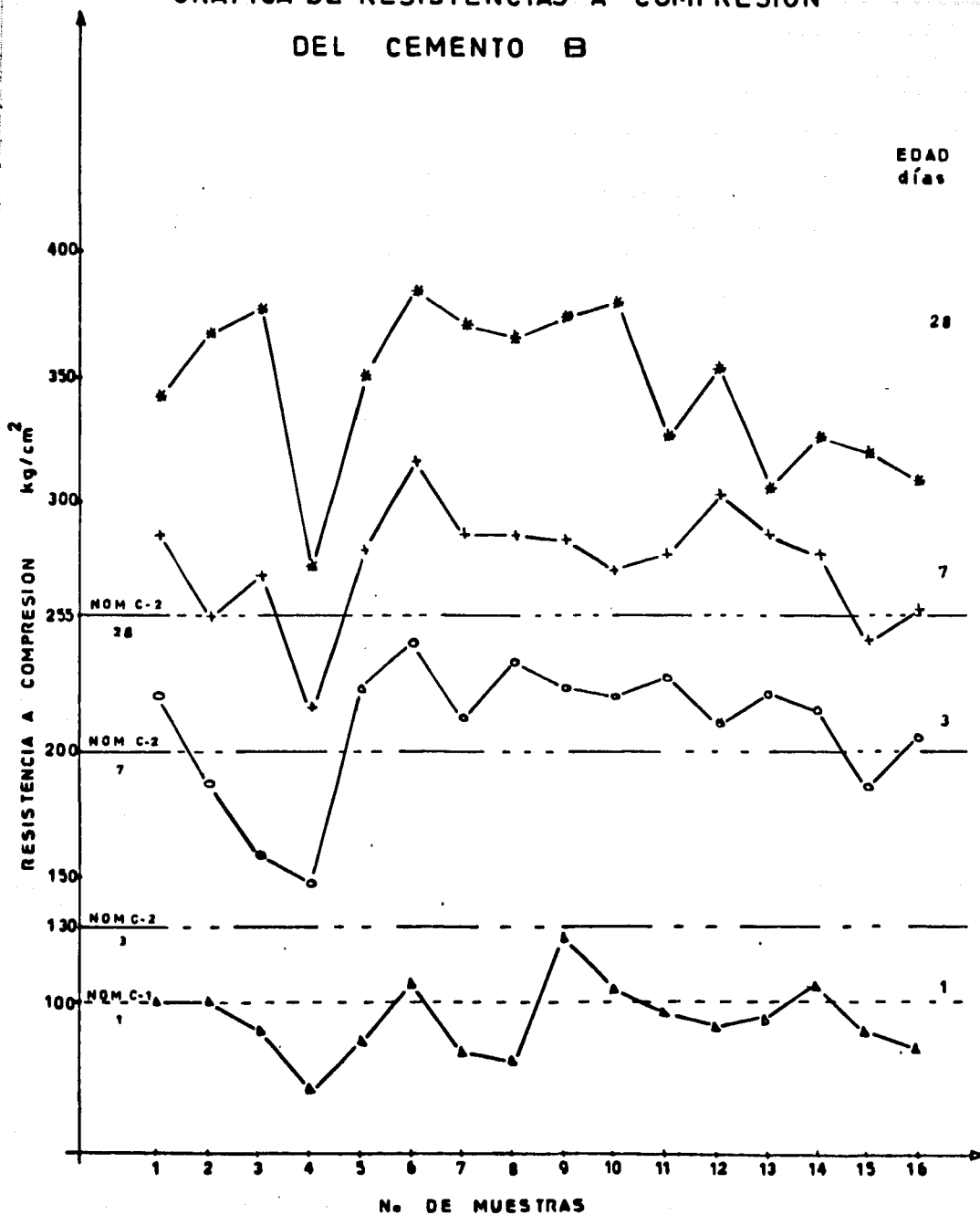


TABLA No. 6
CEMENTO MARCA " C "

RESULTADOS

No. de Muestra	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)			
	EDAD (días)			
	1	3	7	28
1	87	199	254	362
2	100	176	252	417
3	79	179	245	365
4	72	189	255	372
5	110	223	310	418
6	98	234	339	417
7	88	213	340	410
8	103	195	282	363
9	76	213	288	383
10	106	211	300	390
11	101	213	282	397
12	89	215	306	361
13	85	189	292	385
14	85	199	286	343
15	120	213	302	390
16	113	215	321	398

CONSISTENCIA NORMAL (% prom.) = 25.7

TIEMPO DE FRAGUADO: Fraguado Inicial (hrs.prom.) = 2:31
Fraguado Final (hrs.prom.) = 5:16

FALSO FRAGUADO (% prom.) = 79.8

DENSIDAD (gr/ml prom.) = 2.957

CEMENTO " C "

En este Cemento se encuentra que con una Consistencia Normal igual a 25.7 %, 2% menor que los dos cementos anteriores y una Penetración de 9.8 mm, se tiene un Fraguado Inicial de tan solo media hora más que el A y 20 minutos menos que el B; y un Fraguado Final de 45 minutos mayor que el primero y 15 minutos menor que el segundo. Estas diferencias no son muy significativas, ya que esta prueba no da un resultado preciso; pero es importante situar al Cemento debido a la reducción de su Consistencia Normal respecto a los otros cementos del mismo tipo.

El Falso Fraguado obtenido sin embargo es mayor que los anteriores. No así la Densidad que sigue siendo semejante considerándose correcta para Cementos Fuzolánicos.

La mayoría de las muestras, en las Resistencias a 1 día, se encuentran por abajo, en el límite o muy cercanas, que se especifica para Cementos Portland Tipo 1 Normal.

En cambio a 3, 7 y 8 días, manifiestan una alza en las resistencias que sobrepasa al límite de la Norma C-2.

Obsérvese también que los cambios en las curvas son más suaves que los cementos anteriores.

GRAFICA DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CEMENTO C

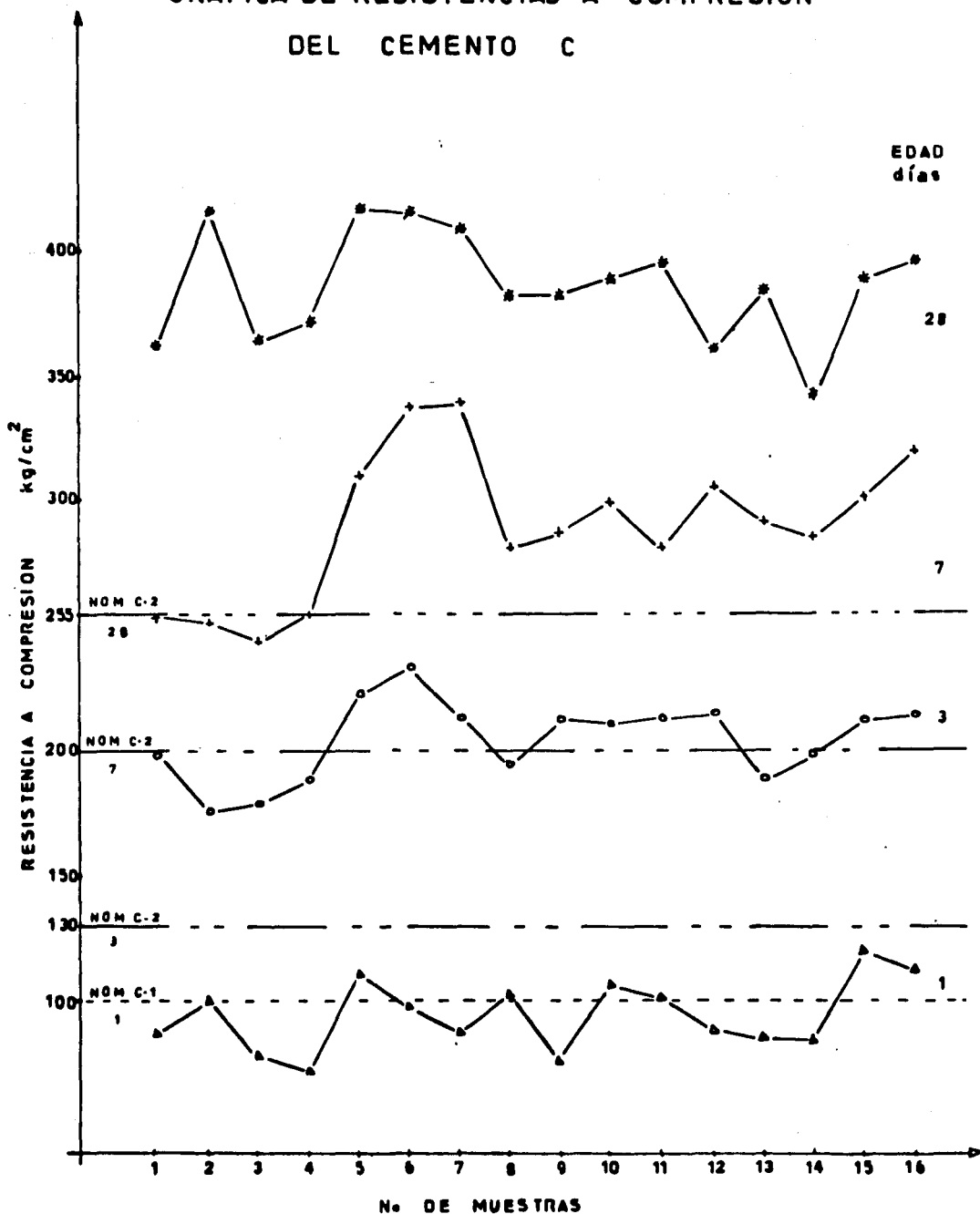


TABLA No. 7

CEMENTO MARCA " D "

RESULTADOS

No. de Muestra	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)			
	EDAD (días)			
	1	3	7	28
1	146	220	300	409
2	113	207	287	368
3	158	233	309	360
4	157	291	321	403
5	146	284	331	385
6	71	174	247	325
7	128	222	288	350
8	116	249	292	382
9	146	233	286	356
10	132	245	294	375
11	124	245	290	364
12	120	214	272	337
13	116	227	261	342
14	130	223	254	322

CONSISTENCIA NORMAL (% prom.) = 24.36

TIEMPO DE FRAGUADO: Fraguado Inicial (hrs.prom.) = 2:00
 Fraguado Final (hrs.prom.) = 4:43

FALSO FRAGUADO (% prom.) = 66.8

DENSIDAD (gr/ml prom.) = 3.051

CEMENTO " D "

Puede observarse en este tipo de Cemento una disminución de la Consistencia Normal considerable, respecto al Cemento A, por ejemplo, de casi un 3 % teniendo una penetración de 10 mm, se obtienen Fraguados Iniciales y Finales muy semejantes y con poco menos del 1 % del Cemento C, se tienen Fraguados Iniciales y Finales de 15 minutos de diferencia.

En cuanto al Porcentaje de Falso Fraguado igual a 66.8 % es bastante cercano al límite pero aun aceptable.

La Densidad aumenta en este tipo de cemento.

En lo que se refiere a las Resistencias, una sola muestra queda por abajo de los 100 kg/cm², pero en el transcurso del tiempo, a 3 y 7 días, logra superar los límites que señala la Norma C-1.

Aunque para los Cementos Portland Tipo 1 Normal no esta especificada la Resistencia a 28 días, este cemento rebasa el límite de la NOM-C-2 para esta edad.

Nótese también que las variaciones de las curvas a cada edad son muy semejantes.

GRAFICA DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CEMENTO D

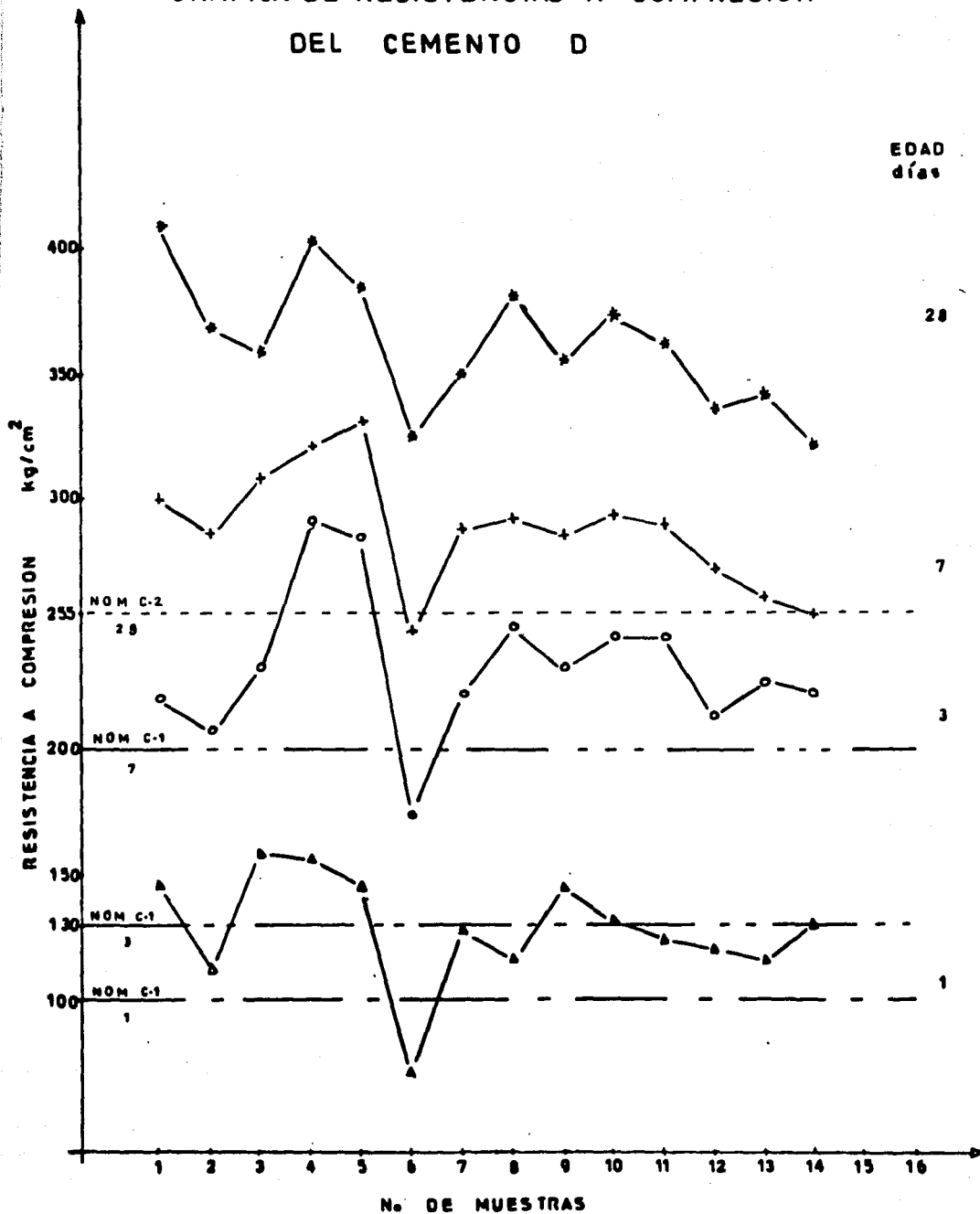


TABLA No. 8

CEMENTO MARCA " E "

RESULTADOS

No. de Muestra	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)			
	EDAD (días)			
	1	3	7	28
1	113	246	287	448
2	130	248	339	388
3	164	260	351	399
4	162	281	355	428
5	165	271	318	396
6	128	246	306	359
7	131	232	293	372
8	143	243	292	379
9	116	198	255	335
10	101	213	260	333
11	136	217	254	301
12	108	217	260	315
13	118	229	264	319
14	106	210	268	352
15	120	215	262	344

CONSISTENCIA NORMAL (% prom.) = 25.12

TIEMPO DE FRAGUADO: Fraguado Inicial (hrs.prom.) = 2:14
 Fraguado Final (hrs.prom.) = 5:00

FALSO FRAGUADO (% prom.) = 84.3

DENSIDAD (gr/ml prom.) = 3.08

CEMENTO " E "

En este último caso, se incrementan la Consistencia Normal en 1 % del anterior y la Penetración a 10.37 mm, dando como resultado Tiempos de Fraguado Iniciales y Finales 15 minutos mayores que el Cemento D del mismo tipo, cumpliendo ambos lo que señala la NOM-C-1 en esta prueba.

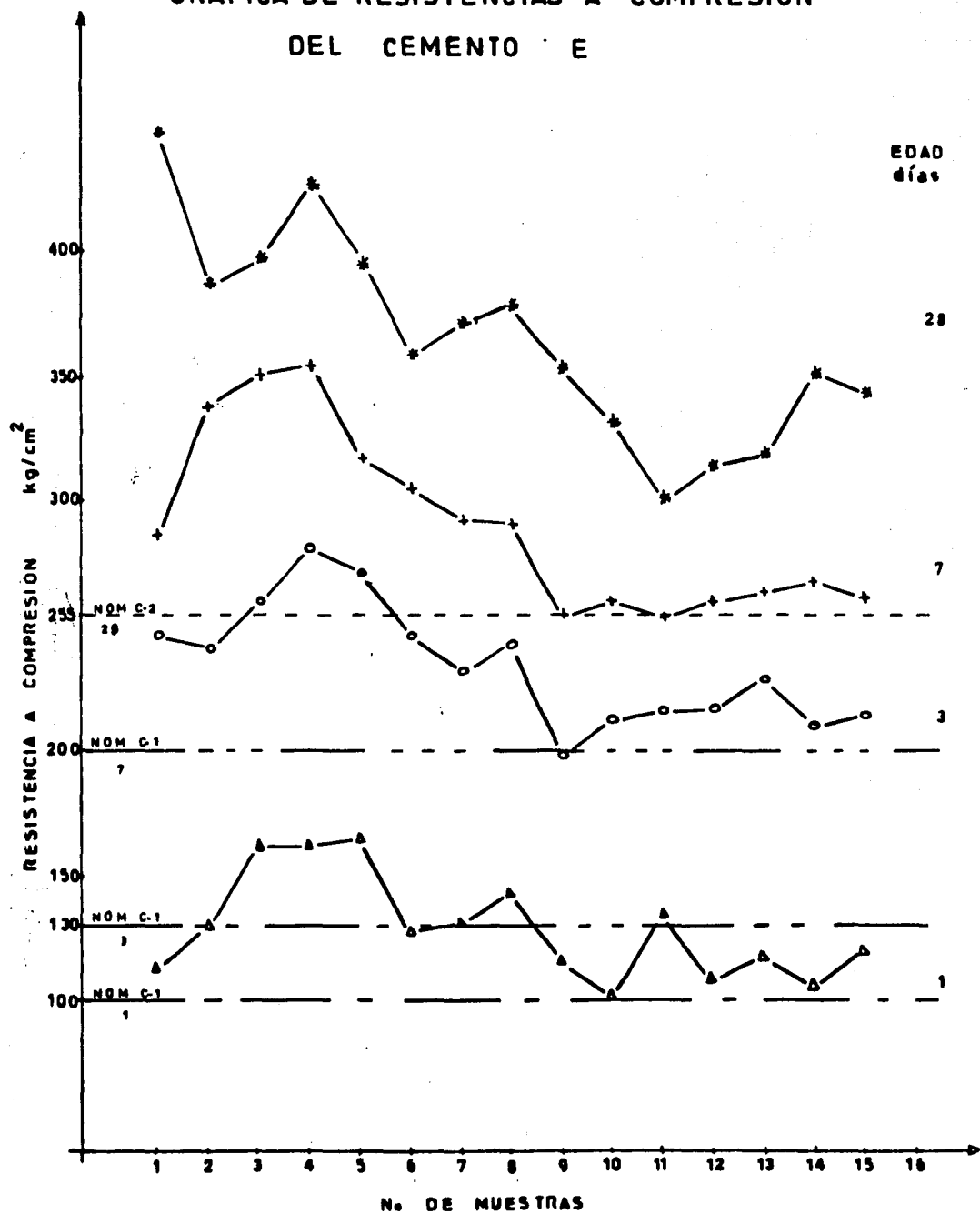
Asi mismo el Porcentaje de Falso Fraguado rebasa ampliamente el límite siendo mucho mayor que el de los otros tipos estudiados.

En lo que se refiere a la Densidad, esta es muy semejante al Cemento anterior, por lo que es posible distinguirlos de los puzolánicos que se encuentran por abajo de 3 gr/ ml.

Por otra parte tan sólo 2 muestras a 1 día, se encuentran muy cercanas pero por arriba del límite de 100 kg/cm². Las restantes superan a dicho límite.

Se observa también que a 3, 7 y 28 días, todas las muestras cumpen sobradamente sus respectivos parámetros.

GRAFICA DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CEMENTO E



IV.2 Procedimiento Estadístico y Resultados.

Partiendo de los resultados anteriores, la Norma ASTM-C-917 considera únicamente los datos correspondientes a las resistencias a edades de 7 y 28 días, con ellos se calculan los siguientes parámetros estadísticos:

- Resistencia Promedio que se denominará como \bar{x} , siendo igual a la suma de los valores entre el número de ellos.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

- Desviación estándar Dt .

$$Dt = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n - 1}}$$

- Coeficiente de Variación CV .

$$CV = \frac{Dt}{\bar{x}} * 100$$

- Promedio de 5 pruebas consecutivas, en donde \bar{x}_5 es sucesivamente el promedio de las pruebas 1 a 5; 2 a 6; 3 a 7; etc.

- Rango de 2 pruebas adyacentes, NO DE PARES TRASLAPADOS, es decir el rango de la muestra 1 y 2; 3 y 4; 5 y 6; etc., que se denominan como rangos individuales R .

- El promedio de los rangos individuales R , cuya ve-

BIBLIOTECA CENTRAL

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

rificación se efectúa multiplicando R por la constante 3.27 y comparando que cada uno de los rangos individuales no exceda de dicho producto. En el caso de que algunos valores fueran mayores, se eliminan volviéndose a promediar los restantes, verificándose nuevamente hasta que ninguno de los valores sobrepase al nuevo producto, considerándose el último R como correcto.

- Los Límites Superior (LS) e inferior (LI) de las resistencias se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$\bar{x} \pm 2.66 R$$

Donde a \bar{x} (el promedio de las resistencias) se le suma o resta el producto de R (el promedio corregido de los rangos individuales) por la constante 2.66.

Estos límites se fijan arriba y abajo del promedio y por lo tanto solamente una prueba individual en un millar es permisible que caiga fuera de estos límites si es que no ha habido un cambio en la variabilidad normal.

Se aplican los procedimientos antes señalados en los datos de las resistencias a 7 y 28 días y a continuación el proceso exige tabular y graficar los datos y resultados en Cartas de Control para proceder a evaluar respetando las siguientes reglas:

- a). Analizar las muestras individuales que se encuentren fuera del LS o del LI.
- b). Analizar cualquier conjunto de 5 a 7 pruebas consecutivas que se encuentren arriba o abajo del promedio individual (\bar{x}).
- c). El promedio de 5 pruebas consecutivas no debe diferir en más o menos de 4.5 % del promedio individual (\bar{x}).
- d). Los valores de las 5 pruebas consecutivas no deben de ser mayores o menores en un 10 % de otros valores de este mismo promedio (\bar{x}).

5

Todo esto con el fin de encontrar cambios estadísticamente significativos.

A continuación se muestran las Cartas de Control, (tabulaciones y gráficas) de las Tablas No. 9 a la 18 que corresponden a los Cementos de las Marcas A a la E a 7 y 28 días, con sus respectivos análisis.

TABLA No. 9

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL

CEMENTO " A "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 7 días. (kg/cm ²)	x (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	263		
2	267		4
3	233		
4	250		17
5	254	253	
6	290	258	36
7	257	257	
8	246	259	11
9	265	262	
10	237	259	28
11	319	265	
12	294	272	25
13	348	293	
14	274	294	74
15	278	303	0

La Media $\bar{x} = 272 \text{ kg/cm}^2$

La Desviación Dt = 30.98

El Coeficiente CV = 11.41 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 24.38; multipli-

cado por 3.27 es igual a:

$$3.27(24.38) = 79.71;$$

Como ningún valor de R excede a 79.71

se toma R = 24.38 como correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$

se tiene que:

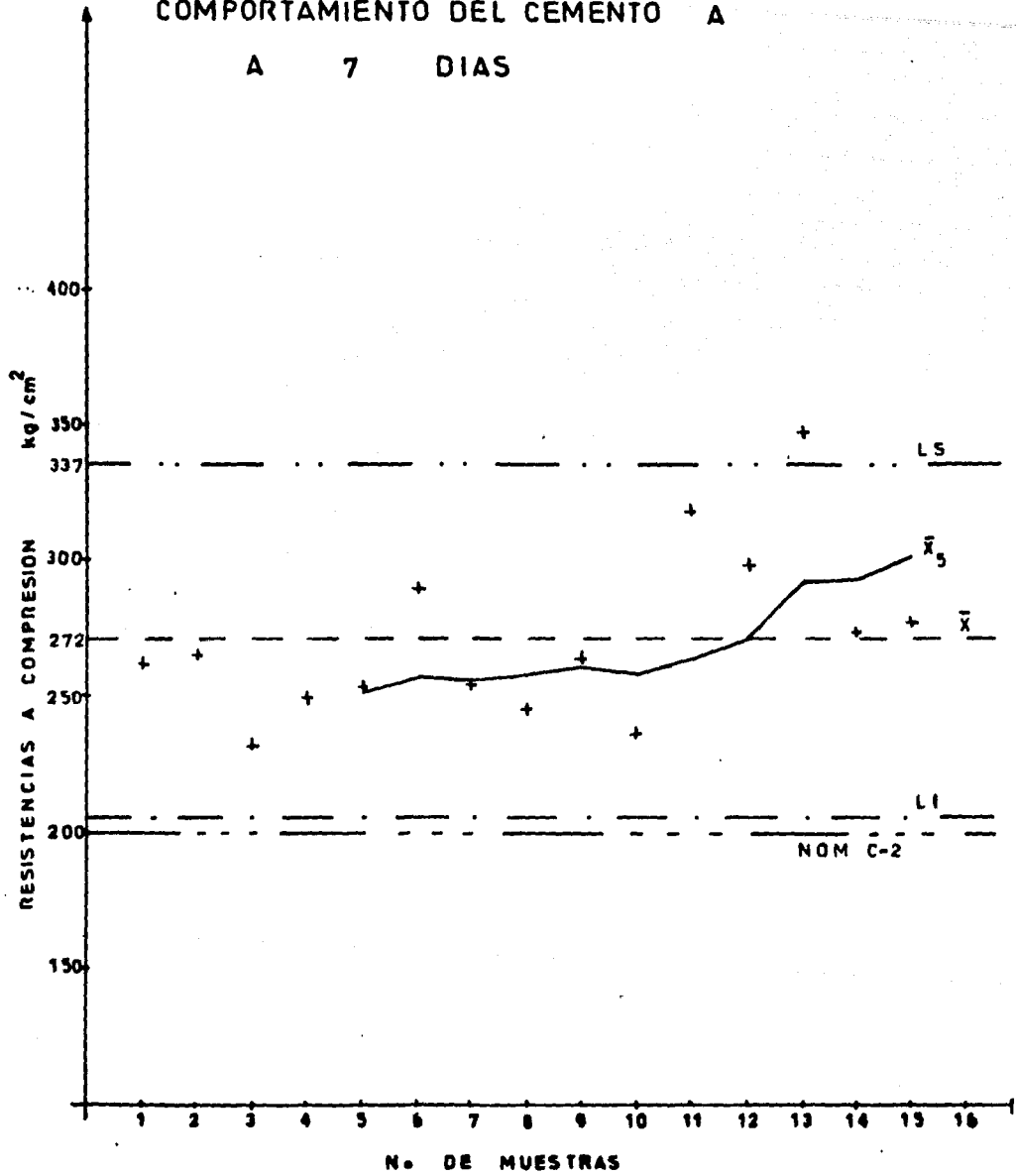
$$272 + 2.66(24.38)$$

$$\text{Así, LS} = 337 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{LI} = 207 \text{ kg/cm}^2$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO A

A 7 DIAS



ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " A "

A 7 días.

- 1.- La media resulta mayor en 72 kg/cm^2 que lo establecido en la Norma C-2.
- 2.- El Coeficiente de Variación se encuentra muy alto con respecto a la media.
- 3.- El Límite Inferior es igual a 207 kg/cm^2 lo que es apenas 7 kg/cm^2 mayor que lo indicado en la Norma (200 kg/cm^2).
- 4.- Aplicando la Regla a), se observa que la muestra 13 se encuentra por arriba del Limite Superior, indicando una variación ascendente de las resistencias.
- 5.- Aplicando la Regla b), se encuentran 5 pruebas consecutivas (No. 1 a 5) por abajo del promedio y otras 5 (No. 11 a 15) por arriba del mismo, lo que representa un cambio favorable.
- 6.- Aplicando la Regla c), se tienen 5 promedios consecutivos (\bar{x}) No. 5, 6, 7, 8 y 10 , por abajo del 4.5% de la media y también 3 promedios (No. 13, 14 y 15) por arriba de este parámetro.
- 7.- Aplicando la Regla d), se observa que 3 valores de los promedios de cinco pruebas consecutivas No. 13, 14 y 15 son superiores al 10% permisible, lo que indica un cambio significativo.

TABLA No. 10

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL
CEMENTO " A "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 28 días (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	412		
2	383		29
3	377		
4	385		8
5	361	384	
6	414	384	53
7	389	385	
8	373	384	16
9	371	381	
10	363	382	8
11	407	380	
12	413	385	6
13	448	400	
14	387	404	61
15	434	418	0

La Media $\bar{x} = 394$ kg/cm²

La Desviación Dt = 25.84

El Coeficiente CV = 6.55 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 22.62; multiplicado por 3.27 es igual a:

$$3.27(22.62) = 73.98;$$

Como ningún valor de R excede a 73.98

se toma R = 22.62 como correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$ se tiene que:

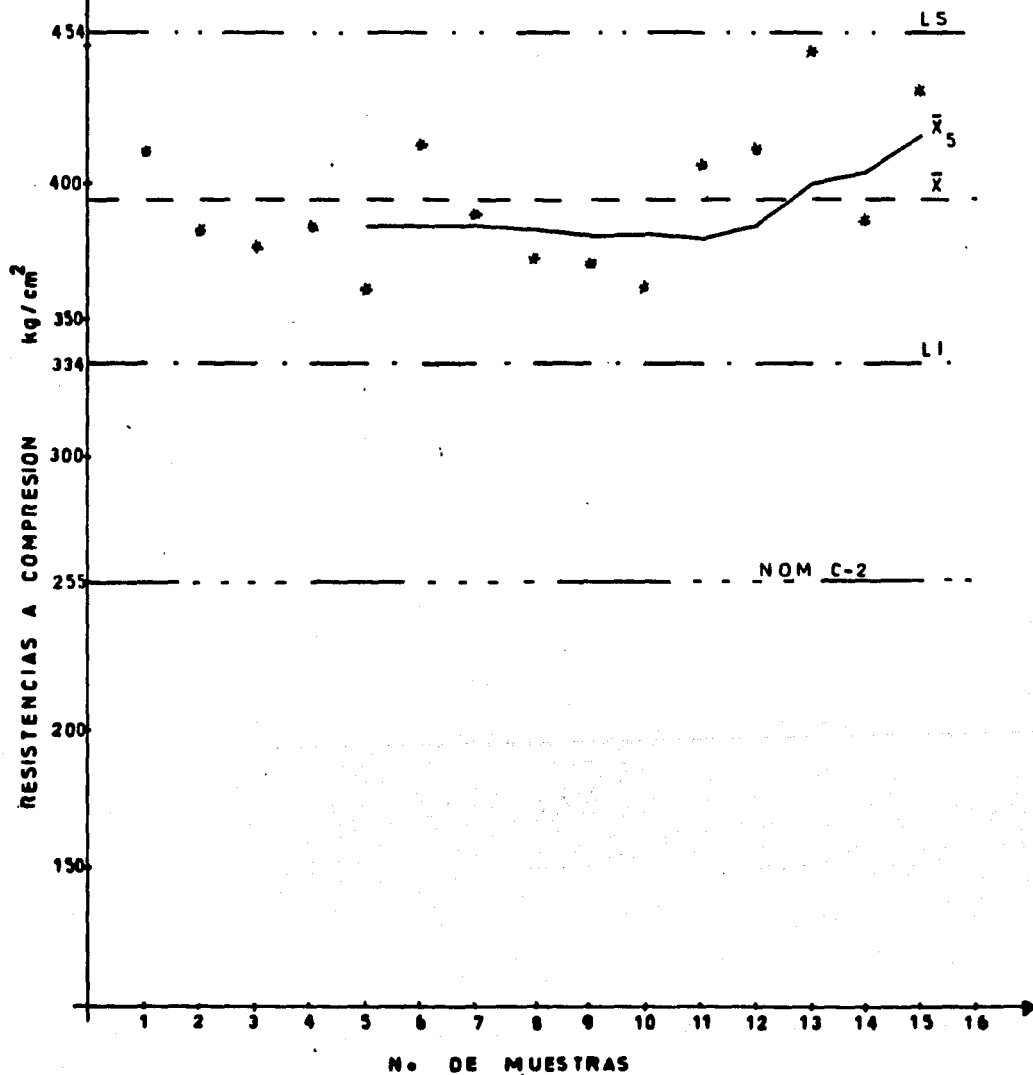
$$394 + 2.66(22.62)$$

$$\text{Así, LS} = 454 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{LI} = 334 \text{ kg/cm}^2$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO A

A 20 DIAS



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " A "

A 28 DIAS.

- 1.- La media igual a $394 \frac{2}{2}$ kg/cm², supera en más de 100 kg/cm² a la Norma C-2.
- 2.- El Coeficiente de Variación baja a 3.55 % considerándose esto aceptable, sin seguir la tendencia que tenía a 7 días.
- 3.- El Límite Inferior es superior al parámetro establecido por la Norma.
- 4.- Aplicando la Regla a), se observa que todas las muestras se encuentran dentro de los límites superior e inferior, y que la muestra No. 13 se encuentra ahora muy cercana al Límite Superior pero sin rebasarlo, lo que se considera también como un cambio significativo.
- 5.- Aplicando la Regla b), no hay conjuntos de pruebas consecutivas por arriba o por abajo de la media; sin embargo es notoria la tendencia del cemento a ubicarse abajo del promedio individual.
- 6.- Aplicando la Regla c), solo un valor del promedio de 3 pruebas consecutivas, el No. 15, se encuentra por arriba del 4.5 % del promedio.
- 7.- Aplicando la Regla d), se encuentra que la mayor variación alcanzada es de 5.85 % entre el primer y el último promedio consecutivo, lo que indica una mayor uniformidad observada también en las anteriores reglas a esta edad.

TABLA No. 11

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL
CEMENTO " B "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 7 días. (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	287	
2	265	32
3	271	
4	218	50
5	281	
6	317	262
7	288	268
8	288	275
9	286	278
10	274	292
11	280	291
12	304	283
13	280	286
14	281	286
15	245	285
16	259	280
		275

La Media $\bar{x} = 276$ kg/cm² Obtención de los Límites Superior e Inferior:

La Desviación Dt = 23.47 partiendo de $\bar{x} \pm 2.66R$

El Coeficiente CV = 8.49 % se tiene que:

Obtención del Promedio del Rango: $276 + 2.66(22.25)$

El promedio R = 22.25; multiplicado por 3.27 es igual a: $\frac{2}{2}$

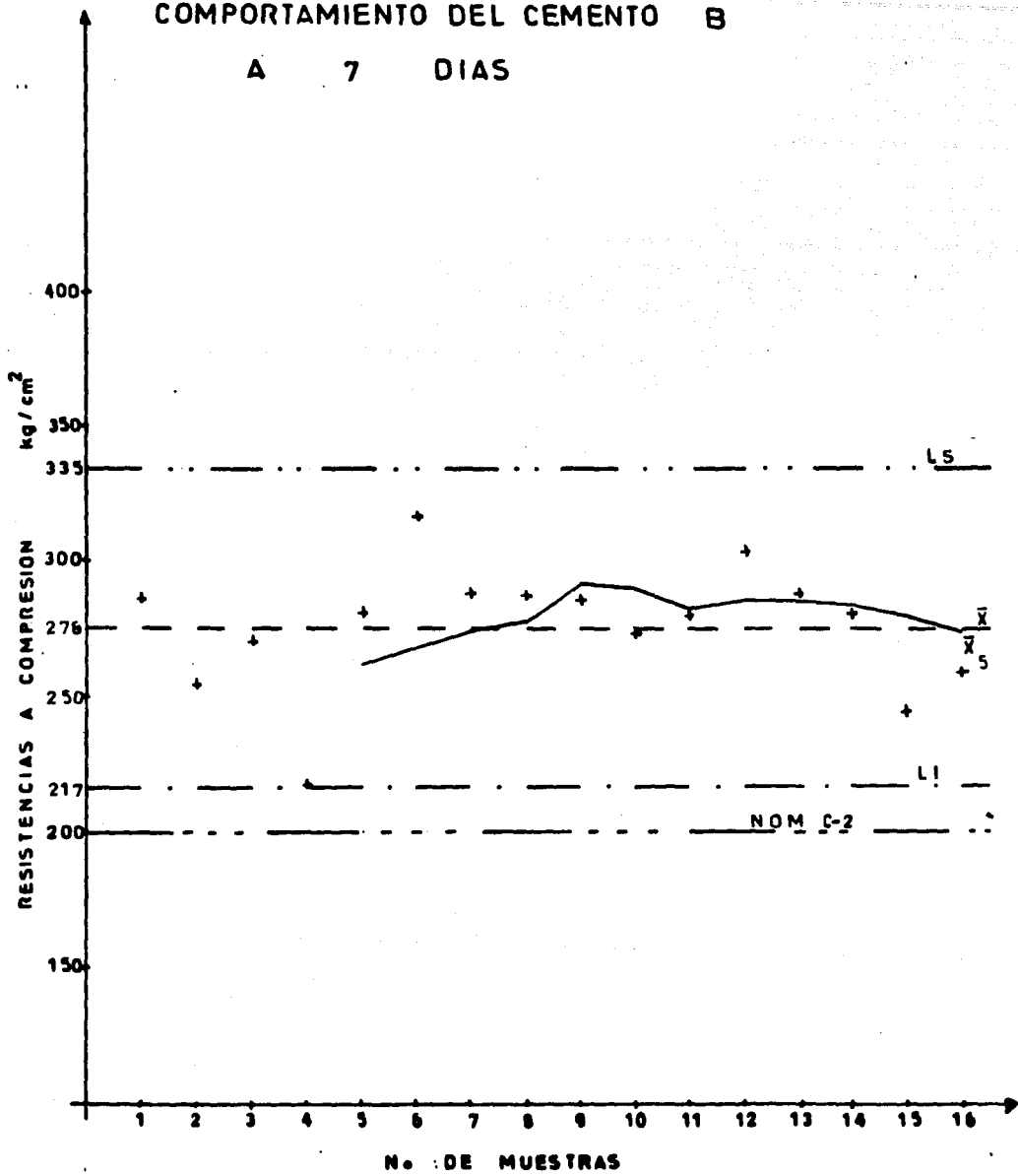
$3.27(22.25) = 72.75$; Así, LS = 335 kg/cm²

Como ningún valor de R excede a 72.75 LI = 217 kg/cm².

se toma R = 22.25 como correcto.

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO B

A 7 DIAS



ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " B "

A 7 DIAS.

- 1.- La media es aceptable, siendo 76 kg/cm² mayor que la Norma C-2.
- 2.- El Coeficiente de Variación es alto pero dentro de límites tolerables.
- 3.- El Límite Inferior se encuentra cercano a la Norma; pero ninguna muestra se halla por abajo de él.
- 4.- Aplicando la Regla a), se observa que ninguna de las muestras se encuentra fuera del Límite Superior o del Límite Inferior.
- 5.- Aplicando la Regla b), se tiene que un conjunto de 5 pruebas consecutivas, de la 5 a la 9, se encuentran por arriba de la media, las resistencias descienden ligeramente en las muestras 10 y 11, tendiendo a bajar claramente en las muestras 15 y 16.
- 6.- Aplicando la Regla c), dos de los cinco promedios consecutivos (No. 9 y 10) están por arriba del 4.5 % de la media y uno (No. 5) por abajo de la misma.
- 7.- Aplicando la Regla d), se hallan 2 de los cinco promedios consecutivos (No. 9 y 10) que difieren en más del 10 % de otros de estos mismos valores.

TABLA No. 12

RESULTADOS ESTADISTICOS EN EL
CEMENTO " B "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 28 días. (kg/cm ²)	x (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	342		
2	368		26
3	377		
4	273		104
5	351	342	
6	385	351	34
7	372	352	
8	367	350	5
9	375	370	
10	381	376	6
11	327	364	
12	355	361	28
13	306	349	
14	327	339	21
15	322	327	
16	310	324	12

La Media $\bar{x} = 346 \text{ kg/cm}^2$

La Desviación Dt= 32.45

El Coeficiente CV= 9.37 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 29.50; multiplicado por 3.27 es igual a:

$$3.27(29.50) = 96.46;$$

Como 104 excede, se elimina y se recalcula el promedio sin tomarlo en cuenta, entonces :

R= 18.86, que multiplicado por 3.27 da un valor de 61.67 que ningún R excede, entonces se considera correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$

se tiene que:

$$346 + 2.66(18.86)$$

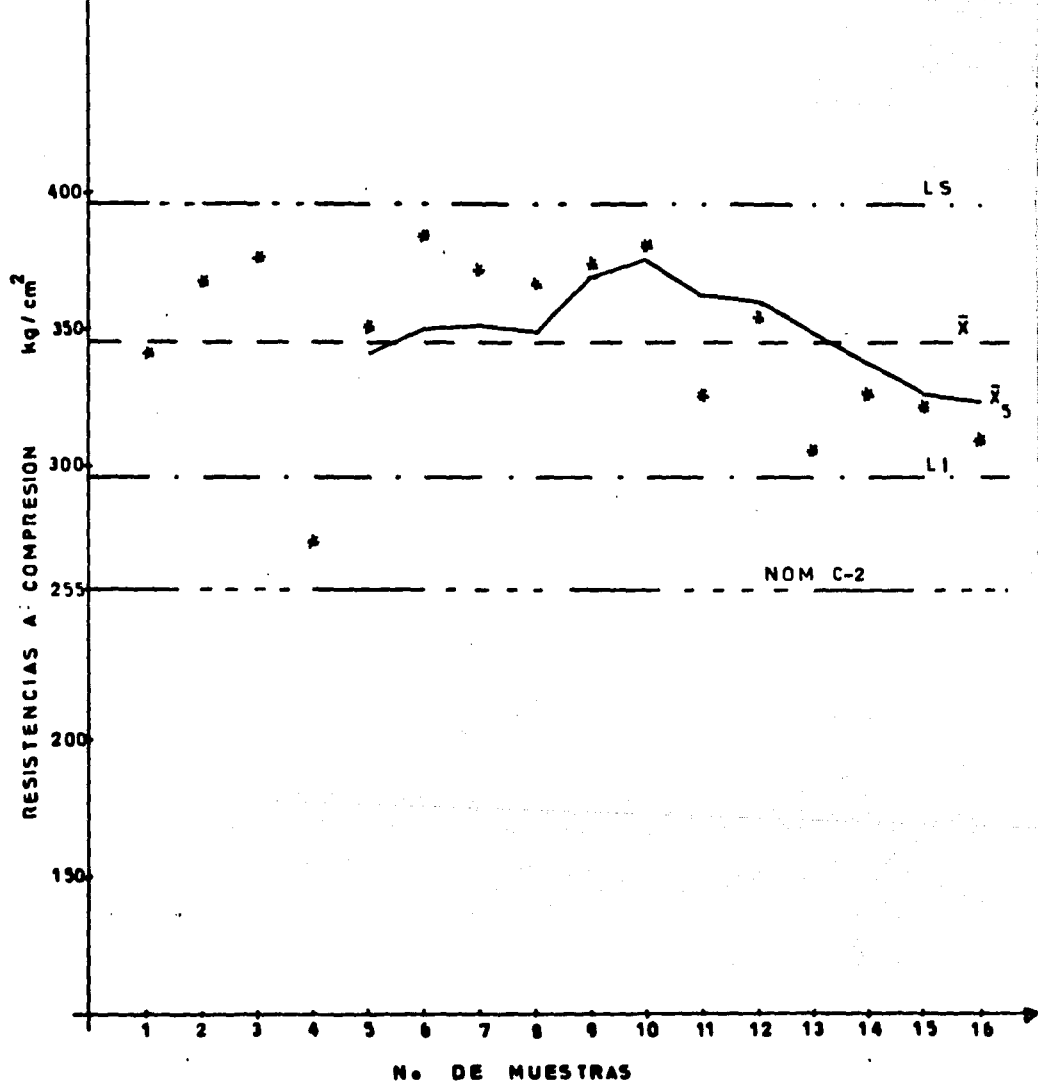
$$= 396 \text{ kg/cm}^2$$

Así, LS = 396 kg/cm²

$$LI = 296 \text{ kg/cm}^2$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO B

A 28 DIAS



ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " B "

A 28 DIAS.

- 1.- La media resulta mayor por 91 kg/cm^2 que lo establecido por la Norma C-2 en las Resistencias a esta edad.
- 2.- El Coeficiente de Variación aumentó un 1 % aproximadamente respecto a la edad anterior.
- 3.- El Límite Inferior logró superar al límite de la Norma por 40 kg/cm^2 , aproximadamente.
- 4.- Aplicando la Regla a), se observa que una sola muestra (No. 4) cae por abajo del Límite Inferior, aunque por arriba de la Resistencia que marca la Norma.
- 5.- Aplicando la Regla b), se tiene que 6 muestras consecutivas (No. 5 a 10) están por arriba del promedio individual; el cemento tiene a continuación un cambio desfavorable en las Resistencias con 4 muestras seguidas (No.13 a 16) por abajo del promedio.
- 6.- Aplicando la Regla c), se hace notar que 3 promedios consecutivos (x) No. 9, 10 y 11, sobrepasan y 2 (No. 15 y 16) se encuentran por abajo del 4.5 % del promedio.
- 7.- Aplicando la Regla d), se hallan 4 de los promedios consecutivos (No. 7 al 12) que difieren por más del 10% de los demás.

TABLA No. 13

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL
CEMENTO " C "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 7 días. (kg/cm ²)	x (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	254		
2	252		2
3	245		
4	255		10
5	310	263	
6	337	280	27
7	340	298	
8	282	305	58
9	288	312	
10	300	310	12
11	282	298	
12	306	292	24
13	292	294	
14	286	293	6
15	302	294	
16	321	301	19

La Media $\bar{x} = 291$ kg/cm²

La Desviación Dt = 29.32

El Coeficiente CV = 10.08 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 20.00; multiplicado

por 3.27 es igual a:

$$3.27(20.00) = 65.40;$$

Como ningún valor de R excede a 65.40

se toma R = 20.00 como correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$

se tiene que:

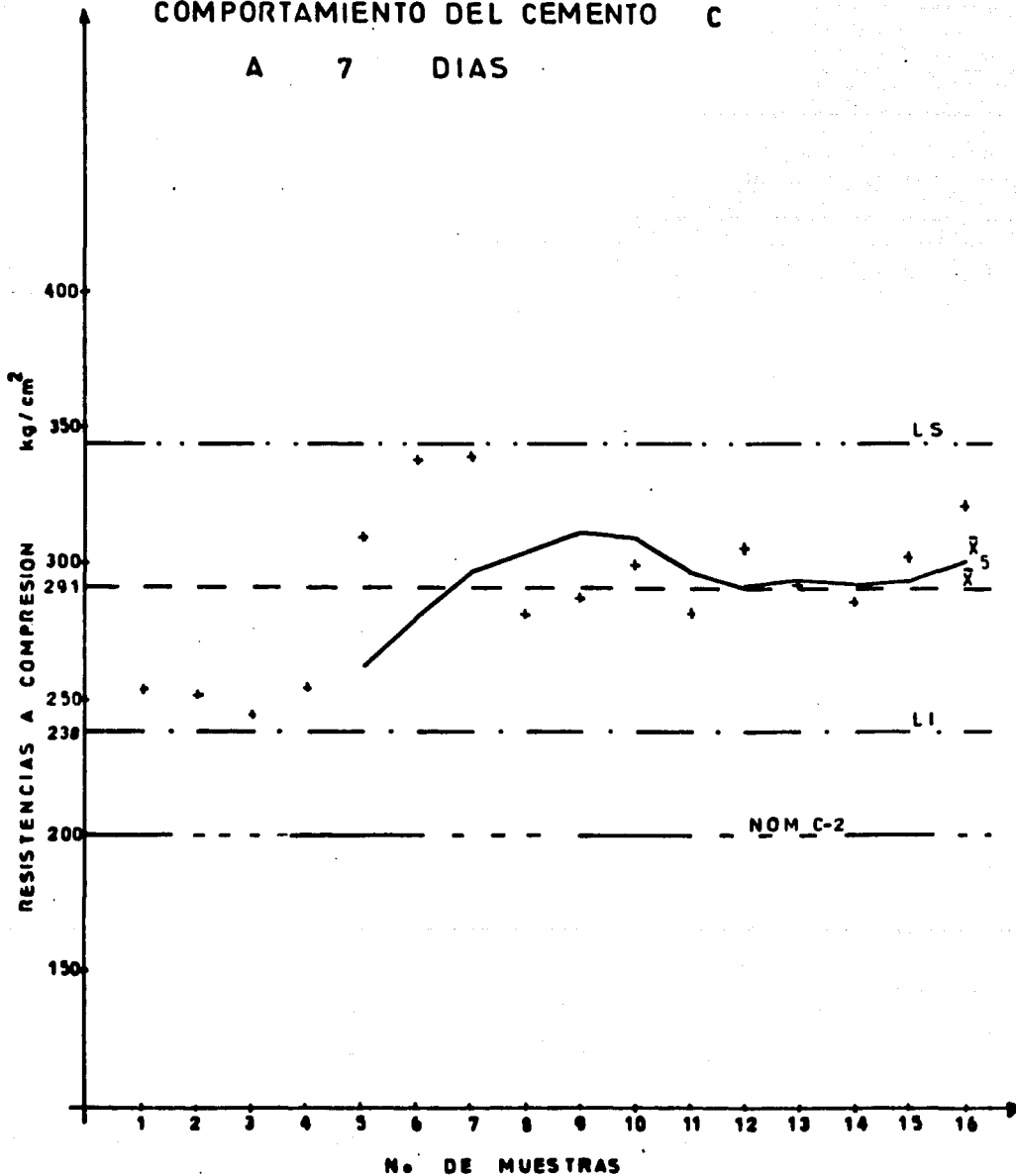
$$291 + 2.66(20.00)$$

$$\text{Así, } L_5 = 344 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_1 = 238 \text{ kg/cm}^2.$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO C

A 7 DIAS



ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " C "

A 7 DIAS.

- 1.- La media resulta excelente para esta edad, con ² 91 kg/cm mayor que el parámetro de la Norma C-2.
- 2.- El Coeficiente de Variación sin embargo resulta alto con respecto a la media, sugiriendo mucha dispersión.
- 3.- El Límite Inferior llega a tener ² 40 kg/cm más que la Norma lo cual es favorable.
- 4.- Aplicando la Regla a) ninguna muestra se encontró por arriba del Límite Superior ni por abajo del Límite Inferior.
- 5.- Aplicando la Regla b), se observa que no llegan a agruparse 5 o más pruebas consecutivas ni arriba ni abajo del promedio.
- 6.- Aplicando la Regla c), se tienen 3 promedios consecutivos (No. 8, 9 y 10) por arriba y 1 (No. 5) por abajo del parámetro de esta regla.
- 7.- Aplicando la Regla d), se hallan 2 valores (No. 5 y 6) por arriba de 10 % permisible.

TABLA No. 14

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL
CEMENTO " C "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 28 días. (kg/cm ²)	x (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	362		
2	417		55
3	365		
4	372		7
5	418	387	
6	417	398	1
7	410	396	
8	383	400	27
9	383	402	
10	390	397	7
11	397	393	
12	351	383	36
13	385	383	
14	343	375	42
15	390	375	
16	398	375	8

La Media $\bar{x} = 387$ kg/cm²

La Desviación Dt= 22.37

El Coeficiente CV= 5.78 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 22.87; multipli-

cado por 3.27 es igual a:

$$3.27(22.87) = 74.78,$$

Como ningún valor de R excede a 74.78

se toma R = 22.87 como correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$ se tiene que:

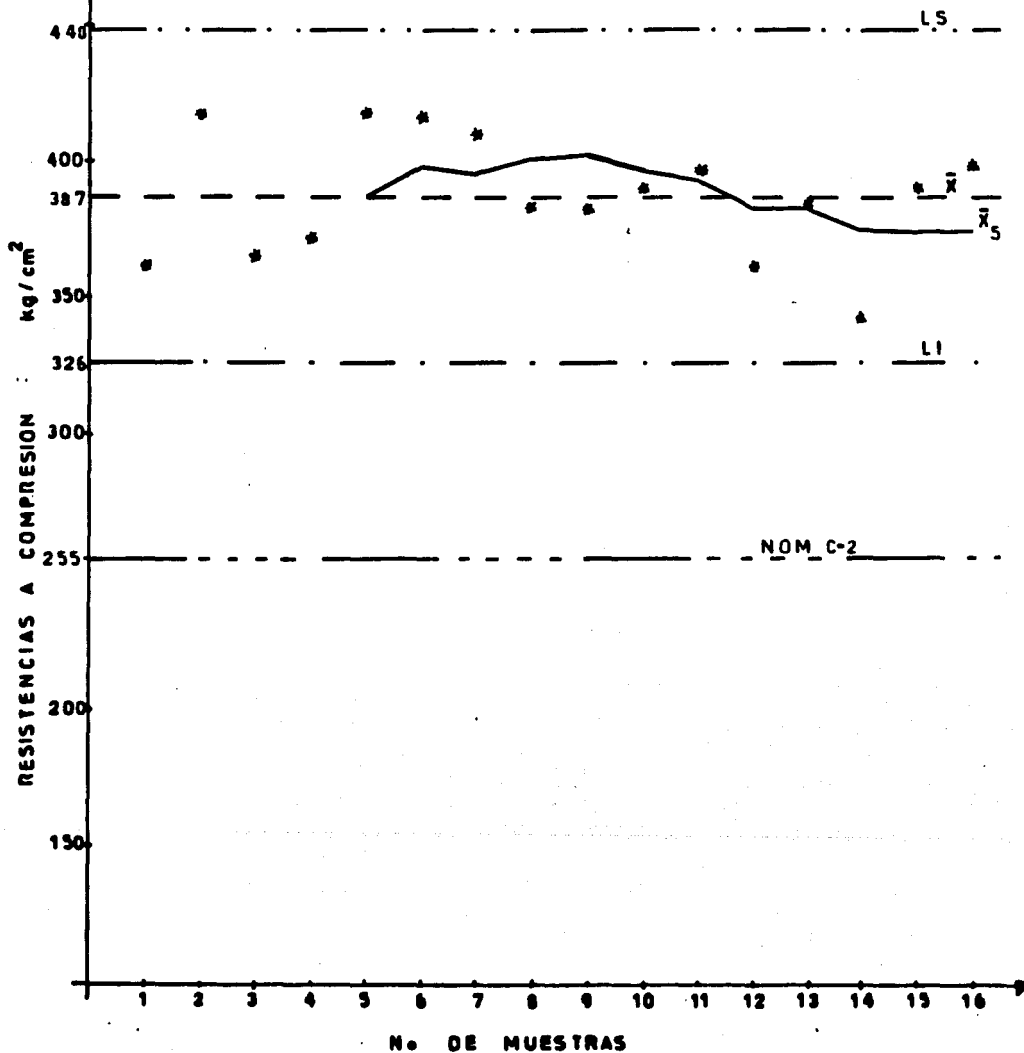
$$387 + 2.66(22.87)$$

$$\text{Así, } LS = 448 \text{ kg/cm}^2$$

$$LI = 326 \text{ kg/cm}^2$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO C

A 20 DIAS



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " C "

A 28 DÍAS.

1.- La media es mayor en 132 kg/cm² que el límite establecido para las Resistencias a esta edad en la Norma C-2.

2.- El Coeficiente de Variación mejora considerablemente a esta edad reduciéndose en un 4 %.

3.- El Límite Inferior supera con amplitud lo indicado en la Norma.

4.- Aplicando la Regla a) ninguna muestra se encontró por arriba del Límite Superior ni por abajo del Límite Inferior.

5.- Aplicando la Regla b), no existen 5 o más pruebas consecutivas ni arriba ni abajo de la media, se considera que las muestras se encuentran convenientemente dispersas.

6.- Aplicando la Regla c), se observa que no hay valores de los promedios de cinco pruebas consecutivas (\bar{x}), que sobrepasen el rango de más menos 4.5% de la media.

7.- Aplicando la Regla d), no se encuentra algún valor que difiera por más del 10 %, siendo esto muy favorable para la uniformidad de este cemento.

TABLA No. 15

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL

CEMENTO " D "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 7 días. (kg/cm ²)	x (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	300		
2	287		13
3	309		
4	321		12
5	331	310	
6	247	299	84
7	288	299	
8	292	296	4
9	286	289	
10	294	281	8
11	290	290	
12	272	287	18
13	261	281	
14	254	274	7

La Media $\bar{x} = 288$ kg/cm²

La Desviación Dt = 23.87

El Coeficiente CV = 8.28 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 20.86; multipli-

cado por 3.27 es igual a:

$$3.27(20.86) = 68.21;$$

Como 84 excede, se elimina y se recalcula el promedio sin tomarlo en cuenta, entonces:

R = 10.33, que multiplicado por 3.27 da un valor de 33.78 que ningún R excede, entonces se considera correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$

se tiene que:

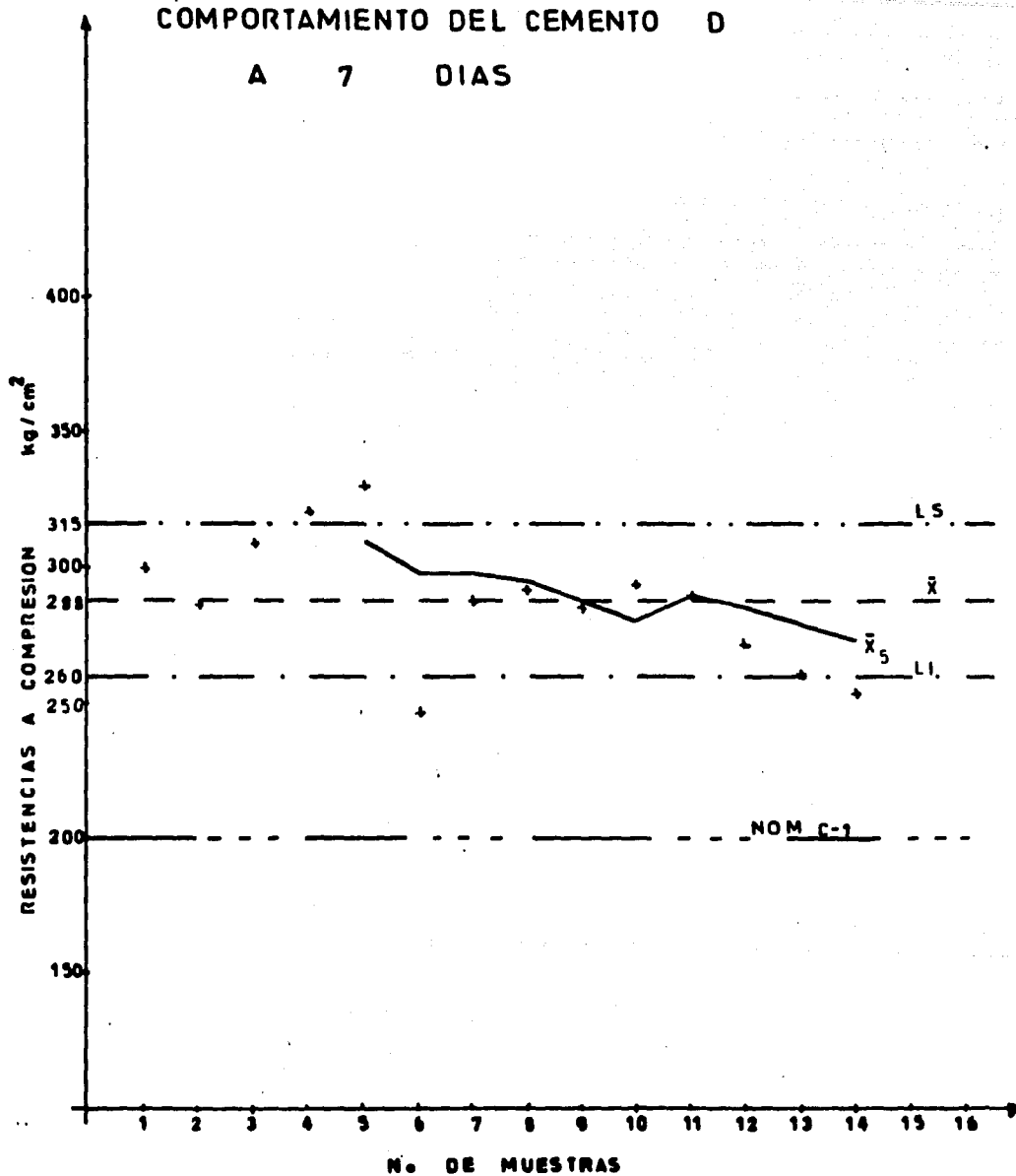
$$288 + 2.66(10.33)$$

$$\text{Así, LS} = 315 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{LI} = 260 \text{ kg/cm}^2$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO D

A 7 DIAS



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " D "

A 7 DIAS.

- 1.- La media supera al parámetro de establecido por la Norma C-1, en 88 kg/cm^2 .
- 2.- El Coeficiente de Variación es alto con respecto a la media, pero aceptable.
- 3.- El Límite Inferior es 60 kg/cm^2 mayor que el límite indicado en la Norma.
- 4.- Aplicando la Regla a), se observan 2 muestras (No. 4 y 5), por arriba del Límite Superior y 2 muestras (No. 6 y 14) por abajo del Límite Inferior, notándose que el rango entre estos límites no es muy amplio.
- 5.- Aplicando la Regla b), no se agrupan 5 o más pruebas consecutivas ni por arriba ni por abajo del promedio.
- 6.- Aplicando la Regla c), se encuentra un valor mayor (No. 5) y un valor menor (No.14) que el 4.5 % de la media.
- 7.- Aplicando la Regla d), sólo un valor (No. 14) difiere en más del 10 % de otros valores de \bar{x} .

TABLA No. 16

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL
CEMENTO " D "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 28 días. (kg/cm ²)	x (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	409		
2	368		41
3	360		
4	403		43
5	385	385	
6	325	368	60
7	350	365	
8	382	369	32
9	356	360	
10	375	357	19
11	364	365	
12	337	363	27
13	342	355	
14	322	348	20

La Media $\bar{x} = 363$ kg/cm²

La Desviación D_t = 26.60

El Coeficiente CV = 7.33 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 34.57; multiplicado por 3.27 es igual a:

3.27(34.57) = 113.04,

Como ningún valor de R excede a 113.04, se toma R = 34.57 como correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$

se tiene que:

$$363 + 2.66(34.57)$$

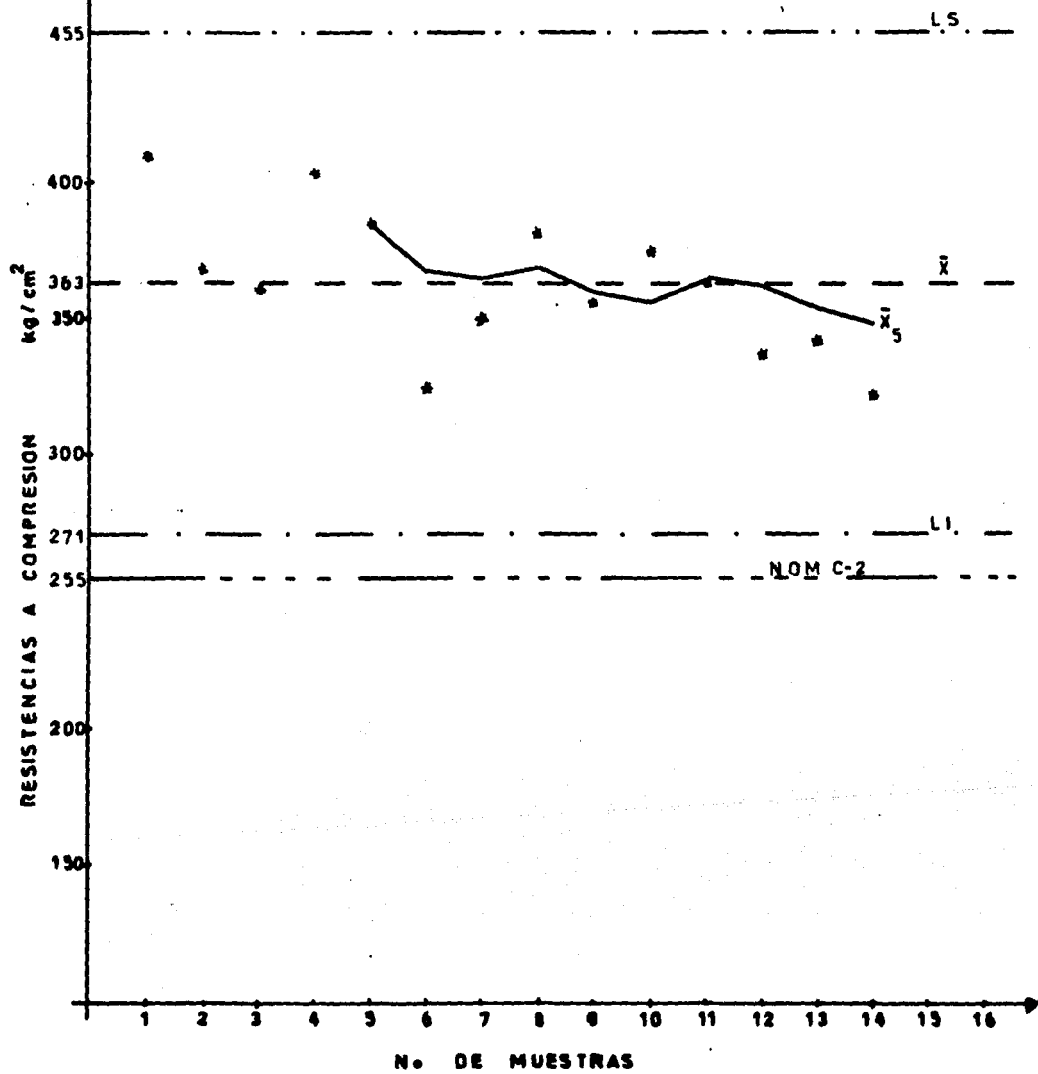
$$= 455 \text{ kg/cm}^2$$

Así, L_S = 455 kg/cm²

$$L_I = 271 \text{ kg/cm}^2$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO D

A 20 DIAS



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " D "

A 28 DÍAS.

1.- La media es mayor en 100 kg/cm² que el parámetro establecido por la Norma C-2, siendo éste un Cemento Tipo I Normal.

2.- El Coeficiente de Variación se reduce en 1 % con respecto al obtenido a 7 días.

3.- El Límite Inferior es poco mayor que el de la Norma C-2 a esta edad y el Límite Superior es bastante alto.

4.- Aplicando la Regla a), no se localizan muestras fuera de los Límites Superior e Inferior.

5.- Aplicando la Regla b), se observa que la ubicación de las muestras arriba y abajo del promedio es muy dispersa evitando formar conjuntos de 5 o mas pruebas consecutivas en cualquiera de éstas situaciones.

6.- Aplicando la Regla c), se encuentra un valor de \bar{x} (No. 5) por arriba del 4.5% de la media.

7.- Aplicando la Regla d), se tiene que un valor de \bar{x} (No. 5), rebasa ligeramente el 10 % de diferencia aceptable de otros valores de \bar{x} .

TABLA No. 17

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL

CEMENTO " E "

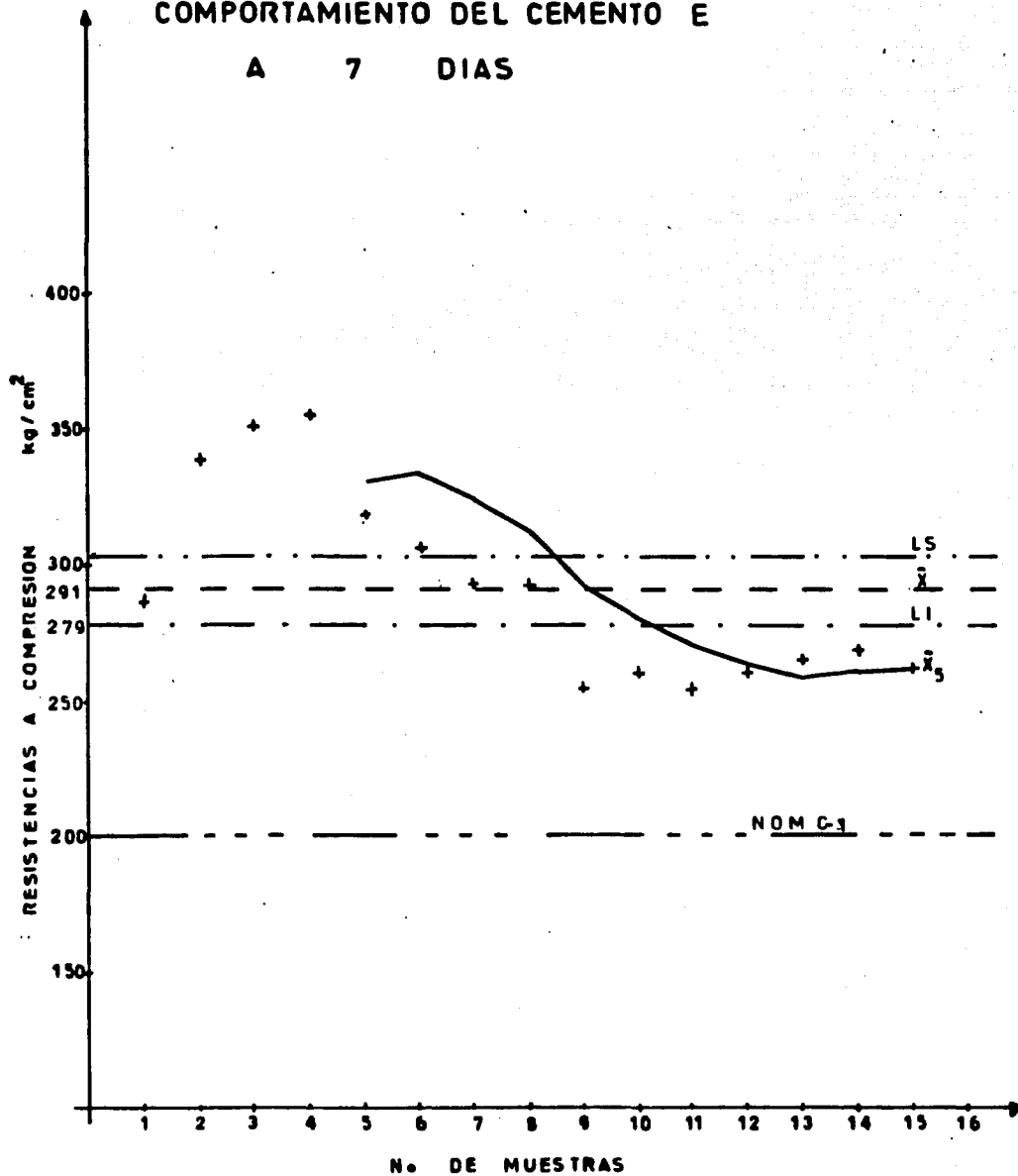
No. de Muestra	Resistencia a	R	R
	Compresión a		
	7 días.	2	5
	(kg/cm ²)		
1	287		
2	339		52
3	351		
4	355		4
5	318	330	
6	306	334	12
7	293	325	
8	292	313	1
9	255	293	
10	260	281	5
11	254	271	
12	260	264	6
13	264	259	
14	268	261	4
15	262	262	0

$\bar{x} = 291$ kg/cm²
 La Media $\bar{x} = 291$ kg/cm²
 La Desviación Df = 35.52
 El Coeficiente CV = 12.21 %
 Obtención del Promedio del Rango:
 El promedio R = 10.50; multipli-
 cado por 3.27 es igual a:
 $3.27(10.50) = 34.33$;
 Como 52 excede, se elimina y se re-
 calcula el promedio sin tomarlo en
 cuenta, entonces :
 $R = 4.57$, que multiplicado por 3.27
 da un valor de 14.94 que ningún R ex-
 cede, entonces se considera correcto.

Obtención de los Lími-
 tes Superior e Infe-
 rior:
 partiendo de $\bar{x} + 2.66R$
 se tiene que:
 $291 + 2.66(4.57)$
 $= 303$ kg/cm²
 Así, LS = 303 kg/cm²
 $291 - 2.66(4.57)$
 LI = 279 kg/cm²

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO E

A 7 DIAS



ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " E "

A 7 DIAS.

- 1.- La media resulta excelente sobrepasando en 91 $\frac{2}{\text{kg/cm}}$ al parámetro de la Norma C-1.
- 2.- El Coeficiente de Variación que se obtiene, es el más alto de todos los anteriores.
- 3.- Los Límites Superior e Inferior se encuentran muy cercanos a la media, siendo el Límite Inferior superior en $\frac{2}{79 \text{ kg/cm}}$ a la Norma.
- 4.- Aplicando la Regla a), se tiene que 5 muestras consecutivas (No. 2 a 6) están arriba del Límite Superior y 7 muestras (No. 9 a 15) se encuentran por abajo del Límite Inferior, esto indica un cambio significativo de las Resistencias.
- 5.- Aplicando la Regla b), se observan 7 pruebas consecutivas (No. 5 a 9) por arriba de la media y 6 (No. 10 a 15) por abajo de ella.
- 6.- Aplicando la Regla c), se encuentran 4 valores de \bar{x} (No. 5, 6, 7 y 8) mayores y 5 (No. 11 a 15) menores al $\frac{5}{4.5 \%}$ de la media.
- 7.- Aplicando la Regla d), resultan 5 valores de \bar{x} (No. 5 a 9) que difieren del 10 % con respecto al menor de ellos; observándose un fuerte descenso en las Resistencias de este cemento en las siguientes \bar{x} .

TABLA No. 18

RESULTADOS ESTADÍSTICOS EN EL

CEMENTO " E "

No. de Muestra	Resistencia a Compresión a 28 días. \bar{x} (kg/cm ²)	$\bar{x} \pm 2s$ (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)
1	448		
2	388		60
3	395		
4	428		29
5	396	412	
6	359	394	37
7	372	391	
8	379	387	7
9	335	372	
10	333	356	2
11	301	344	
12	315	333	14
13	319	321	
14	352	324	33
15	344	326	0

La Media $\bar{x} = 365$ kg/cm²

La Desviación Dt= 42.28

El Coeficiente CV= 11.60 %

Obtención del Promedio del Rango:

El promedio R = 22.75; multiplicado por 3.27 es igual a:

$$3.27(22.75) = 74.39$$

Como ningún valor de R excede a 74.39,

se toma R = 22.75 como correcto.

Obtención de los Límites Superior e Inferior:

partiendo de $\bar{x} + 2.66R$

se tiene que:

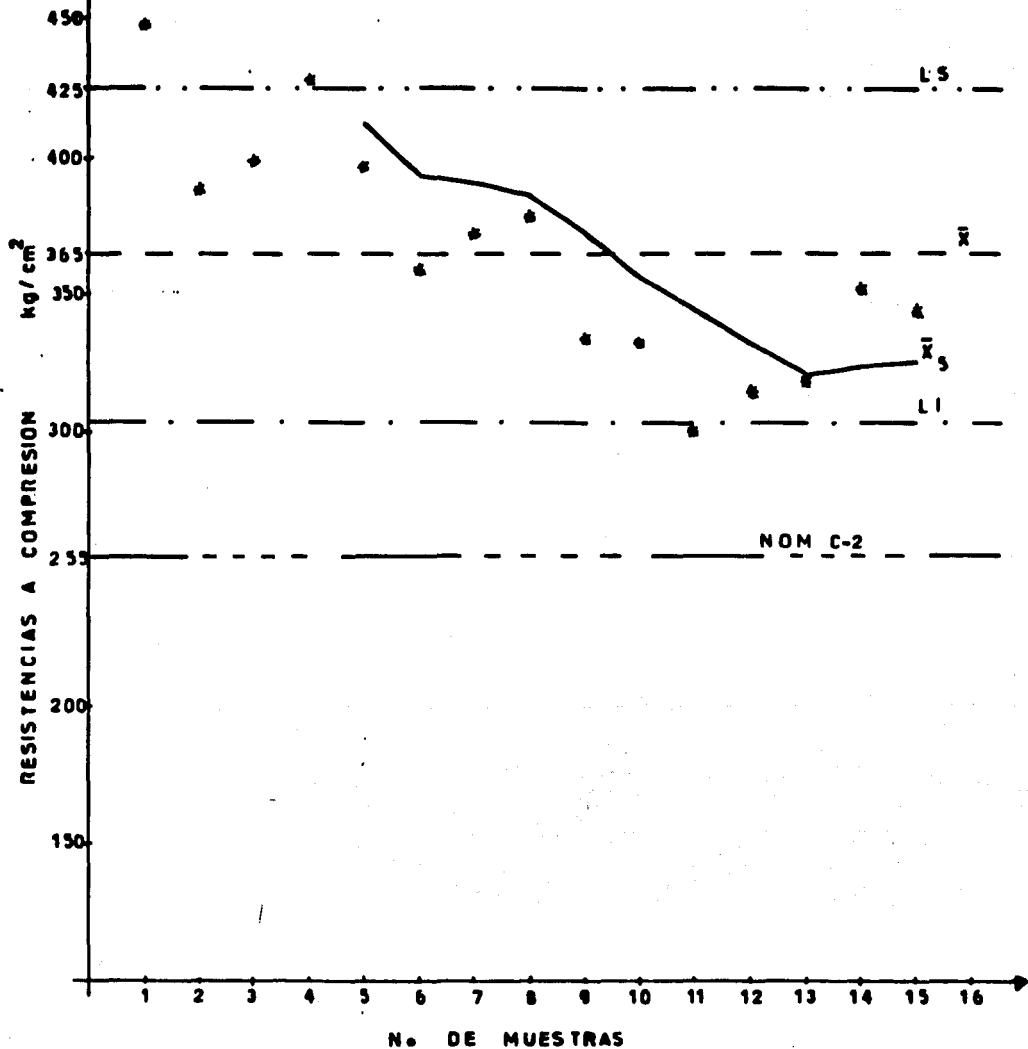
$$365 + 2.66(22.75)$$

$$\text{Así, LS} = 425 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{LI} = 304 \text{ kg/cm}^2$$

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO E

A 29 DIAS



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO " E "

A 28 DIAS.

- 1.- La media difiere del parámetro de la Norma C-2₂ por ser 110 kg/cm² mayor.
- 2.- El Coeficiente de Variación se sigue conservando alto respecto a la edad anterior.
- 3.- El Límite Inferior y Superior se separan notoriamente de la media, observándose gran diferencia entre los rangos de los Límites a 7 y 28 días.
- 4.- Aplicando la Regla a), se encuentran 2 muestras (No. 1 y 4) por arriba del Límite Superior y una (No.11) por abajo del Límite Inferior.
- 5.- Aplicando la Regla b), se observan 5 muestras consecutivas (No. 1 a 5) por arriba de la media, tendiendo a bajar de la muestra No. 7 en adelante haciendo un conjunto de 7 muestras (No. 9 a 15) por abajo de la media. Nótese que el sesgo de las curvas de \bar{x} a 7 y 28 días es muy semejante.
- 5
- 6.- Aplicando la Regla c), se distinguen 4 valores de \bar{x} (No.5 a 8) mayores y 5 (No. 11 a 15) menores de 4.5 % de la media.
- 5
- 7.- Aplicando la Regla d), se tienen 5 valores de \bar{x} (No. 5 a 9) que son mayores del 10 % del último valor. Este cemento conserva su variabilidad en las edades estudiadas.
- 5

IV.3 Resumen.

Se ha realizado el comentario y las observaciones oportunas en cada cemento en las dos edades registradas para cada uno y se hicieron notar los cambios estadísticamente significativos, es decir la presencia de elementos que dan posibilidades de cambio.

Para visualizar los resultados, se presenta un Resumen en 2 tablas, una para cada edad, con las características de los Cementos estudiados en columnas, así como las cantidades de los elementos encontrados según cada una de las Reglas, es decir para las Reglas a) y b) los valores de las respectivas columnas son cantidades de muestras individuales; y para las Reglas c) y d) los valores son cantidades de promedios de cinco pruebas consecutivas $(\bar{x} \pm \frac{s}{5})$. Los signos + y - representan el que se encuentren por arriba o por abajo respectivamente, de los parámetros de las reglas, escritos con sus correspondientes literales.

RESUMEN ANALITICO DE LOS RESULTADOS

A 7 DIAS

CEMENTO	R kg/cm ²	Df	CV %	R kg/cm ²	LS kg/cm ²	LI kg/cm ²	REGLAS							
							a)		b)		c)		d)	
							-LS	-LI	+R	-R	+4.5%R	-4.5%R	+10% R	-5
A	272	50.98	11.41	24.38	337	207	1	0	5	5	5	5	5	
B	276	23.47	8.47	22.25	335	217	0	0	5	0	2	1	2	
C	291	29.32	10.08	20.00	344	238	0	0	0	0	3	1	2	
D	288	23.87	8.28	10.35	315	260	2	2	0	0	1	1	1	
E	291	35.52	12.21	4.57	303	279	5	7	7	6	4	5	5	

A 28 DIAS

CEMENTO	R kg/cm ²	Df	CV %	R kg/cm ²	LS kg/cm ²	LI kg/cm ²	REGLAS							
							a)		b)		c)		d)	
							-LS	-LI	+R	-R	+4.5%R	-4.5%R	+10% R	-5
A	374	25.64	6.55	22.62	454	334	0	0	0	0	1	0	0	
B	346	32.45	8.37	18.86	396	296	0	1	6	4	3	2	4	
C	307	22.37	5.78	22.87	448	326	0	0	0	0	0	0	0	
D	363	26.60	7.33	34.57	435	271	0	0	0	0	1	0	0	
E	365	42.28	11.60	22.25	425	304	2	1	5	7	4	5	5	

Puede observarse que los Cementos A, B y C, siendo del mismo tipo (puzolánicos), difieren en buena cantidad en sus resistencias promedio (\bar{x}), notándose diferencias hasta de 20 kg/cm^2 como en el caso entre A y C a 7 días, y hasta de 40 kg/cm^2 entre A y B a 28 días; en cambio los Cementos D y E del Tipo 1 Normal casi no manifiestan estas diferencias, por ejemplo entre D y E a 7 días su diferencia promedio es de 3 kg/cm^2 y a 28 días de 2 kg/cm^2 . Sin embargo los cementos puzolánicos logran superar a los del Tipo 1 Normal al llegar a los 28 días.

Esto es importante en la elección del Tipo de Cemento a emplear, ya que si se desea una resistencia mayor a edades tempranas los cementos puzolánicos son menos confiables al presentar menores resistencias; pero si lo que se busca es mayor resistencia a mayor edad, los cementos puzolánicos son lo indicado.

Con los resultados de la Columna Dt se confirman las anteriores aseveraciones ya que los Cementos Puzolánicos (A, B y C) a 7 y 28 días registran una disminución de sus desviaciones estándares, mientras que los Cementos Tipo 1 Normal (D y E) la incrementan.

En lo que se refiere a los Coeficientes de Variación (Columna CV), estos porcentajes mejoran, disminuyendo a 28 días, a excepción del Cemento B que aumenta ligeramente.

Los Límites Inferiores (LI) de los Cementos Puzolánicos a 7 días se encuentran más cercanos al parámetro de la Norma especificado, que los de los Cementos Tipo 1 Normal, lo que reafirma su menor resistencia a edades tempranas.

Respecto a las Reglas puede apreciarse que los cementos tienden a mejorar, es decir presentan menos cambios significativos a 28 días, a excepción del Cemento B que tiene mayores problemas para conservar su uniformidad a esta edad.

Haciendo una comparación entre los Cementos estudiados respecto a su uniformidad durante el tiempo de investigación, se tiene que:

1.- El Cemento A fue sumamente variable a 7 días obteniendo la menor resistencia promedio, tanto entre los Cementos Puzolánicos como de los Tipo 1 Normal; recuperándose notablemente a 28 días con solo un posible cambio (en la Regla c) que puede considerarse positivo y con la mayor resistencia promedio de ambos tipos de cemento.

2.- El Cemento B presentó resistencias bajas en las dos edades estudiadas y por la serie de valores que permiten observar los cambios puede apreciarse que a 28 días estos aumentan incrementando la variabilidad, respecto a la que tenía a 7 días que era bastante aceptable, mejor incluso que el Cemento A a esta misma edad.

3.- El Cemento C obtuvo la mayor resistencia promedio a 7 días de los Cemento Puzolánicos teniendo además menos cambios que éstos. Así mismo a 28 días con el 2o. lugar en resistencias y ningún valor de cambio se considera este cemento como el más uniforme en éste periodo de estudio.

4.- El Cemento D resultó el más uniforme de los dos Cementos Tipo 1 Normal estudiados, teniendo una resistencia promedio aceptable respecto a los demás en ambas edades, en lo que se refiere a los cambios, éstos son leves a 7 días, mejorándose considerablemente a 28 días, equiparándose al Cemento C en ésta edad aunque de resistencia mucho menor.

5.- El Cemento E fué el cemento más variable de todos los aquí estudiados, aunque tuvo junto con el Cemento C la mayor resistencia a 7 días, los valores que representan los cambios no solo se presentan en todas las reglas sino que también son muy altos y se conservan en las dos fechas estudiadas.

De acuerdo a los estudios realizados y a los resultados obtenidos, se recalca como punto más importante el conocer las variaciones que se presentan tanto en los cementos de diferentes tipos como entre los del mismo tipo.

Las personas relacionadas con el manejo y empleo del cemento deben conocer éstas variaciones para elegir el cemento adecuado a sus necesidades, por ejemplo el correcto uso de Ce-

mentos Puzolánicos en obras que no requieran resistencias a edades tempranas. En caso del empleo de una sola marca o tipo, el conocer estas variaciones permite corregir y adecuar las proporciones correctas de los diseños de mezclas de concreto, lo cual repercute en considerables ahorros de tiempo y dinero.

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

V. CONCLUSIONES

1.- Teniendo en cuenta que la Industria Cementera se inició a principios de este siglo y que en la actualidad se tiene una producción excedente al consumo nacional que permite realizar importantes exportaciones compitiendo entre los 15 mayores productores del mundo; puede afirmarse su considerable prosperidad.

2.- Los parámetros normalizados en las Normas C-1 y C-2 son mínimos, como queda demostrado en este estudio en el cual todos los cementos los sobrepasan ampliamente. Por lo tanto es conveniente que se revisen estos límites y se hagan estudios para normalizar parámetros acordes con la calidad del producto.

3.- Los métodos de prueba usados para el control de calidad están debidamente estandarizados y adecuados a las condiciones de los materiales, empleándose en todas las fábricas de cemento del país.

4.- La Norma ASTM-C-917 es un método estadístico para evaluar la uniformidad de cualquier tipo de cemento. Es conveniente que se implemente en México y que los resultados obtenidos se den a conocer a los consumidores de este producto.

5.- El estudio realizado demuestra las variaciones que existen entre diferentes marcas del mismo tipo de cemento, así como diferencias dentro de una misma marca.

6.- El conocimiento de variaciones en los cementos permite hacer la elección adecuada o las modificaciones necesarias en el empleo del producto, trayendo como consecuencia un mayor control de calidad e importantes ahorros de tiempo y dinero.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. ANUARIO 1986

Cámara Nacional del Cemento.
México, 1987.
2. ASTM-C-917-82

Standar Method for Evaluation of Cement Strength
Uniformity. from a Single Source.
U.S.A., 1982.
3. "CEMENTOS PRODUCIDOS EN MEXICO". Jorge M. Villaseñor.

Revista IMCYC. p.25
Vol.24. Núm.183.
México, Agosto, 1986.
4. EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN MEXICO.

Cámara Nacional del Cemento.
México, 1971
5. NOM-C-1. "CEMENTO PORTLAND"

Dirección General de Normas.
México, 1980.
6. NOM-C-2. "CEMENTO PORTLAND PUZOLANA"

Dirección General de Normas.
México, 1986.
7. NOM-C-57. "DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL"

Dirección General de Normas.
México, 1969.

8. NOM-C-59. "DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO".

Dirección General de Normas.
México, 1975.

9. NOM-C-61. "DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION".

Dirección General de Normas.
México, 1963.

10. NOM-C-132. "DETERMINACION DEL FALSO FRAGUADO".

Dirección General de Normas.
Mexico, 1970.

11. NOM-C-152. "DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO".

Dirección General de Normas.
México, 1970.

12. "USE OF CEMENT STRENGTH UNIFORMITY INFORMATION".

Richard D. Gaynor,
PCA-NRMCA
U.S.A., 1978.

ANEXOS

PROCESO GENERAL DE MANUFACTURA DEL CEMENTO

"Esquema 1"

Finalidad buscada: Obtención de una mezcla de sales de calcio anhidras Silicatos, aluminato y ferroatuminato), reducidas a polvo fino (de - unas 10 micras de tamaño), para facilitar su hidratación cuando sean mezcladas con agua.

MATERIAS PRIMAS

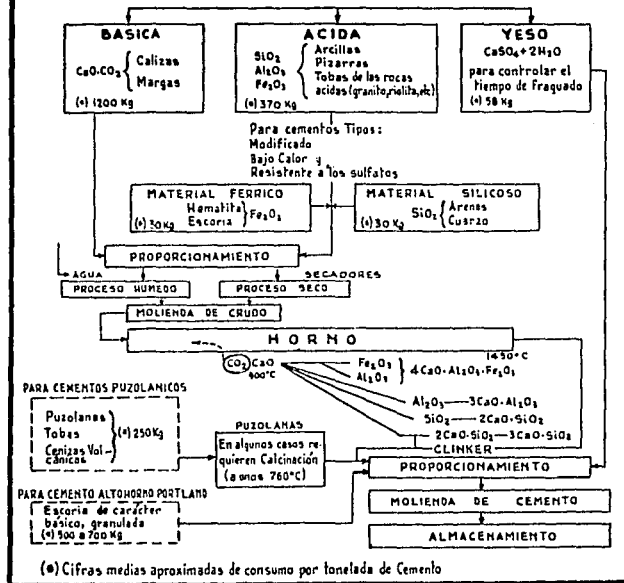
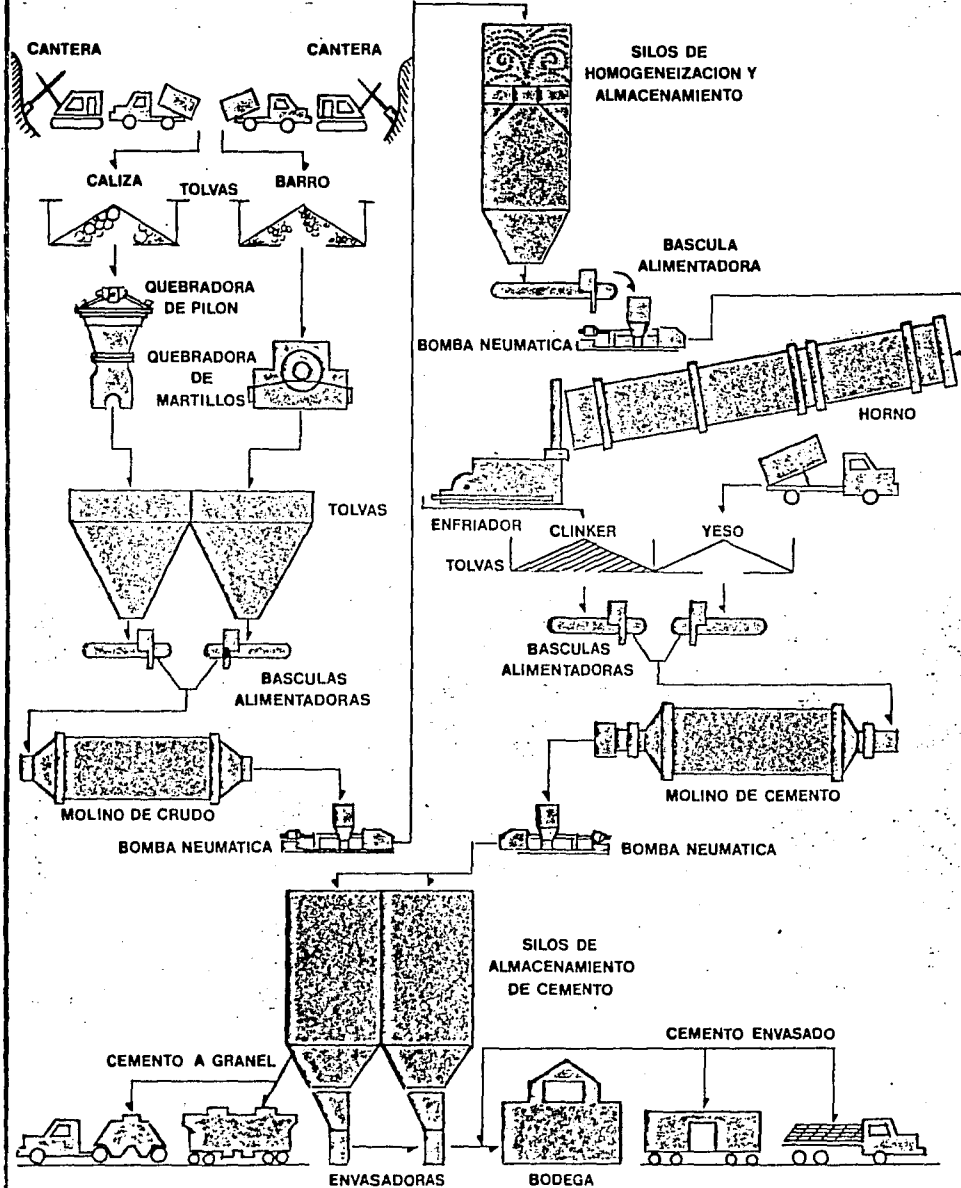
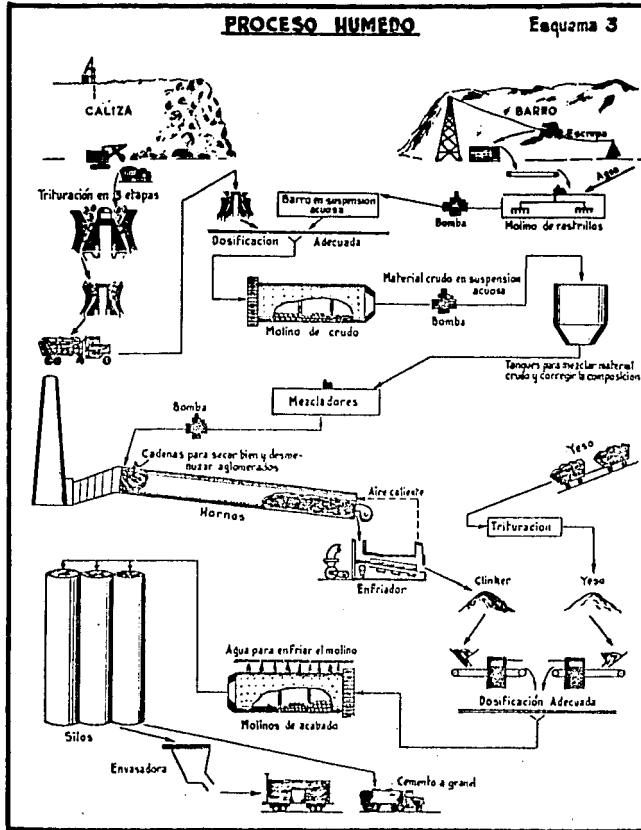


DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACION DE CEMENTO SISTEMA SECO





INSTALACIONES

EMPRESA	SISTEMA	No. DE HORNOS
Cementos Portland Blanco de México, S.A.	Seco	2
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Barrientos	Seco	6
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Tamuín	Seco	2
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Apasco	Seco	2
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Macuspana	Seco	1
Cementos Veracruz, S.A. Orizaba	Seco	3
Cementos Acapulco, S.A. Acapulco	Seco	1
Cementos Chihuahua Chihuahua	Seco	4
Cementos Chihuahua Planta Cd. Juárez	Seco	1
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Huichapan	Seco	1
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Monterrey	Seco	7
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Torreón	Seco	4
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Valles	Seco	2
Cementos del Norte, S.A. Monterrey	-	-
Cementos Maya, S.A. Planta Mérida	Seco	2
Cementos Maya, S.A. Planta León	Humedo	2

INSTALACIONES

EMPRESA	SISTEMA	No. DE HORNOS
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Guadalajara	Seco	3
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Ensenada	Seco	3
Cementos Portland Moctezuma Morelos	Humedo	3
Cementos Tolteca, S.A. Planta Atotonilco	Seco	4
Cementos Tolteca, S.A. Planta Mircoac. CERRADA.	Leopol Semi-Humedo	1
Cementos Tolteca, S.A. Planta Tolteca	Humedo Seco	4 1
Cementos Tolteca, S.A. Planta Zapotític	Seco	2
Cementos Atoyac, S.A. Puebla	Seco	1
Cementos del Pacífico, S.A. Nazatlán	Seco	3
Cementos Portland, Nal. S.A. Hermosillo	Seco	1
Cementos Sinaloa, S.A. El Fuerte, Sin.	Seco	2
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Jasso	Seco	8
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Lagunas	Seco	4
Sociedad Coop. Cementos Hgo. Hidalgo, N.L.	Seco	3

FUENTE: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO.

MARCAS Y TIPOS DE CEMENTOS PRODUCIDOS

EMPRESA	MARCAS	TIPOS
Cementos Fortiland Blanco de México, S.A.	Cisne, Polan para Vito para	Blanco Tipo I
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Barrientos	Anáhuac	Tipo I, II, III, Mon- terrey, C-2
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Tamuín	Anáhuac	Tipo I, II, III, C-2, Tipo I Esp.
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Apasco	Apasco	Tipo I, II, III, Basico Clase "H"
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Macuarana	Apasco	Tipo I, II, III, Basico Clase "H"
Cementos Veracruz, S.A. Orizaba	Pico de Orizaba	Tipo I, II, Petro- lero Clase "G"
Cementos Acapulco, S.A. Acapulco	Acapulco	Tipo I, III y mor- teros Especiales
Cementos Chihuahua Chihuahua	Chihuahua	Tipo II, Puzolá- nico Tipo IP
Cementos Chihuahua Planta Cd. Juárez	Chihuahua	Tipo II, Puzolá- nico Tipo Ip
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Huichapan	Cemento Monterrey	Tipo I, Puzoláni- co
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Monterrey	Monterrey e Hidalgo	Tipo I, C-2, Blan- co
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Torreón	Monterrey	Tipo II, C-2
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Valles	Monterrey	Tipo I
Cementos del Norte, S.A. Monterrey	Atlante, Super A- tlante, Falcón y Siderúrgico.	C-2
Cementos Maya, S.A. Planta Mérida	Maya	Tipo I
Cementos Maya, S.A. Planta León	León	C-2

MARCAS Y TIPOS DE CEMENTOS PRODUCIDOS

EMPRESA	MARCAS	TIPOS
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Guadalajara	Guadalajara y Pavo	Puzolánico
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Ensenada	Guadalajara y Gallo	Puzolánico y Tipo II
Cementos Portland Moctezuma Morelos	Moctezuma	Tipo I, III, IP Puzolánico C-2
Cementos Toluca, S.A. Planta Atotonilco	Toluca	Tipo I, III, Puzo- lánico C-2
Cementos Toluca, S.A. Planta Miscoac, CERRADA.	Toluca	Blanco, Montero Claro, C-2
Cementos Toluca, S.A. Planta Toluca	Toluca	Tipo I, Blanco, C-2, Montero
Cementos Toluca, S.A. Planta Zapotític	Toluca	Tipo I, II, C-2
Cementos Atoyac, S.A. Puebla	Atoyac	Tipo I, C-2
Cementos del Pacífico, S.A. Mazatlán	Victoria	C-2
Cementos Portland, Nal. S.A. Hermosillo	Campana	Tipo II, C-2
Cementos Sinaloa, S.A. El Fuerte, Sin.	Centenario	C-2, Montero Cla- ro
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Jaeso	Cruz Azul	Tipo II, III, C-2 Montero
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Lagunas	Cruz Azul	Tipo II, III, II con Puz., Blanco
Sociedad Coop. Cementos Hgo. Hidalgo, N.L.	Cuahtemoc	Tipo I

FUENTE: CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO.

REPUBLICA MEXICANA

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE PLANTAS
PRODUCTORAS DE CEMENTO.



- 16. Mexicanos, Monterrey, N.L.
- 17. Mexicanos, Torreon, Coah.
- 18. Del Norte, Monterrey, N.L.
- 19. Hidalgo, Hidalgo, N.L.
- 20. Portland Nal., Hermosillo, Son.
- 21. Guadalajara, Ensenada, B.C.
- 22. Pacifico, Mazatlan, Sin.
- 23. Sinaloa, El Fuerte, Sin.
- 24. Anahuac, Tamuin, S.L.F.
- 25. Mexicanos, Cd. Valles, S.L.P.
- 26. Apasco, Macuspana, Tab.
- 27. Veracruz, Orizaba, Ver.
- 28. Acapulco, Acapulco, Gro.
- 29. Cruz Azul, Lagunas, Oax.
- 30. Maya, Merida, Yuc.

- Portland de Mexico, Vito, Hgo.
- Anahuac, Tlalnepantla, Edo. Mex.
- Apasco, Apasco, Edo. Mex.
- Coahuila, Fuenlabrada, Pue.
- Portland Moctezuma, Cuernavaca, Mor.
- Tolteca, Atotonilco, Hgo.
- Tolteca, Mixcoac, D.F.
- Tolteca, Tolteca, Hgo.
- Cruz Azul, Jasso, Hgo.
- Mexicanos, Huichapan, Hgo.
- Guadalajara, Tlaquepaque, Jal.
- Veracruz, Leon, Gto.
- Tolteca, Zapotiltic, Jal.
- Chihuahua, Chihuahua, Chih.
- Chihuahua, Cd. Juarez, Chih.

LOS QUINCE MAYORES PRODUCTORES

(miles de toneladas)

	1984	1985
1.- China	121 080	142 221
2.- URSS	129 850	131 000
3.- Japón	76 432	72 561
4.- USA	70 490	70 666
5.- Italia	38 891	37 362
6.- India	29 089	31 750
7.- España	26 643	24 197
8.- Francia	24 025	23 546
9.- Alemania Federal	26 224	22 944
10.- MEXICO	18 350	20 680
11.- Brasil	19 457	20 635
12.- Corea del Sur	20 359	20 498
13.- Turquía	15 735	17 673
14.- Polonia	16 458	14 792
15.- Taiwan	13 347	13 563

LAS QUINCE MAYORES CAPACIDADES INSTALADAS

(miles de toneladas)

	1984	1985
1.- China	125 000	170 000
2.- URSS	154 000	154 000
3.- Japón	121 000	121 000
4.- USA	90 000	89 000
5.- Italia	55 000	55 000
6.- Alemania	46 000	46 000
7.- India	36 000	40 000
8.- España	39 000	39 000
9.- Brasil	39 000	39 000
10.- MEXICO	33 000	33 000
11.- Francia	30 000	26 000
12.- Corea del Sur	25 000	25 000
13.- Turquía	24 000	24 000
14.- Reino Unido	20 000	20 000
15.- Polonia	20 000	20 000

FUENTE: CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO

CAPACIDAD ANUAL DE CEMENTO GRIS POR PLANTA

EMPRESA	1982	1983	1984	1985	1986
Cementos Portland Blanco de México, S.A.	69	69	69	69	69
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Barrientos	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Tamuín	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Apasco	1 550	1 705	1 705	1 705	1 705
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Macuspana	634	920	920	920	920
Cementos Veracruz, S.A. Orizaba	1 600	1 687	1 687	1 700	1 687
Cementos Acapulco, S.A. Acapulco	200	200	346	350	350
Cementos Chihuahua Chihuahua	650	900	900	950	915
Cementos Chihuahua Planta Cd. Juárez	145	145	145	145	145
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Huichapan	0	0	0	1 100	1 100
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Monterrey	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Torreón	1 580	1 580	1 580	1 500	1 580
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Valles	915	915	915	915	915
Cementos del Norte, S.A. Monterrey	265	265	265	265	265
Cementos Maya, S.A. Planta Mérida	710	710	710	710	710
Cementos Maya, S.A. Planta León	750	810	810	810	810

CAPACIDAD ANUAL DE CEMENTO GRIS POR PLANTA

EMPRESA	1982	1983	1984	1985	1986
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Guadalajara	705	1 950	1 950	1 950	1 950
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Ensenada	720	1 020	1 020	1 020	1 020
Cementos Portland Moctezuma Morelos	158	158	158	480	420
Cementos Tolteca, S.A. Planta Atotonilco	1 786	1 786	1 786	1 786	2 070
Cementos Tolteca, S.A. Planta Mixcoac	329	329	329	329	302
Cementos Tolteca, S.A. Planta Tolteca	818	818	818	933	949
Cementos Tolteca, S.A. Planta Zapotític	840	1 798	1 798	1 798	1 778
Cementos Atoyac, S.A. Puebla	155	165	165	165	182
Cementos del Pacífico, S.A. Mazatlán	160	160	160	213	84
Cementos Portland, Nal. S.A. Hermosillo	940	940	940	940	1 198
Cementos Sinaloa, S.A. El Fuerte, Sin.	510	510	510	510	542
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Jasso	1 560	2 800	1 870	1 870	1 870
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Lagunas	580	2 000	2 060	2 060	2 060
Sociedad Coop. Cementos Hgo. Hidalgo, N.L.	456	456	456	456	456
TOTAL	19 298	17 068	18 436	20 680	19 751

FUENTE: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO.

PRODUCCION ANUAL DE CEMENTO GRIS POR PLANTA

EMPRESA	1982	1983	1984	1985	1986
Cementos Portland Blanco de México, S.A.	0	0	0	0	10
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Barrientos	1 768	1 705	1 788	1 951	1 824
Cementos Anáhuac, S.A. Planta Tamuín	1 467	1 220	1 401	1 599	1 644
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Apasco	1 321	999	1 077	1 201	1 268
Cementos Apasco, S.A. de C.V. Macuspana	366	371	479	615	618
Cementos Veracruz, S.A. Orizaba	1 131	937	876	928	415
Cementos Acapulco, S.A. Acapulco	266	183	221	215	188
Cementos Chihuahua Chihuahua	407	375	502	623	520
Cementos Chihuahua Planta Cd. Juárez	148	156	140	120	149
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Huichapan	0	0	0	20	523
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Monterrey	1 621	1 319	1 436	1 509	1 246
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Torreón	783	753	921	1 006	1 105
Cementos Mexicanos, S.A. Planta Valles	770	776	678	758	700
Cementos del Norte, S.A. Monterrey	166	105	99	138	109
Cementos Maya, S.A. Planta Mérida	542	491	489	526	485
Cementos Maya, S.A. Planta León	700	578	599	664	479

PRODUCCION ANUAL DE CEMENTO GRIS POR PLANTA

EMPRESA	1982	1983	1984	1985	1986
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Guadalajara	702	680	995	1 254	1 051
Cementos Guadalajara, S.A. Planta Ensenada	623	605	571	569	641
Cementos Portland Moctezuma Morelos	153	152	107	125	167
Cementos Tolteca, S.A. Planta Atotonilco	1 469	1 311	1 472	1 668	1 538
Cementos Tolteca, S.A. Planta Mincoac	185	0	0	0	0
Cementos Tolteca, S.A. Planta Tolteca	635	275	0	121	104
Cementos Tolteca, S.A. Planta Zapotiltic	605	537	785	996	1 088
Cementos Atoyac, S.A. Puebla	150	134	152	149	122
Cementos del Pacifico, S.A. Mazatlan	109	119	82	74	84
Cementos Portland, Nal. S.A. Hermosillo	450	575	843	907	950
Cementos Sinaloa, S.A. El Fuerte, Sin.	280	241	257	262	243
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Jasso	1 529	1 423	1 540	1 418	1 372
Coop. Manuf. "La Cruz Azul" Planta Lagunas	518	676	763	911	824
Sociedad Coop. Cementos Hgo. Hidalgo, N.L.	434	372	363	333	282
TOTAL	19 298	17 068	18 436	20 680	19 751

FUENTE: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO.

PRODUCCION DE CEMENTO GRIS
(Miles de Toneladas)

Año	No. de Plantas	Producción	Incremento anual %	Producción Promedio	Incremento anual
1982	29	19 298	7.3	665	3.6
1983	29	17 068	(11.6)	589	(11.4)
1984	29	18 436	8.0	636	8.0
1985	30	20 680	12.2	689	8.3
1986	30	19 751	(4.5)	658	(4.5)
Tasa Media Anual de Crecimiento					
		4.6%	(4.5%)	3.8%	(4.5%)

CAPACIDAD PRODUCTIVA INSTALADA DE CEMENTO GRIS
(Miles de toneladas)

Años	No. de Plantas	Capacidad Total	Incremento Anual	Capacidad Promedio por Planta	Incremento Anual %
1982	29	25 655	31.6	885	26.4
1983	29	30 666	19.5	1 057	19.4
1984	29	30 942	0.9	1 067	0.9
1985	30	32 539	5.2	1 085	0.8
1986	30	32 922	1.2	1 097	1.1
Tasa Media Anual de Crecimiento					
		10.1%		9.3%	

Fuente: CAMARA NACIONAL DE CEMENTO

VENTAS POR TIPO DE CEMENTO GRIS
(Miles de toneladas)

Tipos	1983		1984	
	Volúmen	%	Volúmen	%
I	7 192	42.2	7 386	40.4
II	4 030	23.7	4 092	22.4
III	142	0.8	251	1.4
V	0	0.0	0.0	0.0
Puzolánico	5 597	32.8	6 250	34.2
Tipo "G"	88	0.5	299	1.6
Total	17 049	100.0	18 279	100.0

Tipos	1985		1986	
	Volúmen	%	Volúmen	%
I	9 382	45.2	9 148	46.2
II	3 919	18.9	4 015	20.2
III	324	1.5	212	1.1
V	0	0.0	1	-
Puzolánico	7 104	34.2	6 372	32.1
Tipo "G"	26	1	88	0.4
Total	20 755	100.0	19 836	100.0

Fuente: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO

VENTAS DE CEMENTO BLANCO POR ENTIDAD FEDERATIVA

(Miles de Toneladas)

1986

AGUASCALIENTES	2.9
BAJA CALIFORNIA NORTE	2.0
BAJA CALIFORNIA SUR	-
CAMPECHE	1.1
COAHUILA	7.0
COLIMA	0.1
CHIAPAS	5.8
CHIHUAHUA	12.0
DISTRITO FEDERAL	64.8
DURANGO	3.6
GUANAJUATO	9.9
GUERRERO	4.2
HIDALGO	5.3
JALISCO	40.8
MEXICO	15.4
MICHOACAN	6.4
MORELOS	3.8
NAYARIT	0.3
NUEVO LEON	27.0
OAXACA	3.6
PUEBLA	9.6
QUERETARO	5.6
QUINTANA ROO	1.1
SAN LUIS POTOSI	4.1
SINALOA	7.6
SONORA	6.8
TABASCO	4.2
TAMAULIPAS	8.0
TLAXCALA	0.1
VERACRUZ	10.8
YUCATAN	7.7
ZACATECAS	3.0
TOTAL NACIONAL	284.6
EXPORTACION	28.0
TOTAL VENTAS	312.6

FUENTE: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO

VENTAS DE MORTERO POR ENTIDAD FEDERATIVA

(Miles de Toneladas)

1988

AGUASCALIENTES	-
BAJA CALIFORNIA NORTE	0.3
BAJA CALIFORNIA SUR	0.6
CAMPECHE	-
COAHUILA	1.0
COLIMA	-
CHIAPAS	1.0
CHIHUAHUA	1.0
DISTRITO FEDERAL	130.6
DURANGO	-
GUANAJUATO	10.7
GUERRERO	8.6
HIDALGO	8.6
JALISCO	10.6
MEXICO	50.0
MICHOACAN	17.7
MORELOS	7.6
NAYARIT	-
NUEVO LEON	-
OAXACA	5.0
PUEBLA	11.2
QUERETARO	11.7
QUINTANA ROO	-
SAN LUIS POTOSI	1.5
SINALOA	1.9
SONORA	2.1
TABASCO	-
TAMAULIPAS	-
TLAXCALA	1.0
VERACRUZ	3.0
YUCATAN	-
ZACATECAS	0.3
TOTAL NACIONAL	286.0
EXPORTACION	1.0
TOTAL VENTAS	87.06

FUENTE: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO

APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA

DE CEMENTO GRIS
(miles de toneladas)

AÑO	CAPACIDAD	PRODUCCION	APROVECHAMIENTO
1982	25 655	19 298	75.2
1983	30 666	17 068	55.7
1984	30 942	18 436	59.6
1985	32 539	20 680	63.6
1986	32 922	19 751	60.0
TASA ANUAL DE CRECIMIENTO	10.9%	4.6%	

IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE CEMENTO GRIS
(miles de toneladas)

	IMPORTACION		EXPORTACION		SALDO	
	CEMENTO CLINKER	CEMENTO CLINKER	CEMENTO CLINKER	CEMENTO CLINKER	CEMENTO CLINKER	CEMENTO CLINKER
1982	245	0	202	43	43	43
1983	0	0	865	232	865	232
1984	0	0	1 619	465	1 619	465
1985	0	0	1 745	667	1 745	667
1986	0	0	3 036	899	3 036	899

FUENTE: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO.

BALANZA COMERCIAL

Volumen en miles de toneladas - Valor en millones de dolares

	1983		1984		1985		1986	
	Vol.	Valor	Vol.	Valor	Vol.	Valor	Vol.	Valor
IMPORTACIONES								
Cemento Gris	0	-	0	-	0	-	0	-
Cemento Blanco	0	-	0	-	0	-	0	-
Clinker	0	-	0	-	0	-	0	-
Mortero	0	-	0	-	0	-	0	-
EXPORTACIONES								
Cemento Gris	885	30.52	1619	68.05	1746	69.57	3026	108.73
Cemento Blanco	-	-	-	-	15	0.85	20	2.54
Clinker	232	8.30	465	8.53	667	16.07	899	19.84
Mortero	-	-	-	-	-	-	1	0.06
TOTAL								
IMPORTACIONES	0		0		0		0	
EXPORTACIONES	38.82		76.58		86.49		131.17	
BALANZA	38.82		76.58		86.49		131.17	

FUENTE: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO.

LOS QUINCE MAYORES EXPORTADORES

(miles de toneladas)

	1984	1985
1.- Japón	11 279	9 097
2.- España	10 437	7 003
3.- Grecia	7 302	7 571
4.- Canadá	2 827	5 220
5.- Taiwán	3 559	3 520
6.- Corea del Sur	3 177	2 943
7.- Rumania	2 754	2 700
8.- Francia	2 683	2 591
9.- MEXICO	2 004	2 412
10.- URSS	2 544	2 313
11.- Turquía	1 732	1 833
12.- Venezuela	1 019	1 705
13.- Alemania Federal	1 623	1 490
14.- Alemania Democrática	1 395	1 400
15.- Yugoslavia	1 084	1 263

LOS QUINCE MAYORES CONSUMIDORES

(miles de toneladas)

	1984	1985
1.- China	122 260	143 321
2.- URSS	127 885	129 632
3.- USA	77 200	79 453
4.- Japón	70 857	67 749
5.- Italia	38 601	37 273
6.- India	29 373	32 150
7.- Alemania Federal	26 170	22 802
8.- Francia	21 428	21 024
9.- Brasil	19 401	20 517
10.- MEXICO	16 659	19 010
11.- Corea del Sur	16 506	18 976
12.- Arabia Saudita	21 700	17 000
13.- España	16 186	16 551
14.- Turquía	13 587	15 798
15.- Egipto	13 700	14 020

FUENTE: CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CONSUMO NACIONAL
APARENTE DEL CEMENTO GRIS

(Miles de Toneladas)

Entidad	1982	1983	1984	1985	1986
AGUASCALIENTES	175	161	197	212	170
B. C. N.	428	423	423	522	534
B. C. S.	98	97	98	111	105
CAMPECHE	112	108	111	107	98
COAHUILA	544	424	450	524	403
COLIMA	66	71	94	117	109
CHIAPAS	377	364	392	467	338
CHIHUAHUA	560	497	533	602	551
D. F.	4 247	3 240	2 832	2 965	3 034
DURANGO	229	195	231	237	196
GUANAJUATO	709	727	870	901	799
GUERRERO	360	339	365	514	494
HIDALGO	439	388	341	455	352
JALISCO	1 188	929	1 076	1 309	1 038
MEXICO	1 027	872	1 163	1 224	1 036
MICHUACAN	466	704	744	850	761
MORELOS	272	326	259	282	309
NAYARIT	72	109	141	120	134
NUEVO LEON	1 100	983	918	1 108	928
OAXACA	329	347	350	477	416
PUEBLA	548	631	665	785	655
QUERETARO	264	281	303	356	301
QUINTANA ROO	131	124	128	159	102
SAN LUIS POTOSI	597	335	401	386	309
SINALOA	447	396	504	552	488
SONORA	399	381	480	531	397
TABASCO	364	480	527	557	389
TAMAULIPAS	686	568	567	602	524
TLAXCALA	87	161	133	173	160
VERACRUZ	1 730	1 110	1 016	1 156	1 061
YUCATAN	310	274	252	340	292
ZACATECAS	207	181	217	264	193
TOTAL	19 055	16 184	16 659	19 010	16 891

Fuente: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO

INVERSION POR PERSONA
OCUPADA

Millones de pesos

Año	
1982	3,798.7
1983	4,515.2
1984	5,671.0
1985	6,480.1
1986	8,340.4

Tasa Media
Anual de
Crecimiento 21.8%

INVERSION BRUTA

Millones de pesos

Año	
1982	54,754.5
1983	65,150.1
1984	79,100.0
1985	98,575.5
1986	124,941.4

Tasa Media
Anual de
Crecimiento 26.6%

INVERSION EN EQUIPO PARA CONTROL
A LA CONTAMINACION

Miles de Pesos

Año	
1982	701,181
1983	425,311
1984	240,218
1985	1,037,015
1986	1,232,510

Tasa Media
Anual de
Crecimiento 28.3%

Fuente: CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO

TOTAL DE TRABAJADORES OCUPADOS

Años	Obreros	Empleados	Total
1982	10 789	3 625	14 414
1983	10 372	4 057	14 429
1984	10 169	3 779	13 948
1985	11 250	3 982	15 232
1986	9 884	4 249	14 133
Tasa Media Anual de Crecimiento	3.1%	6.1%	3.9%

SUELDOS, SALARIOS Y PRESTACIONES
(Miles de pesos)

PRECIOS CORRIENTES

Años	Sueldos	Salarios	Prestaciones	Total
1982	1 083 376	3 049 368	2 575 263	7 508 009
1983	2 059 597	5 962 298	5 015 041	13 036 936
1984	4 780 076	7 253 248	5 867 645	17 901 969
1985	7 257 767	14 527 502	11 010 683	32 795 952
1986	12 633 975	23 283 931	22 358 357	58 276 263
Tasa Media Anual de Crecimiento	44.9%	45.7%	51.6%	47.5%

Fuente: DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y
CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO.