

D.L
09
+ (1434)

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS TALES COMO:
CONSISTENCIA NORMAL DE LA PASTA, TIEMPO DE FRAGUADO, RESISTENCIA A
LA COMPRESIÓN Y pH DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I (5,000 PSI) MODIFICADO
CON UN ACELERANTE DE FRAGUADO PARA SU USO EN ODONTOLOGÍA.”**

TESIS PRESENTADA POR:

MARIE ASTRID DE LOS ANGELES RAMÍREZ RIVAS



Ante el Tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala que
practicó el Examen General Público previo a optar al título de:

CIRUJANA DENTISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2004.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano:	Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo.
Vocal Primero:	Dr. Sergio Armando García Piloña.
Vocal Segundo:	Dr. Guillermo Alejandro Ruiz Ordóñez.
Vocal Tercero:	Dr. César Mendizábal Girón.
Vocal Cuarto:	Br. Pedro José Asturias Suerias.
Vocal Quinto:	Br. Carlos Iván Dávila Alvarez.
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños.

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo.
Vocal Primero:	Dr. Sergio Armando García Piloña.
Vocal Segundo:	Dr. Werner Florián Jerez.
Vocal Tercero:	Dr. Edwin López Díaz.
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños.

ACTO QUE DEDICO

A Dios:

Gracias Dios bueno, por tu misericordia infinita y tu gracia con la que me permites llegar a este momento tan anhelado en mi vida. Eres la razón de mi vivir.

A mis padres:

Obed y Tere Ramírez, por su amor y su apoyo, gracias por su esfuerzo, si no fuera por ustedes, yo no estaría ahora donde estoy. Los amo.

A mis hermanos:

Kjell, por tu amor, tu paciencia, por ayudarme cuando lo he necesitado. Te quiero mucho hermanito.

Angie, gracias por estar a mi lado, por tu comprensión, que Dios te bendiga, te quiero mucho hermanita.

A mi Pastor:

Dr. Sergio G. Enríquez, gracias por las palabras de bendición que Dios pone siempre en su boca.

A mi familia:

A mis tíos y primos, muchas gracias por estar a mi lado. Tía Bersa, gracias por sus oraciones.

A mis Amigos:

A mis compañeros: Gracias por su apoyo, especialmente a José David, Ivonne, Hamilton, Eddy, Isaac, Gaby, Johana, Claudia, Eduardo, Arnulfo, Valeska, Lucky, Darwin, Hamlet, Marsha, Roberto, Brosly, Erick y Oscarita. A mis amigos de Ingeniería: Keneth, Erick y Jeff, gracias, sin ustedes no hubiera podido terminar con esta tesis. A mis amigos de la Igle, a todos, sin sus oraciones no estaría hoy aquí. A Roxy, Elenita y Lily. A la familia Figueroa. A todos, muchas gracias por su amistad, son realmente muy especiales para mí, los llevo en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

A Dios

Sin tu ayuda no estaría hoy aquí, gracias por permitirme alcanzar esta meta en la vida.

A mis Padres

Por el amor que me brindan, por impulsar mi vida cada día más allá de lo que creía poder alcanzar.

A mi Patria Guatemala

Por abrir sus puertas y permitir una vida libre. Dios te bendiga Guatemala.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Especialmente a mi Facultad, por ser la Casa de Estudios que me formó como profesional.

A mis Catedráticos

Por compartir sus conocimientos conmigo, muchas gracias a todos.

A mis Padrinos

Ustedes contribuyeron en gran manera a que este día se llegara y a que pudiera alcanzar esta meta. Muchas gracias.

A mi Asesor

Dr. Werner Florián, es usted una gran persona, gracias por su ayuda y dedicación para la realización de esta tesis. A su esposa, muchas gracias.

Al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería

Gracias por permitir la realización del trabajo de campo de mi tesis en el laboratorio. A los Ingenieros Sergio Castañeda y César García, muchas gracias.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS TALES COMO: CONSISTENCIA DE LA PASTA, TIEMPO DE FRAGUADO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y pH DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I (5,000 PSI) MODIFICADO CON UN ACELERANTE DE FRAGUADO PARA SU USO EN ODONTOLOGÍA”**, conforme lo demandan los estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de:

CIRUJANA DENTISTA

Expreso mi agradecimiento a mi asesor, Dr. Werner Florián Jerez por su valiosa colaboración en este trabajo.

A los Ings. Sergio Castañeda y César García por su colaboración en el desarrollo del trabajo de campo, y a ustedes distinguidos miembros del Tribunal Examinador, sírvanse aceptar las muestras de mi más alta consideración y respeto.

INDICE

Sumario	2
Introducción	3
Antecedentes	4
Planteamiento del Problema	6
Justificación	7
Revisión de Literatura	8
Objetivos	31
Variables	32
Materiales y Métodos	34
Resultados	42
Discusión de los resultados	58
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Limitaciones	62
Consultas bibliográficas	63
Anexos	66

SUMARIO

En este estudio se evaluó el cemento Portland tipo I con tres diferentes concentraciones de aditivo acelerante diluido en agua destilada, siendo éstas 1:2, 1:4 y 1:8 (relación acelerante – agua), para permitir un tiempo de fraguado menor. Se realizaron evaluaciones de consistencia normal de la pasta para determinar la cantidad de líquido a utilizar, el tiempo de fraguado que presentaron las pastas con diferentes concentraciones de aditivo acelerante, la resistencia a la compresión evaluada en períodos cortos de tiempo y el pH de las mismas. Estas evaluaciones se realizaron bajo condiciones similares a las encontradas en la cavidad bucal, es decir en un ambiente húmedo y a una temperatura de 37° C. Se llevaron a cabo en las secciones de Aglomerantes y Morteros y Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2004.

El análisis estadístico de las tres concentraciones del acelerante reveló mediante la prueba de Kruskal-Wallis, que son diferentes entre sí, ($H = 26.79$). La concentración 1:2, permitió un tiempo de fraguado más corto, siendo éste 21 minutos. Por lo que se concluye que esta concentración de aditivo acelerante permitiría la aplicación del cemento Portland en Odontología.

INTRODUCCIÓN

En la realización de tratamientos de conductos radiculares suelen suceder accidentes, tales como perforaciones, que pueden ser laterales, apicales o de furca. También se pueden encontrar situaciones en las que las paredes del conducto se encuentran debilitadas debido a reabsorciones, ya sean internas o externas pero que dan como resultado la perforación de una de ellas.

Para poder solucionar estos accidentes se han utilizado diversos materiales, como por ejemplo óxido de zinc y eugenol, amalgama, super EBA, hidróxido de calcio con propilenglicol y otros. Actualmente existe en el mercado un material de reciente utilización, el cual presenta muy buenas propiedades de biocompatibilidad y se ha observado una respuesta reparativa ideal de los tejidos periodontales. Este material es conocido como MTA por sus siglas en inglés: Mineral Trioxide Aggregate ^(2, 17, 18).

El cemento Portland, que es uno de los cementos utilizados en la construcción en general, contiene los mismos componentes básicos que el MTA ^(4, 19). Varios estudios realizados en animales, han demostrado respuestas positivas de los tejidos de igual manera para los dos materiales ^(2, 13, 17).

El cemento Portland se ha estado utilizando en pacientes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala como una alternativa al MTA. El inconveniente que presenta es el tiempo de fraguado prolongado ⁽²¹⁾.

En el presente estudio se disminuyó el tiempo de fraguado del cemento mediante la utilización de un aditivo acelerante de concreto y se establecieron los cambios en las propiedades físico-mecánicas que presentó el cemento modificado con diferentes concentraciones del mismo; con la intención de poder eventualmente aplicarlo en el campo de la endodoncia y permitir la restauración de la pieza con perforación, en una misma cita si fuera posible.

ANTECEDENTES

Cuando se realizan tratamientos endodónticos, pueden darse casos en los que alguna pared del conducto radicular se encuentre debilitada debido a reabsorciones o que al instrumentar el conducto, por accidente pueda sufrir perforación. Para sellar esta perforación se han utilizado diferentes materiales entre los que podemos mencionar: amalgama, hidróxido de calcio mezclado con propilenglicol, óxido de zinc y eugenol, super EBA y otros, pero que han presentado muy poca eficiencia, ya sea sellando incompletamente la perforación o su reabsorción posterior con el paso del tiempo ^(2, 9, 14).

Se han realizado diversos estudios a nivel mundial para probar materiales innovadores y que permitan el buen sellado de las perforaciones, entre ellos se mencionan el MTA, por sus siglas en Inglés (Mineral Trioxide Aggregate) y el cemento Portland, que se comprobó que contiene los mismos componentes minerales y químicos que el MTA, a la vez se presenta la misma respuesta histológica y clínica positivas ^(4, 9, 11, 12, 13, 18, 19).

En la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se llevaron a cabo estudios comparativos en ratones y perros, utilizando diversos tipos de cementos, entre ellos el MTA y el cemento Portland, comprobando que la respuesta de los tejidos a estos últimos fueron favorables y similares ^(2, 17).

En la Clínica de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se ha utilizado el cemento Portland como una alternativa del MTA, en los pacientes que presentan algún tipo de perforación durante la realización de tratamientos endodónticos, observando radiológicamente respuestas favorables de los tejidos ⁽²¹⁾.

El inconveniente que presentan tanto el MTA como el cemento Portland, es su prolongado tiempo de fraguado. Para acelerar el tiempo de fraguado del cemento Portland, se encuentran varios tipos de aditivos acelerantes, pero existe uno que es a base de ácido silícico, el mismo se usa para crear una pasta que fragüe rápidamente y permita sellar perforaciones en tanques de agua potable a presión o en cualquier otra perforación que se necesite cubrir instantáneamente. El aditivo acelerante se debe mezclar con el cemento en forma pura, sin diluir ya que esto retarda el tiempo de fraguado.

Debe realizarse con rapidez hasta obtener una pasta homogénea (10 segundos aprox.) y luego colocar la pasta en el lugar de la perforación sujetándola fuertemente hasta que haya endurecido (30 segundos aprox.) ⁽¹⁰⁾. El tiempo de fraguado con las especificaciones del fabricante se observa relativamente corto para usar en la clínica de endodoncia.

Tomando en cuenta que el agua retarda el efecto del aditivo acelerante sobre el fraguado instantáneo, se pretendió reducir el tiempo de fraguado del cemento Portland, al utilizar el aditivo acelerante diluido en diferentes concentraciones para permitir un tiempo de fraguado corto, y a la vez un tiempo de trabajo adecuado para su manipulación en áreas donde el acceso sea difícil.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se han realizado estudios comparativos entre el MTA y el cemento Portland Tipo I, observando que estos presentan componentes similares⁽¹⁹⁾. También se han realizado varios estudios comparativos entre el MTA, cemento Portland y otros cementos demostrando respuestas positivas de los tejidos de igual manera para los primeros dos materiales^(2, 13, 17).

En la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala se han realizado estudios comparativos de los cementos: Portland, MTA e Hidróxido de Calcio con propilenglicol, evaluando respuesta inflamatoria en tejido subcutáneo en roedores y también evaluación clínica y radiológica de tratamientos de conductos radiculares con perforaciones laterales de piezas dentales de perros, donde se encontraron iguales resultados entre los primeros dos cementos mencionados^(2, 17).

En la clínica de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se ha estado utilizando el cemento Portland Tipo I (5,000 psi) como alternativa del MTA, para sellar perforaciones en piezas dentales, ya sean laterales, apicales o en la furca, con el consentimiento del paciente, con un aparente éxito clínico y radiológico⁽²¹⁾.

El uso de este cemento presenta un inconveniente, el cual es su prolongado tiempo de fraguado^(8, 16, 6), lo que trae como consecuencia un retraso en la restauración definitiva del conducto y de la pieza tratada.

En el presente estudio se redujo el tiempo de fraguado del cemento Portland mediante el uso de un aditivo acelerante de concreto comercial el cual es una solución acuosa de alcalinos, a base de ácido silícico, el mismo puede acelerar de manera ultra-rápida la pasta de concreto⁽¹⁰⁾. Por lo que surge la interrogante: ¿Cuáles fueron los cambios en las propiedades físico-mecánicas del cemento Portland Tipo I modificado con un aditivo acelerante de fraguado para su aplicación en Odontología?

JUSTIFICACIÓN

En la Clínica de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala suceden accidentes durante la fase de instrumentación de los conductos radiculares, provocando perforaciones, las cuales pueden ser laterales, apicales o de furca. Para solucionar estos accidentes se han utilizado diversos materiales como: óxido de zinc y eugenol, amalgama, super EBA, hidróxido de calcio con propilenglicol y otros ^(2, 17, 18). Actualmente se utiliza el cemento Portland Tipo 1 (5,000 psi) como una alternativa del MTA, pero cuenta con el inconveniente del tiempo de fraguado prolongado ⁽²¹⁾, la pieza a la cual se aplica no puede ser restaurada definitivamente en una misma cita, ya que se debe dejar que fragüe completamente.

Existen materiales que aceleran el tiempo de fraguado, entre ellos se encuentran el cloruro de calcio, la sílica y otros ^(5, 8). En este estudio se consideró el utilizar el aditivo acelerante a base de un ácido silícico, ya que según su ficha técnica permite un fraguado en segundos ⁽¹⁰⁾, también el ácido silícico es componente en muchos tejidos del cuerpo ⁽¹⁾.

Fue necesaria la realización de pruebas para establecer en que concentración podría utilizarse el aditivo acelerante del cemento de manera que se logre tener un tiempo de fraguado reducido, permitiendo su manipulación y transporte, evaluando las propiedades fisico-mecánicas como consistencia normal, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y pH de la pasta de cemento Portland Tipo I modificado. A fin de que luego puedan realizarse estudios acerca de la respuesta tisular a la pasta de cemento Portland modificada con el aditivo acelerante y posteriormente pueda ser aplicado en pacientes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como una alternativa del MTA con un tiempo de fraguado más corto.

REVISIÓN DE LITERATURA

En 1993, Lee et al. publicaron un artículo científico utilizando un material nuevo: El MTA. Al igual que Torabinejad et al. en el mismo año. En los mismos se evaluaba la filtración marginal y el sellado hermético, respectivamente, del MTA comparado con otros materiales de obturación, encontrando resultados superiores en las perforaciones obturadas con MTA ⁽¹⁸⁾.

AGREGADO TRIÓXIDO DE MINERAL (MTA)

En la Universidad de Loma Linda, California se comenzó a utilizar un material totalmente nuevo para sellar las perforaciones radiculares, el cual es conocido como el cemento MTA por sus siglas en Inglés: Mineral Trioxide Aggregate. Los componentes principales son silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, óxido de silicato. Las principales moléculas presentes en el MTA son iones de calcio y fósforo. El material consta de óxido de calcio y fosfato de calcio y un análisis reveló que el primero se presenta como pequeños cristales y el segundo como una estructura amorfa con apariencia granular. La composición media de los prismas es de un 87% de calcio y 2.47% de sílica y el resto de oxígeno. La estructura amorfa contiene 49% de fosfato, 2% de carbono, 3% de clorato y 6% de sílica. Además existen otros pocos óxidos de minerales que son responsables de las propiedades químicas y físicas del cemento. El polvo consiste en partículas finas hidrofílicas, muy pequeñas, que endurecen en presencia de humedad; de la hidratación del polvo, se presenta un gel coloidal con estructuras solidificadas y duras. La solución con la que debe mezclarse es agua estéril. El tiempo de trabajo es de 2 horas y 45 minutos ya que endurece en menos de 4 horas, el pH inicial es de 10.2, el cual aumenta a 12.5 y tres horas después de ser mezclado permanece constante. En 24 horas, el MTA reveló menor resistencia a la compresión de 40 MPa, que aumentó a 70 MPa a los 21 días. Las características del cemento dependen del tamaño de las partículas, de la relación polvo-agua, temperatura, presencia de humedad y aire contenido. Según un estudio realizado por Torabinejad, el MTA es un material biocompatible y además no es carcinógeno ^(4, 18).

El MTA actualmente es usado como un material de obturación en perforaciones ya sean laterales, apicales o en la furca. También se le dan otros usos como lo son: un material para el recubrimiento directo y aún en pulpotomías, como un material para obturación retrograda, obturación

de conductos radiculares, en apexificaciones, como material para sellar reabsorciones, ya sean internas o externas ^(11, 12, 18).

MTA vs. CEMENTO PORTLAND

Las características intrínsecas del MTA descubiertas recientemente, muestran ser similares al cemento Portland usado comúnmente en la construcción. Los componentes principales del MTA son: calcio, fosfato y silicatos coincidentes con los ingredientes principales del cemento Portland establecidos por la Asociación de Cemento Portland. Al observarlos macroscópicamente, microscópicamente y por el análisis de difracción de Rayos X, los dos cementos son similares. Ambos deben ser mezclados con agua, la cual al unirse a las partículas del cemento forman cristales, lo que hace que fragüe y endurezca ⁽¹⁹⁾. En una investigación de biocompatibilidad los osteoblastos, células semejantes (MG-63), se hicieron presentes tanto en cemento Portland como en MTA. De 4 a 6 semanas después del cultivo, mostraron que ambas sustancias tienen una matriz de similares características ⁽²⁾.

En experimentos *in vitro*, realizados en ratas adultas donde el MTA y el cemento Portland fueron usados como recubrimiento pulpar directo en primeras y segundas molares, en arcadas opuestas, cinco animales por grupo fueron sacrificados después de la 1^a, 2^a, 3^a y 4^a semanas para obtener secciones histológicas que mostraron al microscopio de luz que ambos materiales tenían similares efectos en la reacción pulpar. Esto demostró la aposición y reparación de la dentina incluso hasta dos semanas después de ser aplicados los materiales. Los estudios sugieren que el cemento Portland es muy similar al MTA ^(2, 13, 19).

Observando los resultados se puede decir que ambos materiales son excelentes para obturar las perforaciones incluso las reabsorciones radiculares, las apexificaciones, como recubrimiento directo y todos los usos que se le quieran dar en el campo de la Endodoncia ^(11, 12, 13, 19).

Estrela y cols. reportaron que el cemento Portland contiene los mismos elementos químicos del MTA, excepto el óxido de bismuto. Cuando los materiales: MTA, cemento Portland e hidróxido de calcio fueron contenidos en tubos de dentina e implantados en tejido conectivo subcutáneo de ratones, se observó que el mecanismo de acción de estos tres materiales era muy parecido ⁽⁹⁾. Al

obtener resultados iguales para el MTA y el cemento Portland se puede asumir que el óxido de bismuto no influye en la respuesta de los tejidos ⁽¹²⁾.

El MTA presenta una cualidad que le confiere el óxido de bismuto, (25% de su composición), la cual es su radiopacidad, mucho mayor que la gutapercha y que la dentina. En tanto el cemento Portland posee una radiopacidad semejante a la de la dentina, por lo que es un poco visible, debido a que en su composición original no contiene óxido de bismuto ⁽⁴⁾.

En la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala se han realizado estudios comparativos entre el cemento Portland y el MTA, evaluando la respuesta inflamatoria, clínica y radiográfica. Se ha reportado que la respuesta de los tejidos fue positiva a los dos materiales similares en composición química ⁽¹⁷⁾. Al igual que en otro estudio realizado, se evaluó la respuesta inflamatoria a nivel histológico en tejido subcutáneo de ratas, obteniendo respuestas negativas a inflamación y positivas a reparación de los tejidos circundantes, tanto del MTA como del cemento Portland ⁽²⁾.

El único inconveniente que presentan estos materiales es su tiempo de fraguado, el cual es bastante prolongado, por lo que se dificulta la obturación y restauración definitiva de la pieza en la misma cita.

Según lo referido por Bernabé, Abdullah et al. en 2002, tomando en consideración que el tiempo de fraguado prolongado es la principal desventaja del MTA, adicionaron cloruro de calcio (CaCl_2) al cemento Portland para acelerar el tiempo de fraguado, y observaron si habían modificaciones en cuanto a su comportamiento químico, físico y biológico. Esta adición fue realizada al cemento Portland, produciendo dos variaciones del mismo, o sea, un cemento con 10% y otro con 15% de CaCl_2 . Como comparación, fue empleado un cemento Portland común, un cemento de ionómero de vidrio, y el MTA. La adición de cloruro de calcio disminuyó el tiempo de fraguado y según el estudio, no alteró la forma de los cristales analizados con los cristales del cemento Portland común. Esa observación demostró que el CaCl_2 no interfiere en la composición química del cemento Portland original, cuyos componentes principales son los iones calcio y fósforo ⁽⁴⁾.

CEMENTO PORTLAND

El cemento fue elaborado por primera vez por John Smeaton, quien reconstruyó el Faro Eddystone de la costa de Cornwall, Inglaterra, y fue anunciado en 1756, pero fue redescubierto y mejorado por lo menos durante seis veces entre esa fecha y 1830 ^(5, 16).

Fue redescubierto por Bergmann, 1780, Joseph Parker, 1796, L.I. Vicat, 1818, J.F. John y James Frost, 1811 y 1822 respectivamente. El nombre técnico de cemento Portland fue creado por Joseph Aspdin, un constructor y químico británico, quien el 21 de octubre de 1824, patentó el primer proceso de fabricación de cemento, al cual llamó Portland, hasta estos momentos el cemento tenía aspecto de queso. Debe su nombre a que al inventor le recordaba el color de unas piedras que se encontraban en la Isla de Portland en Inglaterra. I.C. Johnson, 1911, fue el primero que pasó el Clinker del cemento por un horno calcinador, obteniendo como resultado el polvo fino que se conoce ahora como cemento Portland ⁽⁵⁾.

Frost estableció la primera fábrica formal en Swanscombe (Inglaterra), en 1825; algunos años después, un hijo de Aspdin montaba otra en Northfleet, solamente cuatro funcionaron en todo el mundo hasta 1850. En Francia empezó a fabricarse en 1850 y en Alemania en 1852. Ahora existen fábricas en todo el mundo. Al principio la fabricación del cemento Portland consistía en una doble acción, incorporando a la cal ordinaria luego de cocida, cierta cantidad de tierra arcillosa o de arcilla, fabricando con esto ladrillos que luego de secos se pulverizaban finamente ^(5, 8, 15).

El cemento Portland al ser mezclado con el agua, reacciona con la misma, formando una pasta compuesta de cristales, que se endurece progresivamente con el tiempo, por lo que se le llama cemento hidráulico. La hidratación necesaria para el fraguado, consiste en un 24 a 32% de agua, de acuerdo al peso de cemento ^(3, 7).

La reacción de fraguado del cemento se basa en las reacciones de los compuestos anhídridos del cemento con agua. En esta reacción los componentes individuales del cemento son atacados y descompuestos formando compuestos hidratados. La hidratación es principalmente una hidrólisis de los silicatos, produciendo un hidrato de silicato de calcio (CHS gel) de menor alcalinidad, liberando cal que se separa en forma de hidróxido de calcio: silicatos de calcio + H₂O = CHS gel + Ca(OH)₂.

Se transforman los compuestos anhídridos de superficie reducida en un producto hidratado, parecido al gel y con una superficie extremadamente grande. Los productos de hidratación de los silicatos de calcio en el Clinker (C_3S y C_2S) son químicamente idénticos: un hidrato de silicato de calcio en forma de gel microcristalino y un hidróxido cristalino. La composición del hidrato de calcio es aproximadamente $C_3S_2H_3$ y puede ser llamado Tobermorita, esto porque estructuralmente es similar a un mineral natural que tiene ese nombre. La hidratación de los aluminatos tiene relación directa con la presencia de yeso. En su ausencia la reacción del aluminato tricálcico con agua es violenta, llevando al endurecimiento inmediato de la pasta. En su presencia la reacción de hidratación es diferente, sin endurecimiento instantáneo. El yeso y el aluminato tricálcico reaccionan primero formando el trisulfato de calcio de aluminio conocido como Etringita ⁽⁴⁾.

Cuando se mezcla el agua y el cemento, ocurre una reacción rápida, inmediata, formando una solución supersaturada (principalmente de $Ca(OH)_2$). La reacción rápida va perdiendo velocidad, debido a la formación de “sulfoaluminato microcristalino” alrededor de las partículas de aluminatos. Después de un período de “descanso” con poca reacción, la reacción continúa con mayor rapidez, formando un gel de hidrato de silicato y la pasta de cemento comienza a endurecer. En la primera etapa se forma Etringita y un poco de hidróxido de calcio. Aproximadamente una hora después de la mezcla, durante la segunda etapa, comienza a precipitar la fase CSH (hidratos de silicato de calcio), en la superficie de los silicatos anhídridos. En la tercera etapa se cierra el espacio entre las partículas sólidas que se unen con el gel de la fase CSH. De este modo, la matriz inicial compuesta de los primeros hidratos de los aluminatos y silicatos se torna más densa, la porosidad disminuye y la resistencia comienza a desarrollarse. El hidróxido de calcio que se forma durante este proceso, no contribuye en mucho a la resistencia de la pasta y se integra a la matriz del gel CSH. El gel CSH y el hidróxido de calcio son los componentes principales del cemento hidratado. El hidróxido de calcio se encuentra entrelazado con una estructura fibrosa del gel CSH. Puede reaccionar dentro del concreto con la sílica fina dispersa y con los materiales aluminosos, formando compuestos insolubles que contribuyen a la formación de la resistencia ⁽⁴⁾.

En el proceso de elaboración del cemento, se extrae de las canteras piedra caliza y arcilla, por medios mecánicos o explosivos. Los materiales son transportados a la trituradora. De la trituradora pasan al molino donde la mezcla se dosifica y se analiza químicamente. Luego el polvo fino y homogenizado se pasa por hornos rotatorios a temperaturas de calcinación recibiendo la mezcla 1,400

a 1,600 grados centígrados. Lo que se produce aquí es lo que se conoce como Clinker, un material de color gris oscuro de consistencia granular. El Clinker de cemento Portland debe su color a la presencia de hierro y magnesio. El Clinker se pasa por último en un molino, agregándole una pequeña cantidad de yeso y dando como resultado un polvo fino conocido como el cemento Portland, de aquí es distribuido ya sea a granel o en sacos ⁽⁷⁾.

El tamaño de las partículas del Clinker después de molido, puede influenciar en las reacciones de hidratación. Partículas mayores a los 50 micrones no pueden ser hidratadas completamente, lo que no contribuye a la resistencia del cemento. Partículas menores de 2 micrones no son hidráulicamente activas y no producen material cementante en proporción con su superficie. Lo ideal sería que el tamaño de los granos fuera alrededor de 25 micrones. Este diámetro permite una hidratación optimizada de las partículas, consecuentemente una mayor expansión de fraguado, por lo tanto mayor adaptación marginal a las paredes dentinarias ⁽⁴⁾.

El cemento Portland, se clasifica como Simple y Mezclado. Los tipos que se producen en Guatemala con mayor frecuencia son los Tipo I y Tipo V ⁽⁷⁾.

El tipo de cemento que interesa en Odontología se clasifica como cemento simple, Portland Tipo I de 5,000 psi, debido a que está indicado en casos en los que se requiere alcanzar una mayor resistencia a edades tempranas, que es lo que se requiere para materiales utilizados en la cavidad bucal. El cemento Tipo I es el utilizado comúnmente en la construcción.

También se clasifican de acuerdo a la resistencia que pueden presentar, de la siguiente manera: 4,000 psi (28N/m^2 ó 28 MPa) y 5,000 psi (35N/m^2 ó 35 MPa). Las medidas de resistencia se expresan como fuerza por unidad de área, en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2), en libras por pulgada cuadrada (psi), en Newtons por milímetro cuadrado (N/m^2) o en Megapascales (MPa) equivalentes en el Sistema Internacional de Unidades (SI). El cemento Portland tipo I cumple con los requisitos de normas ASTM C-150 y COGUANOR NGO 41005 ^(15, 7).

Los requisitos químicos normales del cemento Portland son ^(3, 15, 7):

Dióxido de silicio (SiO ₂), mínimo	21.0%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃), máximo	6.0%
Óxido Férrico (Fe ₂ O ₃), máximo	6.0%
Óxido de Magnesio (MgO), máximo	6.0%
Trióxido de Azufre (SO ₃), máximo	3.0%
Pérdida por ignición, máximo	3.0%
Residuo insoluble, máximo	3.0%
Silicato tricálcico (3CaO.SiO ₂), máximo	0.75%
Silicato dicálcico (2CaO.SiO ₂), mínimo	---
Aluminato tricálcico (3CaO.Al ₂) ₃ , máximo	8.0%

La contaminación bacteriana y por hongos del cemento Portland obtenido de un saco recientemente abierto y otro abierto hace dos meses fue evaluada por Duarte et al. (2002). Los resultados demostraron que los materiales no habían sufrido contaminación, en función del hecho de que la preparación del cemento ocurre en temperaturas altísimas, incompatibles para el crecimiento bacteriano. Además que el cemento Portland posee un pH alto, siendo esta alcalinidad incompatible con la mayoría de los microorganismos, promoviendo una inhibición enzimática (Estrela et al. 1994; 1995), se le atribuyen esas características a los iones hidroxilos ⁽⁴⁾.

ADITIVOS

En la construcción, el tiempo de fraguado del cemento se puede acelerar mediante el uso de aditivos de cemento, esto se realiza bajo supervisión y de acuerdo a la situación en la que se requiera el acelerante ^(5, 15).

En el mercado se encuentran aditivos del tipo acelerantes de fraguado para concreto, uno de ellos es el ácido silícico, distribuido en Guatemala. El mismo es un aditivo líquido rojo, alcalino, que mezclado con cemento puro, produce una pasta de rápido endurecimiento. El aditivo acelerante se emplea para sellar filtraciones en estanques y chorros de agua a presión en: concreto, roca, etc. Las ventajas que presenta frente a otros aditivos acelerantes son: que fragua el cemento en menos de un

minuto y permite sellar filtraciones en estanques o chorros de agua sin necesidad de vaciar la estructura afectada ⁽¹⁰⁾.

Estas ventajas aplicadas en Odontología permiten pensar en buenos resultados en un medio húmedo como lo es la cavidad bucal, sin tener la necesidad de encontrarse el área de trabajo totalmente seca.

Los datos técnicos del acelerante son:

Tipo:	aditivo líquido.
Color:	rojo.
Densidad:	1,23 kg. /l. aprox.
pH:	11,0 aprox.
Fraguado:	Inicial: 10 segundos Final: 30 segundos

Las propiedades físicas y químicas son:

Aspecto:

Estado físico:	líquido
Color:	transparente
Olor:	inodoro

Datos significativos para la seguridad:

Punto de inflamación:	no aplicable
Temperatura autoinflamación:	no aplicable
Densidad a 20° C:	1.27 gr./cm ³
Solubilidad en agua a 20°C:	es miscible
pH a 20°C:	12
Viscosidad a 20°C:	10 MPa

Descripción química del acelerante: Solución acuosa de alcalinos ⁽¹⁰⁾.

La preparación de la mezcla se realiza agregando una parte del aditivo acelerante puro y dos partes de cemento.

Entre las precauciones a tener, no se recomienda diluirlo en agua porque se retarda el fraguado, como con cualquier otro químico no debe ponerse en contacto con la piel, ni con los ojos, ni se debe ingerir y evitar los derrames. Las medidas de protección personal que deben tomarse al manipular el químico son:

Protección para las manos: guantes.

Protección para los ojos: lentes protectores.

Los componentes son: sal sódica de ácido silícico, Na_2O , 3.35 SiO_2 en concentración de 25 – 50 %. Hidróxido de sodio en concentración de 1 – 2.5 % ⁽¹⁰⁾.

El aditivo acelerante está elaborado a base de ácido silícico, el cual es un compuesto hidratado formado por silicio y oxígeno ($\text{SiO}_2\text{-nH}_2\text{O}$) ⁽¹⁰⁾.

El ácido silícico forma parte del cemento Portland. Actúa con éste ayudando a que se hidrate rápidamente y forme una red de cristales, con lo que se acelera el fraguado.

Se halla también en todos los tejidos y órganos del cuerpo, en especial, en el tejido conjuntivo. También en la sangre, pulmones, en piel, cabellos y uñas. Se encarga del correcto funcionamiento del metabolismo en el tejido conjuntivo; la composición estructural de las proteínas de nuestro organismo; la consistencia y elasticidad de los tejidos, lo que se traduce en una piel más tersa y suave; el metabolismo óseo. Es indispensable para la formación del esqueleto y participa en el depósito de calcio en los huesos. También refuerza el sistema inmunológico ⁽¹⁾.

Gracias a su alta reactividad, el ácido silícico interviene en la curación de heridas, ya que se fija a los restos de tejidos, secreciones de las úlceras y agentes patógenos ⁽¹⁾.

Se puede observar que el pH al igual que el cemento Portland y el MTA es alcalino, 12 ⁽¹⁾.

NORMAS ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND ⁽³⁾

- ASTM C-305-99** Práctica estándar para la mezcla mecánica de pastas de cemento y morteros de consistencia plástica.
- ASTM C-187-98** Método estándar para prueba de consistencia normal de cementos hidráulicos.
- ASTM C- 191-01a** Método estándar para prueba del tiempo de fraguado del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat.
- ASTM C-109M-02** Método estándar para evaluar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, usando cubos de 2 pulgadas.

D) PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA MEZCLA MECÁNICA DE PASTAS DE CEMENTO Y MORTEROS DE CONSISTENCIA PLÁSTICA

Este método corresponde a la norma C-305 ⁽⁵⁾.

1. Alcance:

Esta práctica cubre la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.

2. Significado y Usos:

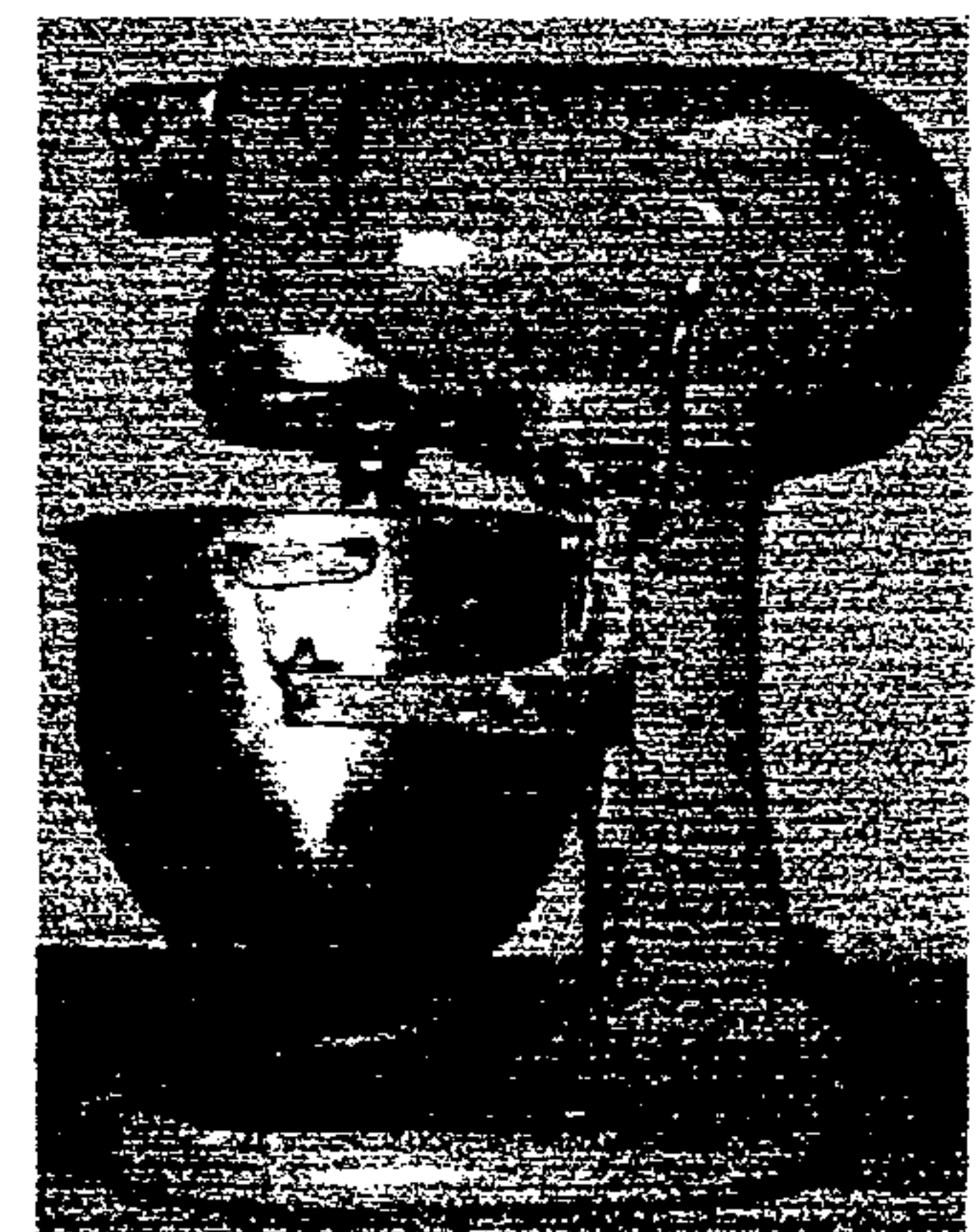
Esta práctica está indicada para usarse en el mezclado mecánico de pastas y morteros para prueba de cementos hidráulicos.

3. Aparatos:

3.1 Mezcladora

La máquina mezcladora en sí, debe tener un mínimo de dos velocidades, controladas por medios mecánicos. La primera o velocidad baja, debe revolver la espátula en un rango de 140 ± 5 r/min., con un movimiento planetario de aproximadamente 62 r/min. La segunda velocidad debe revolver la espátula en un rango de 285 ± 10 r/min., con un movimiento planetario de aproximadamente 125 r/min. Debe tener un espacio entre el borde bajo de la espátula y el fondo del tazón no mayor de 2.5 mm. pero no menor que 0.8 mm., cuando el tazón está en posición de mezclado.

La espátula debe ser fácilmente removible, hecha de acero inoxidable. El tazón de mezcla debe tener una capacidad nominal de 4.73 l., debe ser hecho de acero inoxidable. Debe ser sostenido y mantenido en una posición fija mientras es el proceso de mezclado.



3.2 Raspador

Debe consistir en una hoja semirrígida de hule unido a un agarrador de longitud aproximada de 150 mm. La hoja debe tener una longitud aproximada de 75 mm., 50 mm. de ancho y 20 mm. de grosor.

4. Temperatura y Humedad:

4.1 La temperatura del cuarto debe ser mantenida entre 20° y 27.5° C (68° y 81.5 ° F). La temperatura del agua de mezcla no debe variar, en un rango de 23° C (73.4° F) ± 1.7° C (3°F).

4.2 La humedad relativa de laboratorio no debe ser menor del 50%.

5. Procedimiento de mezclado de pastas:

5.1 Colocar la espátula seca y el tazón seco en la posición de mezclado en la mezcladora. Luego introducir los materiales necesarios en el tazón y mezclar de la siguiente manera:

5.1.1 Colocar toda el agua de mezcla en el tazón.

5.1.2 Agregar el cemento al agua y permitir 30 seg. para que se absorba el agua.

5.1.3 Iniciar la mezcladora y mezclar a velocidad baja (140 ± 5 r/min.) por 30 seg.

5.1.4 Parar la mezcladora por 15 seg. y mientras dure este tiempo, raspar la pasta del fondo y los lados del tazón.

5.1.5 Iniciar la mezcladora a velocidad media (285 ± 10 r/min.) y mezclar por 60 seg. Luego se procede con la prueba del tiempo de fraguado.

II) MÉTODO ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE CONSISTENCIA NORMAL DE CEMENTOS HIDRÁULICOS

Corresponde a la norma C-187⁽³⁾.

1. Alcance:

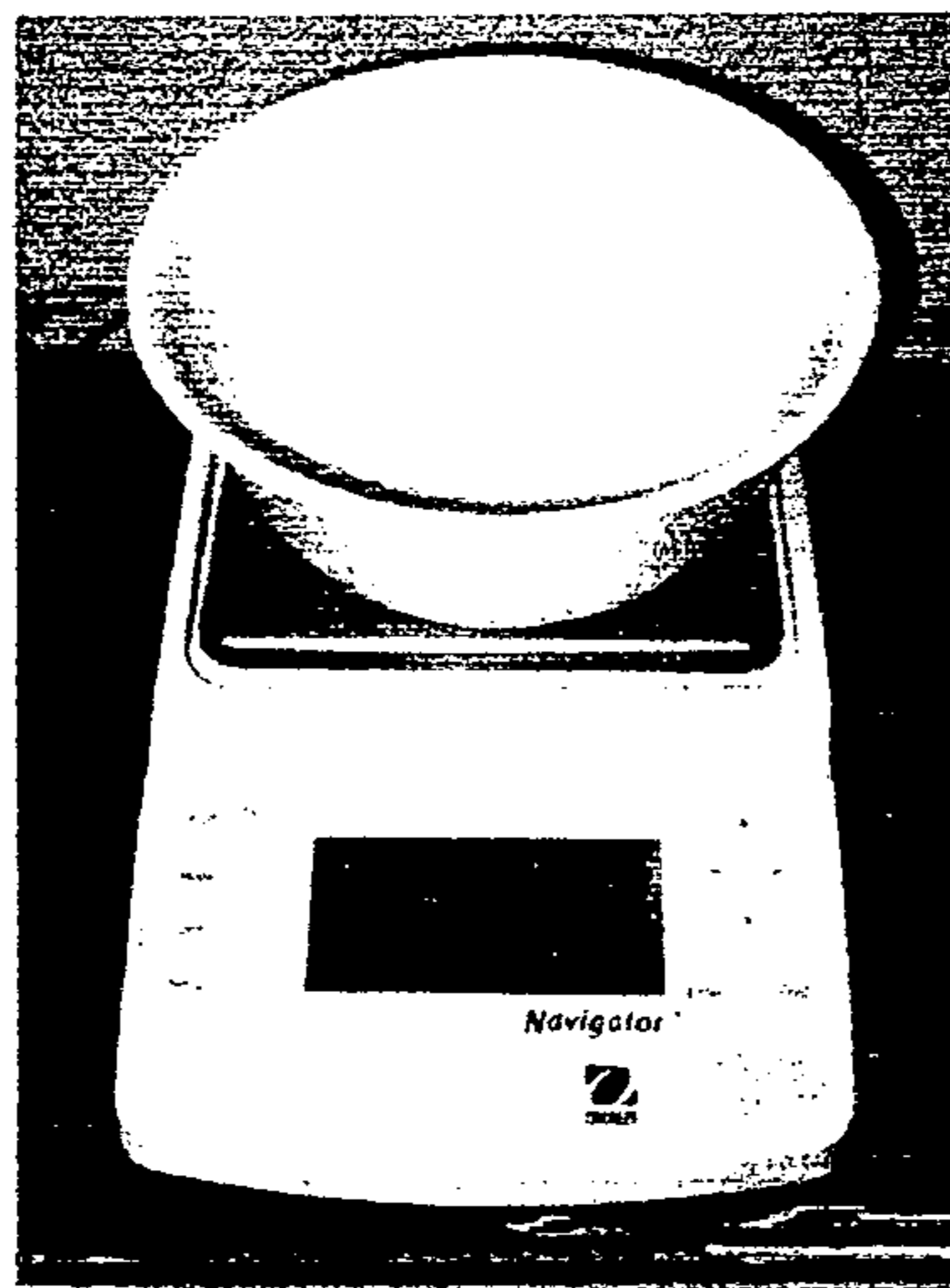
Este método cubre la determinación de la consistencia normal de cemento hidráulico.

2. Significado y Uso:

Este método de prueba está diseñado para determinar la cantidad de agua requerida para preparar pasta de cemento hidráulico para pruebas.

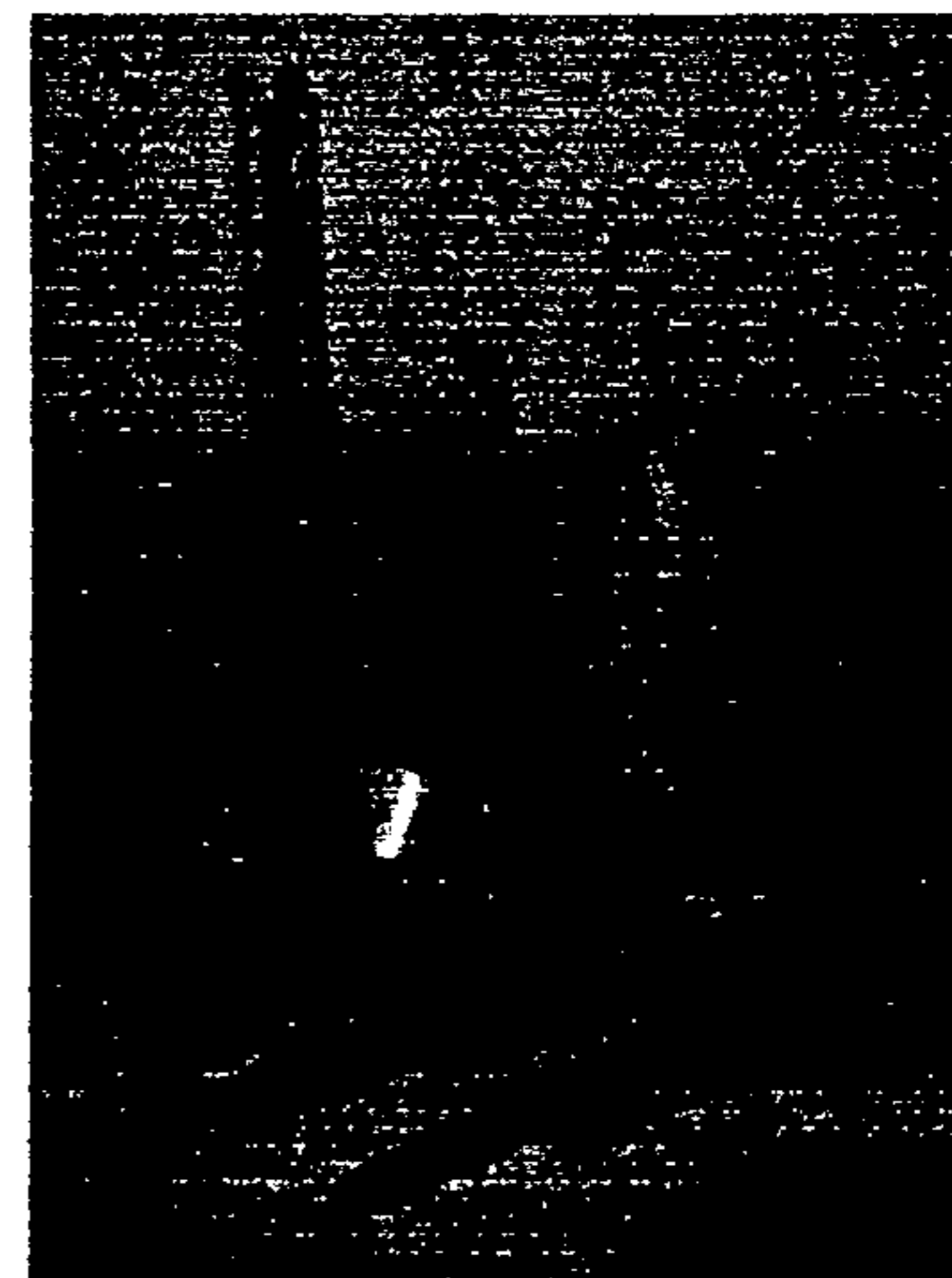
3. Aparatos:

3.1 Pesas y Balanzas



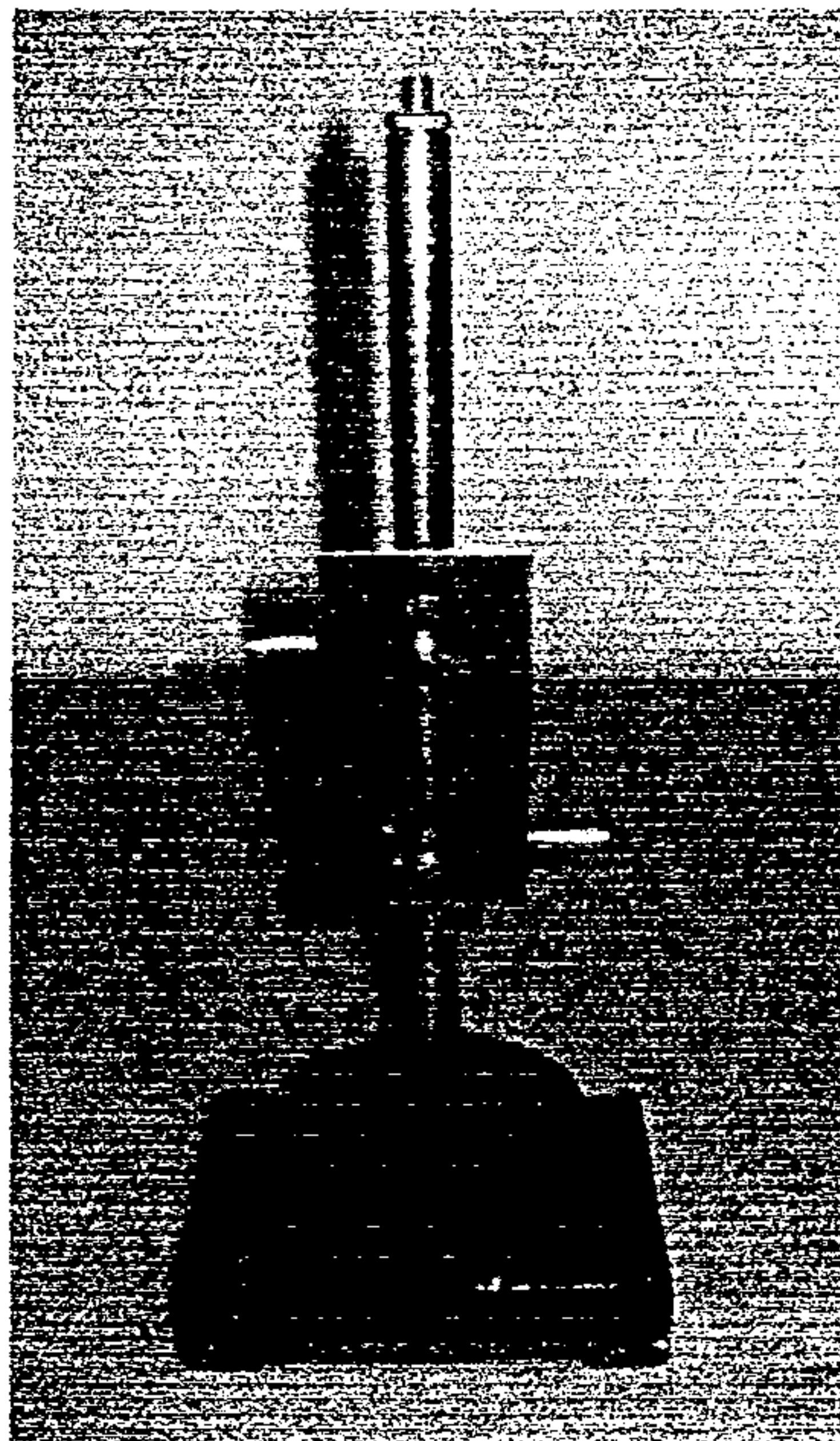
3.2 Medidores de agua

Con capacidad de 200 a 250 ml., graduados en ml.



3.3 Aparato de Vicat

Este aparato consiste en una base que sostiene una barra móvil que pesa 300 gr., en un extremo contiene un émbolo de 10 mm. de diámetro y una distancia de al menos 50 mm., y en el otro extremo tiene una aguja removible, de 1 mm. de diámetro y 50 mm. de longitud. La barra es reversible y puede ser sostenida en cualquier posición deseada por medio de un tornillo ajustador y tiene un indicador ajustable que se mueve bajo una escala (graduada en milímetros) que se encuentra sujeta a la base. La pasta es colocada en un anillo cónico rígido, colocado sobre una base cuadrada, plana, no absorbible, de aproximadamente 100 mm. de cada lado. La barra debe ser de acero inoxidable, debe ser recta con el extremo del émbolo, el cual es perpendicular al eje de la barra. El anillo debe ser hecho de material no absorbente y no corroible, y debe tener un diámetro interno de 70 mm. en la base y 60 mm. en el vértice, y una altura de 40 mm.



4. Temperatura y Humedad:

4.1 La temperatura del aire en la proximidad de la tabla de mezclado, del cemento seco, moldes y las bases debe mantenerse entre 20° y 27.5° C (68° y 81.5° F). La temperatura del agua de mezclado no debe variar, 23° C (73.4° F) $\pm 1.7^{\circ}$ C ($\pm 3^{\circ}$ F).

4.2 La humedad relativa del laboratorio no debe ser menor del 50%.

5. Procedimiento:

5.1 Preparación de la pasta de cemento.

Mezclar 650 gr. de cemento con la cantidad de agua determinada siguiendo el proceso del método C-305.

5.2 Moldeado de la pasta.

Se toma con las manos la pasta formada y se moldea hasta obtener una masa esférica que pueda ser insertada con facilidad en el anillo de Vicat. Se presiona la bola dentro del extremo ancho del anillo, sin compresionarla. Se remueve el exceso y se coloca el anillo con el extremo ancho sobre el plato del aparato de Vicat.

5.3 Determinación de la consistencia.

Centrar el anillo donde se encuentra la pasta, sobre el plato, bajo la barra móvil del aparato usando el extremo donde se encuentra el émbolo, el cual debe ser colocado en contacto con la superficie de la pasta, y apretar el tornillo ajustador. Luego ajustar el indicador móvil a la marca arriba de cero de la escala, o tomar una lectura inicial, y soltar la barra inmediatamente. Esto no debe exceder los 30 seg. después de realizada la mezcla. El aparato debe estar libre de vibraciones durante la prueba. La pasta tendrá una consistencia normal, cuando la barra quede en un punto de 10 ± 1 mm. debajo de la superficie original en 30 seg. después de haber sido soltado. Hacer pastas de prueba con porcentajes variados de agua hasta obtener la consistencia normal. Cada prueba se realiza con cemento fresco.

6. Cálculo:

Calcular la cantidad de agua requerida para la consistencia normal cercana al 0.1% y reportarla hasta el 0.5% del peso del cemento seco, recordando que la cantidad necesaria de agua para hidratar el polvo del cemento es de 24 a 32%, según lo descrito para cemento Portland^(3, 7).

III) MÉTODO ESTÁNDAR PARA PRUEBA DEL TIEMPO DE FRAGADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LA AGUJA VICAT

Corresponde a la norma C-191 ⁽³⁾.

1. Alcance:

Este método cubre la determinación del tiempo de fragado del cemento hidráulico mediante la aguja de Vicat.

2. Aparatos:

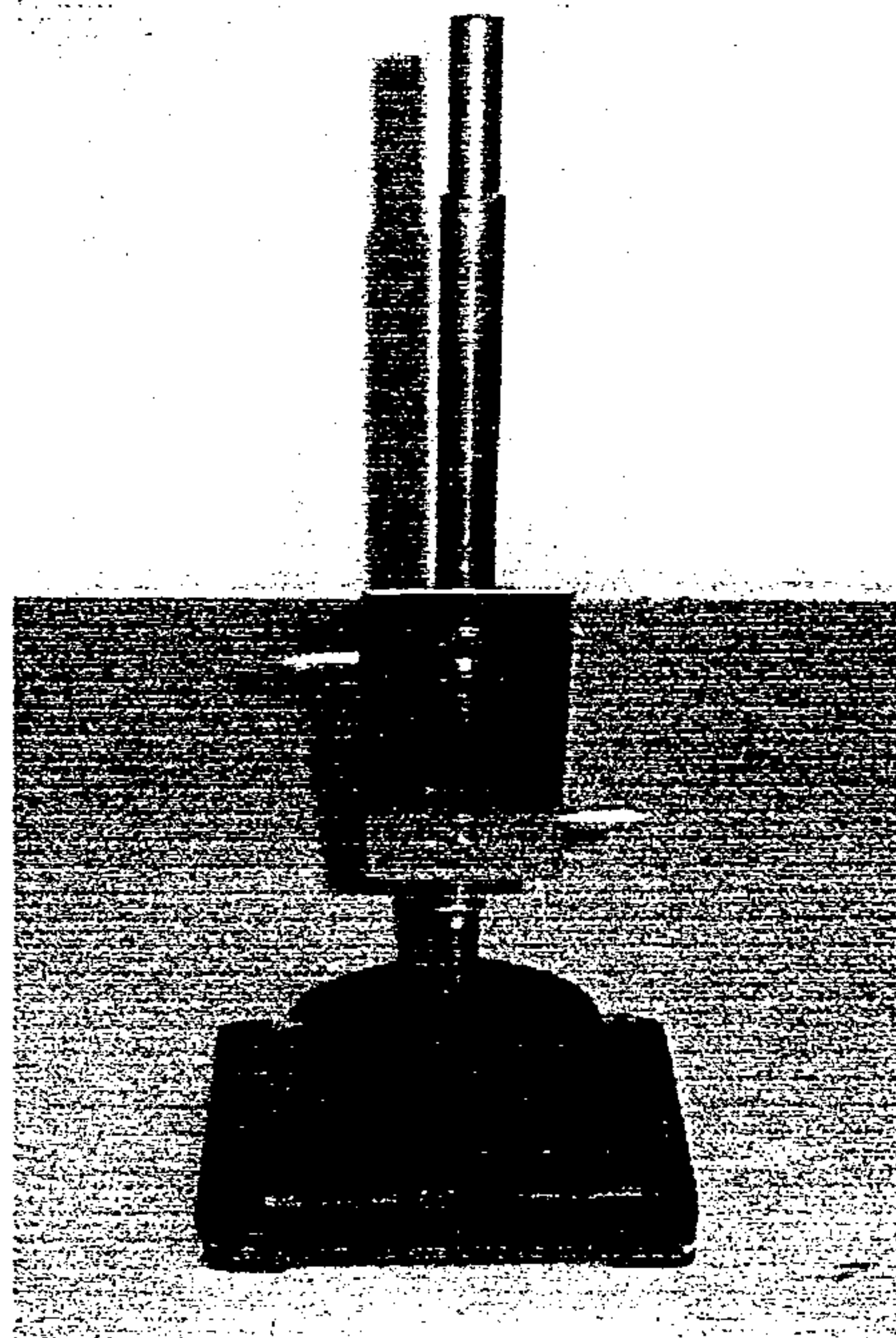
2.1 Pesas y Balanzas

2.2 Medidores de agua

Con capacidad de 200 o 250 ml., graduados en ml.

2.3 Aparato de Vicat.

Usando el extremo de la aguja removible, de 1 mm. de diámetro y 50 mm. de longitud.



3. Temperatura y Humedad:

Debe ser igual a la referida para el procedimiento de la consistencia normal de la pasta.

4. Preparación de la pasta de cemento:

Debe ser preparada de acuerdo a la norma C-305 con la cantidad de agua determinada mediante la norma C-187.

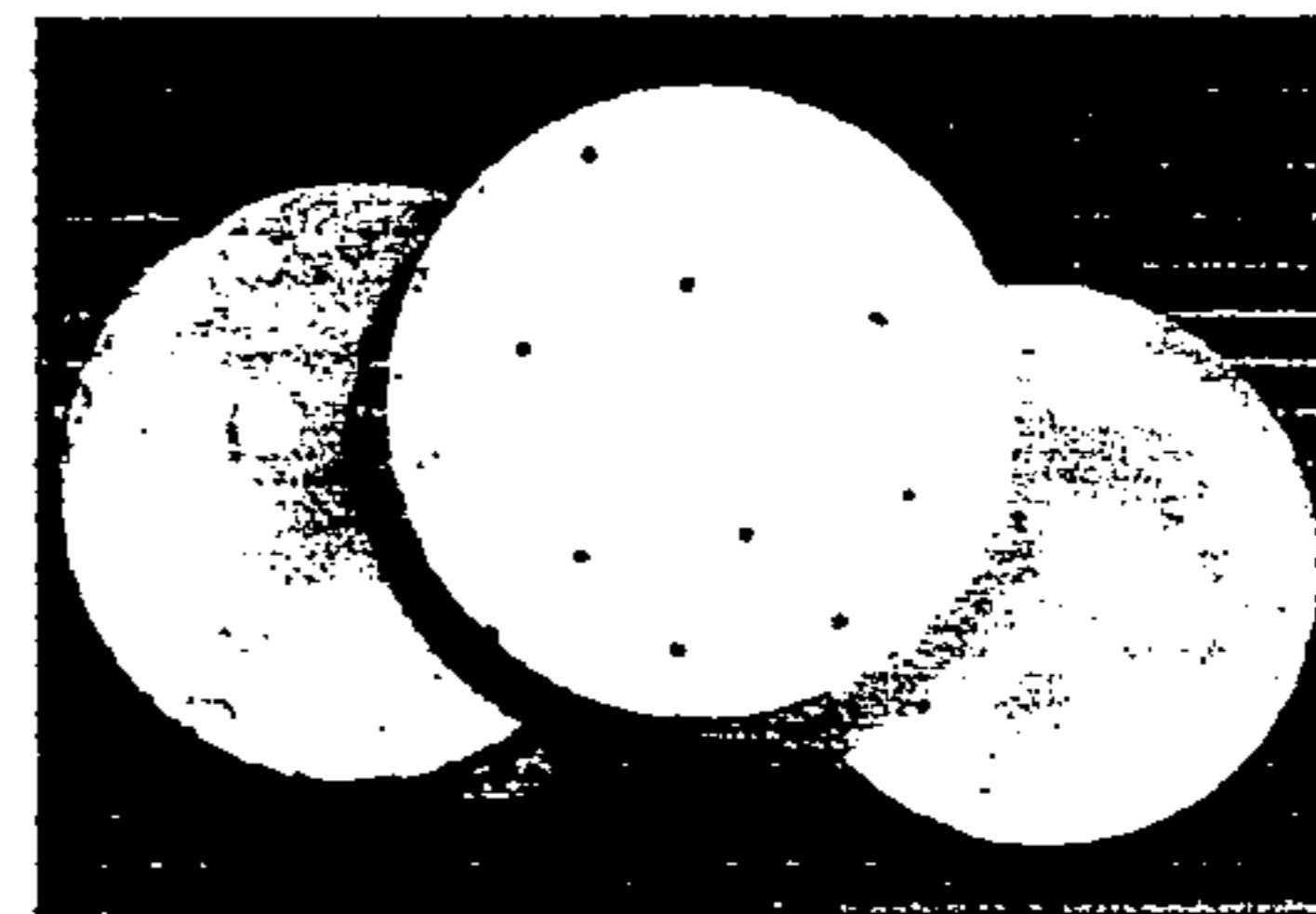
5. Procedimiento:

5.1 Moldeado de los especímenes de prueba.

Con la pasta obtenida en el procedimiento 4, rápidamente se moldea una bola con las manos, usando guantes. Presionar la bola, que se encuentra en la palma de una mano, contra el extremo ancho del anillo cónico del aparato de Vicat, llenar completamente el anillo con la pasta. Remover el exceso. Colocar el espécimen en la cámara o cuarto de humidificación y mantenerlos allí hasta que se realicen las pruebas de tiempo de fraguado.

5.2 Determinación del tiempo de fraguado.

Los especímenes deben permanecer en la cámara o cuarto de curado por 30 min. después de ser moldeados. Determinar la penetración de la aguja de 1 mm. después de este tiempo y durante cada 15 min. después, hasta que la penetración de 25 mm. o menos sea obtenida. Este es el tiempo de fraguado inicial. El tiempo de fraguado final es obtenido cuando la aguja no se puede sumergir visiblemente en la pasta. Registrar los resultados de todas las pruebas de penetración.



5.3 Precauciones.

Todos los aparatos deben estar libres de vibración durante la prueba de penetración. Cuidar de que la aguja de 1 mm. se encuentre recta, y limpia, ya que la colección de cemento en los bordes de la aguja retarda la penetración, mientras que el cemento en la punta puede incrementar la penetración. El tiempo de fraguado es afectado no sólo por los porcentajes y temperatura del agua usada y la cantidad de amasado de la pasta, sino también por la temperatura y humedad del ambiente, y su determinación será solo un aproximado.

IV) MÉTODO ESTÁNDAR PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (Usando cubos de 2 pulgadas ó 50 mm.)

Corresponde a la norma C-109 ⁽³⁾.

1. Alcance:

- 1.1 Este método cubre la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, usando cubos de 2 plg. o 50 mm.

2. Resumen del método de prueba:

Los morteros usados consisten de 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena proporcionadas por peso. El cemento Portland es mezclado con la cantidad específica de agua. El contenido de agua para otros cementos es suficiente para obtener una fluidez de 110 ± 5 en 25 en la tabla de fluidez. Los cubos son curados un día en los moldes, luego desmoldados e inmersos en agua hasta el momento de ser evaluados.

3. Significado y Uso:

Este método de prueba provee determinaciones de resistencia a la compresión de cementos hidráulicos y otros morteros, y los resultados pueden ser usados para determinar el cumplimiento de las especificaciones.

4. Aparatos:

- 4.1 Pesas

- 4.2 Medidores de agua

De capacidad conveniente (de preferencia lo suficientemente largo para medir la cantidad de agua de mezclado en una simple operación), graduados en ml.

- 4.3 Moldes de los especímenes.

Los cubos de 2 plg. o 50 mm. deben poder ser cerrados juntos. Los moldes no deben tener más de 3 compartimentos y poder ser separados en no más de 2 partes. Las partes de los moldes cuando son ensambladas deben quedar sujetas. Los moldes deben ser hechos de metal

duro. Los lados de los moldes deben ser suficientemente rígidos para prevenir escurrimiento o deformación. Las caras internas de los moldes deben ser planas con una variación permisible de 0.001 plg. (0.025 mm.) para moldes nuevos y 0.002 plg. (0.05 mm.) para moldes en uso. La distancia entre las caras opuestas debe ser de 2 ± 0.005 plg. o 50 ± 0.13 mm. para moldes nuevos, y 2 ± 0.02 plg. o 50 ± 0.50 mm. para moldes en uso. La altura de los moldes, medida por separado en cada compartimiento, debe ser de 2 plg. o 50 mm. con variación permisible de +0.01 plg. (0.25 mm.) y - 0.005 plg. (0.13 mm.) para nuevos moldes, y +0.01 plg. y -0.015 plg. (0.38 mm.) para moldes en uso. El ángulo entre las caras internas adyacentes y entre las caras internas y los bordes tanto superior como inferior del molde deben ser de $90^\circ \pm 0.5^\circ$ medidas en puntos ligeramente removidos de la intersección de las caras.

4.4 Mezcladora, Tazón y Espátula

4.5 Tabla de Fluidez y Moldes

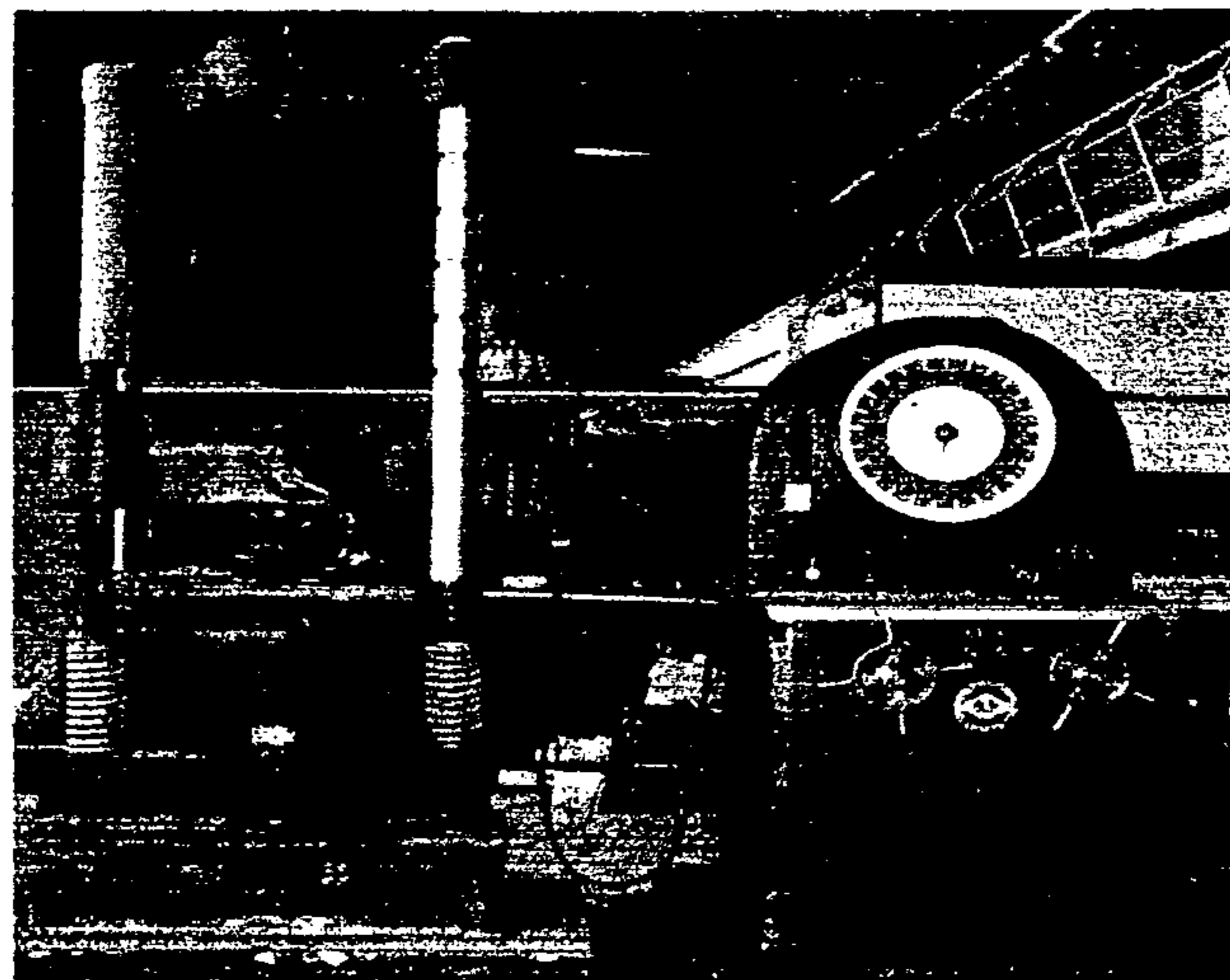
4.6 Compactador

4.7 Paleta

Debe tener una hoja de acero de 4 a 6 plg. (100 a 150 mm.) de largo, con bordes rectos.

4.8 Máquina de pruebas

Debe ser siguiendo sus propias especificaciones y poder aplicar una carga constante que pueda ser medida.



5. Materiales:

5.1 Arena estándar clasificada.

La arena usada para realizar los especímenes de prueba debe ser sílica natural de acuerdo a los requerimientos de su especificación.

6. Temperatura y Humedad:

6.1 Temperatura.

La temperatura del ambiente en la proximidad de la tabla de mezclado, los materiales secos, moldes, bases, y tazón del mezclador, debe mantenerse entre 68° y 81.5° F (20° y 27.5°C). La temperatura del agua de mezclado, cuarto de curado o cuarto de humidificación, y agua en el tanque de reserva debe estar a 73.4°F (23°C) y no debe variar de esta temperatura por más de $\pm 3^\circ\text{F}$ (1.7°C).

6.2 Humedad.

La humedad relativa del laboratorio no debe ser menor que el 50%. El cuarto de curado o cuarto de humidificación debe estar construido para proveer un fácil almacenamiento de los especímenes de prueba a una humedad relativa de no menor del 95%.

7. Especímenes de Prueba:

Deben ser hechos tres o más especímenes para cada período de prueba específico.

8. Preparación de los Moldes para los especímenes:

8.1 Aplicar una pequeña capa de agente separador en las caras internas de los moldes y sobre las bases. Limpiar las caras del molde y la base con un trapo, si fuera necesario, para remover cualquier exceso del agente separador y para lograr una capa delgada en las superficies internas. Cuando se usa un lubricante en aerosol, esparcir el agente separador directamente en las caras del molde y base desde una distancia de 6 a 8 plg. (150 a 200 mm.) para lograr una cobertura completa. Después de esparcido, limpiar la superficie con un trapo si fuera necesario para remover cualquier exceso del lubricante en aerosol.

8.2 Sellar las superficies de las mitades donde los moldes se unen, aplicando una delgada capa de vaselina.

8.3 Después de colocar los moldes en sus bases, remover cuidadosamente con un trapo seco cualquier exceso de vaselina de la superficie del molde y la base sobre las cuales será aplicado un sellante para agua. Licuidificar el sellante usando calor entre 230° y 248°F (110° y 120°C). Aplicar en las líneas exteriores de contacto entre el molde y su base.

9. Procedimiento:

9.1 Composición del mortero.

9.1.1 Las proporciones de los materiales para mortero estándar debe ser: una parte de cemento por 2.75 partes de arena estándar clasificada, proporcionados por peso.

9.1.2 La cantidad de materiales a ser mezclados de una vez para realizar 6 a 9 morteros son las siguientes:

	<i>Número de especímenes</i>	
	6	9
Cemento, gr.	500	740
Arena, gr.	1375	2035
Agua, ml.		
Portland	242	359
Portland con inclusión de aire	230	340

9.2 Preparación del Mortero.

Mezclar mecánicamente de acuerdo al método C-305.

9.3 Determinación de Fluidez.

Mantener la mesa limpia y seca, se debe ser especialmente cuidadoso en remover cualquier agua en los alrededores. Inmediatamente, soltar la tabla desde una altura de 1/2 plg. (13 mm.) 25 veces en 15 seg. La fluidez es el incremento resultante en el diámetro promedio de la base de la masa de mortero, medida sobre al menos 4 diámetros en intervalos equidistantes, expresados como porcentajes del diámetro original de la base. Hacer pruebas

variando la cantidad de agua de la mezcla de mortero hasta obtener la fluidez específica. Cada prueba se realizará con mezcla de mortero fresca.

9.4 Moldeado de los especímenes de Prueba.

9.4.1 Para Cementos Portland y Portland con entrada de aire, permitir al mortero estar en el tazón de mezcla 90 seg. sin ser cubierto. Durante los últimos 15 seg. de este intervalo, rápidamente remover la mezcla de mortero que se halla quedado en los lados del tazón. Luego mezclar por 15 seg. a velocidad media. Una vez completada la mezcla, la espátula mezcladora debe ser sacudida para remover los excesos de mortero dentro del tazón.

9.4.2 Inmediatamente después de haber realizado la prueba de fluidez, regresar el mortero de la tabla de fluidez al tazón de mezclado. Rápidamente raspar los bordes del tazón y luego mezclar la masa entera 15 seg. a velocidad media. La espátula debe ser sacudida nuevamente para remover los excesos de mortero dentro del tazón.

9.4.3 Cuando se realizan duplicados inmediatamente para realizar especímenes adicionales, se omite el proceso de prueba de fluidez.

9.4.4 Se comienza a moldear los especímenes al transcurrir un tiempo no mayor de 2 min. y 30 seg. después de terminada la mezcla original del mortero. Colocar una capa de mortero de 1 plg. (25 mm.) (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos. Compactar el mortero en cada cubo (4.8) 32 veces en 10 seg. en 4 tiempos, en cada tiempo se realiza presión en ángulo recto contra el otro golpe, y cada tiempo consiste en 8 golpes continuos sobre la superficie del espécimen. La presión de cada golpe debe ser lo suficiente para garantizar el llenado uniforme de los moldes. Los 4 tiempos de golpes (32 golpes) del mortero deben ser completados en un cubo antes de pasar al siguiente. Cuando el golpeado de la primera capa en todos los cubos está completo, se llenan los compartimentos con el mortero restante y luego golpear como se especificó en la primera capa. La superficie debe quedar uniformemente lisa en todos los cubos, por lo que se eliminan los excesos resultantes de la presión con las manos usando guantes y aplanando la superficie con la ayuda de una paleta.

9.5 Almacenamiento de los especímenes.

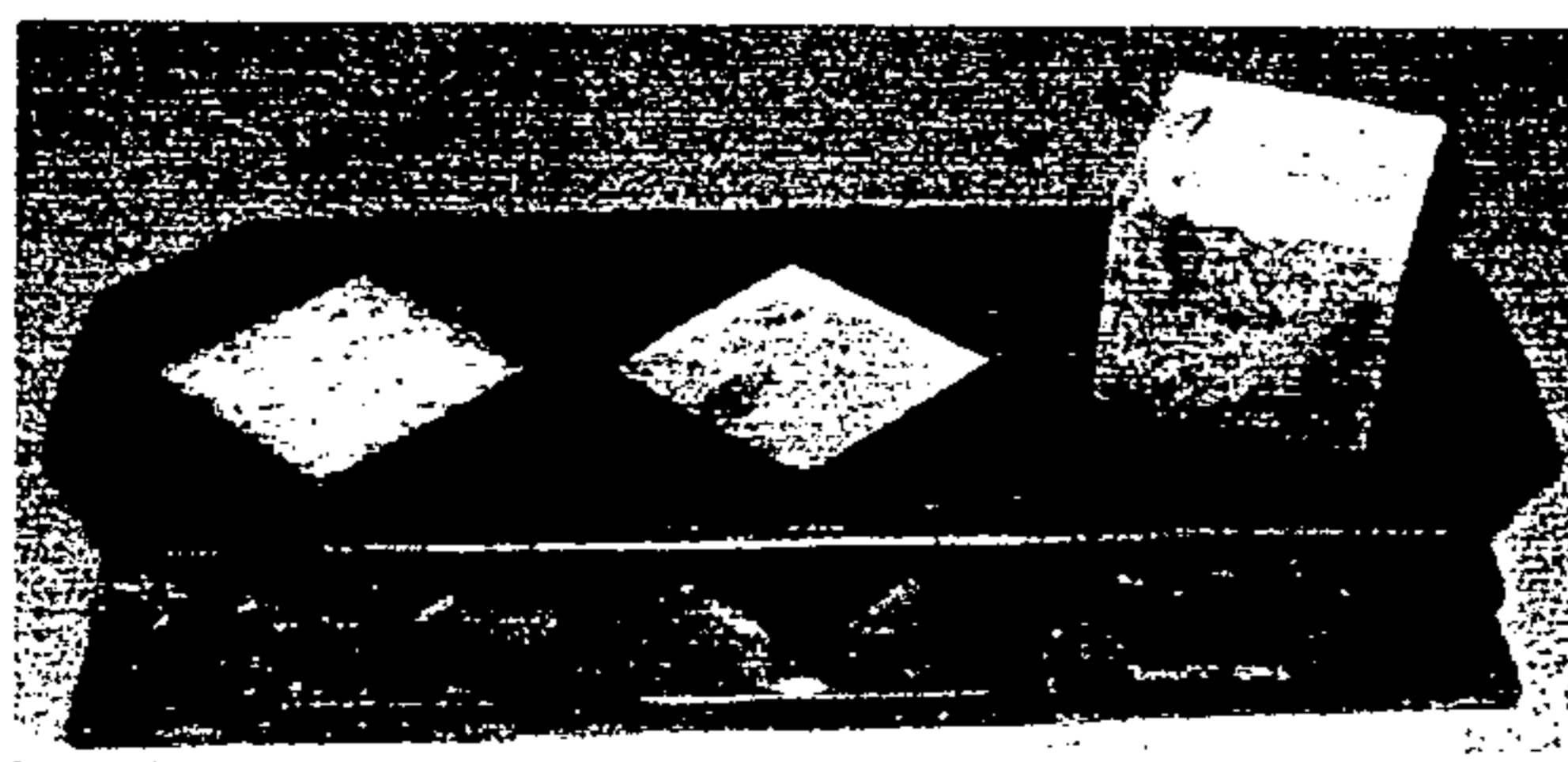
Concluida la parte de moldeado, se colocan en la cámara de curado o cuarto de humidificación. Mantener todos los especímenes de prueba, inmediatamente después de moldeado, en los moldes sobre sus bases en la cámara de curado o cuarto de humidificación por 20 a 24 hrs. con sus superficies superiores expuestas al aire húmedo pero protegidas del agua que pueda gotear. Si los especímenes son removidos antes de las 24 hrs., mantenerlos en los anaqueles del cuarto de curado o cámara de humidificación hasta que hayan completado las 24 hrs., y luego sumergir los especímenes en un tanque de agua, excepto los que servirán para evaluar a las 24 hrs. Mantener el agua de almacenaje limpia.

9.6 Determinación de la Resistencia a la Compresión.

9.6.1 Probar los especímenes inmediatamente después de ser removidos del cuarto de curado en el caso de los especímenes de 24 hrs., y del agua del almacenaje en el caso de los otros especímenes. Si más de un espécimen es removido al mismo tiempo de la cámara de curado para realizar la prueba de 24 hrs., mantener el mismo cubierto con un trapo húmedo hasta el tiempo de prueba. Si más de un espécimen es removido al mismo tiempo del agua de almacenaje para probarlo, mantener éste en agua a temperatura de $73.4^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{F}$ ($23^{\circ} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$) y a profundidad suficiente para mantenerlo inmerso hasta el tiempo de prueba.

9.6.2 Limpiar cada espécimen hasta dejarle una superficie seca, libre de granos de arena sueltos o incrustados de las caras que estarán en contacto con los bloques de presión de la máquina de prueba. Si hay una curvatura apreciable, lijar la superficie o superficies para dejar la misma plana o descartar el espécimen. Se debe hacer una revisión periódica del corte seccional del espécimen.

9.6.3 Aplicar la carga a las caras de los especímenes que estuvieron en contacto con las superficies planas del molde.



OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar los cambios de las propiedades fisico-mecánicas como lo son consistencia normal de la pasta, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y pH de la pasta del cemento Portland Tipo I (5,000 psi) modificado con un aditivo acelerante para uso en Odontología.

ESPECÍFICOS

- Establecer las propiedades fisico-mecánicas estándar, como lo son consistencia normal de la pasta, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y pH de la pasta de cemento Portland Tipo I sin aditivos para uso en Odontología.
- Determinar los cambios en la consistencia normal de la pasta de cemento Portland Tipo I modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en proporciones 1:2, 1:4 y 1:8 para uso en Odontología.
- Establecer el tiempo de fraguado del cemento Portland Tipo I modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en proporciones 1:2, 1:4 y 1:8 para uso en Odontología.
- Determinar los cambios en la resistencia a la compresión del cemento Portland Tipo I modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en proporciones 1:2, 1:4 y 1:8 para uso en Odontología.
- Establecer los cambios en el pH del cemento Portland Tipo I modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en proporciones 1:2, 1:4 y 1:8 para uso en Odontología.

VARIABLES

Variable Independiente

Cemento Portland Tipo 1 (5,000 psi) modificado con un aditivo acelerante en concentraciones de 1:2, 1:4 y 1:8.

Descripción:

Cemento utilizado comúnmente en la construcción, se ha utilizado como alternativa del MTA, por presentar los mismos componentes; modificado con un aditivo acelerante a base de ácido silícico, llamado Sika-2, diluido en agua destilada en concentraciones de 1:2, 1:4 y 1:8.

Variables Dependientes

1. *Consistencia normal de la pasta.*

Descripción:

Prueba diseñada para determinar la cantidad de agua requerida para preparar pasta de cemento hidráulico para pruebas. Se determina mediante el Aparato de Vicat. La pasta tendrá una consistencia normal, cuando la barra del aparato quede en un punto de 10 ± 1 mm. debajo de la superficie original. Se realizan pruebas con porcentajes variados de agua hasta obtener la consistencia normal de la pasta utilizando el aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentraciones de 1:2, 1:4 y 1:8.

2. *Tiempo de fraguado.*

Descripción:

Prueba diseñada para determinar el tiempo de fraguado. Se realiza mediante el método de la Aguja de Vicat. El tiempo de fraguado final se obtiene cuando la aguja no penetra la pasta. Se establecerá el tiempo de fraguado del cemento utilizando diferentes concentraciones del aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentraciones de 1:2, 1:4 y 1:8.

3. *Resistencia a la compresión.*

Descripción:

Prueba que provee determinaciones de resistencia a la compresión de cementos hidráulicos. Se realiza mediante la aplicación de cargas constantes a bloques previamente elaborados de cemento Portland modificado con un aditivo acelerante de fraguado diluido en agua destilada, en concentraciones de 1:2, 1:4 y 1:8; los cuales deben permanecer en una incubadora para simular las condiciones de la cavidad bucal.

4. *pH de la pasta.*

Descripción:

Valor de pH que presente la pasta luego de ser mezclada. Se realizará mediante el uso de un Potenciómetro. En las diferentes pastas de cemento preparadas, utilizando el aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentraciones de 1:2, 1:4 y 1:8.

Indicadores

- Indicador de la variable Consistencia normal de la pasta: De 10 ± 1 mm. según la barra movable del Aparato de Vicat.
- Indicador de la variable Tiempo de fraguado: Número de minutos transcurridos desde la mezcla del cemento hasta que no se observe penetración de la aguja de Vicat.
- Indicador de la variable Resistencia a la compresión: Número de cargas constantes aplicadas a un bloque de cemento, hasta que este cede y se rompe.
- Indicador de la variable pH de la pasta: Valor de pH determinado mediante el uso de un potenciómetro que presenta la pasta de cemento modificado con el acelerante en diferentes concentraciones, al momento de ser realizada la mezcla.

MATERIALES Y MÉTODOS

CEMENTO SA-1 Y SA-2:

Los cementos denominados SA-1 y SA-2, se refieren al cemento Portland tipo I Sin Aditivos de ninguna clase. El SA-1 es el cemento Portland evaluado en las condiciones indicadas en la norma estándar y el SA-2 es el cemento Portland evaluado bajo condiciones similares a las encontradas en la cavidad bucal.

CEMENTO A:

El cemento denominado A se refiere a la mezcla de cemento Portland tipo I mezclado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

CEMENTO B:

El cemento denominado B se refiere a la mezcla de cemento Portland tipo I mezclado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

CEMENTO C:

El cemento denominado C se refiere a la mezcla de cemento Portland tipo I mezclado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

FASE PRE-EXPERIMENTAL

Debido a que el experimento se realizó en un laboratorio totalmente diferente a los utilizados en Odontología, fue necesaria una fase pre-experimental, en donde se realizaron variantes de las normas estándar para evaluación del cemento Portland en el campo de la Ingeniería Civil, y poder adaptarlas al campo Odontológico.

Las modificaciones realizadas a las normas incluyen, la reducción del tiempo de mezcla en un 50%, esto debido a que el aditivo acelerante permite un tiempo de fraguado ultra-rápido ⁽¹⁰⁾, que no permitía la mezcla del cemento Portland de acuerdo a lo estipulado en la norma estándar. Esta adición del aditivo acelerante al líquido de mezcla del cemento, varió la cantidad de agua requerida para la consistencia normal de la pasta, utilizando cantidades mayores de agua, comparadas a las utilizadas con un cemento sin aditivo acelerante, especialmente en la concentración 1:2. Las evaluaciones de resistencia a la compresión variaron en cuanto a que según lo establecido en la norma, se debe aplicar cierta cantidad de arena graduada estándar, para la evaluación de una mezcla conocida en Ingeniería Civil como mortero, en este caso se eliminó el uso de la arena, ya que es simplemente pasta de cemento Portland, la que es utilizada en Endodoncia para poder sellar las perforaciones radiculares.

PROCEDIMIENTO

Para la realización de las pruebas se obtuvo una muestra de Cemento Portland de reciente elaboración, para ello se solicitó la colaboración de una empresa que elabora el cemento Portland Tipo I (5,000 psi), los sacos no presentaban ningún tipo de perforación, eran de consistencia suave a la palpación y el cemento presentaba la apariencia de harina, sin grumos ni terrones duros ⁽⁷⁾.

El almacenaje del cemento se realizó de acuerdo con lo establecido por el fabricante, en un lugar seco, sobre una base de madera, alejado de las paredes. Para lograr estas condiciones el cemento se colocó en bolsas plásticas, dentro de costales y fueron almacenados en un mueble de madera alejado de las ventanas, en la Sección de Aglomerantes del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), mientras se realizaron las pruebas.

El aditivo acelerante, Sika-2, se obtuvo en Sika de Guatemala. Se realizaron las diluciones en agua destilada, utilizando para ello recipientes milimetrados. Se elaboraron las diferentes concentraciones de líquido de mezcla, 1:2, 1:4 y 1:8 (relación acelerante – agua) y se almacenaron en recipientes plásticos debidamente etiquetados, en la sección de Aglomerantes y Morteros del CII.

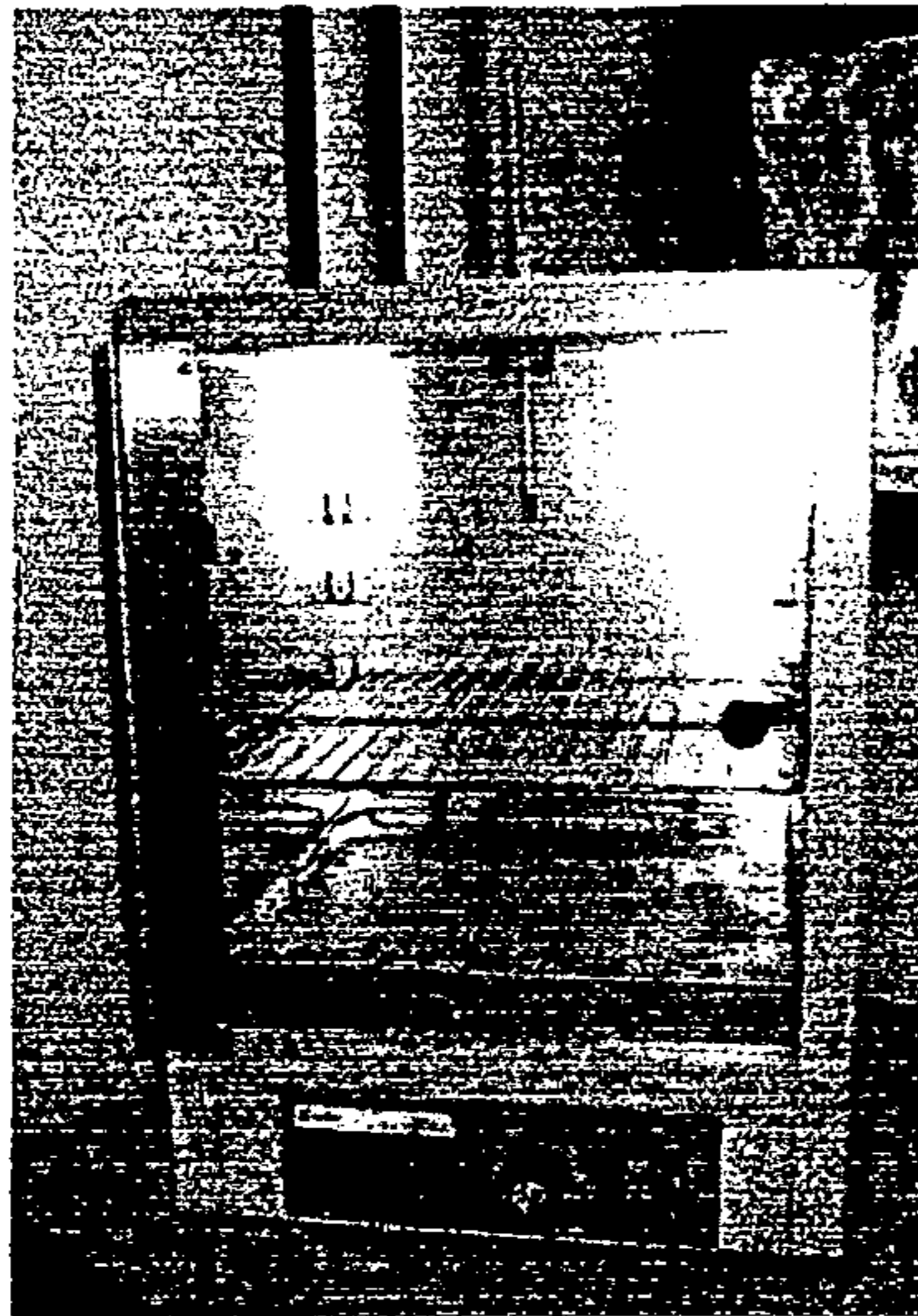
CEMENTO PORTLAND TIPO I SIN ADITIVO ACELERANTE

Se establecieron como base las propiedades fisico-mecánicas que presenta el cemento Portland sin aditivo acelerante, para tener una base de la cual partir. Se utilizaron 650 gr. de cemento Portland Tipo I y 173 ml. de agua destilada, de acuerdo a lo establecido en las normas estándares de la ASTM.

Se realizó en dos etapas, la primera siguiendo las normas correspondientes a mezcla, consistencia normal de la pasta, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión. Las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron con la variante de no agregar arena graduada como una mezcla de mortero, siendo pasta de cemento Portland Tipo I.

La segunda etapa se realizó con la pasta de cemento Portland Tipo I sin aditivo, pero en condiciones similares a las encontradas en la cavidad bucal, es decir, en un ambiente totalmente

húmedo y a una temperatura de 37°C, manteniendo la pasta de cemento para la evaluación del tiempo de fraguado y los especímenes para resistencia a la compresión, en la incubadora a 37°C.



Las pruebas de resistencia a la compresión fueron realizadas a las 2 y 4 horas en el cemento sin aditivo en condiciones estándares y en la pasta de cemento sin aditivo en condiciones similares a la cavidad bucal.

En ambas etapas se realizaron pruebas de pH para obtener los valores después de realizado el proceso de mezcla, mediante el uso de Potenciómetro.

CEMENTO PORTLAND TIPO I CON ADITIVO ACELERANTE

Se establecieron los cambios en las propiedades físico-mecánicas del cemento Portland Tipo I modificado con tres concentraciones de aditivo acelerante diluido en agua destilada, denominando como Cemento A a la pasta en la que se utilizó el líquido de mezcla en concentración 1:2, Cemento B con la concentración 1:4 y Cemento C con 1:8.

MEZCLA DE LA PASTA DE CEMENTO

Mediante el método C-305 con algunas variantes que se describen a continuación ⁽³⁾, se realizaron varias pruebas para establecer la forma en la que se debía mezclar el cemento para obtener una mezcla homogénea y posteriormente una lectura de consistencia normal. Utilizando las 3 diluciones del aditivo acelerante y 650 gr. de cemento Portland, de la siguiente manera:

1. Se colocó el líquido de mezcla en el tazón, calculada a partir de la cantidad requerida para un cemento Portland sin aditivo, que es aproximadamente la cuarta parte del peso del cemento, tomando en cuenta que el aditivo acelerante hace que la cantidad de agua que necesita para hidratarse sea mínima, se necesitará más líquido de mezcla para poder ser manipulada con mayor facilidad, un rango de agua entre 160 y 250 ml. ⁽³⁾. Para el Cemento A se utilizaron 216 ml., para el Cemento B 180 a 185 ml., y para el Cemento C 175 ml.
2. Se agregó el cemento (650 gr.) al líquido de mezcla y se dejó por 15 seg. para que se absorbiera, siendo este el tiempo de Hidratación.
3. Se inició la mezcladora y se mezcló a velocidad baja (140 ± 5 r/min.) por 30 seg.
4. Se detuvo la mezcladora por 15 seg. y mientras duró este tiempo, se raspó la pasta del fondo y los lados del tazón con una espátula.
5. Se inició nuevamente la mezcladora y se mezcló a velocidad media (285 ± 10 r/min.) por 45 seg.

CONSISTENCIA NORMAL DE LA PASTA

Siguiendo lo establecido en el método C-187 ⁽³⁾. Se realizaron varias pastas de prueba con los tres diferentes tipos de Cemento, hasta que se obtuvo la consistencia normal.

1. Preparación de la pasta de cemento.

Se mezcló 650 gr. de cemento con la cantidad de líquido de mezcla determinado siguiendo el método C-305.

2. Moldeado de la pasta.

A la pasta se le moldeó de acuerdo a lo establecido en la norma.

3. Determinación de la consistencia.

Utilizando el aparato de Vicat, se centró el anillo donde se encuentra la pasta bajo la barra movable, usando el extremo donde se encuentra el émbolo, el cual se colocó en contacto con la superficie de la pasta, y se apretó el tornillo ajustador. Luego se ajustó el indicador móvil de la escala en cero y se tomó lectura. Esto se realizó en los 30 seg. después de haber realizado la mezcla. La pasta presentó una consistencia normal cuando la lectura fue de 10 ± 1 mm. debajo de la superficie original.

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO

Se realizó mediante la aguja de Vicat o método C-191, con algunas variantes ⁽³⁾. De la siguiente manera:

1. Preparación de la pasta de cemento.

Se procedió a mezclar el cemento siguiendo el procedimiento descrito por el método C-305. Se evaluaron los especímenes usados para la determinación de la consistencia normal, para establecer el tiempo de fraguado.

2. Moldeado de los especímenes de prueba.

Siguiendo el método estándar. Se realizaron 10 muestras de cada tipo de Cemento para obtener un tiempo de fraguado promedio en minutos.

Luego de concluida la fase de moldeado, se colocaron en la incubadora con un recipiente que contenía agua para que el ambiente se mantuviera húmedo y a 37°C , tratando de simular las condiciones encontradas en la cavidad bucal, hasta el momento de la realización de las pruebas.

3. Determinación del tiempo de fraguado.

Aquí se realizaron unas variantes al método estándar, ya que el aditivo acelerante permitió establecer tiempo de fraguado más corto. Las evaluaciones por lo tanto se realizaron a partir de 10 minutos después de haber sido moldeado y colocados en la incubadora sin ser removido, cada dos minutos, hasta que no se observó penetración de la aguja. Con esto se obtuvo el

tiempo final de fraguado. Debido a que se reduce el fraguado, el tiempo inicial no se evaluó. Para la prueba del tiempo de fraguado, se bajó la aguja de la barra hasta que se encontró sobre la superficie de la pasta de cemento. Se apretó el tornillo ajustador y el indicador en el borde más alto de la escala o sea en 0. Se soltó la barra rápidamente, mediante la liberación del tornillo ajustador y se permitió que la aguja bajara por 30 seg. Luego se tomó la lectura del tiempo de fraguado final cuando la aguja de Vicat no penetró la pasta de cemento.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Esta prueba se realizó con la variante de elaborar pasta de cemento y no mortero, o sea que no se le agregó la arena graduada como a un mortero, siguiendo el método C-109⁽³⁾. De la siguiente manera:

1. Mezcla de la Pasta.

Mediante lo establecido por el método de mezclado C-305 y de consistencia de la pasta C-187.

2. Especímenes de prueba.

Se realizaron tres especímenes para cada periodo de prueba específico, con cada uno de los tipos de cementos evaluados, siendo 9 bloques de Cemento A, 9 de Cemento B y 9 de Cemento C.

3. Preparación de los Moldes para los especímenes.

Se aplicó aceite en el interior de los moldes. Después se colocaron los moldes en sus bases.

4. Moldeado de los especímenes de Prueba.

Se realizó de acuerdo a lo establecido en la norma para los moldes de 2 plg.

5. Almacenamiento de los especímenes.

Concluida la fase de moldeado, se colocaron en una incubadora con un recipiente que contenía agua para que el ambiente se mantuviera húmedo y a 37°C, tratando de simular las condiciones encontradas en la cavidad bucal, hasta el momento de realizar las pruebas.

6. Determinación de la Resistencia a la Compresión.

Los ensayos se realizaron en cortos períodos de tiempo, es decir a la hora, dos horas y cuatro horas después de ser vaciados los moldes. El Cemento A (concentración 1:2) fue el único que pudo ser evaluado en el período correspondiente a una hora, ya que los otros tipos de cemento no presentaban fraguado aún; obteniéndose un valor promedio de 23.89 Kg./cm². El Cemento B (concentración 1:4) y el Cemento C (concentración 1:8), no pudieron ser evaluados en este período de tiempo. En la segunda evaluación, correspondiente a dos horas, el Cemento A presentó un promedio de 30.03 Kg./cm², el Cemento B y C no pudieron ser evaluados aún. En el tercer período de evaluación, a cuatro horas, el Cemento A mostró un promedio de 79.75 Kg./cm², el Cemento B, 69.74 Kg./cm², el Cemento C, 38.42 Kg./cm². Los especímenes fueron ensayados inmediatamente después de ser removidos de la incubadora a 37°C.

Se aplicó la carga, a las caras de los especímenes que estuvieron en contacto con las superficies planas del molde, fue aplicada a una velocidad constante, hasta que el espécimen falló. Se utilizó la Máquina Universal de Ensayos, marca Baldwin en la escala de 12,000 Kg. que permite una sensibilidad de 10 Kg.

pH DE LA PASTA

Se estableció mediante el uso del potenciómetro marca Hanna Instruments, serie pH 213. El registro fue tomado después de concluir la mezcla de la pasta de los diferentes tipos de cemento. Se tomaron tres muestras de cada cemento para determinar un promedio. Obteniéndose un valor de pH para el Cemento A de 12.40, para el Cemento B, 12.53 y para el Cemento C, 12.70.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las diferentes evaluaciones realizadas a las pastas de cemento Portland, revelan que el aditivo acelerante en concentración de 1:2 permitió un tiempo de fraguado de 21 minutos. Las otras concentraciones evaluadas, aceleraron el proceso de fraguado de la pasta de cemento, pero las concentraciones 1:4 y 1:8 no variaron significativamente en cuanto a tiempo de fraguado comparados con una pasta de cemento sin ningún aditivo.

Se puede observar que las condiciones encontradas en la cavidad bucal, como lo son humedad y temperatura de 37 ° C, permiten un tiempo de fraguado diferente al tiempo que presenta la misma pasta de cemento evaluada bajo condiciones estándares. Las evaluaciones a las diferentes pastas de cemento Portland se realizaron en este caso modificadas, para su aplicación Odontológica, siendo las condiciones similares a las encontradas en la cavidad bucal, para ello se utilizó una incubadora para almacenar los especímenes para las evaluaciones respectivas.

CEMENTO PORTLAND SIN ADITIVO

Se establecieron las propiedades fisico-mecánicas que presenta el cemento Portland sin aditivo acelerante, como muestra control. Se realizaron siguiendo las normas estándar de la ASTM correspondientes a mezcla, consistencia normal de la pasta y resistencia a la compresión. Las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron con la variante de no agregar arena graduada como una mezcla de mortero, siendo pasta de cemento Portland Tipo I, también se realizaron las pruebas con pasta de cemento Portland Tipo I sin aditivo, pero en condiciones similares a las encontradas en la cavidad bucal, manteniendo la pasta de cemento para la evaluación del tiempo de fraguado y los especímenes para resistencia a la compresión, en la incubadora a 37°C.

Se realizaron pruebas de pH para obtener los valores después de realizado el proceso de mezcla.

CEMENTO PORTLAND CON ADITIVO ACELERANTE

Se establecieron las propiedades fisico-mecánicas correspondientes a consistencia normal de la pasta, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y pH que presentó la pasta de cemento Portland tipo I con diferentes concentraciones de acelerante diluido en agua destilada, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro No. 1

EVALUACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND SIN ADITIVO REALIZADA EN EL
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

Condiciones estándar según lo establecido en la norma C-191 (Cemento SA-1)		Condiciones similares a las encontradas en cavidad bucal (Cemento SA-2)	
Prueba realizada	Resultado	Prueba realizada	Resultado
Consistencia Normal	173 ml.	Consistencia Normal	173 ml.
Tiempo de Fraguado	120 minutos	Tiempo de Fraguado	76 minutos
pH	12.66	pH	12.66
Resistencia a la Compresión (kg./cm²)			
Tiempo de Ensayo	Resultado	Tiempo de Ensayo	Resultado
1 Hora	0	1 Hora	0
2 Horas	8.13	2 Horas	112.36
4 Horas	60.70	4 Horas	233.76

Cemento SA-1: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones estándar.

Cemento SA-2: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones similares a las encontradas en cavidad bucal.

El cuadro No. 1 muestra los valores encontrados al realizar la evaluación de las propiedades físico-mecánicas del cemento Portland sin ningún aditivo acelerante, evaluado bajo dos condiciones, siendo la primera en condiciones estándar y la segunda bajo condiciones similares a las encontradas en la cavidad bucal.

Cuadro No. 2

EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DE LA PASTA DE CEMENTO A (Acelerante en concentración 1:2) UTILIZANDO 650 gr. DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5	PRUEBA 6
LÍQUIDO DE MEZCLA (ml.)	200	210	205	205	216	216
TIEMPO DE MEZCLA (seg.)	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 45 s <i>V2</i>	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 45 s <i>V2</i>	10 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 30 s <i>V2</i>	10 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 30 s <i>V2</i>	15s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 45 s <i>V2</i>	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 45 s <i>V2</i>
LECTURA OBTENIDA (mm.)	7	4	8	No Evaluable. Poca hidratación.	8	10

H.: Tiempo de hidratación.

VI.: Velocidad baja de la mezcladora axial.

R.: Tiempo de reposo.

V2.: Velocidad media de la mezcladora axial.

El cuadro No. 2 muestra las pruebas de consistencia normal de la pasta de Cemento A (Cemento Portland modificado con aditivo acelerante en concentración de 1:2), en algunas de las cuales se realizaron variantes en el proceso de mezcla, en cuanto a la velocidad empleada o el tiempo de hidratación que se aplicó a la pasta del cemento. También se puede observar que la prueba No.6 fue la que presentó la lectura de consistencia normal.

Cuadro No. 3

EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DE LA PASTA DE CEMENTO B (Acelerante en concentración 1:4) UTILIZANDO 650 gr. DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5	PRUEBA 6	PRUEBA 7
LÍQUIDO DE MEZCLA (ml.)	185	185	185	185	180	183	183
TIEMPO DE MEZCLA (seg.)	15 s H.+30 s	0 s H.+30 s VI+15 s R.+	15 s H.+30 s	15 s H.+30 s VI+15 s R.+	15 s H.+30 s s VI+15 s	15 s H.+30 s VI+15 s R.+	15 s H.+30 s s VI+15 s
	VI+15 s R.+ 45 s V2	60 s V2	VI+15 s R.+ 45 s V2	45 s V2	R.+ 45 s V2	45 s V2	R.+ 45 s V2
LECTURA OBTENIDA (mm.)	11	No evaluable. Poca Hidratación	11.5	15	9	11	13

H.: Tiempo de hidratación.

VI.: Velocidad baja de la mezcladora axial.

R.: Tiempo de reposo.

V2.: Velocidad media de la mezcladora axial.

El cuadro No. 3 muestra las pruebas de consistencia normal de la pasta de Cemento B (Cemento Portland modificado con aditivo acelerante en concentración de 1:4), en algunas de las cuales se realizaron variantes en el proceso de mezcla, en cuanto a la velocidad empleada o el tiempo de hidratación que se aplicó a la pasta del cemento. Presentando las pruebas No. 1, 5 y 6 una lectura de consistencia normal.

Cuadro No. 4

EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DE LA PASTA DE CEMENTO C (Acelerante en concentración 1:8) UTILIZANDO 650 gr. DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
LÍQUIDO DE MEZCLA (ml.)	170	185	175	175	175
TIEMPO DE MEZCLA (seg.)	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 60 s <i>V2</i>	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 45 s <i>V2</i>	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 30 s <i>V2</i>	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 45 s <i>V2</i>	15 s <i>H.</i> +30 s <i>VI</i> +15 s <i>R.</i> + 45 s <i>V2</i>
LECTURA OBTENIDA (mm.)	7.5	4	11	8	9.5

H.: Tiempo de hidratación.

VI.: Velocidad baja de la mezcladora axial.

R.: Tiempo de reposo.

V2.: Velocidad media de la mezcladora axial.

El cuadro No. 4 muestra las pruebas de consistencia normal de la pasta de Cemento C (Cemento Portland modificado con aditivo acelerante en concentración de 1:8), en algunas de las cuales se realizaron variantes en cuanto a la velocidad empleada para mezclar la pasta de cemento. Las pruebas No. 3 y 5 presentaron una lectura de consistencia normal.

Cuadro No. 5

EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE LA PASTA DE CEMENTO PORTLAND
TIPO I MODIFICADO CON ADITIVO ACELERANTE EN DIFERENTES
CONCENTRACIONES, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE
INGENIERÍA. USAC, 2004.

Tiempos de Fraguado Vicat (minutos)			
No. de Prueba	Cemento A	Cemento B	Cemento C
1	20	75	81
2	20	75	80
3	21	75	80
4	22	75	81
5	22	76	81
6	21	75	81
7	22	74	80
8	21	75	81
9	22	75	81
10	21	75	81
Promedio	21.2	75	80.7

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

El cuadro No. 5 presenta los valores de los tiempos de fraguado dados en minutos y su promedio, en los tres tipos de cemento. Observándose que el tiempo de fraguado más reducido fue presentado en las muestras realizadas con el líquido de mezcla en concentración de acelerante 1:2 (Cemento A).

Cuadro No. 6

EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE LA PASTA DE CEMENTO PORTLAND TIPO I CON Y SIN ADITIVO ACELERANTE REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

TIEMPOS DE FRAGUADO

	PROMEDIO EN MINUTOS
CEMENTO A	21.2
CEMENTO B	75
CEMENTO C	80.7
CEMENTO SA-1	120
CEMENTO SA-2	76

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

Cemento SA-1: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones estándar.

Cemento SA-2: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones similares a las encontradas en cavidad bucal.

El cuadro No. 6 presenta los valores promedio de los tiempos de fraguado de los tres tipos de cemento evaluados y los tiempos de fraguado del cemento sin aditivo acelerante. El mayor tiempo de fraguado fue presentado por la pasta de cemento SA-1 y el menor tiempo por el cemento A.

Cuadro No. 7

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I MODIFICADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

Evaluación a 1 hora (kg./cm²)

	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Media
CEMENTO A	23.25	23.25	25.18	23.89
CEMENTO B	0	0	0	0
CEMENTO C	0	0	0	0

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

El cuadro No. 7 presenta los valores de resistencia a la compresión en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg./cm²) presentados por los bloques de cemento evaluados 1 hora después de ser realizada la mezcla, observando que los Cementos B y C no pudieron ser evaluados en ese tiempo debido a que no había fraguado la pasta.

Cuadro No. 8

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I CON Y SIN ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

Evaluación a 1 hora (Kg./cm²)

	MEDIA
CEMENTO A	23.89
CEMENTO B	0
CEMENTO C	0
CEMENTO SA-1	0
CEMENTO SA-2	0

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

Cemento SA-1: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones estándar.

Cemento SA-2: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones similares a las encontradas en cavidad bucal.

El cuadro No. 8 presenta los valores de resistencia a la compresión en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg./cm²) presentados por los bloques de cemento evaluados 1 hora después de ser realizada la mezcla, observando que los Cementos B, C, SA-1 y SA-2 no pudieron ser evaluados en ese tiempo debido a que no había fraguado la pasta.

Cuadro No. 9

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I MODIFICADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

Evaluación a 2 horas (Kg./cm²)

	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Media
CEMENTO A	30.03	37.78	22.28	30.03
CEMENTO B	0	0	0	0
CEMENTO C	0	0	0	0

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

El cuadro No. 9 representa los valores de resistencia a la compresión en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg./cm²) presentados por los bloques de cemento evaluados 2 horas después de ser realizada la mezcla, observando que los Cementos B y C no pudieron ser evaluados en ese tiempo debido a que no había fraguado la pasta.

Cuadro No. 10

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I CON Y SIN ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

Evaluación a 2 horas (Kg./cm²)

	MEDIA
CEMENTO A	30.03
CEMENTO B	0
CEMENTO C	0
CEMENTO SA-1	8.13
CEMENTO SA-2	113.36

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

Cemento SA-1: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones estándar.

Cemento SA-2: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones similares a las encontradas en cavidad bucal.

El cuadro No. 10 presenta los valores de resistencia a la compresión en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg./cm²) presentados por los bloques de cemento evaluados 2 horas después de ser realizada la mezcla, observando que los Cementos B y C no pudieron ser evaluados en ese tiempo debido a que no había fraguado la pasta. El tipo de cemento con mayor resistencia a la compresión en este periodo de tiempo fue el SA-2.

Cuadro No. 11

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I MODIFICADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

Evaluación a 4 horas (Kg./cm²)

	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Media
CEMENTO A	78.46	81.36	79.43	79.75
CEMENTO B	69.74	71.68	67.80	69.74
CEMENTO C	22.28	23.25	69.74	38.42

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

El cuadro No. 11 presenta los valores de resistencia a la compresión en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg./cm²) presentados por los bloques de cemento evaluados 4 horas después de ser realizada la mezcla. El tipo de cemento con mayor resistencia a la compresión en este caso fue el A.

Cuadro No. 12

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I CON Y SIN ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

Evaluación a 4 horas (Kg./cm²)

	MEDIA
CEMENTO A	79.75
CEMENTO B	69.74
CEMENTO C	38.42
CEMENTO SA-1	60.70
CEMENTO SA-2	233.76

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

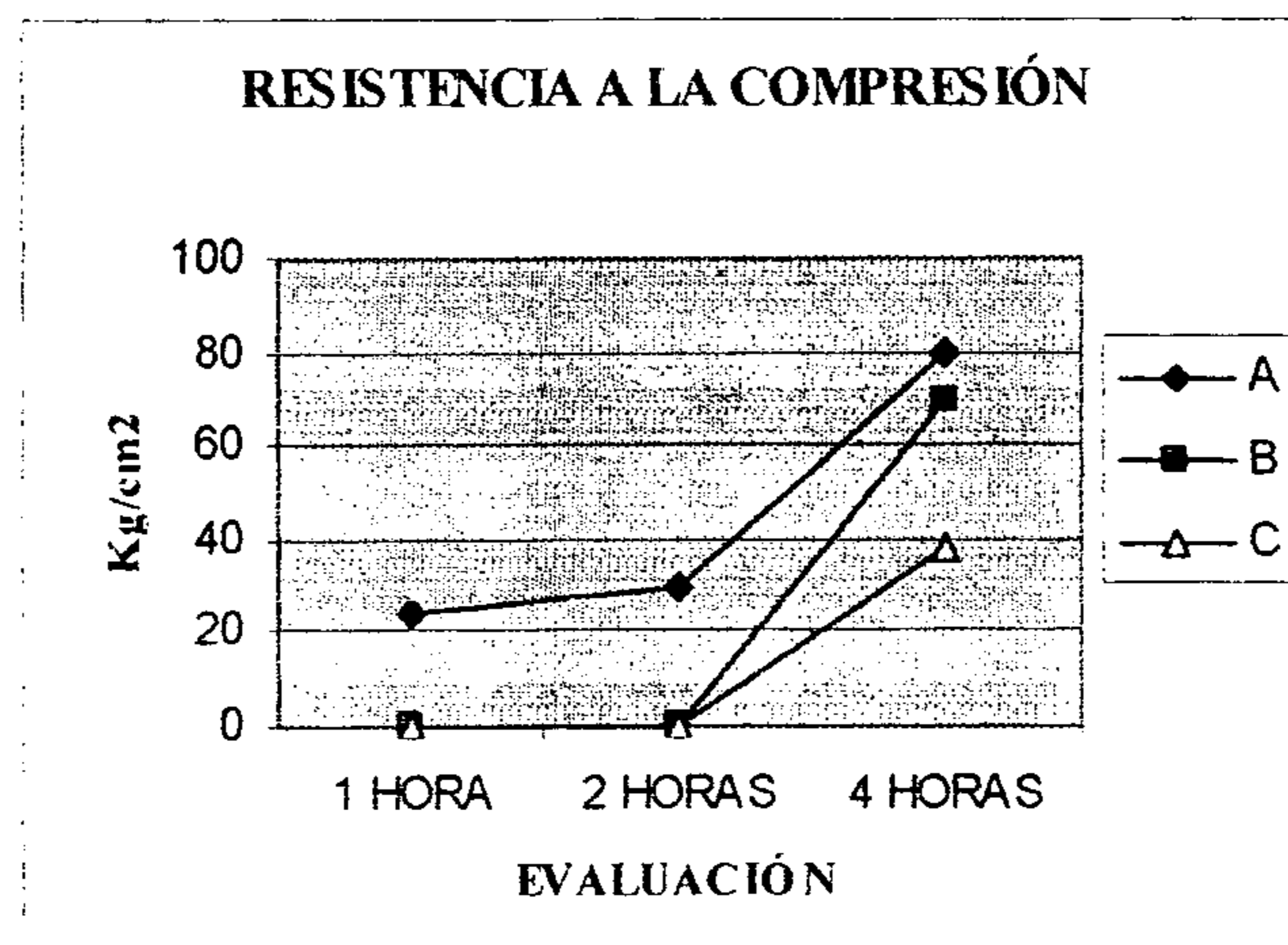
Cemento SA-1: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones estándar.

Cemento SA-2: Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones similares a las encontradas en cavidad bucal.

El cuadro No. 12 presenta los valores de resistencia a la compresión en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg./cm²) presentados por los bloques de cemento evaluados 4 horas después de ser realizada la mezcla. El tipo de cemento con mayor resistencia a la compresión en este periodo de tiempo fue el SA-2.

Gráfica No. 1

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I MODIFICADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.



Fuente: Datos tomados de los cuadros 7, 9, 11.

La gráfica No. 1 presenta una comparación de los tres tipos de cementos evaluados en 1, 2 y 4 horas. Los tres tipos de cemento presentan un incremento directamente proporcional al período de evaluación en cuanto a su resistencia a la compresión, pero la muestra de cemento A, fue la que presentó un incremento mayor en un período temprano con respecto a las otras dos muestras.

Cuadro No. 13

EVALUACIÓN DEL VALOR DE pH DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I MODIFICADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

pH de la pasta				
	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Media
CEMENTO A	12.40	12.40	12.40	12.40
CEMENTO B	12.53	12.53	12.53	12.53
CEMENTO C	12.70	12.70	12.70	12.70

Cemento A: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.

Cemento B: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.

Cemento C: Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.

El cuadro No. 13 muestra los valores de pH evaluados en los especímenes al momento de concluir con la mezcla de la pasta. Se puede observar que los valores se mantienen en el rango de 12, el cual es un pH alcalino, similar al encontrado en la pasta de cemento Portland sin ningún aditivo acelerante.

Cuadro No. 14

EVALUACIÓN DEL VALOR DE pH DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I CON Y SIN ADITIVO ACELERANTE, REALIZADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. USAC, 2004.

pH de la pasta

	MEDIA
CEMENTO A	12.40
CEMENTO B	12.53
CEMENTO C	12.70
CEMENTO SA-1	12.66
CEMENTO SA-2	12.66

- Cemento A:** Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:2.
- Cemento B:** Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:4.
- Cemento C:** Cemento Portland modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada en concentración de 1:8.
- Cemento SA-1:** Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones estándar.
- Cemento SA-2:** Cemento Portland sin aditivo acelerante, en condiciones similares a las encontradas en cavidad bucal.

El cuadro No. 14 muestra los valores de pH evaluados en los diferentes tipos de cemento al momento de concluir con la mezcla. Se puede observar que el tipo de cemento que presentó el menor valor fue el cemento A, el mayor fue el cemento C. Los cementos SA-1 y SA-2 presentaron el mismo valor de pH.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se establecieron los cambios que presentó el cemento Portland tipo I modificado con aditivo acelerante diluido en agua destilada, en tres concentraciones diferentes, 1:2, 1:4 y 1:8, para poder aplicarlo en el campo de la odontología.

Teniendo en cuenta las características que presenta el cemento Portland sin ningún aditivo, se pudieron establecer que los cambios son significativos en cuanto a las propiedades fisico-mecánicas que nos interesan para este estudio.

El aditivo acelerante permitió un tiempo de fraguado menor a pesar de estar diluido en agua. Comparando las tres concentraciones, es evidente que el que nos permitiría la restauración de la pieza dental en una misma cita, sería la dilución del acelerante en concentración de 1:2, ya que su tiempo de fraguado fue menor que el de las otras concentraciones evaluadas. Al ser evaluadas las muestras mediante la prueba de Kruskal-Wallis, se obtuvo un valor de H igual a 26.79, lo que nos indica que los tres tipos de cemento son diferentes entre sí.

Los resultados obtenidos en las evaluaciones de resistencia a la compresión, muestran que el cemento con aditivo al 1:4 y 1:8 no pudieron ser evaluados a 1 y 2 horas, ya que la pasta de cemento se presentaba en una fase muy acuosa, por lo que la pieza que se obture con esta pasta modificada con dichas concentraciones de aditivo, no podría ser obturada en la misma cita, que es lo que se pretende al disminuir el tiempo de fraguado.

De las pastas con aditivo acelerante, la que presenta un aumento en su resistencia a la compresión conforme pasa más tiempo a partir de su mezcla, es la modificada con acelerante en concentración de 1:2. El aditivo al permitir un tiempo de fraguado corto, hace que la pasta de cemento Portland, alcance mayor capacidad de resistencia a la compresión en períodos más cortos de tiempo, por lo que permitiría la restauración definitiva de la pieza en una sola cita.

Los valores de resistencia a la compresión obtenidos en una hora, mostraron una media de 23.8933 Kg./cm² para el Cemento A, con una desviación estándar de 1.1143. No se evaluaron los Cementos B y C.

Los valores de resistencia a la compresión obtenidos a dos horas, mostraron una media de 30.03 Kg./cm² para el Cemento A, con una desviación estándar de 7.75. No se evaluaron los Cementos B y C.

Los valores de resistencia a la compresión obtenidos a cuatro horas revelan una media de 79.75 Kg./cm² para el Cemento A, con una desviación estándar de 1.4762. Para el Cemento B, la media fue de 69.74 Kg./cm², con una desviación estándar de 1.94. Para el Cemento C, la media fue de 38.42 Kg./cm², teniendo como valor más representativo la mediana que fue 23.25 Kg./cm².

El valor de pH para los tres tipos de concentraciones se encuentra en el rango de 12, siendo los mismos un valor alcalino, al igual que el MTA y el Cemento Portland sin aditivo.

CONCLUSIONES

1. La concentración del aditivo acelerante que permitiría la restauración de una pieza en la misma cita es la 1:2, debido al corto tiempo de fraguado que presentó, teniendo en cuenta que una cita de trabajo es de aproximadamente una hora, los 21 minutos de fraguado serían suficientes para concluir con la restauración definitiva.
2. La consistencia de las pastas con aditivo acelerante varió de las pastas sin aditivo debido a que el tiempo de hidratación debe ser menor comparado con el tiempo de hidratación del cemento control. Esto se debe a que el acelerante inicia su acción al momento de entrar en contacto con el polvo de cemento, por lo que se debió reducir a la mitad el procedimiento de mezcla.
3. La evaluación de la resistencia a la compresión reveló que la carga que pueden soportar los diferentes tipos de pastas fue directamente proporcional al tiempo de evaluación, es decir que mientras mayor tiempo para su evaluación transcurrió, mayor resistencia a la compresión fue presentada por los bloques de cemento al recibir la carga constante de la máquina universal de ensayos. Las pastas de cemento con aditivo acelerante en concentraciones de 1:4 y 1:8 así como las pastas sin aditivo acelerante (SA-1 y SA-2) no pudieron ser evaluadas en las primeras horas debido a que no presentaban un fraguado capaz de soportar la carga aplicada a los especímenes durante las evaluaciones.
4. El pH de la pasta de cemento modificada con aditivo acelerante, no varió significativamente con respecto al cemento Portland sin aditivo, por lo que se espera que el tejido responda de igual manera, el valor de pH que presentaron los diferentes tipos de pastas se mantuvieron alcalinos, en un rango de 12.
5. Las propiedades fisico-mecánicas evaluadas en los tipos de cemento con concentraciones de 1:4 y 1:8 no variaron significativamente con respecto a la muestra de cemento sin aditivo acelerante, la variante que presentaron fue la cantidad de agua que se necesitó para obtener la lectura de consistencia normal. En cuanto a tiempo de fraguado, la diferencia con respecto a la pasta sin aditivo acelerante no fue tan significativa, como lo hizo la pasta de cemento con concentración de 1:2.

RECOMENDACIONES

1. La utilización del líquido de mezcla con aditivo acelerante en concentración de 1:2, ya que fue la que demostró un menor tiempo de fraguado, siendo este de 21 minutos. Presentando una resistencia a la compresión elevada en un período de tiempo más corto que las otras concentraciones evaluadas. El pH de la pasta se mantuvo en un rango de 12.
2. Se recomienda realizar estudios sobre la respuesta tisular histopatológica, radiológica y clínica, previo a la utilización en humanos, del líquido de mezcla en concentración 1:2, para evaluar la pasta de cemento Portland modificado con el aditivo acelerante.

LIMITACIONES

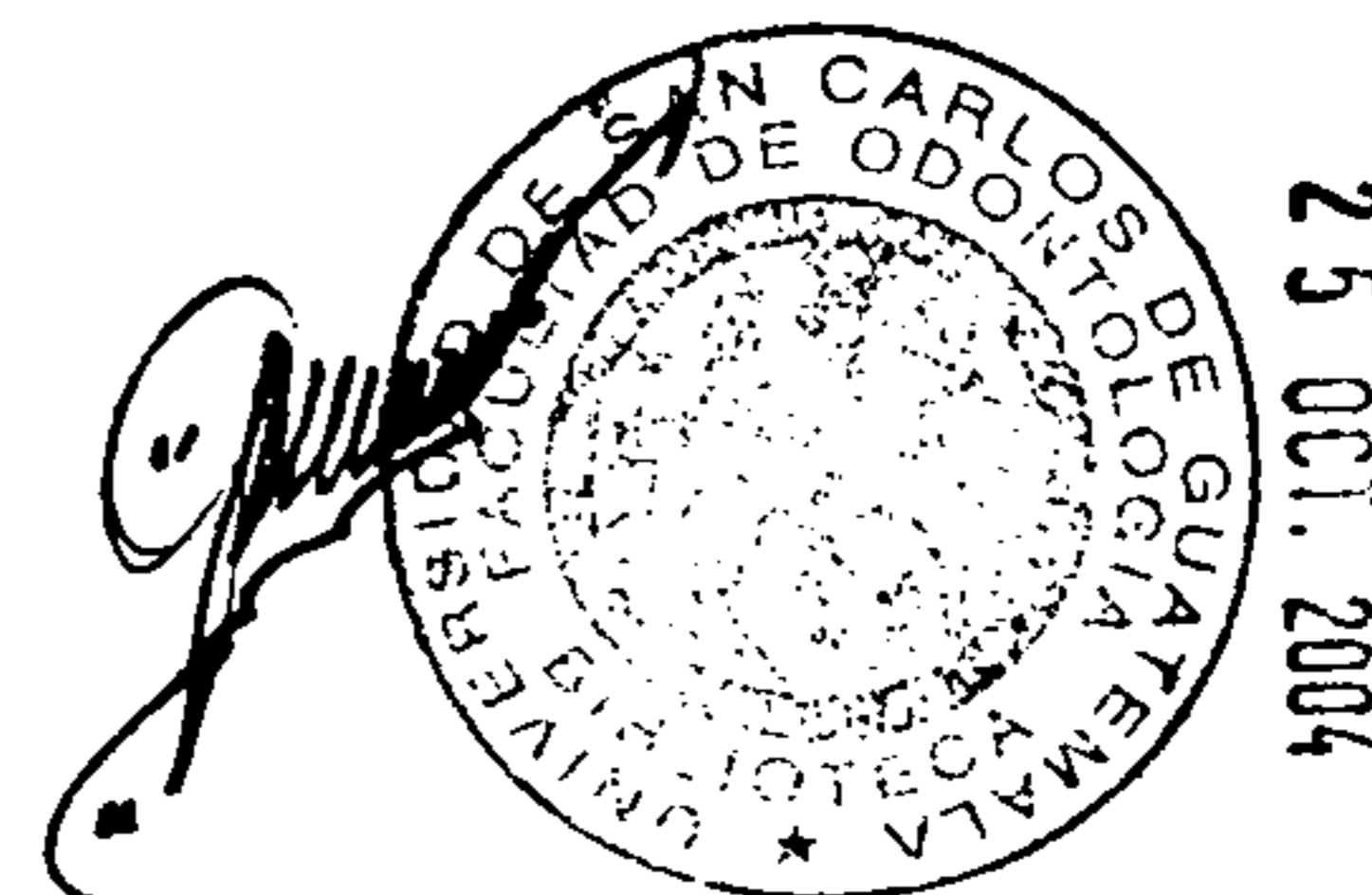
Con la mezcladora axial y el aparato de Vicat que se encuentran en la Sección de Aglomerantes y Morteros del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, no se pudo realizar una evaluación del tiempo de fraguado del cemento Portland mezclado con el aditivo acelerante en forma pura, sin diluir, ya que el tiempo de fraguado es demasiado rápido, por lo que se tomó como base el tiempo establecido en la ficha técnica de datos del aditivo acelerante Sika-2.

Se contó únicamente con un Aparato de Vicat, por lo que el tiempo de fraguado en las muestras se realizó con dos bloques en forma simultánea.

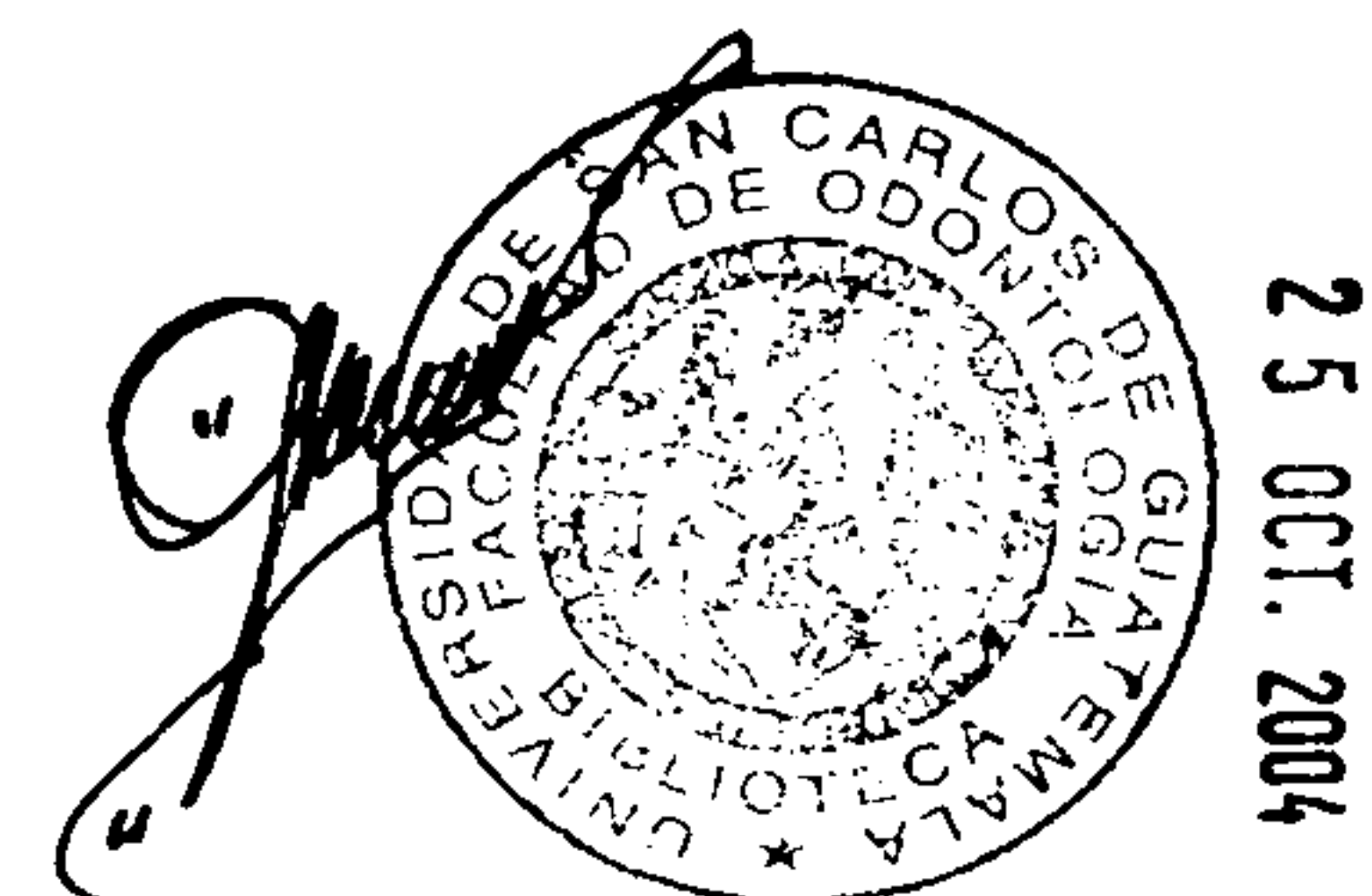
Las evaluaciones de las propiedades físico-mecánicas se basaron en las normas estándar establecidas para un cemento Portland sin ningún aditivo, pero se realizaron variantes para poder adaptarlas al campo de la Odontología.

CONSULTAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acido Silícico. -- Descripción, localización, composición, estructura química y usos. En Internet: <http://www.cenamec.org.ve/quimica/silicio/produc2.htm>. 28 de agosto del 2003.
2. Ávila, Dora. -- Estudio comparativo de los cementos: Portland, MTA e Hidróxido de Calcio con propilenglicol, evaluando respuesta inflamatoria en tejido subcutáneo en roedores. -- Tesis (Cirujano Dentista) - - Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 2002. - - 91 p.
3. Astorer, Roberta. -- Annual book of ASTM standards. Section 4 Construction. -- PA, USA, 2003. -- pp 60-64, 118-124, 148-149, 156-158, 201-203. Volumes 04.01 and 04.02.
4. Bernabé, P. F. E. -- MTA e Cimento Portland: considerações sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas. -- Odontología Arte e Conhecimento. 1 : 225-264, 2003. (Ed. Artes-Médicas Ltda., Brasil).
5. Bogue, R. H. - - The chemistry of Portland Cement. -- 2nd. Ed. - - s. e.: 430 Park Ave. New York, 1955. -- pp 3-20.
6. Cemento Progreso. -- Cemento Portland tipo I. En Internet: <http://www.cementosprogreso.com>. 20 de abril del 2003.
7. Cementos Progreso. Documento didáctico-informativo sobre materiales para la construcción. -- Hablemos en concreto, Guatemala, Editorial Cementos Progreso, 2000. -- pp 1-17, 1-17, 1-17, 1-41, 1-21. No. 1-5.
8. Czernin, Wolfgang. -- Cement chemistry and physics for civil engineers. -- 2nd. Ed. -- Wiesbaden : Georg Godwin Limited Bauverlag, 1980. -- pp 1-10.



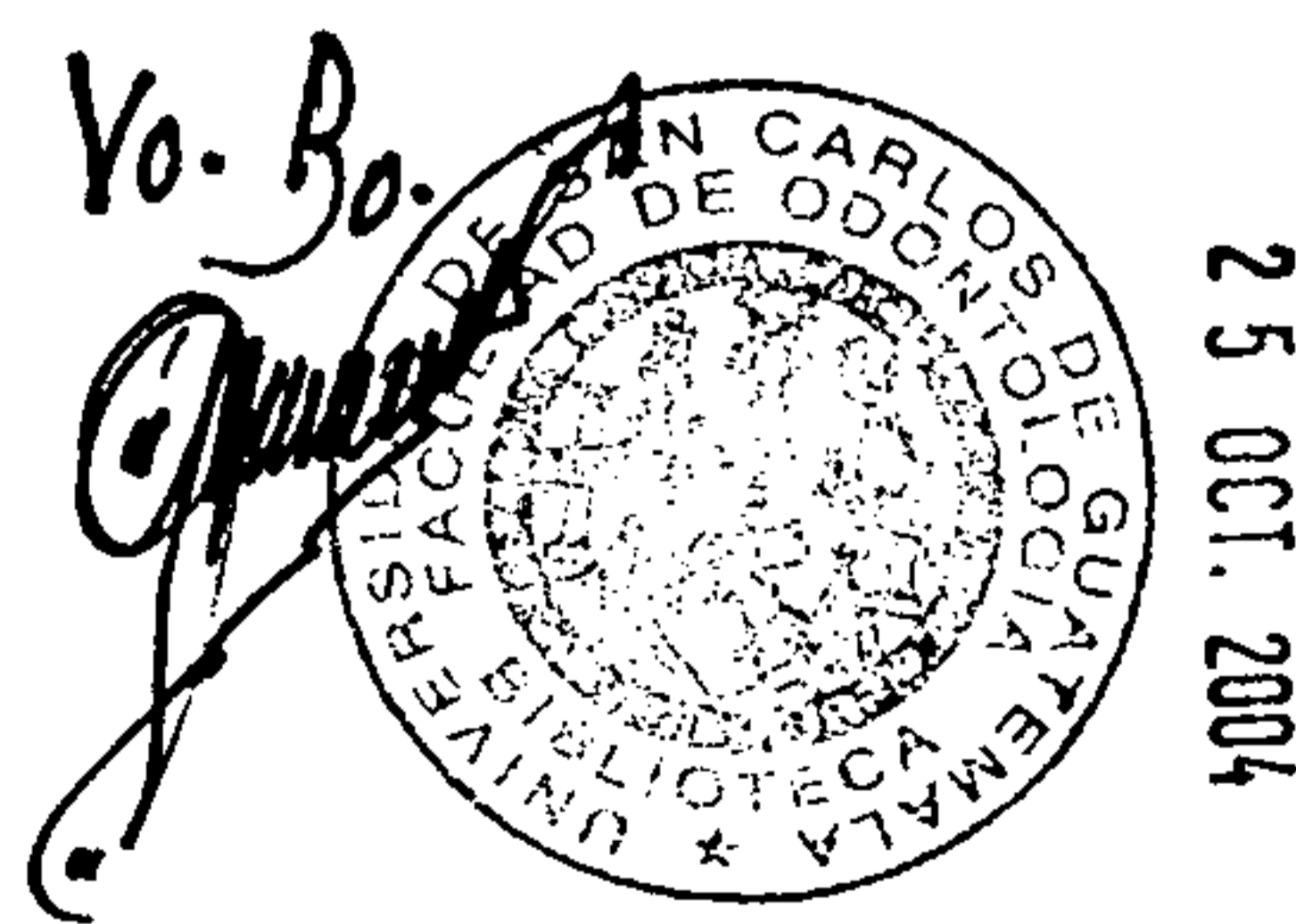
9. Estrela, Carlos... [et al.]. -- Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland Cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. Braz Dent J. 11 : 19-27, 2000.
10. Ficha técnica y datos de Seguridad Sika®-2. -- Sika de Guatemala.-- Revisión 11.05.1999. Impreso 07.06.1999.
11. Holland, Roberto... [et al.]. -- Agregado de trióxido Mineral y Cemento Portland en la obturación de conductos radiculares de perro. -- Endodoncia. 19(4) : 275 – 280, Oct/Dic 2001.
12. _____ -- Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or portland cement. -- Braz Dent J. -- 12(2) : 109 – 113, 2001.
13. _____ -- Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tube filled with mineral trioxide aggregate, portland cement or calcium hydroxide. -- Braz Dent J. -- 12(1): 3-8, 2001.
14. Ingle, John Ide. -- Endodoncia. / John Ide Ingle ; trad. por José Luis García, J. Rafael Blengio Pinto y Alberto Folch Pi. -- 3ª ed -- México : Editorial Interamericana, 1991. -- pp 430-440.
15. Kleinlobel, A. L. -- El Cemento Pórtland y sus aplicaciones. -- Barcelona : Editorial Osso, 1988. -- pp 11-24.
16. Maslow, Philip. -- Chemical materials for construction structures. -- Farmington, Michigan : Publishing Company, 1974. -- pp 1-3, 10-12.



17. Ovando, Tánia. -- Evaluación clínica y radiológica de tratamientos de conductos radiculares con perforaciones laterales de piezas dentales de perros, utilizando hidróxido de calcio con propilenglicol, cemento de portland y MTA. -- Tesis (Cirujano Dentista) -- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 2001. -- 76 p.
18. Torabinejad, M... [et al.]. -- Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. -- JOE -- 19 (12) : 191-193, December 1993.
19. Wucherpfenning, A. L... [et al.] -- Mineral Trioxide Aggregate vs. Portland Cement: two biocompatible filling materials. -- JOE -- 25(4) : 308, April 1999.

REFERENCIAS PERSONALES

20. Castañeda, Sergio. -- Aglomerantes y Morteros. -- (Ingeniero Civil). Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Guatemala. -- Mayo 2004.
21. Florián, Werner. -- Uso del Cemento Portland tipo I en la Facultad de Odontología. -- (Cirujano Dentista). Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, Guatemala. -- Mayo 2003.
22. García, César. -- Química Industrial. -- (Ingeniero Químico). Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Guatemala. -- Mayo 2004.



ANEXOS



**Laboratorio Central
Centro Tecnológico**
15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera
Tel: 2864178 Fax: 2864180



INFORME

Cliete:	CII-USAC Sección de Morteros y Aglomerantes.	OT:	5677	Aprobado Fecha :	24.08.04
Contacto:	ASTRID RAMIREZ (TESISTA).	Fecha:	24.08.04		
Proyecto:	CORROBORACION DE CEMENTO.	Laboratorio:	Cementos y Cales		
Procedencia:		Analista:	WO		
Muestra:	CEMENTO 5000psi.	Supervisor:	MS		Ing. Emilio Beltranena M. Gerente de CETEC

REPORTE DE ENSAYOS FISICOS EN CEMENTO

MUESTRA	FECHA	FINEZA 325	SUP. BLAINE	C.N.	% H ₂ O	V.I.	V.F.	FLOW	% H ₂ O	E.A.	Dens. g/cm ³
CEMENTO 5000psi	24.06.04	-	-	9	26.4	80	120	-	-	-	-

REPORTE DE RESISTENCIAS A COMPRESION DE CUBOS (ASTM C-109)

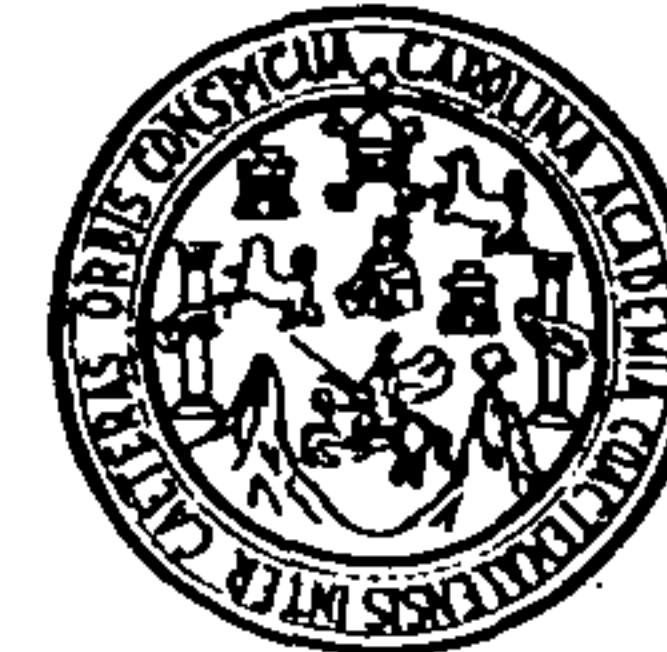
MUESTRA	RESISTENCIA PSI				
	1d	3d	7d	28d	56d
CEMENTO 5000psi	-	-	-	-	-

REPORTE DE ENSAYOS QUIMICOS EN CEMENTO

MUESTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	PF	TOTAL	RI
CEMENTO 5000psi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24

Observaciones: De acuerdo a ASTM C-150, en tiempo de fraguado *Vicat Inicial* es: 45 minutos mínimo; *Vicat Final* es: 375 minutos máximo.

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.



O. de T. No. 17662, 17807

Informe S. AM. No. 10-2004

INTERESADO: Marie Astrid Ramírez
PROYECTO: Trabajo de Tesis Facultad de Odontología
ASUNTO: Consistencia Normal, Tiempos de Fraguado, Resistencia a la Compresión, pH a pastas de cemento portland, con y sin aditivo acelerante.
Fecha: 30 de agosto de 2004

1. GENERALIDADES

Después de participar en la planificación del protocolo de la interesada, estudiante de la Facultad de Odontología Marie A. Ramírez, se decidió realizar ensayos a pastas de cemento Portland con y sin aditivo acelerante, para determinar su funcionalidad dentro del trabajo clínico odontológico que ellos realizan.

La interesada proporcionó los materiales siguientes:

- Cemento Portland 5000 psi, Cementos Progreso
- Aditivo Acelerante, marca SIKA

2. PROCEDIMIENTO

El trabajo consistió en evaluar dos tipos de pastas de cemento portland, siendo estas las siguientes:

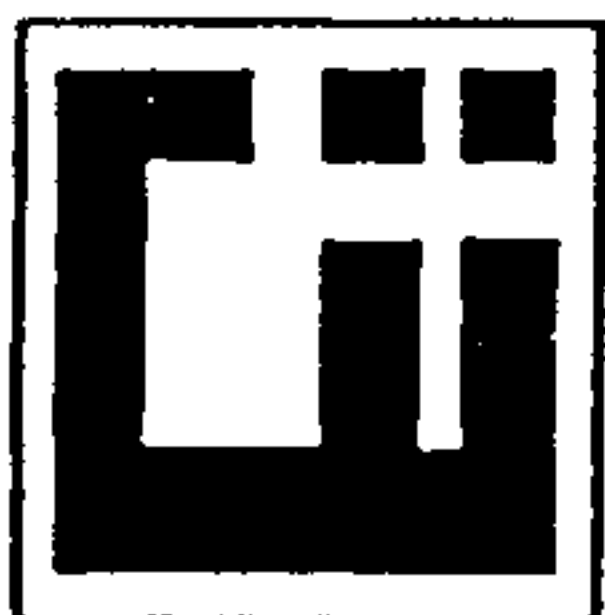
1. Mezcla control, sin aditivo acelerante
2. Mezclas con diferentes concentraciones de aditivo acelerante

Realizándose los siguientes ensayos:

- Consistencia normal ASTM C-187
- Tiempo de Fraguado Vicat ASTM C-191
- Resistencia a la Compresión ASTM C-109
- pH

También se consideró las condiciones de la cavidad bucal en cuanto a Temperatura y Humedad presente, tratando de simularlas en un horno.

En lo posible se trato de seguir los procedimientos indicados en la normas mencionadas, aunque en algunos casos hubo necesidad de adaptarlos a las condiciones de los materiales utilizados. También se realizaron varias pruebas en cada ensayo en virtud de las dificultades encontradas para su desarrollo



3. RESULTADOS

3.1 Mezcla Control (Cemento Portland sin aditivo)

Condiciones de Curado Gabinete Húmedo		Condiciones de Curado Cavidad Bucal	
Ensayo	Resultado	Ensayo	Resultado
Consistencia Normal	Relación w/c 0.266	Consistencia Normal	Relación w/c 0.266
Tiempo de Fraguado	120 minutos	Tiempo de Fraguado	76 minutos
pH	12.7	pH	12.7
Resistencia a la compresión kg/cm²			
Tiempo de ensayo	Resultado	Tiempo de ensayo	Resultado
1 hora	-	1 hora	-
2 horas	8.13	2 horas	-
4 horas	60.70	4 horas	233.76

3.2 Mezclas con Diferentes Concentraciones de Aditivo Acelerante

3.2.1 Consistencia Normal

Consistencia Normal--Concentración 1:2		
No. de Prueba	Rel. w/c	Lectura
1	0.31	7
2	0.32	4
3	0.315	8
4	0.315	-
5	0.33	8
6	0.33	10

Consistencia Normal--Concentración 1:4		
No. de Prueba	Rel. w/c	Lectura (mm)
1	0.285	11
2	0.285	-
3	0.285	11.5
4	0.285	15
5	0.28	9
6	0.281	11
7	0.281	13



Consistencia Normal--Concentración 1:8		
No. de Prueba	Rel. w/c	Lectura (mm)
1	0.261	7.5
2	0.285	4
3	0.27	11
4	0.27	8
5	0.269	9.5

3.2.2 Tiempo de Fraguado Vicat

Tiempos de Fraguado Vicat (minutos)			
No. de Prueba	Concentración 1:2	Concentración 1:4	Concentración 1:8
1	20	75	81
2	20	75	80
3	21	75	80
4	22	75	81
5	22	76	81
6	21	75	81
7	22	74	80
8	21	75	81
9	22	75	81
10	21	75	81
Promedio	21.2	75	80.7

3.2.3 Resistencia a la Compresión

Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)				
Tiempo de Ensayo 1 hora				
Concentración 1:2	23.25	23.25	25.18	23.89
Concentración 1:4	-	-	-	-
Concentración 1:8	-	-	-	-



Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)				
Tiempo de Ensayo 2 horas				
Concentración 1:2	30.03	37.78	22.28	30.03
Concentración 1:4	--	--	--	--
Concentración 1:8	--	---	---	--

Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)				
Tiempo de Ensayo 4 hora				
Concentración 1:2	78.46	81.36	79.43	79.75
Concentración 1:4	69.74	71.68	67.8	69.74
Concentración 1:8	22.28	23.25	69.74	38.42

3.2.4 pH

PH				
Concentración 1:2	12.4	12.4	12.4	12.4
Concentración 1:4	12.53	12.53	12.53	12.53
Concentración 1:8	12.7	12.7	12.7	12.7

Atentamente,


Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus
Jefe Sección Aglomerantes y Morteros

Vo. Bo.


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC

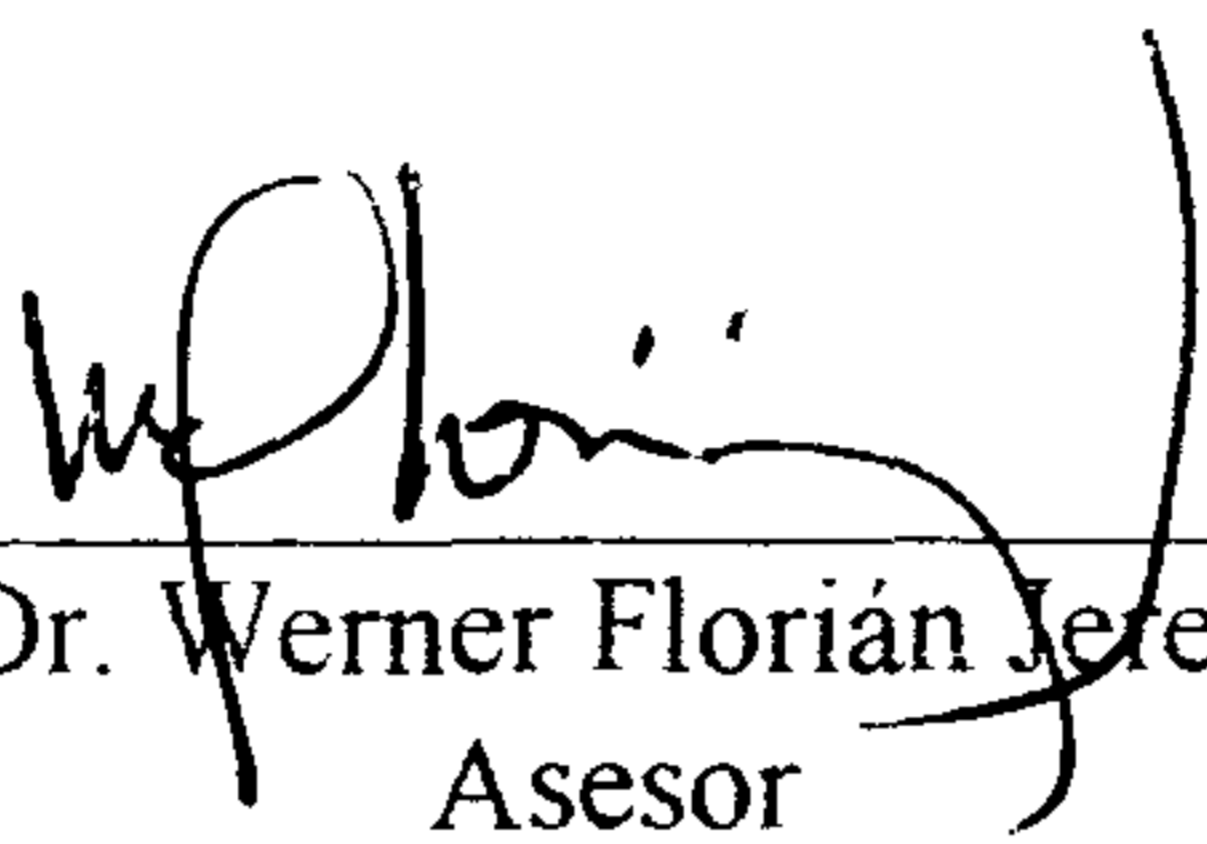
c.c.: Archivo.

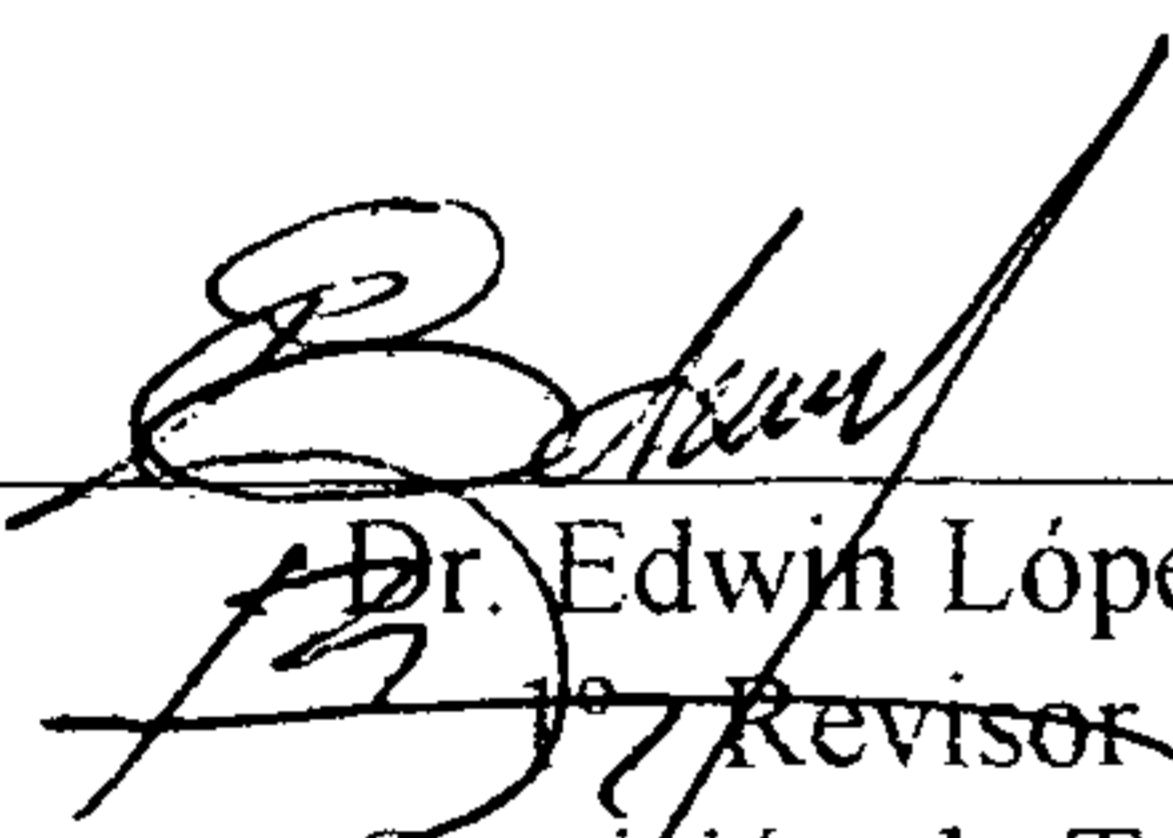


El contenido de esta Tesis es única y exclusiva responsabilidad del Autor



Marie Astrid Ramirez Rivas


Marie Astrid Ramírez Rivas
Sustentante

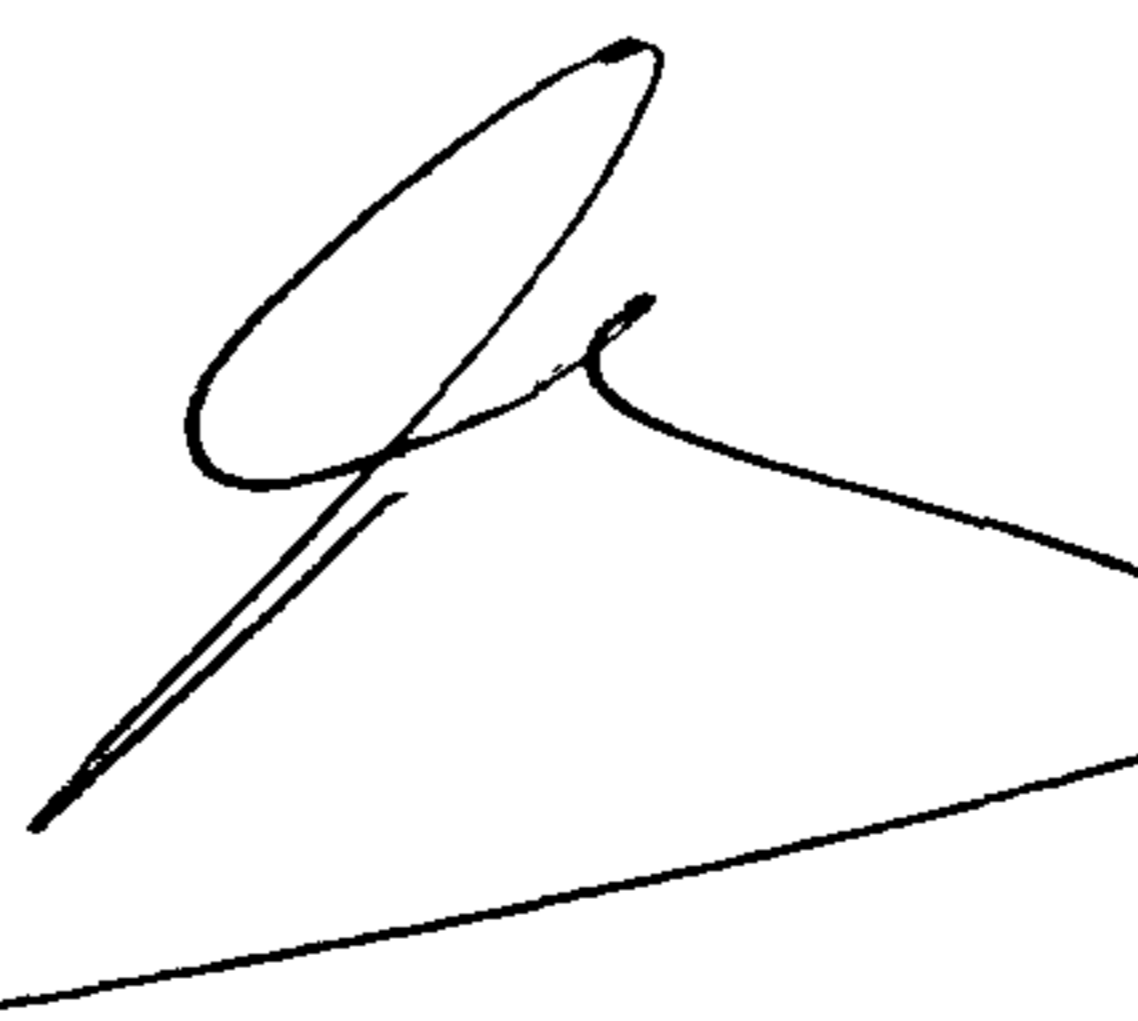

Dr. Werner Florián Jerez
Asesor


Dr. Edwin López Díaz
1º Revisor
Comisión de Tesis




Dr. Ricardo León Castillo
2º Revisor
Comisión de Tesis

Imprimase:


Dr. Otto Raúl Torres
Secretario

