



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLAS DE
HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS UTILIZANDO
MODIFICADORES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS”**

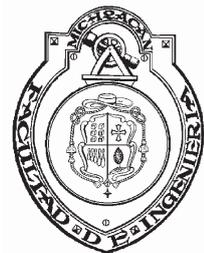
TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:
TARSICIO AUDIFRED HURTADO SOLÓRZANO**

**ASESOR:
Dr. JOSÉ CARLOS RUBIO AVALOS**

MORELIA, MICHOACÁN, NOVIEMBRE 2005





UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL
78/05-06

SE ACEPTA
TEMA DE TESIS

Morelia, Mich., a 22 de Noviembre de 2005

C. P.I.C. TARSICIO AUDIFRED HURTADO SOLÓRZANO
P R E S E N T E.

En contestación a su atenta solicitud de fecha 22 de noviembre de 2005, respecto a la propuesta de tesis para sustentar examen profesional de Ingeniero Civil, me es grato comunicarle que se acepta el tema: :

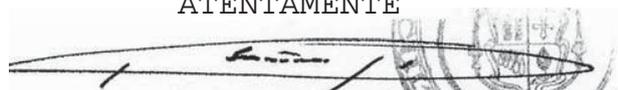
"Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos" el cual deberá desarrollar con el índice siguiente:

1. Introducción.
2. Estado del arte.
3. Métodos de prueba.
4. Resultados y discusión.
5. Conclusiones.
6. Bibliografía.

De igual manera se le comunica que el C. Dr. José Carlos Rubio Avalos, ha sido designado asesor de su tesis.

Sírvase tomar en cuenta que, en cumplimiento a lo especificado por la Ley de profesiones, deberá prestar su servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen recepcional.

ATENTAMENTE


Ing. Felipe Sánchez Ramos
Director de la Facultad de Ingeniería Civil


FSR*JCM*delc

FACULTAD DE
INGENIERIA
CIVIL
U. M. S. N. H.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por darme la oportunidad de vivir esta vida, y darme la oportunidad de realizar este sueño y seguir adelante.

A mis Padres:

Por ser un ejemplo para mi y mi hermano, por todo su cariño que me han dado, el apoyo para realizar mis metas y sobre todo la confianza que han tenido siempre en mí.

Tarsicio Hurtado Chávez.

Cirenia Solórzano Pérez Negrón.

A mi Hermano:

Gracias Rafa por tu apoyo, por hacerme en ocasiones mas fácil la vida y por ser la otra parte mas importante de mi vida, por forzarme a ser un ejemplo para ti.

A mis Abuelos:

Por el cariño que me han dado a lo largo de mi vida, sobre todo agradecerle a ese ángel que tengo en el cielo que me ha cuidado siempre y que quise mucho mientras Dios me la presto aquí en la tierra.

José Rosario Hurtado Huerta t y Esperanza Chávez Chávez t

Benito Solórzano Pérez Negrón y Ma. Catalina Pérez Negrón Gaona

A mis Tíos y Primos:

Por ser parte de esta gran familia que Dios me ha dado oportunidad de pertenecer y de la cual estoy orgulloso.

A mis Padrinos:

Por ser un ejemplo de vida, de humildad, integridad moral y un gran sentido de humanidad hacia los demás.

Pbro. Rafael y Mons. Severo Hurtado Chávez.

A mis Amigos:

Por la amistad que brindaron durante el tiempo que estuvimos juntos estudiando.

A mis Compañeros del Laboratorio:

Gracias por haberme tenido paciencia a Jesús Zauno y Jaime Chora, a mis compañeros de Resistencia que me hicieron mas agradables mi estancia ahí y por ultimo a la vieja resistencia de mecánica de suelos donde algún día espero que ese sueño de formar una compañía se haga realidad.

Al Departamento de Topografía:

A los profesores que pertenecen a este departamento les doy las gracias por la confianza que me brindaron desde el primer día que estuve ahí, en especial al Ing. Ernesto A. Núñez por su apoyo.

A mis Profesores:

Gracias por enseñarme y transmitirme sus conocimientos, para que sean empleados el día de mañana para el bien de mi comunidad.

En especial a la Dr. Elia M. Alonso que me dio su confianza cuando estuve a su cargo en el Laboratorio y el apoyo que me dio para la realización de esta Tesis, al M. en I. Wilfrido Martínez por su cooperación y a mi asesor Dr. José C. Rubio por guiarme en este proyecto.

INDICE

CAPITULO I

I.- INTRODUCCION.	2
1.- Objetivo de la tesis.	4

CAPITULO II

2.- ESTADO DEL ARTE.	6
2.1.- Determinación general de mortero.	6
2.2.- Antecedentes.	6
2.3.- Clasificación de los morteros.	8
2.4.- Matriz inorgánica.	9
2.4.1.- Orígenes de la cal.	9
2.4.2.- Proceso de fabricación de la cal hidratada.	11
2.4.3.- Clasificación de las cales.	12
2.5.- Agregado pétreo de la matriz inorgánica.	13
2.5.1.- Definición y características generales de los agregados pétreos inertes.	13
2.5.2.- Aplicación de los agregados pétreos inertes.	13
2.5.3.- Clasificación de los agregados pétreos por su tamaño de grano.	14
2.5.4.- Definición y clasificación de las arenas.	14
2.6.- Modificadores orgánicos e inorgánicos de la matriz.	17
2.6.1.- Manteca.	17
2.6.2.- Yema de huevo.	18
2.6.3.- Clara de huevo.	18
2.6.4.- Mucílago de nopal.	18
2.6.5.- Sangre	19
2.6.6.- Leche.	19

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

2.6.7.- <i>Cemento.</i>	19
2.6.8.- <i>Yeso.</i>	20
2.7.- <i>Aplicaciones de los morteros en secciones delgadas.</i>	21
2.7.1.- <i>El ferro cemento.</i>	21
2.7.2.- <i>Los materiales.</i>	21
2.7.3.- <i>Cualidades y características.</i>	23
2.8.- <i>Corrosión en materiales de matriz cementicia.</i>	23
CAPITULO III	
3.- <i>METODOS DE PRUEBA.</i>	26
3.1.- <i>Propiedades físicas de la pasta de cemento.</i>	26
3.1.1.- <i>Equipo para determinar la fluidez de los morteros.</i>	26
3.1.2.- <i>Determinación de fluidez.</i>	28
3.2.- <i>Propiedades físicas del agregado pétreo.</i>	29
3.2.1.- <i>Descripción del agregado pétreo utilizado en el estudio.</i>	29
3.2.2.- <i>Análisis granulométrico en agregados finos.</i>	30
3.2.3.- <i>Peso volumétrico de agregados.</i>	32
3.2.3.1.- <i>Determinación del peso compactado (procedimiento de compactación con varilla)</i>	33
3.2.3.2.- <i>Determinación del peso suelto (procedimiento de traspaleo)</i>	34
3.2.4.- <i>Método de ensaye para determinar la absorción del agregado fino y gravedad específica.</i>	34
3.2.4.1.- <i>Humedad de absorción en arenas.</i>	34
3.2.4.2.- <i>Gravedad específica en arenas.</i>	36
3.2.5.- <i>Impurezas orgánicas en arenas.</i>	37
3.2.6.- <i>Equivalente de arena.</i>	39

3.3.- <i>Propiedades mecánicas del mortero.</i>	41
3.3.1.- <i>Resistencia a la compresión simple de morteros (usando especímenes cúbicos de 5 centímetros (2") (ASTM C 109-63)).</i>	41
3.3.2.- <i>Resistencia a flexión en morteros (usando vigas libremente apoyadas con las cargas concentradas en los tercios del claro) (ASTM C1018-97).</i>	47
3.3.3.- <i>Resistencia a la tensión en especímenes de mortero (ASTM C 190-59).</i>	49
3.4.- <i>Propiedades eléctricas del mortero.</i>	52
3.4.1.- <i>Determinación de la resistividad eléctrica en los morteros.</i>	52
CAPITULO IV	
4.- <i>RESULTADOS Y DISCUSION.</i>	56
4.1.- <i>Determinación de la fluidez.</i>	56
4.2.- <i>Determinación de las propiedades físicas del agregado pétreo (arena).</i>	57
4.3.- <i>Propiedades mecánicas del mortero.</i>	58
4.3.1.- <i>Resistencia a la compresión del mortero.</i>	58
4.3.2.- <i>Resistencia a la flexión del mortero.</i>	60
4.3.3.- <i>Resistencia a la tensión del mortero.</i>	62
4.4.- <i>Propiedades eléctricas del mortero.</i>	63
CAPITULO V	
5.- <i>CONCLUSIONES.</i>	69
CAPITULO VI	
6.- <i>BIBLIOGRAFIA.</i>	72



CAPITULO I

INTRODUCCION

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

I.-INTRODUCCION.

En la industria de la construcción los morteros se han utilizado como materiales de soporte y de recubrimiento sin tener mayor fin estructural que el de unir elementos de construcción (tabicones, tabiques, block, etc.).

Por tal razón, los espesores de los morteros no sobrepasan los 2 centímetros. En el desarrollo de elementos estructurales la combinación de morteros con aceros dio lugar a un material intermedio de carácter estructural el Ferro cemento.

Los bajos espesores de utilización de mortero en el Ferro cemento (no mayor a 2 cm. por laminado) origina la incertidumbre de la protección al acero de refuerzo por esta pasta ya que al ser una capa delgada se promueve una rápida carbonatación de la pasta disminuyendo el pH de la matriz cementicia facilitando un avance a la corrosión del acero de refuerzo, elemento imprescindible en la composición de este material compuesto.

Se ha reportado que un pH mayor a 12 protege de manera eficiente al acero de refuerzo de la corrosión tanto bacteriana como electroquímica, y se tiene determinado que a pH(s) cercanos a 10 se incrementa la velocidad de corrosión de años a meses.

La facilidad de carbonatación del hidróxido de calcio componente presente en las pastas de cemento que utilizan cemento Pórtland ordinario y Cemento Pórtland puzolanico va a depender directamente del espesor de la pasta de cemento, del tipo de agregado pétreo, de la porosidad de la matriz, del porcentaje de humedad de la matriz, de la temperatura y de la facilidad de penetración del dióxido de carbono.

Se sabe que el inicio de la carbonatación de la pasta es de la superficie de la capa de mortero hacia el interior, realizándose una carbonatación dependiendo de las condiciones hasta en un tiempo cercano a los 12 meses para espesores menores a un centímetro. Espesor en el cual se expone a esta condición el material de refuerzo, acero.

Para elementos estructurales gruesos superiores a los 3 centímetros de separación entre la superficie y el acero, en condiciones ordinarias no originan un alto riesgo para efectos de corrosión; sin embargo, es el caso contrario para elementos estructurales que utilizan el acero como refuerzo que tienen espesores menores de la superficie al refuerzo de 5 mm.

La utilización de materiales (aditivos o modificadores de la matriz) que ayuden a disminuir el efecto de la carbonatación de la pasta o que mezclados con los cementantes presenten un alto índice o altos valores de resistividad eléctrica, favorecerán el mantenimiento de los valores de pH altos y por lo tanto una protección adicional al acero de refuerzo.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Se han utilizado con éxito la combinación de polímeros sintéticos en el desarrollo de elementos estructurales de sección delgada (polimetilmetacrilato, acrilatos, epóxicos y látex de estireno butadieno, etc.) los cuales tiene la función principal de ser selladores de nanoporos, micro poros y macro porosidades que originan un fácil avance en el proceso de carbonatación.

Adicionalmente tienen la función de ser agentes ligantes entre la matriz y el agregado pétreo. Estos materiales sintéticos cambian el modulo de elasticidad de algunos cerámicos promoviendo el desarrollo de materiales más flexibles y elásticos.

Dentro de todas estas virtudes ofrecen algunas desventajas importantes respecto de algunos materiales orgánicos de origen natural y de algunos otros de carácter inorgánicos. Algunas de estas desventajas son mayor toxicidad con respecto de los naturales, mayor rapidez de oxidación (rompimiento de las cadenas poliméricas, cambio de coloración del material, etc.) esto es en relación con los materiales del tipo inorgánico que tienen una mayor resistencia a los rayos ultravioleta, estos son unos de los promotores del rompimiento de las cadenas orgánicas.

Por lo tanto, la utilización de materiales orgánicos de origen natural e inorgánico ofrecen ventajas y características únicas e importantes para el estudio de los efectos de corrosión a corto y largo plazo.

La investigación de las propiedades mecánicas y de la resistividad eléctrica de estos materiales se ha visto marginada por los investigadores debido a las prioridades de los materiales orgánicos sintéticos.

Existe la necesidad primordial del desarrollo de materiales amigables con el medio ambiente y con altas prestaciones.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

1.-OBJETIVO DE LA TESIS.

El objetivo de la presente tesis es el estudio y la investigación del comportamiento mecánico y la resistividad eléctrica de diferentes morteros utilizando materiales orgánicos naturales y materiales inorgánicos, para la identificación de los materiales más adecuados para su utilización en cuanto a resistencia mecánica y la velocidad de corrosión más lenta en los aceros de refuerzo. La resistividad eléctrica de un mortero nos da a conocer la facilidad y rapidez en que un acero de refuerzo se corroe en una matriz de cemento, por lo cual su determinación y análisis, nos brindara un parámetro de referencia del comportamiento a corto y largo plazo de la matriz en relación a la velocidad de corrosión del acero.



CAPITULO II

ESTADO DEL ARTE

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

2.- ESTADO DEL ARTE.

2.1.- DEFINICIÓN GENERAL DE MORTERO.

La palabra mortero se deriva de la expresión latina “**mortarius**” con que se designa el caldero que se uso para cocer cal.

En un material plástico, el cual es una mezcla de arena u otras sustancias inertes con cal u otro aglomerante de cualquier tipo y agua que forman una masa capaz de endurecer, más o menos pronto, en el aire o en el agua. Es apropiado para cerrar las juntas de asientos y verticales, también las que quedan entre las piedras desiguales o irregulares y conseguir mediante un proceso del fraguado un cuerpo resistente a la compresión. ⁽¹⁾

2.2.- ANTECEDENTES.

Para conocer más acerca de los morteros y su utilización a través de diferentes etapas las reseñas mas antiguas de la utilización de la cal son derivados de la época neolítica. Los más antiguos y conocidos son los de esa antiquísima y misteriosa cultura de Anatolia en la actual Turquía, en Catal Hüyük (6000 a.C.), cada una de las viviendas de la ciudad estaba provista de dos niveles; el más bajo de los dos estaba dotado de pilares de madera recubiertos con una mezcla de cal pintada de rojo y de igual manera se trababa el piso.

Los egipcios cubrían con una ligera capa de estuco sus edificaciones y para rejuntar sillares; igualmente la empleaban para decorar sarcófagos, aplicando policromías y tinta de oro obtenida de la pulverización de chapas previamente laminadas y mezcladas con sal gruesa que luego machacaban.

En la edad micénica los griegos comenzaron el uso de la dura piedra caliza de Argos en las arquitecturas clásicas, una variedad distinta de piedra procedente del Oeste y Este del Peloponesio. Atenas usó el mármol del monte Pentélico, que posee una granulación muy fina y compacta y una gran blancura.

La civilización romana mejoró los procesos de fabricación de la cal y las técnicas de la puesta en práctica de los morteros y supo explotar todas las posibilidades de este material y además popularizaron y expandieron esta técnica por todo el imperio.

Tras la desmembración del Imperio se pierde esta unidad formal de calidad, quizá aportada por las disciplinadas Legiones que transmitían a lo largo del Imperio, como una rígida ordenanza, lo que hoy llamaríamos normativa, todo el buen hacer del proceso. Los constructores bizantinos del siglo III al XIII creaban gruesas llagas de mortero de cal en la

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

construcción de fábricas y bóvedas y están en excelente estado, a pesar de su endurecimiento imperfecto a veces. Utilizaban en la mezcla, además de arena, ladrillo troceado de un centímetro de diámetro aproximado, polvo de ladrillo.

Para los siglos IX, X y XI, se encuentran morteros de calidad muy mediocre, a pesar de la presencia de la tejoleta (hay que indicar que la tejoleta puede tener funciones muy distintas). Por su naturaleza porosa, los pequeños fragmentos de tierra cocida convierten a los morteros en más permeables al aire y permiten así una mejor carbonatación de la cal.

Al comienzo del siglo XII, por motivos económicos, se les pusieron restricciones a los constructores: en sus contratos figuraba utilizar un poco de cal y arena mezclada con tierra. Por contra, en los siglos XIV y XV, las arenas gruesas apenas se empleaban y sí arenas del litoral, que parecía como si las hubieran lavado para quitarles la arcilla y la tierra. Naturalmente, los morteros eran de mucha mejor calidad.

En el Barroco europeo del siglo XVIII toma importancia el tratamiento de muros interiores, los frisos altos son decorados con estucos en relieve, el muro lo consideran como una columna desarrollada en el plano, esos frisos corresponderían al capitel y enmarcan los techos decorados. Los techos o plafones tuvieron gran importancia, por considerarlos puntos fundamentales de atención.

Hacia 1812, Vicat estudió las mezclas de calizas puras y arcillosas y demostró definitivamente que las propiedades hidráulicas dependen de los componentes que se forman durante la cocción entre la cal y los constituyentes de la arcilla. En efecto, bajo la acción del calor, primero se produce una deshidratación de la arcilla, después una descomposición de la caliza y por fin una combinación entre la cal, la sílice y los óxidos de aluminio. Dependiendo de la temperatura y la duración de la cocción, la reacción es más o menos completa y los productos obtenidos más o menos hidráulicos.

Los primeros aglomerantes así fabricados tenían las características de los cementos rápidos actuales. Generalmente eran ricos en aglutinatos y esto los caracterizaba para una compactación rápida. Esto último no se debe a la desecación del mortero y a la carbonatación de la cal, sino a la reacción de los aglutinatos y los silicatos con el agua, ésta puede ser muy buena al abrigo del aire. Por esta razón se les puede considerar como productos intermedios entre la cal hidratada y el cemento “Pórtland” actual.

Joseph Aspdin, un albañil de Wake-eld, realiza en 1824 una patente para el cemento que produce, cemento que afirma ser tan duro como la piedra de Pórtland (éste es el origen del llamado “cemento Pórtland”, actualmente dado al cemento corriente, ya que la naturaleza y características de este último son muy diferentes).

L.C. Johnson descubrió que el clinker, obtenido por fusión parcial de los elementos constitutivos de la primera materia sobrecalentada y que hasta entonces había sido echado como desecho inutilizable, da unos resultados mucho mejores que el cemento usual, a condición de ser finamente molido.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

La exposición universal de 1891 permitió una demostración del nuevo producto y le dio una gran publicidad. A partir de ese momento, la mayor parte de los fabricantes de aglomerantes practicaban la calcinación a alta temperatura, y la cal cada vez fue más reemplazada por el cemento.

Desde finales del siglo XIX los principios generales de la fabricación del cemento “Pórtland” no han sufrido cambios. Sin embargo, han sufrido una evolución técnica y científica muy importante. Esta evolución aumentó los conocimientos científicos básicos y ha permitido descubrir una gama de aglomerantes derivados del Pórtland (Pórtland especiales), aglomerantes de mezcla (cementos puzolánicos, metalúrgicos, etc.) y los aglomerantes especiales (de aluminio), lo que, por un lado, puede paliar ciertas insuficiencias del cemento Pórtland y por otro satisfacer mejor otro tipo de exigencias. (2)

2.3.- CLASIFICACION DE LOS MORTEROS.

Los morteros se clasifican de acuerdo al tipo de fraguado o según su composición.

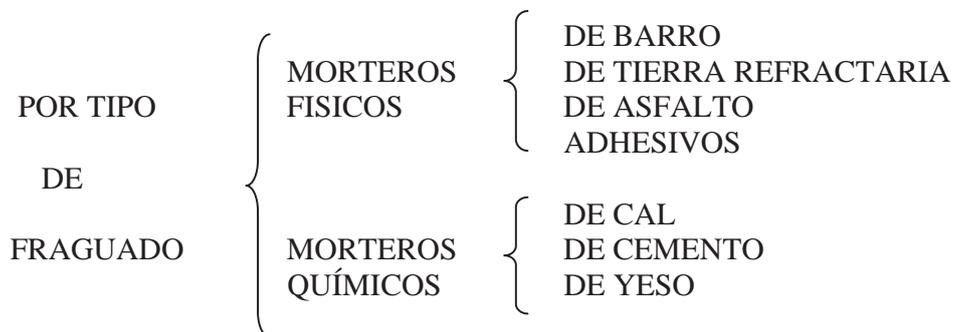
Por Tipo de fraguado

Mortero Físico.- El paso del estado pastoso o semilíquido al sólido se verifica mediante secado o fraguado sin recursos químicos.

Esto puede aplicarse a los morteros de barro, morteros de tierra refractaria, morteros de asfalto y los modernos morteros adhesivos a base de materiales sintéticos.

Mortero Químico.- El fraguado tiene lugar en forma de proceso químico. En este tipo de mortero contamos el mortero de cal, el mortero de cemento, y el mortero de yeso. Las mezclas entre estos tipos de morteros y el empleo de distintos aditivos también se hacen frecuentes. Hoy se emplean principalmente los morteros de tipo químico. (1)

Para entender mejor lo anterior veamos el siguiente esquema:

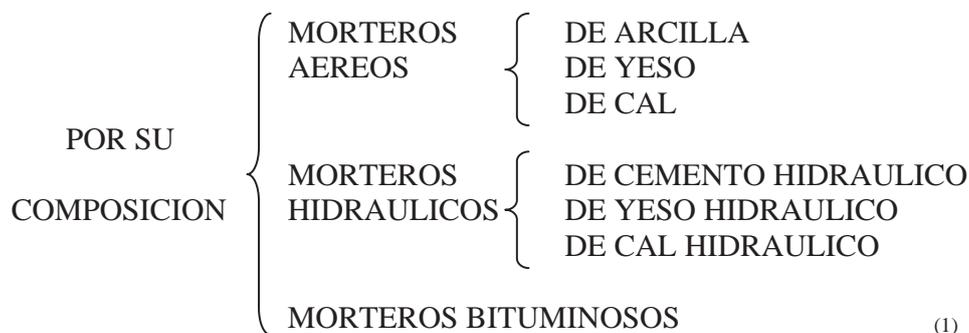


Por su Composición (Tipo de Aglutinante).

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

De acuerdo con el aglutinante utilizado, el mortero resultante se denomina aéreo, cuando endurece o fragua al contacto del agua o en ambiente húmedo.

Para entender mejor lo anterior veamos el siguiente esquema:



2.4.- MATRIZ INORGÁNICA.

2.4.1.-ORIGENES DE LA CAL.

La piedra caliza es una roca de origen sedimentario, se formo a partir del material precipitado por acción química y orgánica sobre las aguas de escurrimiento lacustre, zonas marinas, cavernas y llanuras secas. Los elementos de calcio y magnesio que están distribuidos en la corteza terrestre, se encuentran formando la piedra caliza en forma de carbonatos (CO_3). Tienen diversos modos y por lo tanto hay muchas variedades de texturas. En algunas, la textura es tan densa que no hay partículas visibles y la roca parece superficialmente una falsita o un basalto. En cambio pueden ser de forma granular y reconocerse fácilmente la calcita o dolomita. La roca caliza esta compuesta básicamente por carbonato de calcio (calcita), y por carbonato de magnesio (magnesia) hasta un 30% y impurezas como sílice, alumina, oxido de hierro entre otros, la roca caliza tiene un contenido total de mas de 50% de carbonato de calcio. La forma, más pura de la calcita y magnesia es blanca; pero la roca caliza más común es gris, café claro o negra. Tiene una gravedad específica ente 2.72 y 2.94, su dureza es de 3.0 a 3.5 en la escala de Mohs. Tiene una gran uniformidad en la variación de los tamaños, es muy estable en presencia de agua. Existen dos tipos principales de calizas definidas por el origen de su formación, calizas orgánicas y calizas inorgánicas. (3)

Calizas orgánicas.

Las calizas pueden originarse mediante la acumulación de las partes duras de organismos, especialmente de invertebrados marinos, que utilizan el carbono de calcio para formar estructuras de protección o de sostén. Las arenas y los bancos conchíferos, los arrecifes de coral y las arenas coralíferas, son ejemplo de los depósitos actuales de carbonato. También se produce la precipitación del carbonato de calcio por la acción de las

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

plantas verdes sub-acuáticas. Esta acumulación es acompañada generalmente de algunas impurezas, se llama marga. Tanto en las algas como entre las bacterias hay variedades que producen la precipitación del carbonato de calcio. (3)

Calizas inorgánicas.

La precipitación inorgánica del carbonato de calcio se produce de diferentes maneras. Cualquier trastorno o agitación que reduzca el contenido de anhídrido carbónico de agua, puede determinar la precipitación o elevación de la temperatura del agua. La evaporación puede causar el mismo resultado. (3)

Existen diversas variedades de calizas como pueden ser:

Greda. Es una acumulación de carbonato de calcio pulverizado. Su origen es probablemente a la vez orgánico e inorgánico. El caliche es una costra de carbonato de calcio y en algunas veces de otras sustancias, debido a la evaporación de las aguas del suelo en la superficie del terreno en las regiones secas.

Dolomita. En el caso de tener carbonato de magnesio, la caliza se clasifica de dolomítica y si la proporción de carbonato de calcio de la roca es una dolomía o dolomita. Se utiliza en la industria por la calidad del carbonato de magnesio. No es muy abundante; existen calizas dolomíticas explotables en Teapa, Tabasco y en el Cañón de Petanquilla, Guerrero.

Estalactitas y Estalagmitas. Las aguas que se filtran a través de techo de la cueva, pueden depositar carbonato de calcio en forma de carámbanos de piedras pendientes del techo, o formar columnas desde el suelo en los puntos donde chocan las gotas de agua. Las estalactitas y estalagmitas que adornan muchas grutas, están formadas por dragonita depositada en capas de crecimiento concéntrico, con los pequeños cristales de aragonita en posición radial o sea normal a la dirección de las capas. Las formas colgantes se llaman estalactitas y las columnas que se elevan desde el piso, estalagmitas.

Travertino. Recibe este nombre un depósito compacto y en fajas, que se forman especialmente en torno a los materiales, es una caliza impura depositada por aguas incrustantes, o sea, que vienen cargadas con carbonato de calcio en solución. Su depósito forma a veces grandes masas; otras veces cubre de una costra al suelo por donde corre; llega a formar estalactitas y estalagmitas de un aspecto rudo.

Las masas de la roca están surcadas en todas direcciones por pequeños canales por donde circula el agua, canales que se destruyen con sus mismos depósitos y el agua toma otras direcciones, lo que da a la masa en general un aspecto poroso, cuando esta roca presenta el menor número de poros y un grano cerrado, es explotable y se usa en la manufactura de planchas o laminas que pueden adquirir un buen pulimento y son utilizadas en el cubrimiento de fachadas, muros interiores, lambrines, etc.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Tufa caliza. Es también un depósito de material, dotado de una naturaleza muy porosa y esponjosa. También se depositan tufas en lagos salados y en playas de las regiones seca.

Mármol. Proviene de la caliza dolomita, el efecto metamórfico sobre la caliza ocasiona el crecimiento de los granos de calcita, de tal forma que resulta un mármol cristalino grueso que contrasta con el tamaño fino, de los granos de caliza. (4)

Existen en el mundo calizas de diferentes grados de pureza, las rocas clasificadas como comerciales contienen cantidades variables de carbonato de magnesio:

- Caliza rica en calcio. Cuando el elemento magnesio se halla en la cantidad inferior del 5% en una piedra caliza.
- Caliza magnesia. Si esta porción de carbonato de magnesio es mayor al 5%.
- Caliza dolomítica. Una caliza que contenga entre 30 y 45% de magnesio.
- Caliza dolomita. La roca caliza tiene la misma cantidad de carbonato de calcio y carbonato de magnesio.
- Caliza fosfórica. La roca caliza tiene fosfato de calcio se encuentra en la sierra del estado de Zacatecas y es utilizada para fabricar fertilizantes.

La principal propiedad industrial de la caliza es su facilidad de descomposición bajo la acción del calor, o una temperatura de 800 a 900° C, formándose dos productos: la cal viva (CaO) y el dióxido de carbono. A se vez, la cal viva con el agua (H₂O), forma la cal hidratada (Ca (OH)₂).

La cal es un producto natural resultante de la cocción o descomposición de las rocas calizas calentándolas o temperaturas superiores a los 900° C se obtiene la llamada cal viva, compuesta fundamentalmente por oxido de calcio. A la salida de los hornos, la cal viva se puede presentar en forma de terrones. (3)

2.4.2.-PROCESO DE LA FABRICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA.

El proceso de fabricación de la cal hidratada incluye en general 6 etapas importantes, explotación de los bancos de piedra caliza (el minado de la caliza se realiza al abrir una cantera mediante operaciones a tajo, a cielo abierto o en laderas, según la topografía de la zona en que se encuentre). La piedra caliza debe barrenarse y dinamitarse para fragmentarse hasta un tamaño adecuado para su calcinación, una vez fragmentada la piedra, debe de ser transportada desde un lugar de exploración hasta el área de molienda, a través de camiones de volteo u otro transporte. La molienda consiste en la reducción de tamaño de la materia prima (piedra caliza) al tamaño requerido, ya que el tamaño de reducción dependerá del tipo de horno con que se calcine, después de la molienda el material es llevado al horno para su calcinación.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Para preparar grandes cantidades de cal se construye un horno con piedras o tabiques, de 4 metros de altura y 2.5 m de base, el fogón tendrá abertura para que pase el calor.

Apagado de la cal, esto es echándole agua, el óxido de calcio se transforma en hidróxido de calcio. El nuevo material, listo para utilizarse, recibe el nombre de cal apagada.

La cal apagada puede presentar un aspecto pulvurento o pastoso. En el primer caso, a la cal viva se le ha añadido el agua indispensable para formar el hidróxido; el producto obtenido se llama cal en polvo. En el segundo caso cuando la cal viva se le ha añadido un exceso de agua sobre la indispensable para formar hidróxido, la cal apagada, por su aspecto, se le denomina cal en pasta. (3)

2.4.3.-CLASIFICACION DE LAS CALES.

Cales aéreas.

La cal aérea es el producto de la calcinación de una roca compuesta en su mayoría de carbonato de calcio. Contiene muy pocas impurezas. Sus empleos son muy diversos. Utilizada en morteros, se fragua o hace su carbonatación en contacto con el aire en periodo prolongado.

Se consideran dos tipos de cales aéreas de uso corriente en construcción:

Cal aérea I. son cales aéreas de 1ª las de unos contenidos en óxido de cal y magnesio del orden del 90% y en anhídrido carbónico del 5% se utiliza preferentemente en revocos, blanqueos, acabados y para morteros de albañilería.

Cal aérea II. Son las de contenido del 60% en óxido de cal y magnesio y del 5% en anhídrido carbónico. Se destinan a trabajos toscos y morteros para muros únicamente. (3)

Cales hidráulicas.

Cal natural hidráulica pura se obtiene por calcinación de una roca esencialmente compuesta de carbonato de calcio (la caliza) y elementos que, durante la cocción por medio de grandes temperaturas, se transforman en silicatos y aluminatos de calcio.

Cuando la cal se utiliza para mortero, estos elementos, en cantidad suficiente, le confieren en un primer momento, un fraguado llamado hidráulico. Reacciona al contacto del agua; mientras que la caliza transformada en cal aérea, empieza su fraguado o carbonatación en contacto con el medio ambiente.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

La cal hidráulica natural pura puede formar parte de la composición de los aglutinantes. Les confiere propiedades adicionales, especialmente apreciadas por los profesionales de la construcción.

Las cales hidráulicas de empleo en construcción se clasifican en tres tipos de acuerdo con el contenido mínimo en anhídrido silicio soluble y óxidos de alúminos y férricos contenidos.

- Cal hidráulica I conteniendo el 20%.
- Cal hidráulica I conteniendo el 15%.
- Cal hidráulica I conteniendo el 10%.

Para cualquiera de estos tres tipos el contenido de anhídrido carbónico no debe ser mayor del 5%.⁽³⁾

2.5 AGREGADO PÉTREO DE LA MATRIZ INORGÁNICA.

2.5.1.- DEFINICION Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS INERTES.

Los agregados pétreos que se utilizan en la elaboración del concreto y mortero, son materiales teóricamente inerte, de volumen prácticamente constante, que al se utilizados en conjunto con las pastas aglutinantes en las proporciones adecuadas, nos dan morteros y concretos de características muy diversas.

Los agregados o materiales inertes constituyen alrededor del 75% en volumen de una mezcla típica de mortero; por tanto es considerada como el soporte de la mezcla.

El termino agregados comprende las arenas, gravas naturales y piedra triturada utilizadas para preparar morteros y concretos.⁽¹⁾

2.5.2.- APLICACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS INERTES.

Los agregados pétreos se utilizan con dos fines principalmente:

- 1) Para obtener una reducción al mínimo de los cambios volumétricos que se originan al fraguar el cemento, ya que funciona como disipadores del calor de fraguado del cemento.
 - 2) Para abatir costos del concreto o mortero ya que al incluirse con la pasta cementante, originan un abudamiento de esta con la consiguiente economía.
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Por lo que se refiere al primer fin, los cambios volumétricos que puedan presentarse como consecuencia de la reacción química exotérmica entre el agua y el cemento, originan expansiones en un principio y contracciones posteriores dentro de la masa, lo cual genera presencia de grietas con la consiguiente reducción de resistencia. Tales agrietamientos se pueden evitar o reducir considerablemente mediante la inclusión dentro de la pasta cementante, de agregados pétreos que permitan la disipación interior de las temperaturas originadas por tal reacción química. Los agrietamientos no solo son factor de debilitamiento de la resistencia del concreto, si no que también intervienen en la reducción de la vida útil del elemento estructural en que tal fenómeno se presenta, ya que a través de las grietas se permite el paso del agua que oxida el acero de refuerzo, dañando además su interior al presentarse descensos en la temperatura. Los descensos de temperatura provocan aumento de volumen del agua depositado en las grietas, al convertirse en hielo; estos aumentos de volumen originan esfuerzos interiores que tratan de separar a las grietas o fisuras, rompiendo la estructura interna y la cohesión entre la pasta cementante y los agregados pétreos. (1)

2.5.3.- CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS PETREOS POR SU TAMAÑO DE GRANO.

Los agregados pétreos se dividen en finos y gruesos, siendo la arena el más común de los agregados finos y los segundos, dependiendo de su tamaño máximo de sus granos comprenden: confitillo, grava y matatena. A continuación se observa los rangos de tamaño de grano para clasificación de los agregados pétreos:

DENOMINACION	TAMAÑO DE GRANO	
	DESDE	HASTA
Arenas	0.02 mm	6 mm (0.25")
Confitillo	6 mm (0.25")	38 mm (1.5")
Grava	38 mm (1.5")	89 mm (3.5")
Matatena	89 mm (3.5")	152 mm (6")

Tabla 1. Clasificación de los agregados pétreos inertes.

En la elaboración de morteros, solo se usan agregados pétreos finos (arena), por esta razón solo se analizara este tipo de agregado. (1)

2.5.4.- DEFINICION Y CLASIFICACION DE LAS ARENAS.

Las arenas se pueden definir como el conjunto de granos sueltos e incoherentes y de estructura cristalina, los cuales atraviesan la malla No. 4 y son retenidos en la malla No. 200, los cuales pueden provenir de la disgregación de las rocas naturales por procesos mecánicos o químicos y que, arrastrados por corriente aéreas o fluviales, se acumulan en

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

lugares determinados. Artificialmente se obtienen por trituración y molienda de las rocas duras. (1)

Las arenas para elaboración de mezclas aglomerantes con cal, deben ser apropiadas para mezclarse en el mortero y no contener barro o suciedad, la mejor debe crujir al frotarla con la mano, la que tiene barro no lo hace. Colocada sobre un lienzo blanco no lo debe manchar. (5)

Las arenas de acuerdo con su tamaño de grano se clasifican en:

- 1) Arena gruesa. Los granos pasan la malla No. 4 y son retenidos en la malla No. 10.
- 2) Arena media. Los granos pasan la malla No. 10 y son retenidos en la malla No. 40.
- 3) Arena fina. Los granos pasan la malla No. 40 y son retenidos en la malla No. 200.

Las arenas pueden clasificar de acuerdo con su origen:

- 1) Arena sílica o cuarzosa.
- 2) Arena de caliza.
- 3) Arena granítica.
- 4) Arena arcillosa.

De acuerdo con su dureza y estabilidad química, las arenas silíceas son las mejores. Las arenas calizas, si provienen de calizas duras, son también buenas, debiéndose rechazar la blandas. Las graníticas, por su alterabilidad y su poca homogeneidad, no deben usarse, salvo en el caso que contengan bastante cuarzo. Las arcillosas se pueden emplear si la cantidad de arcilla es menor al 3% pues alteran el fraguado y la plasticidad de los morteros.

También, las clasificamos por el origen de su procedencia:

- 1) Arena natural. Es aquella que no ha sufrido un proceso químico industrial para lograr la obtención.
 - 2) Arena artificial. Es el producto obtenido de la industrialización de otros materiales que sirven de materia prima y al someterse a cambios químicos por calcinación o por tratamientos especiales, producen en ellos una
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

transformación completa que los hace adquirir ciertas propiedades ventajosas para su utilización.

Las arenas artificiales son de granos angulosos y superficies rugosas, están exentas de polvos por el proceso de cribado y selección a que se les someten después de ser trituradas y molidas. Son aptas para morteros y concretos siempre que provengan de rocas duras y no tengan aristas muy vivas y ángulos muy agudos, pues hacen que disminuya la resistencia del conjunto.

Otra clasificación que encontramos es de acuerdo al tipo de yacimiento:

- 1) Arena de río. Estas arenas son de bancos de ríos que en ciertos casos se les puede designar como playones, los cuales se encuentran en las riveras y cauces de ríos abandonados o actuales pero que generalmente se explotan en temporada de estiaje. En esta época es posible verlo teniendo en una extensión bastante amplia y es posible hacer su explotación mediante palas mecánicas que depositan el material en los camiones de volteo y estos los llevan a las cribas y así poder clasificarlo. Estos bancos suministran materiales de buena calidad y de fácil y económica explotación; sin embargo las arenas de ríos en zonas tropicales contienen comúnmente una gran cantidad de materia orgánica que resulta perjudicial para la mezcla de mortero o concreto. Normalmente sus partículas son de forma redonda y esto se debe al acarreo que han sufrido.
- 2) Arenas de mina. Son las depositadas en el interior de la tierra, están generalmente formadas por granos más angulosos y ordinariamente contienen arcilla y materias orgánicas. De acuerdo con la calidad y cantidad de las impurezas que contienen las arenas, se presenta de coloración azul, pardo o rosa. Las azules son las más puras, por venir de la desintegración de las andesitas. Las arenas pardas contienen un porcentaje alto de polvos y las rosas contiene óxidos; ambas, mediante un proceso de lavado, pueden usarse ventajosamente. Dentro de las arenas de color rosa existen las llamadas poma rosa de características puzolánicas y muy aptas para emplearse en la elaboración de los morteros de cales aéreas. Todas las minas debido a que están cubiertas es preciso proceder a su explotación abriendo galerías o atacando grandes frentes, lo cual eleva considerablemente el costo de explotación.
- 3) Arenas volcánicas. Los agregados volcánicos suelen encontrarse en las faldas y zonas próximas a los volcanes; se encuentran constituidos por basaltos, andesitas y tobas porosas, como por ejemplo el tezontle, la piedra pómez, el tepetate, etc.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- 4) Arenas de playas marítimas o duna. Estas arenas debido a la constante clasificación que sufren por las corrientes del mar (oleaje) y por viento, se extienden en grandes zonas y se encuentran constituidas por material fino cuyas partículas son casi todas del mismo tamaño; para utilizar este tipo de agregado es necesario mezclarlo con otro de diferente procedencia, con el fin de mejorar su granulometría. Estas arenas se podrán utilizar en la construcción mediante un proceso previo de lavado con agua dulce y siempre que sus granos tengan el tamaño adecuado; pues contienen sales alcalinas, que absorben y retienen la humedad, dando con el tiempo a eflorescencias que son dañinas para los acabados interiores. Si sus granos son muy pequeños, los morteros que con ella se formen resultaran antieconómicos y tendrán muy poca plasticidad.

- 5) Arena de canteras. Las canteras son bancos de explotación de agregados que se encuentran en las faldas de cerros o montañas. Su explotación se hace de forma abierta parcial o total, atacando uno o varios frentes laterales del cerro o de la montaña. El material resultante se acostumbra someter a trituración para reducir los tamaños de las partículas; se obtienen agregados de buena calidad si se elige una roca sana (no atacada por los agentes del intemperismo) y de estructura uniforme. Se aconseja eliminar las rocas tales como pizarras, esquitos y otras que presenten plano de fractura, ya que al someterlas a la trituración se obtendrán agregados lajudos que son indeseables en cualquier mezcla de mortero o concreto, se tendría que aumentar el contenido de arena y de cemento para lograr mezclas manejables.⁽¹⁾

2.6.- MODIFICADORES ORGANICOS E INORGANICOS DE LA MATRIZ.

2.6.1.- MANTECA.

Nombre que se aplica a la grasa de los animales y sobre todo a la del cerdo. En términos químicos, es un tipo de lípido, un triglicérido, compuesto por ésteres del alcohol glicerina y tres moléculas de ácidos grasos; es sólido a temperatura ambiente. Los triglicéridos son uno de los componentes principales del depósito de grasa de reserva en las células animales y vegetales. Hasta principios del presente siglo las únicas grasas alimenticias que se consumían eran la manteca de vaca y la manteca de cerdo; ahora se consideran otros tipos de mantecas. Por extensión, se denomina manteca a la grasa de algunos frutos, como la manteca de cacao y la de coco. Manteca también se denomina al producto que se obtiene por batido, amasado y posterior maduración de la sustancia grasa de la leche, una vez que se ha separado de ésta. ⁽⁶⁾

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

2.6.2.- YEMA DE HUEVO.

La yema de huevo se aproxima al 60% del peso del huevo, es rica en lípidos predominando los saturados y el colesterol (unos 250-360 mg por unidad de 50-60g.), tiene también vitaminas liposolubles, fósforo y algo de hierro.

El color de la yema depende de la alimentación de la gallina, a mayor presencia de carotenos mas color tendrá la yema. Los huevos de doble yema son producidos generalmente por gallinas jóvenes, mismas que aun no tienen su ciclo de producción completamente sincronizado. En un huevo fértil, la yema es el sitio donde el embrión se crea. (7)

2.6.3.- CLARA DE HUEVO.

La clara de huevo se le conoce también como albumen. La clara presenta el 30% del peso del huevo y esta formada sobre todo por proteínas. La ovo albúmina es la mas abundante y esta considerada como “La proteína Patrón” por su correcta proporción de aminoácidos esenciales. Encontramos también la avidina que es una proteína sensible al color, cuando se tomo el huevo crudo se combina con la vitamina biotina formando un complejo que hace que esta vitamina se absorba.

La clara de huevo crudo es opalescente y no parece blanca hasta que es cocida o batida. Un color amarillo o verdoso en una clara cruda puede indicar la presencia de riboflavina. Nubosidad en la clara se debe a la presencia de dióxido de carbono que no ha escapado a través del cascara y por lo tanto indica que el huevo es muy fresco. Las membranas testaceas son estructuras proteínicas que rodean la clara y en extremo forman la cámara de aire cuanto mayor sea esta mas viejo es el huevo. (7)

2.6.4.- MUCILAGO DE NOPAL.

El nopal se caracteriza por tener tallos planos comúnmente llamados pencas, cubiertos de agrupados pelos rígidos llamados gloquidos y por lo general también de espinas que son hojas modificadas esclerificadas. Segregan una sustancia viscosa llamada mucílago o comúnmente llamada baba de nopal, cuya función es cicatrizar las heridas de la propia planta. El contenido nutricional comprende minerales como calcio, hierro, aluminio, magnesio, sulfatos, fosfatos, potasio, sílice, sodio, carbohidratos, componentes nitrogenados, además de vitaminas A, B1, B2, C. Una característica importante, es su alto contenido de carbohidratos que agrupados en grandes cadenas forman almidón como aditivo en la elaboración de morteros, sirve para la retención de agua en el amasado y favorece el fraguado. (8)

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

2.6.5.- SANGRE.

Sustancia líquida que circula por las arterias y las venas del organismo. La sangre es roja brillante o escarlata cuando ha sido oxigenada en los pulmones y pasa a las arterias; adquiere una tonalidad más azulada cuando ha cedido su oxígeno para nutrir los tejidos del organismo y regresa a los pulmones a través de las venas y de los pequeños vasos denominados capilares. La sangre está formada por un líquido amarillento denominado plasma, en el que se encuentran en suspensión millones de células que suponen cerca del 45% del volumen de sangre total. Tiene un olor característico y una densidad relativa que oscila entre 1,056 y 1,066.

Una gran parte del plasma es agua, medio que facilita la circulación de muchos factores indispensables que forman la sangre. Un milímetro cúbico de sangre humana contiene unos cinco millones de corpúsculos o glóbulos rojos, llamados eritrocitos o hematíes; entre 5.000 y 10.000 corpúsculos o glóbulos blancos que reciben el nombre de leucocitos, y entre 200.000 y 300.000 plaquetas, denominadas trombocitos. La sangre también transporta muchas sales y sustancias orgánicas disueltas. (6)

2.6.6.- LECHE.

Es un licor blanco que se forma en los pechos de las mujeres y de las hembras de los animales vivíparos para alimento de sus hijos o crías. En su composición química entran proteínas, lucidos, lípidos y sustancias minerales. La principal proteína de la leche es una fosfoproteína, la caseína que se encuentra en solución, en forma de sal que no coagula por la acción del calor

La grasa de la leche se encuentra emulsionada en gotitas, por el reposo, se separan y reúnen en láminas superficiales que constituyen la crema. (9)

2.6.7.- CEMENTO.

Sustancia de polvo fino hecha de argamasa de yeso capaz de formar una pasta blanda al mezclarse con agua y que se endurece espontáneamente en contacto con el aire.

El cemento tiene diferentes composiciones para usos diversos. Pueden recibir el nombre del componente principal, como el cemento calcáreo, que contiene óxido de silicio, o como el cemento epoxiaco, que contiene resinas epoxídicas; o de su principal característica, como el cemento hidráulico, o el cemento rápido. Los cementos utilizados en la construcción se denominan en algunas ocasiones por su origen, como el cemento romano, o por su parecido con otros materiales, como el caso del cemento Pórtland, que tiene cierta semejanza con la piedra de Pórtland, usada en Gran Bretaña para la construcción. Los cementos que resisten altas temperaturas se llaman cementos refractantes.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

El cemento se asienta o endurece por evaporación del líquido plastisizante, como el agua, por transformación química interna, por hidratación, o por el crecimiento de cristales entrelazados. Otros tipos de cemento se endurecen al reaccionar con el oxígeno y el dióxido de carbono de la atmósfera.

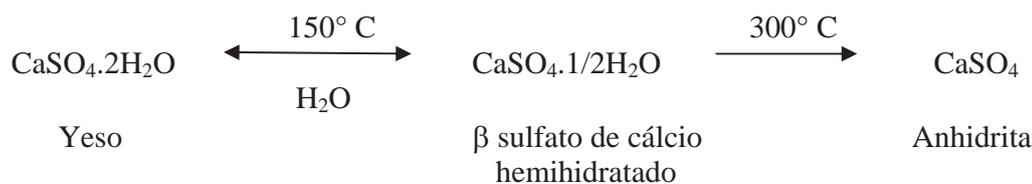
Los cementos Pórtland típicos consisten en mezclas de silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) y silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) en diversas proporciones, junto con pequeñas cantidades de compuestos de magnesio y hierro. Para retardar el proceso de endurecimiento suele añadirse yeso. (6)

2.6.8.- YESO.

Los productos en base a yeso tienen una utilización muy amplia en la industria de la construcción como acabados para muros interiores y en la producción de laminados interiores donde los requerimientos estructurales son bajo. El yeso son cementos de sulfato de calcio dihidratado y este se lleva a través de una reacción de transformación a partir del β , sulfato de calcio hemihidratado ($\text{CaSO}_4\cdot\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) formado por un calentamiento controlado del yeso natural. Al mezclarlo con agua pasa las siguientes tres etapas: 1. disolución, 2. precipitación y 3. cristalización de cristales monoclinicos de sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Si la temperatura de calcinación es elevada, se forma el compuesto químico sulfato de calcio anhidro, la cual es mucho menos reactiva.

La deshidratación ocurre lentamente para el yeso natural a temperaturas inferiores de 150°C . Y esta temperatura se escoge para asegurar una rápida y completa descomposición.



Los recubrimientos de yeso tienen la ventaja de un fraguado rápido y desarrolla rápidamente su resistencia. El tiempo de fraguado puede controlarse a través de un proceso de manufactura. La mayor desventaja de los recubrimientos de yeso como material estructural es su baja resistencia al agua. El yeso es muy soluble en agua, lo que hace su uso impracticable en lugares donde se espera un contacto con agua. Debe notarse que las pastas hechas de yeso son ricas en iones sulfato y la proximidad de estos recubrimientos con concretos hechos en base cemento Pórtland puede originar el ataque por sulfatos.

Adicionalmente estos iones sulfato pueden atacar rápidamente a los aceros aumentando la velocidad de corrosión de los mismos.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Por esta razón este tipo de morteros quedan fuera de todo uso de laminados de secciones delgadas donde el acero sea utilizado como refuerzo.

En esta tesis el yeso solo se uso como otro estándar de referencia y no se pensó en el uso de matriz para la formación de laminados de ferro cemento. (10)

2.7.- APLICACIONES DE LOS MORTEROS EN SECCIONES DELGADAS.

2.7.1.- EL FERRO CEMENTO.

Se ha dado el nombre de ferro cemento al material fabricado con un mortero de arena y cemento y un refuerzo metálico constituido con mayas metálicas de diferente tipo y barras de acero de diferentes diámetros.

El esqueleto metálico se forma generalmente con varillas del No. 2, 3 o 4, pueden emplearse mallas electro soldadas y el armado se completa con varias capas de tela de gallinero que pueden ser de alambres de diferentes calibres o de metal desplegado. (11)

2.7.2.- LOS MATERIALES.

El mortero.

Para la fabricación de este, se puede emplear casi cualquier tipo de cemento, dependiendo de la aplicación que se le quiera dar el elemento construido.

La relación cemento-arena, puede ser de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ en volumen es decir aproximadamente de 800 a 400 Kg. de cemento por m^3 de arena. Se recomienda que toda la arena pase por la malla No. 8.

La relación agua-cemento puede variar desde 0.35 a 0.50 en volumen.

Las telas de gallinero.

Estas se emplean frecuentemente de las fabricadas con calibres No. 20 y 22 pero se han empleado también de calibres 25 y 26. Es decir alambres comprendidos entre los diámetros de 0.5 a 1.5 mm. Aberturas hexagonales de $\frac{1}{2}$, $1 \frac{1}{2}$ " ocasionalmente hasta de $\frac{1}{4}$ ".

TIPOS DE ALAMBRES (S W G)			TIPO (B W G)	
CALIBRE	DIAMETRO (mm)	AREA (mm ²)	DIAMETRO (mm)	AREA (mm ²)

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

15	1.83	2.63		
16	1.59	1.986		
17	1.37	1.474		
18	1.21	1.15	1.24	1.21
19	1.04	0.849	1.06	0.894
20	0.88	0.608	0.889	0.62
21	0.81	0.515	0.812	0.518
22	0.73	0.418	0.71	0.396
23	0.66	0.342	0.635	0.317
24	0.58	0.264	0.558	0.254
25	0.52	0.212	0.508	0.203

Tabla 2. Tipos de alambres empleados en la fabricación de telas de gallinero.

Los tipos de alambres presentados en la Tabla 2 son los más empleados en la fabricación de mallas y usados como refuerzo en elementos de ferro cementos.

En tableros construidos para las casa, tanto para muros como techos, cerramientos de trabes así como para los cascarones, se han empleado mallas de gallinero fabricadas con alambres calibre 20 y 22. También se emplean mallas de metal desplegado una de las mas usadas es la designada con la clasificación E10-22 Refuerzo de varilla y/o mallas electro soldadas.

Mallas electro soldadas.

De las mallas electro soldadas se han empleado principalmente dos tipo. Las clasificadas como 6,6 - 4/4 y 6,6 - 6/6. Los dos primeros números significan la separación entre alambres en dos direcciones perpendiculares formando una retícula, así en los dos tipos anteriores la separación entre alambres en sentido transversal y longitudinal es la misma y es de 6" (15.24cms.) y los segundos números indican el calibre de los alambres de malla.

TIPO	DIAMETRO (mm)	AREA (ALAMBRE) (mm ²)	PESO/m ² (Kg./m ²)
6×6-1/1	7.19	40.66	4.309
6×6-2/2	6.65	34.73	3.706
6×6-3/3	6.20	30.19	3.204
6×6-4/4	5.72	25.70	2.729
6×6-6/6	4.88	18.70	1.982
6×6-8/8	4.11	13.27	1.412
6×6-10/10	3.43	9.24	0.982
6×6-12/12	2.67	5.60	0.595

Tabla 3. Tipos de mallas electro soldadas mas comunes en México.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

El límite elástico de estos alambres es del orden de 5000 Kg./m².

El número de capas de tela de gallinero es muy variable, el Profesor Shah propone un promedio de 5 capas por cm. de espesor, sin embargo en el caso de barcos se ha empleado 8 capas para 2.5 cm. de espesor lo que daría 3.2 capas por cm. En cascarones construidos de 3 cms. de espesor se han empleado 4 capas de tela de gallinero de alambre calibre 22 y en tableros para muros y techos se ha empleado 3 capas. (11)

2.7.3.- CUALIDADES Y CARACTERISTICAS.

- 1) Los materiales básicos empleados en su fabricación se pueden obtener fácilmente aun en países de poco desarrollo.
- 2) La capacitación de la obra de mano necesaria es rápida y fácil.
- 3) Los elementos que se fabrican tienen un espesor muy pequeño por lo tanto disminuyen las cargas muertas.
- 4) A los elementos que se fabriquen se les puede dar prácticamente cualquier forma de acuerdo con la necesidad o el deseo del usuario.
- 5) Tiene las cualidades de un elemento ideal prefabricado, es decir que pueden producirse elementos en una fábrica con procesos de producciones serie o al pie de la construcción, con mano de obra elemental y sin requerir instalaciones y maquinaria pesada.
- 6) A pesar de que los elementos construidos son de pequeño espesor, tienen un alto grado de impermeabilidad, como se ha demostrado en los casos de los barcos, tanques de almacenamiento, forro de canales etc.
- 7) En el caso de los cascos de barcos, tienen la ventaja sobre madera de que no puede ser atacados por los Teredos Navalis.
- 8) Los elementos fabricados pueden fácil y económicamente reparados, en el caso de que hayan sufrido algún deterioro o golpe, esto se ha comprobado tanto en los elementos estructurales como en el caso de los cascos de barcos que han sufrido daños por impacto. (11)

2.8.- CORROSION EN MATERIALES DE MATRIZ CEMENTICIA.

La corrosión es la destrucción de un metal por una reacción química o electroquímica, con su medio ambiente. Hay otras formas similares de degradación de materiales: los disolventes que atacan a los materiales orgánicos, el hidróxido de sodio

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

disuelve el vidrio, los plásticos pueden hincharse o agrietarse, la madera puede agrietarse o pudrirse y el cemento Pórtland puede deslavarse. Por lo tanto la definición podría ampliarse a: “la corrosión es el deterioro y pérdida de material debido al ataque químico”.

La corrosión de los metales es un fenómeno que ya se entiende con cierto grado de detalle. La corrosión como reacción química, es una característica de los metales asociada con la libertad de sus electrones de valencia. La corrosión galvanica ocurre cuando dos metales no semejantes están en contacto eléctrico entre si y expuestos a un electrolito. La corrosión por un gas implica la reacción entre un metal y las moléculas de un gas. La corrosión por rozadura, debida al desgaste mecánico en una atmósfera corrosiva. Los daños por cavitación que sirven para acelerar la corrosión por la aspereza formada en la superficie. La corrosión subterránea ocasionada por la acides del suelo. La corrosión microbiológica debido a la actividad de diversos microorganismos y la corrosión selectiva que conduce al deterioro de las aleaciones.

El deterioro del concreto y los morteros se atribuye, en parte, a las reacciones químicas entre las álcalis del cemento y los constituyentes minerales de los agregados. El deterioro también acontece por el contacto con diversos agentes químicos, que lo atacan en una de tres formas:

- 1) Corrosión resultante de la formación de productos solubles que se eliminan por lixiviación (deslave).
- 2) Reacciones químicas que dan origen a productos que producen expansión, por que su volumen es mayor que el del espacio disponible en la pasta en la cual se formaron.
- 3) Deterioro de la superficie por la cristalización de las sales en los poros, con humectación y secado alterno. Las sales producen presiones que pueden causar deterioro interno.⁽¹²⁾



CAPITULO III

METODOS DE PRUEBA

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

3.-METODOS DE PRUEBA.

3.1.-PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PASTA DE CEMENTO.

3.1.1.-EQUIPO PARA DETERMINAR LA FLUIDEZ DE LOS MORTEROS.

Mesa de fluidez y soporte.

a).- El aparato para la mesa de fluidez constará de un soporte rígido de hierro y una mesa circular también rígida de diámetro $254 + 3\text{mm}$, con un eje atornillado a su parte inferior perpendicularmente a la cara superior. La mesa y el eje con su saliente integral de contacto, se montarán en el soporte de tal forma que por medio de una leva giratoria se eleven y caigan verticalmente desde una altura especificada, con una tolerancia de $(+/-) 0.1\text{ mm}$. para mesas nuevas y 0.4 mm . para usadas. La cara superior de la mesa será una superficie plana finamente maquinada, libre de huecos y defectos superficiales.

La parte superior de la mesa será de latón o de bronce colados, 8mm de espesor en el borde y tendrá seis nervaduras radiales integrales rígidas. La mesa con el eje fijo pesará $4100 + 50\text{ grs.}$; el peso será simétrico respecto al centro del eje.

b).- La leva y el eje vertical serán de acero al carbón grado medio para maquinaria, endurecido.

El eje deberá ser recto y la diferencia entre su diámetro y el de la perforación del soporte no será menor de 0.05mm ni mayor de 0.075mm para mesas nuevas, manteniéndose en una tolerancia de 0.5 mm . a 0.25mm . para mesas usadas. El extremo del eje no hará contacto con la leva al final de una caída, pero deberá tener contacto con ella en un ángulo no menor de 120 grados antes del punto de caída. La cara de la leva será una curva espiral suave con un radio que se incremente uniformemente desde $13\text{ a }32\text{mm}$ en 360 grados y no debe apreciarse ninguna sacudida cuando el eje se ponga en contacto con la leva. Las caras de contacto de la leva y del eje serán tales que la mesa no gire más de una revolución en 25 caídas . Las superficies del soporte y de la mesa que están en contacto al final de la caída se mantendrán lisas, planas, horizontales y paralelas a la cara superior de la mesa. El contacto entre ellas debe abarcar los 360 grados .

c).-El soporte de la mesa será monolítico, de hierro colado de alto grado de grano fino. Tendrá tres nervaduras integrales rígidas a todo lo alto, localizadas a cada 120 grados . La parte superior del soporte debe endurecerse hasta una profundidad de aproximadamente 6mm y pulirse para que sea perpendicular al taladro central, a fin de que se logre un contacto continuo de 360 grados con la saliente del eje. La cara inferior del soporte debe pulirse para obtener un contacto completo con la placa de acero sobre la cual descansa.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.



Fotografía 1. Mesa de fluidez.

Lubricación de la mesa.

El eje de la mesa se mantendrá limpio y se lubricará con aceite ligero (SAE-10). No debe haber aceite entre las caras de apoyo de la saliente del eje y el soporte. El aceite sobre la cara de la leva disminuirá el desgaste y facilitará la uniformidad del funcionamiento.

La mesa se levantará y se dejará caer doce veces o más inmediatamente antes de usarse si no se operado antes por algún tiempo.

Molde

El molde para colar el espécimen para el ensaye de fluidez será de latón o bronce colado. El diámetro de la boca superior será de $70 + 0.5\text{mm}$ para moldes nuevos y de $70 + 1\text{ mm. y } -0.5\text{ mm.}$ para moldes usados. Las superficies definidas por la base y el borde superior serán paralelas entre sí y perpendiculares al eje vertical de cono. La pared del molde tendrá un espesor mínimo de 5mm. El exterior del borde superior del molde será de tal forma que proporcione una pestaña integral que permita levantarlo adecuadamente. Todas las superficies tendrán acabado liso de máquina. Un escudo circular, de aproximadamente 250 mm. de diámetro, con una abertura central de aprox. 102mm de

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

diámetro de material no absorbente ni atacable por el cemento, deberá usarse con el molde de fluidez para evitar que el mortero se derrame sobre la mesa.

Apisonador.

El apisonador se fabrica de un material no absorbente, no abrasivo y no frágil tal como un compuesto de hule que tenga una dureza de 80 + 10 según el medidor de dureza "Shore A", o de madera de roble desecada que se haya convertido en no absorbente por medio de inmersión durante 15 minutos en parafina a una temperatura aproximadamente de 200° C (392° F).

Tendrá una sección transversal de 1.27 por 2.54 cm. (½" por 1") y una longitud conveniente de 13 o 15 cms. (5 o 6").

La cara del apisonador será plana y formara un ángulo recto con el eje longitudinal del mismo.

Llana.

La llana tendrá una hoja metálica de 10 a 15 cms. (4 a 6") de longitud, con bordes rectos.

3.1.2.-DETERMINACIÓN DE FLUIDEZ.

Para la determinación de la prueba de fluidez, una vez ya verificado el equipo cumpla con lo expuesto anteriormente, se procederá a realizar la prueba de fluidez de la siguiente forma:

- 1) Límpiase cuidadosamente la cara superior de la mesa de flujo, séquese y colóquese el molde de flujo en el centro de la mesa.
 - 2) Colóquese una capa de mortero de aproximadamente 2.5 cm. (1") de espesor en el molde y apisonese 20 veces con el apisonador. La presión del apisonado será justamente la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde.
 - 3) Después llénese con otra capa igual como se indicó anteriormente el molde con mortero, y apisonese como se especificó para la primera capa, enrásese el mortero hasta obtener una superficie plana y nivélese con la parte superior del molde haciendo pasar el borde recto de la llana (que se deberá mantener casi perpendicular al molde) con un movimiento de sierra sobre la parte superior del molde. Límpiase y séquese la mesa, poniendo especial cuidado en remover el agua alrededor del borde del molde de flujo.
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- 4) Levántese el molde un minuto después de completar la operación de mezclado. Inmediatamente, déjese caer la mesa desde una altura de 1.27 cm. (½”), 25 veces en 15 segundos.
- 5) El flujo es el aumento que resulte en el diámetro promedio de la base de la masa de mortero. Medida al menos en cuatro diámetros espaciados aproximadamente a intervalos iguales, expresado como porcentaje del diámetro de la base original.

Háganse morteros de prueba con varios porcentajes de agua hasta obtener el flujo especificado. Hágase cada ensaye con mortero fresco. (8)

Cálculos.

$$\text{Fluidez} = [(25 - D_e)/25]100$$

Donde:

Fluidez = Es el por ciento de fluidez.

D_e = Diámetro extendido en cm.

25 = Constante de la mesa de fluidez. (13)

3.2.-PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO PETREO.

3.2.1.- DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO PETREO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.

Este estudio es de mezclas de mortero, por lo tanto, como ya es conocido el agregado en función de su tamaño de grano será del tipo fino (arena).

El de mayor venta en la localidad de Morelia, Michoacán, proviene del banco “Joyitas” del cual podemos citar lo siguiente:

Banco de arena volcánica, la cual se obtiene en forma natural, por el tipo de yacimiento no presenta materia orgánica, lo cual lo hace ideal para trabajos en la construcción.

Para conocer más las propiedades físicas de este material se le realizan las siguientes pruebas:

- Granulometría.
- Pesos volumétricos.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- Absorción y Densidad.
- Impurezas orgánicas.
- Equivalente de arena.⁽¹⁾

3.2.2.- ANÁLISIS GRANULOMETRICO EN AGREGADOS FINOS.

Preliminares.

La composición granulométrica y la forma de los granos influyen esencialmente en las propiedades del mortero.

Las arenas de grano mezclado son las más desfavorables. La pasta del aglomerante, con los granos finos de arenas, actúa entonces como cola para la unión de los granos más gruesos. La cantidad necesaria de aglomerantes, por lo tanto, reducida. En cambio, si falta la fracción fina de la arena se necesita una mayor cantidad de aglomerante para rellenar los huecos que en tal caso se producen.

También exigen un elevado exceso de aglomerante las arenas de grano homogéneo (con gran porción de huecos) y las arenas con forma desfavorable de grano (aplanado, alargado, en forma de esquirlas) a las que es difícil dar buena compacidad. El grano mas favorable es el de dimensiones poco diferentes y de ser posible cúbico.

Alcance.

Este método incluye la determinación de la distribución de partículas, por tamaños, de agregados finos mediante cribado.

Una muestra de agregado seco, de peso conocido, se hace pasar a través de una serie de mallas, con aberturas cada vez más pequeñas, para determinar la distribución de partículas por tamaños.

Equipo.

- Tamices: No. 4, 8, 16, 30, 50,100 y 200.
- Balanza con exactitud dentro del 0.1 por ciento del peso del material.
- Charola
- Horno de secado.
- Muestra de prueba.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Muestra de prueba.

La muestra de agregado, cuyo análisis granulométrico vaya a efectuarse, debe mezclarse completamente y reducirse a una cantidad conveniente por medio de un partidor de muestras o por cuarteo. El agregado fino se humedecerá antes de la reducción, a fin de reducir al mínimo la segregación y pérdida de polvo. La muestra para el ensaye debe ser aproximada del peso deseado cuando este seca, y debe ser el resultado final del método de la reducción. No se permitirá que se haga la reducción hasta alcanzar un peso exacto predeterminado. Si los agregados finos y gruesos están mezclados entre si, el material debe separarse en dos tamaños usando la malla No.4.

Procedimiento.

- 1) Se seca la muestra hasta peso constante, a temperatura de $110 (+/-) 5^{\circ} \text{C}$.
 - 2) Se acoplan los tamices en orden decreciente de tamaño de abertura y se coloca la muestra en la malla superior. Los tamices deben agitarse a mano o mediante algún dispositivo mecánico por un lapso suficiente, establecido por tanteos o verificado a través de mediciones sobre la muestra real de prueba, para que cumpla con el criterio de aceptación del cribado descrito en el siguiente inciso.
 - 3) El cribado se continua durante un periodo necesario, de tal manera que , una vez terminado, no mas de 1.0 por ciento en peso, del resultado en cualquier malla individual, pase por ella durante un minuto de cribado continuo a mano, efectuado como sigue:
 - a) Con una mano se sostiene, en posición ligeramente inclinada el tamiz individual provisto de una tapa y de un fondo metálico ajustado en la parte inferior.
 - b) Mediante un movimiento hacia arriba se golpea con fuerza el costado de la malla contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, aproximadamente.
 - c) A continuación, se gira la malla $1/6$ de vuelta cada 25 golpes mas o menos.
 - 4) El cribado en seco es generalmente satisfactorio para ensayes de rutina en agregados con granulometría normal. Sin embargo, cuando se desee una determinación exacta de la cantidad total que pase la malla No. 200, primero debe ensayarse la muestra de acuerdo con la prueba de lavado. Al porcentaje que haya pasado la malla No. 200 mediante el cribado en seco se adiciona el porcentaje determinado por lavado. Al terminar la operación de secado de acuerdo con los incisos 2 y 3 anteriores.
 - 5) El peso de cada incremento en cada tamaño se determina al más próximo 0.1 por ciento del peso de la muestra en una balanza.
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Calculo.

Los porcentajes se calcularan con respecto al peso total de la muestra, incluyendo el material mas fino que la malla No. 200, que se haya determinado por el método de lavado.

Informe.

Incluirá alguno de los siguientes porcentajes:

- Porcentaje total de material que pasa por cada malla.
- Porcentaje total de material retenido en cada malla.
- Porcentaje de material entre mallas consecutivas, dependiendo de las especificaciones que vallan a aplicarse al material ensayado.
- Los porcentajes se registraran redondeando al numero entero mas próximo, excepto el porcentaje que pasa la malla No. 200, el cual se redondeara al 0.1 por ciento mas cercano.⁽¹⁾

3.2.3.- PESO VOLUMETRICO DE AGREGADOS

Alcance.

Este método incluye los procedimientos para determinar el peso volumétrico de agregados finos, gruesos, o una combinación de ambos.

Equipo.

- Bascula con exactitud dentro del 0.3 por ciento del peso de ensaya en todo el intervalo de uso, el cual se considerara que va desde el peso de la medida vacía, hasta el de la medida mas su contenido, a razón de 1600 Kg./m³.
- Varilla metálica para compactar de 15.9 mm de diámetro, lisa y punta de bala.
- Medida.

La medida será un recipiente metálico de forma cilíndrica y de preferencia con asas. Deberá ser impermeable, con las partes superiores e inferiores alineadas y aplanadas, preferentemente maquinados para que tenga dimensiones exactas en el interior y con rigidez suficiente para que se conserve su forma bajo condiciones severas de uso. El borde superior no debe tener aristas vivas, estará contenido en un plano con una tolerancia de 0.25 mm y deberá ser paralelo al fondo, con una tolerancia de 0.5 grados. Los recipientes de los tamaños mayores que aparecen en la tabla siguiente, deben reforzarse alrededor del borde superior con una banda metálica que proporcione un espesor total de pared no menor de 5

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

mm, en los 38 mm superiores. Las capacidades y dimensiones de los recipientes tienen que cumplir con los requisitos que se muestran en la Tabla 1 como sigue:

Capacidad (Its)	Diámetro interior (mm)	Altura interior (mm)	Espesor mínimo de metal		Tamaño máximo del agregado. (mm y pulg.)
			Fondo (mm)	Pared (mm)	
3	155	160	50	25	127 (0.5)
10	205	305	50	25	254 (1)
15	255	295	50	30	38.1 (1.5)
30	355	305	50	30	101.6 (4)

Tabla 4. Dimensiones de los recipientes para medir.

Muestra.

La muestra de agregado debe secarse hasta prácticamente peso constante, de preferencia en horno entre 105 y 110° C y después mezclarse completamente.⁽¹⁾

3.2.3.1.-DETERMINACION DEL PESO COMPACTADO. PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION CON VARILLA.

La compactación con varilla es aplicable a agregados que tengan tamaño máximo de 38.1 mm (1.5 pulgadas) o menos.

- 1) El recipiente para medir se llenara hasta la tercera parte de su volumen y la superficie se nivelara a mano. A continuación, se compactara la capa de agregado dando con la varilla compactadota 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. El recipiente para medir se llenara hasta las dos terceras partes de su volumen total y nuevamente se compactara con 25 golpes como ya se describió. Se llenara totalmente el recipiente hasta que el material sobre pase el borde superior, compactándolo en la misma forma. La superficie del agregado se nivelara a mano mediante un rasero, de modo que las porciones de las partículas mayores del agregado grueso sobresalgan compensen aproximadamente a los vacíos grandes que queden en la superficie del agregado de bajo del borde superior del recipiente.
- 2) Al compactar la primera capa, la varilla no deberá golpear con fuerza el fondo del recipiente. Al varillar la segunda y la última capa, se usara la energía suficiente para que la varilla penetre solo en la última capa de agregado que se haya colocado en el recipiente.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- 3) Se pesa el recipiente y su contenido y se registra el peso neto del agregado redondeando al más próximo 0.1 por ciento.
- 4) Este peso se divide entre el volumen del recipiente, obteniendo así el peso volumétrico seco varillado (P.V.S.V.).⁽¹⁾

3.2.3.2.- DETERMINACION DEL PESO SUELTO. PROCEDIMIENTO DE TRASPALO

- 1) El traspaleo es aplicable a agregados que tengan un tamaño máximo de 101.6 mm (4 pulgadas) o menos.
- 2) Se llena el recipiente por medio de una pala o un cucharón hasta que el material derrame descargándolo desde una altura no mayor de 5 cm. arriba de la parte superior del recipiente.
- 3) Se tendrá cuidado de evitar, hasta donde sea posible la segregación de las partículas que constituyen la muestra en diferentes tamaños. La superficie del agregado se nivelara después a mano con rasero, de tal manera que las porciones de partículas mayores que sobresalgan compensen aproximadamente a los vacíos grandes que queden en la superficie del agregado de bajo del borde superior del recipiente.
- 4) Después de pesar el recipiente y su contenido, se registra el peso neto del agregado redondeando al mas próximo 0.1 por ciento y se divide entre el volumen de recipiente obteniendo así el peso volumétrico seco suelto (P.V.S.S.).⁽¹⁾

3.2.4.- METODO DE ENSAYE PARA DETERMINAR LA ABSORCION DEL AGREGADO FINO Y GAVEDAD ESPECÍFICA.

3.2.4.1.-HUMEDAD DE ABSORCION EN ARENAS.

Preliminares.

Los agregados pétreos generalmente se almacenan en sitios próximos a la obra en donde quedan a la intemperie y como es natural se encuentran expuestos a los cambios atmosféricos, por lo que al presentarse una lluvia, absorben el agua hasta quedar completamente sobresaturados.

Como en la dosificación de mezclas de mortero y de concreto se requiere controlar perfectamente el agua de mezcla que interviene directamente en la reacción química con el aglutinante, es menester conocer la humedad de los agregados pétreo, para hacer ajustes en el agua de mezcla con el fin de que permanezca inalterable.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Alcance.

Determinar la capacidad máxima de absorción que tiene una arena expresada en porcentaje.

Equipo.

- Muestra representativa de aproximadamente 2 Kg.
- Una balanza sensitiva al 0.1 de gramo.
- Una serie de charolas para depositar las muestras de arena por ensayar.
- Una parrilla eléctrica.
- Un molde troncocónico de metal inoxidable o de latón con altura de 7.30 cm. y base de 8.89 cm. y 3.81 cm. de diámetro.
- Un pisón de metal inoxidable con un peso de 340 (+/-) 15 gramos.
- Una espátula

Procedimiento.

- 1) Se selecciona una o varias muestras de arena por ensayar, mediante el método de cuarteo sucesivos o con un partididor de muestras, cada muestra de aproximadamente 2kg. La muestra se pone a saturar como mínimo 24 horas.
- 2) Al termino de este tiempo se seca superficialmente la arena por medio del molde troncocónico como redescrive a continuación:
 - a) Se coloca la arena en la charola y se coloca en la parrilla eléctrica para realizar la eliminación del agua que tienen en exceso, esto es, hacer el secado de la arena en forma superficial.
 - b) Para saber cuando la arena esta seca superficialmente se coloca el molde troncocónico dentro de la charola con el diámetro mayor hacia abajo y se llena este cono con la arena en tres capas distribuyendo 25 golpes dados con el pisón, dando 12 a la primera capa, 8 a la segunda y 5 a la tercera. Inmediatamente después se retira el cono y si la arena trata de disgregarse quiere decir que ya esta seca superficialmente y si la arena mantiene su forma, significa que todavía tiene agua en exceso, por lo tanto, hay que seguir secando el material hasta que obtenga el secado superficial. Conforme valla perdiendo humedad la muestra hay que realizar más continuamente el procedimiento con el molde para evitar que se seque de masa el material.
- 3) Cuando la arena esta seca superficialmente hay que pesar una muestra de aproximadamente 300 grs. registrando este peso como peso saturado y superficialmente seco (PH).

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- 4) La muestra de 300 grs. se coloca en una charola para secarla hasta peso constante, o sea, hasta eliminar completamente el agua.
- 5) Para saber cuando el material esta seco se coloca el cristal sobre el material, si no lo empaña retiramos el material y lo dejamos enfriar un poco, procediendo a pesarlo y registrar este peso como peso seco de material (PS). Si todavía se empaña el cristal hay que seguir removiendo el material para secarlo completamente.

Cálculos.

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = ([PH-PS]*PS)/100$$

Donde

PH = Peso saturado y superficialmente seco en gramos.

PS = Peso seco del material en gramos.⁽¹⁾

3.2.4.2.- GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ARENAS.

Preliminares.

El valor de la gravedad especifica es un índice de la calidad del material (arena), el cual nos indicara si el material es muy poroso y si es alto, es muy pesado, por consecuencia es importante conocer esta propiedad.

Equipo.

- Una balanza con capacidad de 2 Kg. y un décimo de aproximación.
- Parrilla, charolas, espátulas.
- Cono de latón y pisón para secado superficial de la arena (Ver la prueba de humedad de absorción).
- Frasco de Chapman.

Procedimiento.

- 1) Se pone a saturar en agua, una muestra representativa de arena de 1.5 a 2 Kg. durante 24 horas como mínimo.
 - 2) De la muestra saturada se toma una porción de 1 Kg. y se escurre la humedad libre.
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- 3) Se procede a secar superficialmente la muestra y controlando el secado por medio del molde (cono) y pisón.
- 4) Se pesa el frasco de Chapman al décimo de gramo, se anota este peso como W0 y posteriormente se llena el frasco de agua hasta la mitad de la primera esfera.
- 5) Del material seco superficialmente se toma una porción de 200 a 300 grs. pesados al décimo de gramo y se anota como W1, la cual se coloca en el frasco. Se agita durante 5 minutos para eliminar burbujas de aire atrapadas; también se pueden eliminar rodando el frasco sobre una superficie horizontal, un tiempo conveniente.
- 6) Se llena hasta la marca de 450 ml del frasco de agua, se procede a pesar el frasco con el material y el agua y se anota ese peso como W2.

Cálculos.

La gravedad específica se calcula con la siguiente formula:

$$GE = W1/(450-[W2-W0-W1])$$

Donde:

GE = La gravedad especifica de la arena.

W0 = Peso de frasco de Chapman en gramos.

W1 = Peso del material en gramos.

W2 = Peso del frasco con el material y el agua.

450 = 450 ml capacidad total del frasco de Chapman.⁽¹⁾

3.2.5.- IMPUREZAS ORGANICAS EN ARENA.

Preliminares.

Las sustancias orgánicas son más que desechos de microorganismos, fracciones pequeñísimas de hojas y conchas, etc. que si existen en altas cantidades en el agregado fino, alteran en forma perjudiciales las reacciones normales entre el agua y el aglutinante.

Lo anterior da por resultado que se tenga una reducción en la resistencia de la mezcla de mortero o concreto.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Alcance.

Este método describe el procedimiento para determinar, en forma aproximada, la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en arenas naturales que se vayan a emplear en la fabricación de morteros o de concreto. El principal valor del ensaye radica en advertir que se deben efectuar mas ensayos de las arenas antes de considerarlas como adecuadas para los usos mencionados.

Equipo.

- Dos botellas iguales de vidrio incoloro de 250 a 350 cm³ con marcas cada 25 cm³ (frasco de biberón).
- Charolas, parrillas de secado, espátula, balanza, vasos de precipitado.
- Material para las soluciones y vidrio de color normal.
- Solución de sosa cáustica 30grs. por litro de solución normal en agua destilada.
- Cuando no se tiene el vidrio de color normal hay que preparar la solución de color normal como sigue:
 - a) Solución de ácido tánico 2 grs. en 10 cm³ de alcohol posteriormente se añaden 90 cm³ de agua destilada, se hace en un vaso de precipitado.
 - b) Solución de sosa cáustica 30 grs. por litro en agua destilada.
 - c) Se toman 2.5 cm³ de la primera solución (ácido tánico) y se reúnen con 97.5 cm³ de la solución de sosa cáustica.

Esta solución de color normal se hará simultáneamente con la prueba que se hace con la arena y se coloca en una botella de las indicadas anteriormente (frasco de biberón). Para después de 24 horas comparar los colores.

Procedimiento.

- 1) Se toma una muestra representativa de arena de 500 grs. aproximadamente.
 - 2) Se seca hasta peso constante a una temperatura no mayor de 110° C.
 - 3) Se coloca la arena seca y fría en una botella (frasco de biberón) hasta 133 cm³ adicionándole solución de sosa cáustica hasta los 206 cm³.
 - 4) Se tapa la botella y se agita fuertemente 2 minutos como mínimo, posteriormente se deja reposar mínimo 24 horas.
 - 5) Determinación del valor de color:
 - a) Procedimiento preferente. Al terminar el reposo de 24 horas, debe llenarse una botella hasta la marca correspondiente hasta 75 ml con la
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

solución que indica el color estándar de referencia, la cual tiene que prepararse dentro de las 2 horas anteriores, se compara el color del líquido que quede sobre la muestra (después de que esta se haya asentado) con el de la solución estándar de referencia y se registra si es más claro, más oscuro o de igual color. La comparación de colores se lleva a cabo con las dos botellas juntas y mirando a través de ellas.

- b) Procedimiento optativo. En lugar del método del inciso anterior, el color del líquido que quede sobre la muestra (una vez que esta se haya asentado) puede compararse con un vidrio de color equivalente al de la solución estándar de referencia, al respecto existe un instrumento adecuado con un vidrio de color estándar, montado en un marco.

Recomendaciones.

Si el color obtenido es más oscuro que el color normal, podemos sospechar un exceso de materia orgánica en la arena.

Para comprobarlo deberemos hacer otra prueba de impurezas orgánicas con la misma arena pero lavada ya que ocasionalmente se presentan materiales de origen inorgánico que reaccionan con la solución de sosa dando un color oscuro si existe materia orgánica. Esta es la razón por la cual debe repetirse la prueba y si esta vuelve a dar color oscuro deberemos completar la prueba de impurezas orgánicas con un análisis químico.⁽¹⁾

3.2.6.- EQUIVALENTE DE ARENA.

Alcance.

Determinar arbitrariamente las porciones volumétricas relativas de las partículas gruesas de un suelo con respecto a los finos plásticos que contiene y observando a la vez la ausencia o presencia de estos, empleando un procedimiento que amplifica el volumen de los materiales finos plásticos.

Equipo.

- Probeta de lucita o acrílico graduadas en decimos de pulgadas con tapón de hule.
- Tubo irrigador de latón o cobre con uno de sus extremos cerrado formando una punta en forma de cuña con dos agujeros laterales.
- Un tramo de manguera de hule con una pinza para obturarla.
- Un pisón metálico con peso de 1000 (+/-) 5 gramos.
- Cápsulas metálicas de 85 (+/-) 5 ml.
- Un embudo de boca ancha.
- Cronometro.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- Papel filtro No. 12.
- Solución de reserva, consiste en: cloruro de calcio, glicerina USP (normalizada) y formaldehído (solución volumétrica al 40%).
- Solución de trabajo.

Preparación de la solución de trabajo.

En un frasco se depositan 85 (+/-) 5 cm³ de la solución de reserva agregando agua destilada hasta completar 3.785 litros.

Preparación de la solución de reserva.

En un frasco se disuelven 454 gramos de cloruro de calcio en 1.89 litros de agua destilada, se deja enfriar la solución y se hace pasar a través del papel filtro, se le agregan 47 gramos de formaldehído en solución volumétrica al 40 por ciento y 2050 gramos de glicerina USP (normalizada) mezclando agua destilada hasta completar los 3.785 litros y agitando toda la solución para uniformizarla.

Procedimiento.

- 1) El material deberá ser la porción de la muestra que pase por la malla No. 4, de la cual se toman 500 gramos, aproximadamente procurando no se pierdan finos.
- 2) Se vierte solución de trabajo en las probetas hasta una altura de 4 pulgadas.
- 3) Se llenan las cápsulas de material y se golpea ligeramente para acomodar el material y se enrasa.
- 4) Se vierte el material en las probetas previamente preparadas usando el embudo para evitar la pérdida de material.
- 5) Se deja reposar por espacio de 10 minutos las probetas, procurando no moverlas en ese lapso de tiempo.
- 6) Transcurridos los 10 minutos se coloca el tapón de huelle a la probeta inclinándola para que se afloje el material del fondo y se agita longitudinalmente de un lado a otro con una carrera de 20 centímetros hasta completar 90 ciclos en 30 segundos.
- 7) Una vez realizado el agitado se introduce el tubo irrigador, se pica el material y con el mismo se baja el material que quedo en las paredes de la

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

probeta llenando esta con solución de trabajo hasta la marca de 15 pulgadas y se deja reposar 20 minutos.

- 8) Al término de los 20 minutos se lee en la escala de la probeta el nivel superior de la arcilla en suspensión la cual se denominara, lectura de arcilla.
- 9) Posteriormente se introduce el pisón lentamente hasta que este descansa sobre la arena, se gira el pisón lentamente sin empujarlo hacia abajo. Se anota la lectura correspondiente y se denominara, lectura de arena.

Se hace la observación de que la prueba debe realizarse por triplicado y se hará un promedio de los dos resultados más cercanos, eliminando el valor mas excedido.

Calculo.

Equivalente de arena = (lectura de arena *100) / lectura de arcilla.

El equivalente de arena esta en por ciento.

Entre menos arcilla presente el material es mejor para las mezclas de mortero y de concreto, por lo tanto una arena que reporte un equivalente de arena superior al 90 por ciento se considerara excelente para este tipo de aplicaciones.⁽¹⁾

3.3.- PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO

3.3.1.-RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE MORTEROS (Usando especimenes cúbicos de 5 centímetros (2”)) (ASTM C 109-63))

Alcance.

Este método se utiliza para determinar la resistencia a compresión de mortero ó concreto hidráulico. Mediante el uso de cubos apoyados sobre arena fina para darle una superficie de contacto uniforme.

Equipo.

- Molde metálico para la fabricación de cubos.
 - Espátula, probetas graduadas.
 - Charolas metálicas.
 - Máquina de pruebas.
 - Llana de madera.
 - Balanza
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- Arena fina.

Número de especímenes.

- Se harán tres o más especímenes para cada período de ensayos especificado.
- Estos especímenes deben ser elaborados utilizando moldes de 5 x 5 x 5 cms.

Mezclado.

Las cantidades de materiales secos (material pétreo y aglutinante) se deben mezclar al mismo tiempo en la bachada de mortero, enseguida se le adicionará el líquido de amasado y se mezclarán, para obtener la cantidad de especímenes requeridos.

Preparación de los moldes.

Cúbranse ligeramente las caras interiores de los moldes de los especímenes con aceite mineral o grasa lubricante ligera. Cúbranse ligeramente las superficies de contacto de las mitades de cada molde con aceite mineral pesado o con grasa lubricante ligera, tal como petrolato.

Después de ensamblar los moldes, remuévase el exceso de aceite o grasa de las caras interiores y de las superiores e inferiores de cada molde. Colóquense los moldes en placas de base planas y no absorbentes que se hayan cubierto ligeramente con aceite mineral, petrolato o grasa lubricante ligera.

Se aplicará a las aristas exteriores de contacto de los moldes y placas de base una mezcla de tres partes de parafina y 5 partes de resina, por peso, calentada hasta una temperatura comprendida entre 110 y 120° C (230 y 248° F), de tal manera que las juntas entre los moldes y las placas de base queden impermeables.

Moldeado de los especímenes de ensaye.

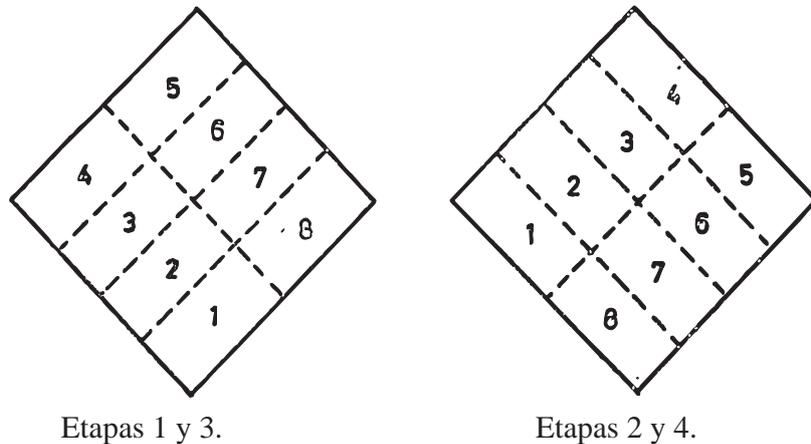
Inmediatamente después de completar el ensaye de flujo, regrésese el mortero del molde de flujo al recipiente de mezclado. Rápidamente regrésese a la bachada el mortero que se haya acumulado en los bordes del recipiente y mézclese la bachada entera durante 15 segundos a velocidad media.

Comiéncese el moldeado de los especímenes dentro de un tiempo total no mayor de 2 minutos 15 segundos, después de completar el mezclado original de la bachada de mortero, colóquese una capa de mortero de aproximadamente 2.5 cm. (1") de espesor en todos los compartimentos cúbicos.

Apisónese el mortero en cada compartimiento cúbico 32 veces en aproximadamente 10 segundos y en cuatro etapas. Cada etapa deberá formar ángulos rectos con la otra y

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

consistirá de ocho golpes adyacentes sobre la superficie del espécimen, como se ilustra en la figura 1. La presión de apisonado será justamente la suficiente para asegurar un llenado uniforme de todos los moldes. Se apisonará completamente un cubo con las cuatro etapas (32 golpes) antes de proseguir con el siguiente.



Etapas 1 y 3.

Etapas 2 y 4.

Fig.1 Etapas de apisonado.

Al completar el apisonado las partes superiores de todos los cubos, con el objeto de nivelar el mortero y hacer que el mortero que sobresale sobre el extremo superior de los moldes sea de espesor más uniforme, pásese suavemente el borde plano de la llana (con el borde de ataque ligeramente levantado) una vez a lo largo de la dirección longitudinal del espécimen. Córtese la superficie del mortero para obtener una superficie plana y nivelada con la parte superior del molde, pasando el borde recto de la llana (mantenida en posición casi perpendicular al molde) con un movimiento de sierra sobre la dirección longitudinal del molde.



Fotografía 2. Molde para cubos de prueba.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Almacenamiento.

Al terminar el moldeado de los morteros elaborados, se dejan a la intemperie y a las 24 hrs. se procede a retirarlos de los moldes y así se mantienen en tales condiciones hasta la edad de prueba, esto debido a que los morteros en este estudio fueron elaborados con cal hidratada, clasificándose como morteros aéreos, lo cual quiere decir que no fraguan en contacto con agua.

Procedimiento.

Todos los especímenes de ensaye para una edad determinada de ensaye se romperán con las tolerancias permisibles que se establecen a continuación:

EDAD DE ENSAYE	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 Horas	+ ½ hr.
3 Días	+1 hr.
7 Días	+ 3 hr.
28 Días	+ 12 hr.

Tabla 5. Tolerancia para la realización de las pruebas.

Remuévase cualquier arena suelta, granos o incrustaciones de las caras que se vayan a quedar en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensaye. Compruébense estas caras por medio de una regla derecha.

Aplíquese la carga a la cara de los especímenes que hayan quedado en contacto con las caras planas de los moldes. Colóquese cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensaye debajo del centro del bloque de apoyo superior. Antes de realizar el ensaye, se verificará que el bloque con asiento esférico pueda girar libremente. No deberán usarse materiales acojinados.

Puede aplicarse, a una velocidad conveniente, una carga inicial de magnitud igual a la magnitud de la carga máxima esperada para especímenes en los cuales se esperen cargas de más de 1360 Kg. (3000 Lbs). No deberá aplicarse carga inicial a especímenes en los cuales se esperen cargas menores de 1360 Kg. (3000 Lbs). Ajustese la velocidad de aplicación de la carga de tal manera que la carga complementaria (o la carga total en el caso de que se esperen cargas menores de 1360 Kg. (3000 Lbs) se aplique sin interrupción, hasta hacer fallar el espécimen a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 20 ni en más de 80 segundos. No deberán hacerse ajustes en los controles de la máquina de ensaye mientras el espécimen esté fluyendo rápidamente inmediatamente antes de la falla.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.



Fotografía 3. Prueba de compresión

Máquina universal de pruebas

Debe ser de acción hidráulica con capacidad suficiente y debe permitir aplicar la carga a la velocidad requerida para el ensayo por efectuar. A fin de que la aplicación de la carga sea uniforme y no intermitente, debe trabajar con electricidad.

La máquina debe estar equipada con dos placas apoyo de acero con superficies endurecidas.

Las caras de apoyo deben ser cuando menos iguales (de preferencia ligeramente mayores) al área cargada del espécimen al cual vaya a aplicarse la carga.

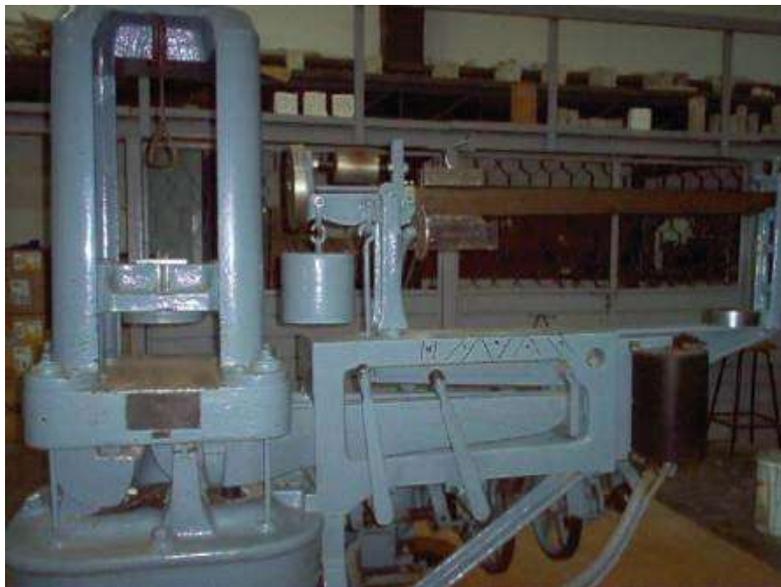
La máquina de pruebas utilizada para este trabajo es la “MÁQUINA UNIVERSAL DE PRUEBAS TINIUS OLSEN”.

Esta máquina tiene una capacidad de 50 toneladas y funciona por medio de un motor eléctrico, consta de una platina fija y una platina móvil, tiene un fiel graduado hasta 50,000 Kg., un jinete montado en el fiel que es el contrapeso en toneladas, un disco graduado cada 5 kilogramos de carga, un nivelador para que el fiel se mantenga siempre nivelado, cuenta con 4 velocidades hacia delante y 4 velocidades hacia atrás, al momento de hacer la prueba solo se utiliza la primera velocidad.

Esta máquina sirve para hacer pruebas de tensión, compresión, doblado o flexión, dependiendo de la sollicitación que se requiera.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Cuenta también con los aditamentos especiales para cada tipo de prueba (mordazas, bases circulares, puntas para doblado, etc.).



Fotografía 4. Maquina universal de pruebas Tinios Olsen.

Cálculos.

Registrada la carga total máxima indicada por la máquina, se calcula la resistencia a compresión, en Kg./cm² si la sección transversal de un espécimen difiere en más de 0.40cm² a la correspondiente de 25cm², úsese el área real para calcular la resistencia a compresión. Se deberán promediar y registrar, al más próximo 0.5 las resistencias a la compresión de todos los especímenes que hayan resultado aceptables y que se hayan fabricado con la misma muestra y ensayado en el mismo periodo.

Obtener valores confiables depende del cumplimiento de todos los procedimientos especificados con sus requisitos. Si en un cierto periodo de prueba se obtienen resultados erróneos, es señal de algunos requisitos o procedimientos no se han realizado cuidadosamente, por ejemplo, no ampliar la carga sobre toda la superficie del área, o movimiento lateral de alguna de las placas de la máquina al ampliar la carga, lo que conduce frecuentemente a valores menores de resistencia. Un espécimen que falle en estas condiciones, será considerado como defectuoso si su resistencia difiere en más de 10 % de promedio de todos los elaborados con la misma muestra y ensayados en el mismo periodo.

Después que se hayan descartado los especímenes o resistencias no aceptables, queden menos de dos valores para determinar la resistencia a compresión, correspondiente a un cierto periodo de prueba, deberá hacerse un nuevo ensaye.

Se calculará el esfuerzo a la compresión simple en base a la siguiente fórmula:

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

$$R = (P/A)$$

Donde:

P = es la carga de ruptura en kilogramos.

A = es el área de la sección transversal medida en cm².

R = es el esfuerzo que resiste el espécimen en Kg./cm².⁽⁸⁾

3.3.2.-RESISTENCIA A FLEXIÓN EN MORTEROS (Usando vigas libremente apoyadas con las cargas concentradas en los tercios del claro) (ASTM C 1018-97).

Alcance.

Este método se utiliza para determinar la resistencia a flexión de mortero ó concreto hidráulico. Mediante el uso de vigas simplemente apoyadas con cargas en los tercios del claro, moldeadas en laboratorio.

Equipo.

- Molde para la fabricación de vigas.
- Espátula, probetas graduadas.
- Charolas metálicas.
- Máquina de pruebas.
- Llana de madera.
- Accesorios para la prueba de flexión (4 apoyos de acero de ½ “ de diámetro). Los apoyos deben abarcar todo el ancho del espécimen.

Espécimen de prueba.

Vigas de prueba.- Especímenes de forma rectangular con relación 1:4 necesaria para determinar la resistencia a la flexión de diferentes materiales.

Estos especímenes deben ser elaborados bajo en mismo criterio que los cubos de mortero, utilizando moldes de 5 x 5 x 20 cms.

Las caras laterales del espécimen deben ser perpendiculares al fondo y a la cara superior.

En razón del número de especímenes, preparación de los moldes, proporcionamientos, consistencia, mezclado del mortero y almacenamiento, será igual que para la prueba de resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de mortero.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.



Fotografía 5. Molde para vigas

Procedimiento de prueba.

El espécimen debe voltearse sobre uno de sus lados (respecto a la posición inicial en la cual fue colado) y centrarse en los apoyos inferiores. Los apoyos superiores deben ponerse en contacto con la cara superior del espécimen sobre los puntos extremos del tercio central del claro entre apoyos inferiores. Si no se obtiene un apoyo completo entre los apoyos y el espécimen, es necesario cabecear. La carga deberá aplicarse a una velocidad constante, de modo que no produzca impacto.



6a) Antes de la aplicación de la carga. 6b) Después de la aplicación de la carga.
Fotografías 6a y 6b. Prueba de flexión (Apoyada en 4 puntos)

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Cálculos.

Si la fractura ocurre dentro del tercio medio del claro, el módulo de ruptura debe calcularse como sigue:

$$R = PI/(bd^2)$$

Donde:

- R = módulo de ruptura, en Kg. / cm²
P = carga máxima aplicada registrada por la máquina de prueba, en Kg.
I = claro entre apoyos en cm.
b = ancho promedio del espécimen, en cm.
d = peralte promedio del espécimen, en cm.

Aclaración: el peso del espécimen no está incluido en el cálculo anterior.

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio, en no más del cinco por ciento del claro, el módulo de ruptura se calculará como sigue:

$$R = 3 Pa/(bd^2)$$

Donde:

- R = módulo de ruptura, en Kg. / cm²
P = carga máxima aplicada registrada por la máquina de prueba, en Kg.
a = es la distancia entre la línea de fractura y el apoyo inferior más cercano, medida sobre el eje de simetría de la superficie inferior de la viga, en cm.
b = ancho promedio del espécimen, en cm.
d = peralte promedio del espécimen, en cm.

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio, en más del cinco por ciento del claro, los resultados de esta prueba deben descartarse. (8)

3.3.3.-RESISTENCIA A LA TENSIÓN EN ESPECÍMENES DE MORTERO. [ASTM C 190-59]

Equipo.

- Tamices No. 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200.
- Molde metálico para la fabricación de briquetas.
- Espátula, probetas graduadas.
- Tazón.
- Charolas metálicas.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

- Máquina de pruebas con mordazas metálicas para sujetar las briquetas de mortero (máquina de prueba tipo Michaelis).
- Llana de madera.
- Balanza

En razón del número de especímenes, preparación de los moldes proporcionamientos, consistencia, mezclado del mortero y almacenamiento, será igual que para la prueba de resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de mortero.

Espécimen de prueba (Briqueta).- Espécimen de forma y dimensiones fijadas, que se utiliza en el ensaye de aglutinantes tales como cemento, cal y yeso, para conocer sus características de resistencia a tensión.



Fotografía 7. Molde para briquetas.

Moldeado de los especímenes.

Habiéndose preparado la mezcla de mortero se procede a llenar el molde en dos capas, presionando ligeramente con los dedos pulgares ó índices la mezcla, en cada capa, para sacar el exceso de aire contenido en ésta.

Se enrasa el molde con la llana de madera para quitar el exceso de mezcla, después de haber compactado la capa superior, se enrasa a nivel de los bordes superiores del molde y se pulse pasando la llana varias veces. En las operaciones de mezclado y moldeado deben protegerse las manos con los guantes de hule.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Procedimiento de prueba.

Cada espécimen se limpia, enseguida se coloca en las mordazas metálicas, ajustando la briqueta en la máquina de pruebas.

Se deja caer la carga de municiones lentamente, hasta el momento de la falla, después se procede a pesar la carga de municiones y se anota para cada espécimen.

Se deberán ensayar por lo menos tres especímenes por edad de prueba.



8a) Antes de aplicar carga.

8b) después de aplicar carga.

Fotografía 8a y 8b. Prueba de tensión.

Cálculos.

Se calculará el esfuerzo a tensión simple en base a la siguiente fórmula:

$$T_s = (50 \times P) / A$$

Donde:

T_s = tensión simple, en Kg. / cm².

50 = coeficiente de la máquina.

P = carga de municiones, en Kg.

A = área de la sección transversal del cuello de la briqueta en cm².

Las briquetas que no cumplan con los requisitos dimensionales que se estipulan para este tipo de pruebas, se deben rechazar. Las briquetas que den resultados que varíen en más

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

del 15 % de la resistencia promedio, se deberán rechazar y cuando las probetas aceptadas sean dos para cada edad de prueba se deberá repetir la prueba con una serie de briquetas. (8)

3.4.-PROPIEDADES ELECTRICAS DEL MORTERO

3.4.1.- DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD ELECTRICA EN LOS MORTEROS.

Alcance.

La resistividad eléctrica es la propiedad de un material a oponerse al flujo de la corriente eléctrica e indica de forma indirecta la velocidad a la que se puede presentar la corrosión en aceros o metales embebidos en morteros, concretos y/o pastas que utilizan cualquier adhesivo inorgánico, orgánico, y sistemas híbridos orgánico-inorgánicos.

Equipo.

- Medidor digital de la resistencia del suelo de 4 clavijas.
- Electrodo de 10 * 10 cm.
- Esponjas húmedas.
- Muestras.

Descripción del aparato.

El medidor digital de la resistencia del suelo de cuatro clavijas, modelo 24-D1872 de la marca Controls, cuenta con una amplia escala, gran sensibilidad. Puede utilizarse con métodos de 4, 3 o 2 clavijas o electrodos. La unidad funciona mediante baterías y no tiene partes móviles.

Cuenta con las siguientes especificaciones:

- Escala: de 0.1 ohmios a 1.1 megaohmios en 8 campos con un 10% de solapamiento en todos los campos.
 - Sensibilidad: interruptor de funcionamiento de dos posiciones para sensibilidad equilibrada alta y baja.
 - Gran esfera de lectura con 100 divisiones, para una fácil lectura.
 - Totalmente estabilizado frente a las temperaturas, se mantiene la precisión en todas las escalas de temperatura a las que se enfrenta en cualesquiera condiciones de campo.
 - Insensible a las corrientes telúricas de AC o CC. Funciona en 97 Hz para rechazo de la línea de máxima potencia.
 - Puede utilizarse con métodos de 4, 3 o 2 clavijas o electrodos. (14)
-
-



Fotografía 9. El medidor digital de la resistencia del suelo de cuatro clavijas.

Procedimiento.

- 1) Se colocan las esponjas húmedas sobre los electrodos y se colocan sobre el espécimen en la zona que se quiera medir; estos electrodos deberán estar uno frente al otro.
- 2) Antes de poner a funcionar se colocan el medidor de escala o rango en la escala menor, el interruptor de sensibilidad en sensibilidad baja y la esfera de lectura en ceros.
- 3) Una vez realizados los dos incisos anteriores se prende el aparato y en la ventana de volts se verifica en que posición esta la aguja.
- 4) Se mueve el interruptor de sensibilidad, de sensibilidad baja a alta, si la aguja de volts esta del lado derecho, se mueve entonces el medidor de escala o rango a la escala superior siguiente y se vuelve a colocar el interruptor de sensibilidad, de sensibilidad alta a baja y se vuelve a repetir el procedimiento como marca al principio de este inciso, esto se repite hasta que la aguja de voltaje quede del lado izquierdo.
- 5) Una vez que la aguja quedo del lado izquierdo, se mueve el medidor de escala o rango, a la escala inferior inmediata ya que esta será el rango que utilizaremos, luego entonces se procede a mover la esfera de lectura hasta que la aguja del voltímetro se encuentre en el centro esto significara que esa será nuestra lectura.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Cálculos.

$$\text{Resistividad} = R (A/L)$$

Donde:

R = Lectura * Rango en omhs.

A = Área sumada de los dos electrodos en centímetros cuadrados.

L = Longitud que hay de separación entre los electrodos en centímetros.



Fotografía 10. Especímenes de ensaye



CAPITULO IV
RESULTADOS Y
DISCUSION

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.-DETERMINACION DE FLUIDEZ.

La fluidez es el incremento que resulta en el diámetro promedio de la base de la masa de mortero medido por lo meneos en 4 diámetros e intervalos poco mas o menos equidistantes expresado como porcentaje del diámetro original de la base. Deben elaborarse los morteros de tanteo variando el porcentaje de agua hasta obtener la fluidez especificada, cada nuevo intento debe hacerse con mortero nuevo.

La fluidez es una medida para determinar la cantidad de agua o solución de amasado. Nos determina entonces la relación agua / cemento de los morteros. Y esta relación es directamente proporcional al área superficial y tamaño de partícula del cementante o agregado; al reducir el tamaño de partícula se aumenta el área superficial y por lo tanto el requerimiento de mayor cantidad de agua y viceversa, al disminuir el área superficial y/o aumentar el tamaño de partícula la cantidad de agua requerida es menor.

En la Tabla 2, siguiente se puede apreciar que la solución de amasado varia en cantidad dependiendo del tipo de agregado; esta cantidad de solución de amasado es la requerida para formar una buena pasta cementante.

El porcentaje de fluidez también varía en relación del tipo de agregado. La fluidez así determinadas son las óptimas para una buena mezcla entre el agregado y la solución de amasado.

Tipo de Agregado	Peso del agregado (Kg)	Solución de amasado (lts)	Relación de la mezcla en volumen	Diámetro extendido (cm.)	Fluidez en %
CAL	22.800	23.0	1 : 2	16.7	33.3
YESO	NO	SE	REALIZO	LA	PRUEBA
MORTERO COMERCIAL	23.638	19.0	1 : 5	12.3	23
CEMENTO	21.318	20.3	1 : 5	14.0	40
MANTECA	26.000	23.0	1 : 2	13.5	30.5
CLARA DE HUEVO	25.600	23.0	1 : 2	12.0	20

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

YEMA DE HUEVO	25.400	23.0	1 : 2	12.0	20
MUCILAGO DE NOPAL	25.600	23.0	1 : 2	17.0	70
SANGRE	25.400	23.0	1 : 2	14.0	40
LECHE	NO	SE	REALIZO	LA	PRUEBA
CAL Y CEMENTO	13.500	19.0	1 : 5	13.0	30
	13.000				

Tabla 6. Resultados de la prueba de fluidez

4.2.- DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO PETREO (ARENA).

PROCEDENCIA:	Morelia, Michoacán.
NOMBRE DEL BANCO:	Joyitas.
USO:	Elaboración de Mortero.
RESULTADOS OBTENIDOS:	
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO: 1358 Kg./m ³ .	
PESO VOLUMETRICO SECO VARILLADO: 1427 Kg./m ³ .	
ABSORCION: 3.9%	
GAVEDAD ESPECIFICA: 2.9	
MATERIA ORGANICA: Muestra sin lavar, No. de color = -3, no presenta	
POR CIENTO DE GRAVA EN LA MUESTRA: 0%	
POR CIENTO DE ARENA EN LA MUESTRA: 100%	
EQUIVALENTE DE ARENA: 99%	
MODULO DE FINURA: 3.40	

Tabla 7. Resultados de las propiedades físicas del agregado pétreo.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

En la tabla anterior se observan los resultados obtenidos para las distintas propiedades físicas como el Peso Volumétrico Suelto y Compacto donde se observa que el agregado pétreo utilizado tiene una densidad media y se verifica por medio de su gravedad específica.

Por ser un material de origen volcánico el porcentaje de materia orgánica presente en la muestra es de cero, es decir, que no presenta, adicionalmente el por ciento de grava presente es de un cero por ciento y su módulo de finura es elevado, lo que nos indica que es una arena del tipo grueso.

4.3.- PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO.

4.3.1- RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO.

En la grafica 1A se puede apreciar el esfuerzo a compresión simple de los diferentes morteros y se observa claramente que el mortero elaborado con cemento Pórtland alcanza la resistencia mayor seguido por el sistema híbrido cal y cemento y posteriormente el mortero comercial. El mortero de cal elaborado con el modificador orgánico “Leche” es el que presenta la mayor resistencia de todos los morteros elaborados con cal y modificadores orgánicos así como la que presenta el yeso.

El resto de los sistemas híbridos cal y modificadores orgánicos presentan un comportamiento similar, las variaciones en resistencia son mínimas y muy aproximadas una respecto a las otras. Por lo cual se muestra en la grafica 1B a mayor detalle este comportamiento.

La resistencia máxima obtenida por el mortero de cemento se atribuye a la formación de las diferentes fases cristalinas presentes en el cemento Pórtland y estas son el silicato dicálcico, silicato tetracálcico, aluminoferrita tetracalcica, hidróxido de calcio libre (Portlandita) y sulfoaluminatos cálcicos (etringita). Esta estructura cristalina desarrollada también en los concretos elaborados a base de cemento Pórtland origina una estructura cristalina cerrada y resistente a esfuerzos de compresión simple, en tanto que la mezcla de cal y cemento su resistencia se ve reducida debido al incremento de la fase portlandita, presente en la matriz inorgánica. En el caso del mortero comercial la composición química es una mezcla de algunos componentes de cemento Pórtland y la presencia de portlandita (hidróxido de calcio) que reducen su resistencia mecánica cuando se compara con el cemento Pórtland ordinario.

Los sistemas descritos anteriormente son sistemas híbrido inorgánico-inorgánico, a continuación se describe el sistema híbrido inorgánico-orgánico los cuales son: la cal como parte inorgánica y la leche, sangre, mucílago de nopal, yema de huevo, clara de huevo, manteca como la parte orgánica.

En el sistema cal-leche se puede apreciar que se desarrolla la mayor resistencia a la compresión simple y esto se debe a la hipótesis de que la leche actúa como un modificador de la micro estructura de los cristales de portlandita. Es sabido que a partir de la leche se

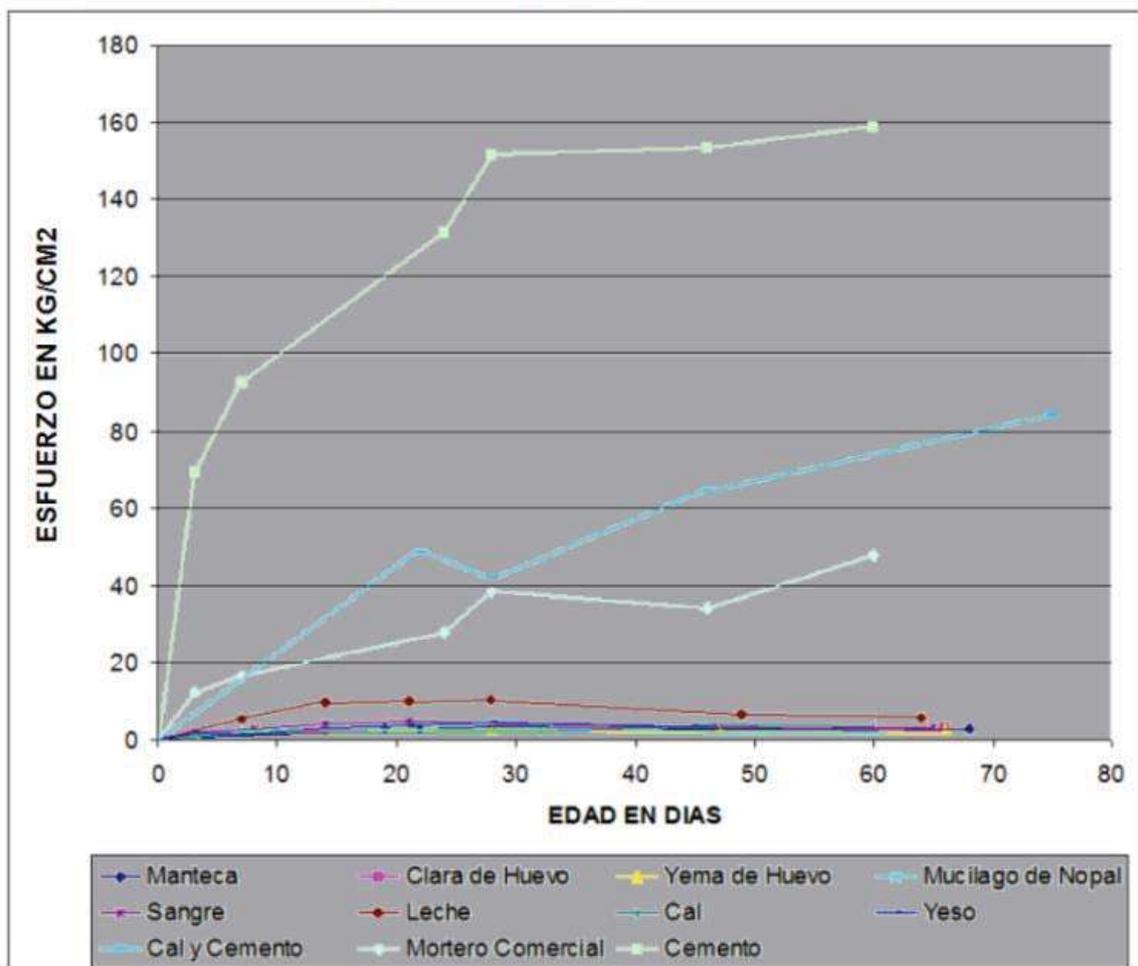
Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

pueden obtener adhesivos orgánicos del tipo dextrinas y estos adhesivos pueden desarrollarse en un ambiente básico o alcalino como lo es el hidróxido de calcio (cal hidratada).

El resto de los modificadores orgánicos tienen un comportamiento similar entre ellos y el estándar de referencia (mortero de cal sin modificadores orgánicos).

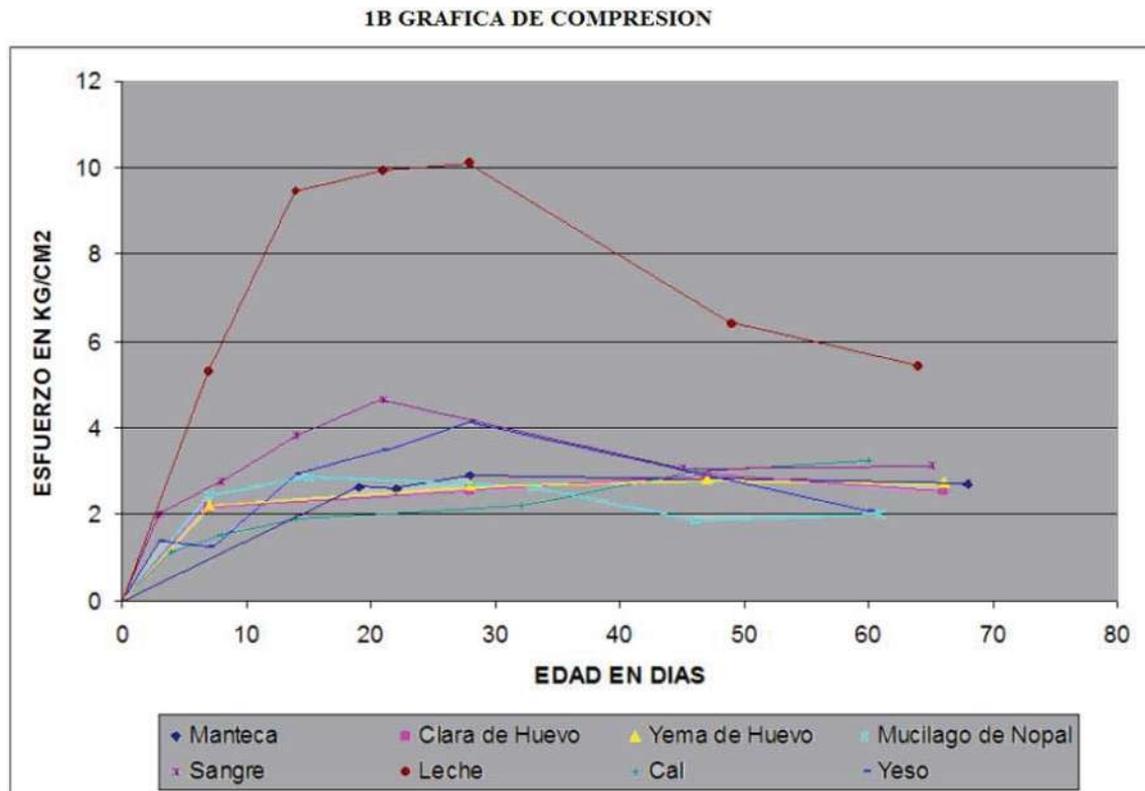
La resistencia obtenida por todos los sistemas híbridos orgánico-inorgánico hasta edades de 30 días es superior al estándar de referencia, sin embargo de los 30 días en adelante se presentan algunos cambios en la resistencia mecánica, se aprecia claramente que el mucílago de nopal cae por debajo de la resistencia del estándar de referencia al igual que algunos otros sistemas orgánicos, esta caída en resistencia se presupone que es causada debido a una oxidación de la materia orgánica, originada por los rayos ultravioleta provenientes de la radiación solar.

1A GRAFICA DE COMPRESION



Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Gráfica 1A. Resistencia a la compresión simple de los morteros



Gráfica 1B. Detalle de la resistencia a la compresión simple de los morteros.

4.3.2- RESISTENCIA A LA FLEXION DEL MORTERO.

Los morteros son materiales cerámicos que presentan una baja resistencia a los esfuerzos de tensión y flexión debidos al tipo de enlace químico que presentan estos materiales. El enlace químico característico es del tipo iónico y covalente y presentan un alto modulo de elasticidad en caso contrario los materiales poliméricos presentan enlace covalente, en el caso de las cadenas poliméricas y de Van Der Waals entre las cadenas poliméricas que permitan el desplazamiento de las moléculas poliméricas, y por lo tanto un bajo modulo de elasticidad.

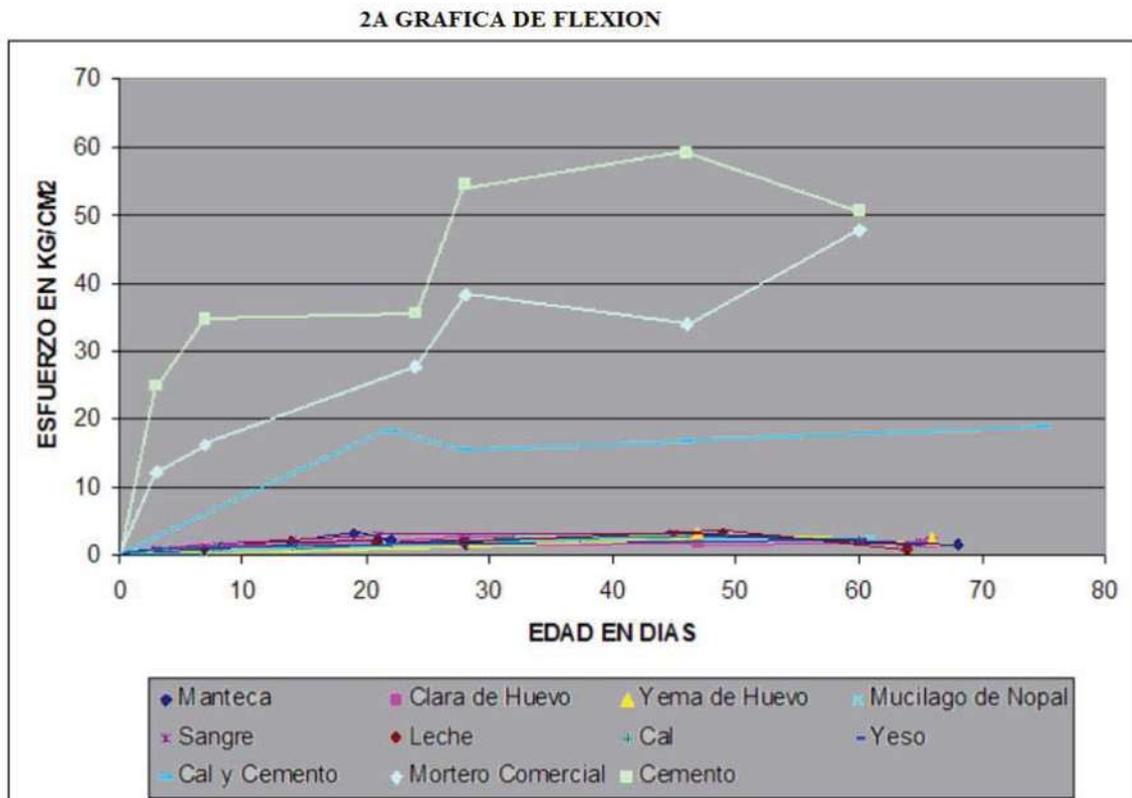
Los materiales cerámicos se caracterizan por un enlace rígido y resistente a diversos tipos de esfuerzos pero presentan fractura frágil. De aquí la necesidad de formar materiales compuestos cerámico-metálicos como es el caso del ferro cemento y del concreto reforzado entre otros.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

En la grafica 2A se puede observar el comportamiento mecánico de los morteros elaborados. Se aprecia nuevamente que el mortero de cemento ofrece la mayor resistencia y esto se debe a la micro estructura desarrollada por el cemento Pórtland posteriormente la resistencia mas alta la obtienen los morteros de los sistemas híbridos inorgánico-inorgánico y por ultimo de una manera muy similar los sistemas orgánico-inorgánicos.

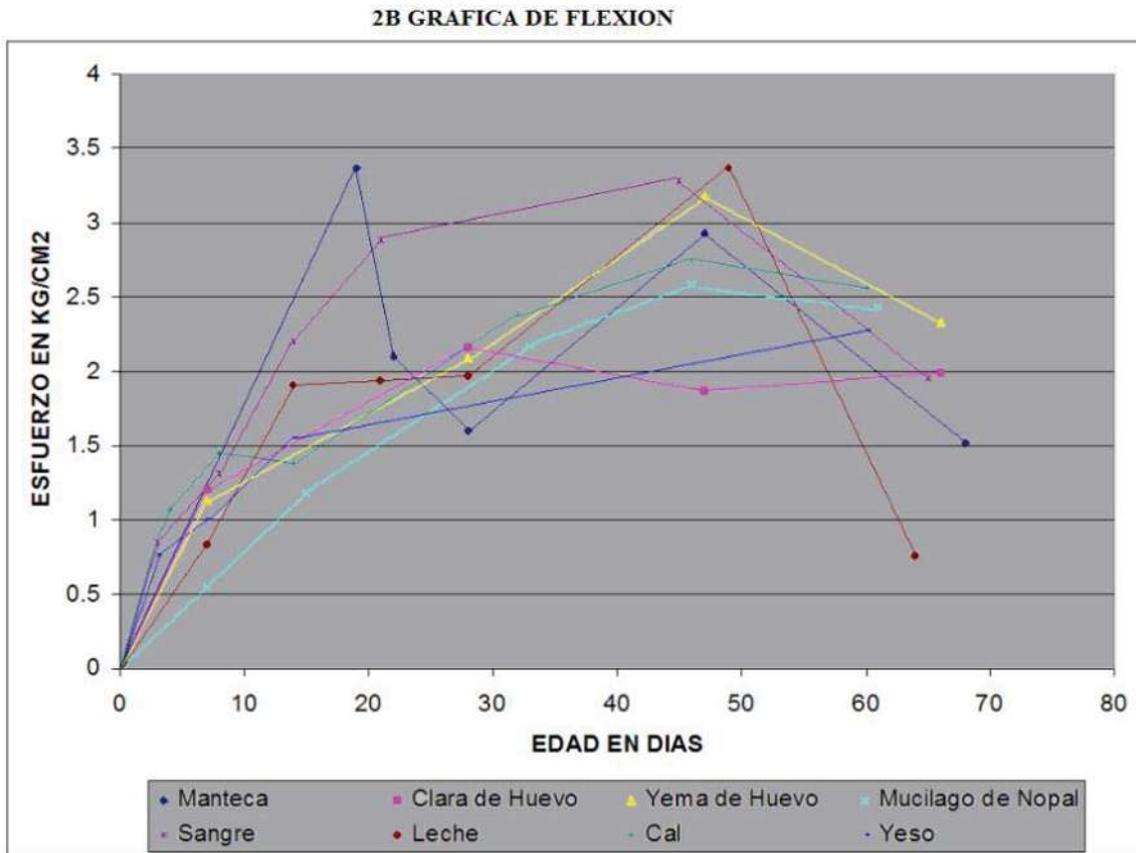
Esta baja resistencia se piensa que es debido tanto al cementante inorgánico que es hidróxido de calcio como a la parte orgánica que posiblemente genera una película y/o otros productos de reacción (ejemplo oxalatos de calcio en el caso específico del mucílago de nopal)

En la grafica 2B se aprecia a detalle los esfuerzos obtenidos en los sistemas orgánico-inorgánicos.



Gráfica 2A. Resistencia a la flexión de los morteros.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.



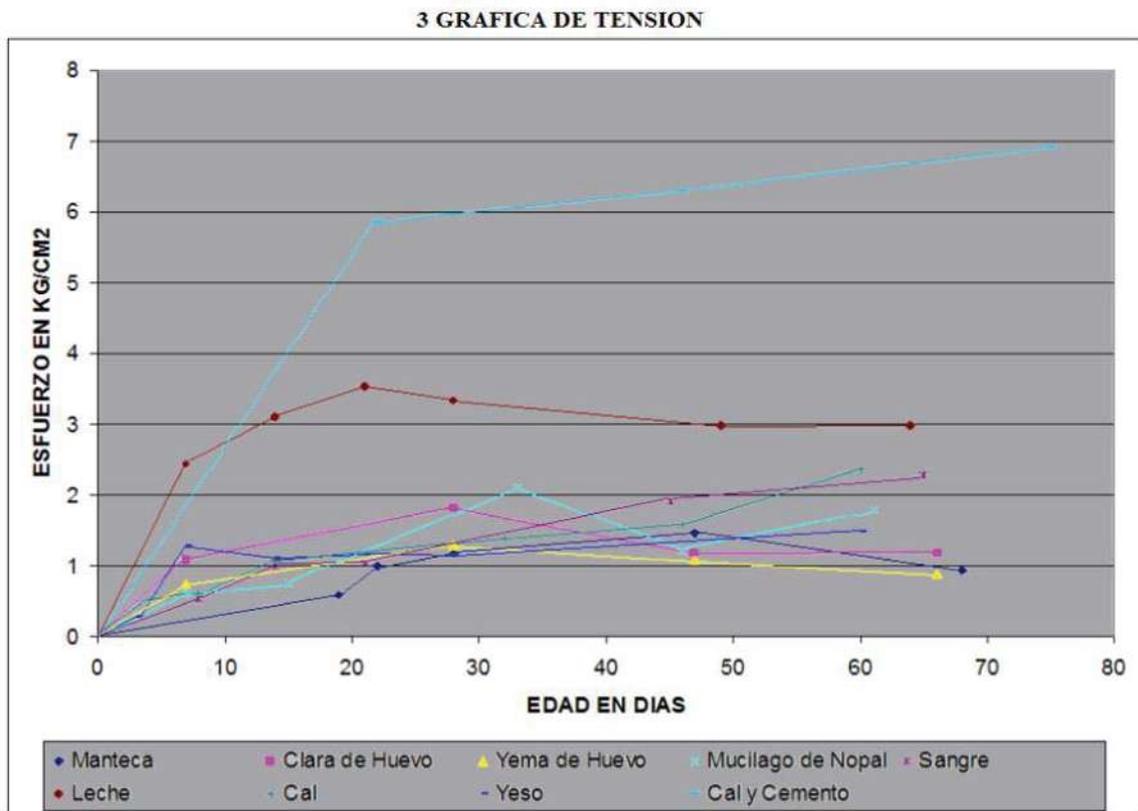
Gráfica 2B. Detalle de la resistencia a la flexión de los morteros.

4.3.3.- RESISTENCIA A LA TENSION DEL MORTERO.

El comportamiento a tensión de los morteros realizados, sus esfuerzos obtenidos se ven disminuidos en comparación con los esfuerzos a compresión por el mismo principio de enlace químico ya descritos en la sección de esfuerzos a flexión.

En esta gráfica se aprecia que la máxima resistencia es obtenida por el sistema inorgánico-inorgánico: cal-cemento y se reduce en forma gradual en el caso de los sistemas orgánico-inorgánico generando un comportamiento similar.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.



Gráfica 3. Resistencia a la tensión de los morteros.

4.4.-PROPIEDADES ELECTRICAS DEL MORTERO.

El potencial de corrosión se puede medir y su valor nos informa acerca de la probabilidad de corrosión. Sin embargo este potencial no brinda una información precisa acerca del riesgo de corrosión. No existe una relación directa entre la velocidad de corrosión y potencial de corrosión.

La resistividad del concreto, mortero o pasta cementante del área recubierta por el sensor se obtiene de la siguiente forma:

$$\text{Resistividad} = 2 \cdot R \cdot D$$

Donde:

R es la resistencia eléctrica de un pulso entre el contra electrodo del sensor y la armadura.

D = es el diámetro del contra electrodo del sensor.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

La resistencia eléctrica del concreto, mortero, o pasta cementante medida es útil para la interpretación de la velocidad de corrosión, pues está relacionado con el contenido de humedad.

> 100 a 200 k Ω cm Velocidad de corrosión baja, aun con alta concentración de cloruros o carbonatación.

50 a 100 k Ω cm Velocidad de corrosión baja.

10 a 50 k Ω cm Velocidad de corrosión moderada o alta donde el acero esta activo.

< 10 k Ω cm La resistividad no es parámetro de control de la velocidad de corrosión.

Dado que la velocidad de corrosión está directamente relacionada con la cantidad de energía calorífica disponible la temperatura tiene un efecto directo sobre la velocidad de corrosión. Con el aumento de la temperatura disminuye la humedad relativa y aumenta la resistividad.

La humedad relativa afecta a la cantidad de humedad presente en los poros del concreto, mortero o pasta cementante que mantiene la reacción de corrosión así como la salida de agua con la formación de gotas. Se cree que la corrosión inducida por los cloruros es máxima cuando la humedad relativa esta entre 90 y 95%, mientras que el pico máximo de corrosión por carbonatación se alcanza probablemente con valores del 95 y 100%. La humedad relativa debe ser medida durante un periodo de tiempo.

Conductividad eléctrica.

El concreto, mortero, o pasta cementante son buenos aisladores de la electricidad con una resistividad aproximada de 10^{13} Ω .m.

Sin embargo los morteros, concretos, o pastas cementantes que contienen humedad presentan una resistividad mucho mas baja, aproximadamente de 10^6 Ω .m, estas resistencias están ubicadas en el rango de los semiconductores.

El incremento en la conductividad eléctrica es causado por la presencia de agua en los poros capilares, los cuales tienen sales disueltas, y entonces actúan como un electrolito. De aquí la resistividad del concreto se controla por la concentración de la solución del electrolito. Los factores que incrementa la concentración son el contenido de álcalis de los cemento (las sales alcalinas predominan en los poros de la solución), la presencia de adiciones o aditivos electrolíticos tales como el cloruro de calcio y la cantidad de agua capilar, la cual es controlada por el grado de hidratación y la relación agua-cemento.

La discusión anterior aplica a la corriente alterna. La corriente directa podría tener un efecto polarizante, pero a 50 Hz ninguna diferencia se observa entre la diferencia del concreto o mortero para corriente alterna o corriente directa. El concreto o mortero ofrece una alta resistencia al paso de la corriente hacia el acero de refuerzo y se cree que puede ser debido a los efectos polarizantes. (10)

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

Resistividad eléctrica de los especímenes.

En el presente trabajo se midió la resistividad eléctrica de los diferentes materiales utilizando un equipo de georresistividad, las probetas se midieron en estado seco y se obtuvieron los valores que a continuación se muestran.

En la gráfica 4 se muestran la resistividad promedio de los especímenes. En ella se puede apreciar que entre los diferentes materiales existe un cambio importante en su resistividad eléctrica, principalmente entre el mortero elaborado con leche y el mortero elaborado con sangre, esto se piensa que pueda ser a la adición de sangre que produce un mejor electrolito que la leche, de hecho, la adición de leche genera un mayor aislamiento eléctrico comparado con los morteros elaborados solo con cal (mortero de referencia). El mortero comercial es el siguiente en ofrecer un alto aislamiento eléctrico comparado con los otros cementantes inorgánicos como es el cemento Pórtland ordinario, el yeso y la cal. Estos tres últimos ofrecen características eléctricas muy similares al igual que híbrido inorgánico-inorgánico: cal y cemento.

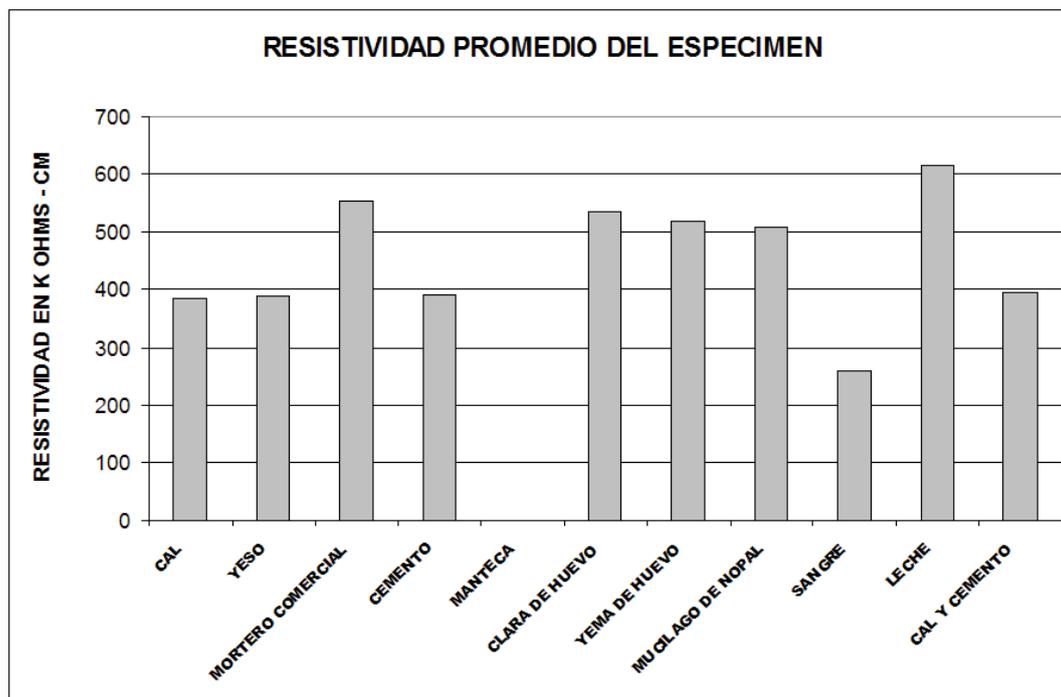
Los híbridos inorgánico-orgánicos: clara de huevo, yema de huevo, mucílago de nopal también ofrecen características eléctricas similares y estos tres también presentan una mayor resistividad eléctrica comparados con la cal, el yeso, el cemento, y la cal y el cemento.

En general todos los especímenes desarrollados a excepción del elaborado con sangre presentan una resistividad eléctrica alta, lo cual se traduce a una baja conductividad eléctrica dentro de la matriz inorgánica-inorgánica o inorgánica-orgánica. Esta baja conductividad eléctrica genera una baja velocidad de corrosión del acero de refuerzo que pudiera estar inmerso en este tipo de materiales; adicionalmente por los valores obtenidos en el material elaborado con sangre aun cuando éste presente una baja resistividad eléctrica es suficientemente alta como para presentar una baja velocidad de corrosión, si éste está en contacto con aceros de refuerzo.

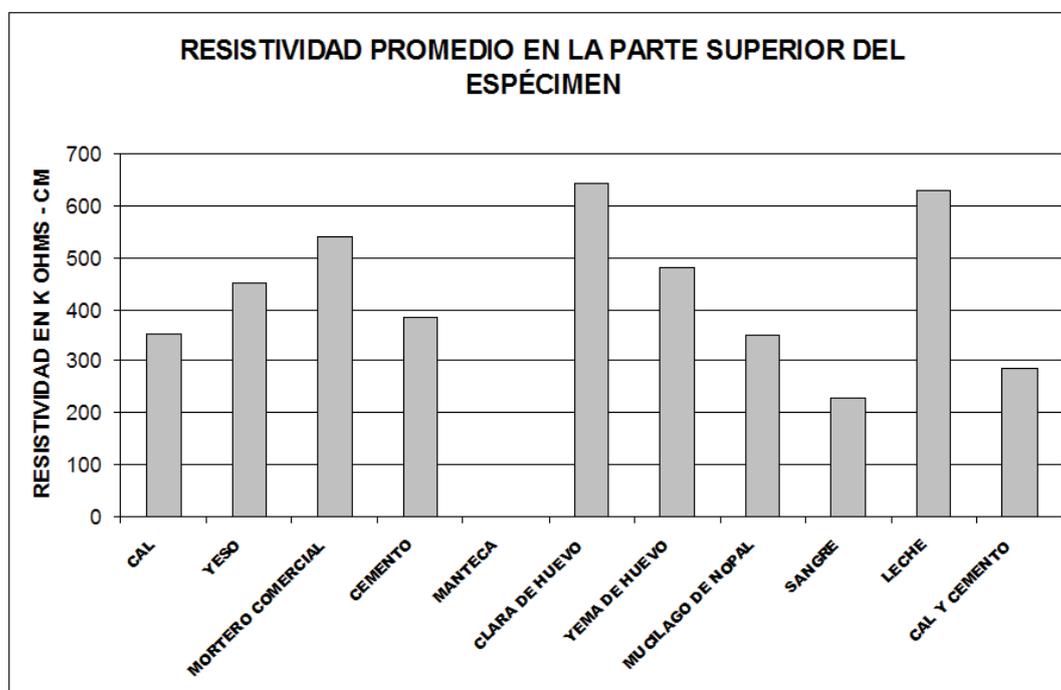
Por lo tanto cualquier matriz de las anteriores que se utilicen como matriz en elementos delgados de ferro cemento ofrecen la suficiente protección al acero o metal de refuerzo.

En las figuras 5, 6, 7 se muestran la resistividad eléctrica superior, media, e inferior de los promedios de los especímenes realizados. Estas se muestran para ofrecer a mayor detalle las propiedades eléctricas obtenidas.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

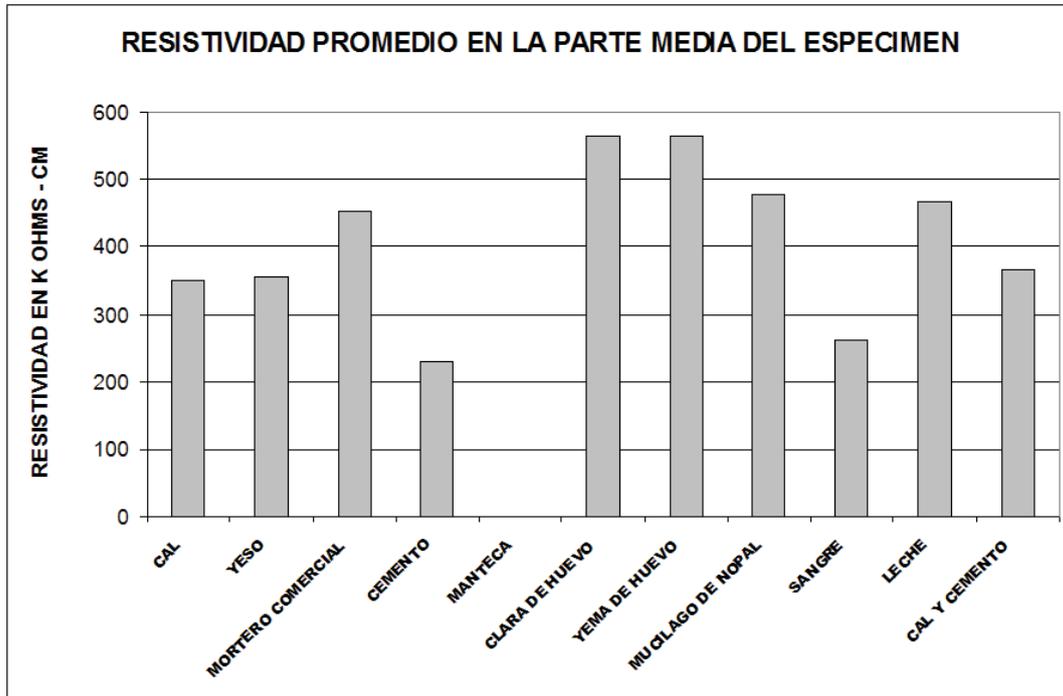


Gráfica 4. Resistividad promedio del espécimen.

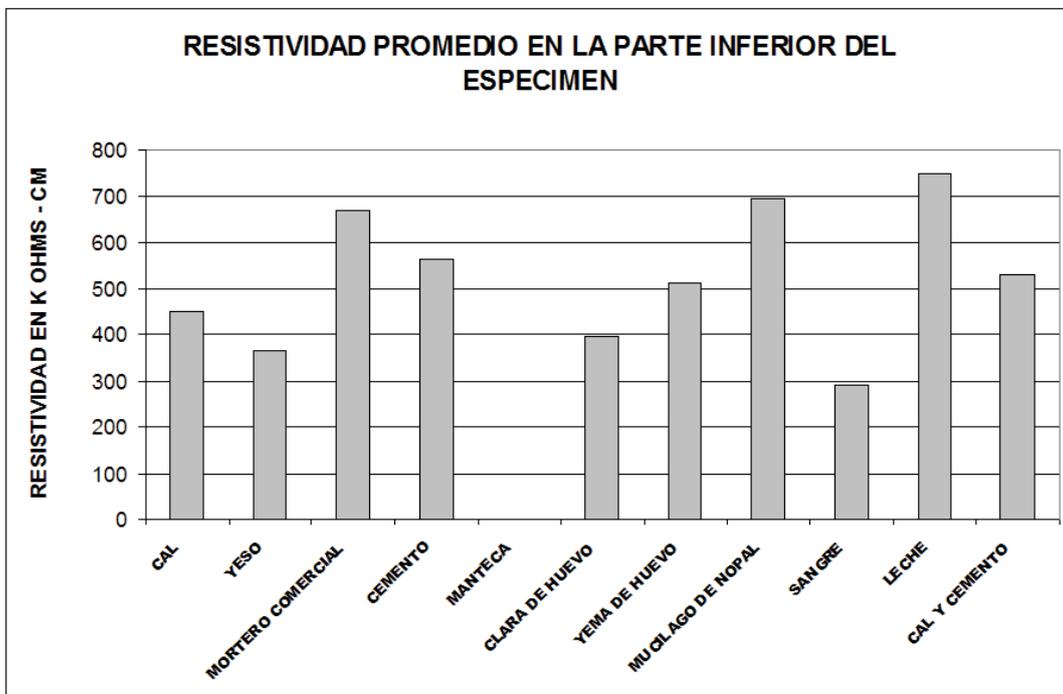


Gráfica 5. Resistividad promedio en la parte superior del espécimen.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.



Gráfica 6. Resistividad promedio en la parte media del espécimen.



Gráfica 7. Resistividad promedio en la parte inferior del espécimen.



CAPITULO V

CONCLUSIONES

5.-CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se pudieron observar lo siguientes puntos:

- 1) La resistencia a la compresión del mortero de cemento fue la que obtuvo la resistencia más alta debido a la formación de las diferentes fases cristalinas presentes en el cemento Pórtland.
- 2) En el sistema híbrido inorgánico-orgánico: cal-leche se desarrolló la mayor resistencia a la compresión simple.
- 3) El resto de los sistemas híbridos inorgánico-orgánico mostraron un comportamiento similar, con el tiempo la resistencia de algunos sistemas orgánicos se ve disminuida y esto se atribuye a la acción de los rayos ultravioleta provenientes de la radiación solar (oxidación) y/o a una posible reacción entre los compuestos orgánicos y los inorgánicos. Estas posibles reacciones solo pueden mostrarse y determinarse por medio de otras técnicas de análisis químico como son: espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier, difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, resonancia magnética nuclear, técnicas analíticas. Estas técnicas analíticas están fuera del objetivo y del alcance de esta tesis.
- 4) La resistencia a flexión y tensión de los diferentes morteros presentaron una menor resistencia en relación a la resistencia a la compresión simple esto como se menciona es debido a que los morteros son materiales cerámicos y presentan un enlace químico del tipo iónico y covalente.
- 5) Por medio del análisis de las propiedades eléctricas de los diferentes morteros y/o sistemas híbridos se pudo determinar que presentan una alta resistividad eléctrica lo cual es bueno para los aceros y metales embebidos en estas matrices ya que presentaran una baja velocidad de corrosión. Esto se debe a que los materiales estudiados no son buenos electrolitos. Es importante mencionar que los estudios realizados se hicieron en ausencia de agua, en caso contrario de que existiera agua en los sistemas la resistencia eléctrica se vería disminuida ya que el agua presente en los poros del concreto o mortero mantiene la reacción de corrosión debido a un flujo continuo en el medio o matriz.
- 6) Con el análisis de propiedades eléctricas realizado se concluye que todos los morteros estudiados brindan la protección suficiente al acero o metal de refuerzo que se utilice en elementos de sección delgada del tipo de ferro

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

cemento, brindando la seguridad requerida y cumpliendo con la normatividad necesaria para la construcción de este tipo de elementos.

- 7) Las tendencias futuras a realizar en este tipo de investigaciones serian:
- a) El estudio de la resistividad eléctrica en función del tiempo, a tiempos de 6 meses y/o mayores.
 - b) El estudio y análisis de las propiedades eléctricas en presencia de agua (especímenes saturados), en presencia de iones cloruros, sulfatos, y otras sales.
 - c) El estudio del efecto de la porosidad en relación al tipo de modificador orgánico e inorgánico y su relación directa con su velocidad de corrosión.
 - d) El diseño de modelos que nos permitan simular las diferentes condiciones que promuevan la reducción o aumento en la velocidad de corrosión, condiciones tales como: porosidad de la matriz, temperatura, pH del medio, presencia y ausencia de iones, cloruro, sulfatos y otros, etc.
 - e) Estudio y análisis de las propiedades mecánicas a edades avanzadas (estudio de envejecimiento).
 - f) El estudio de las propiedades eléctricas y mecánicas utilizando otro tipo de modificadores de las matrices; modificadores tales como: polímeros orgánicos sintéticos, partículas nanométricas reactivas con los medios formadores de nuevas fases cristalinas y/o geles amorfos entre otros.

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.



CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

6.- BIBLIOGRAFIA.

1. *ESTUDIO COMPARATIVO DE MORTEROS HIDRAULICOS PARA MAMPOSTERIA.*
Tesis, José Carlos Rubio Avalos, Enero de 1998.
 2. *<http://html.rincondelvago.com/cal-y-cemento-portland.html>.*
Alfonso González Lozano.
 3. *COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DE UN MORTERO DE CAL ADICIONADO CON CENIZA VOLCÁNICA.*
Tesis, Jesús Contreras Nambo, Septiembre del 2005.
 4. *ESTUDIO DE LA CAL HIDRATADA, PRODUCIDA EN LAS CALERAS CERCANAS A LA CIUDAD DE MORELIA.*
Tesis, J. Jesús Miguel Aguinaco Carreño. Octubre de 1984.
 5. *LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION EN LA ANTIGUA VALLADOLID*
Luís Silva Rúelas, Gobierno del Estado de Michoacán, SCOP, Morelia, Mich. 1990.
 6. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99. © 1993-1998 Microsoft Corporation.*
 7. *MORTEROS DE CAL ADICIONADOS CON UN ADITIVO RETARDADOR PARA RESTAURACIÓN.*
Tesis, Marcelino Márquez Berber, Julio del 2002.
 8. *ESTUDIO COMPARATIVO DE MORTEROS DE ALBAÑILERÍA CON ADITIVOS VEGETALES Y ANIMALES.*
Tesis, Luís Bolívar Ibarra Bustos, Febrero del 2002.
 9. *MORTEROS ANTIGUOS ELABORADOS CON LECHE A DIFERENTES GRADOS DE ACIDEZ.*
Tesis, Juan Gerardo Ponce de León López, Febrero del 2002.
 10. *CONCRETE*
Sidney Mindess, University of British Columbia, J. Francis Young, University of Illinois at Urban Champaign. Editorial Prentice-Hall, Inc. 1981
 11. *EL FERROCEMENTO Y SUS APLICACIONES.*
Alfonso Olvera López, Editorial Alfa Omega, Abril de 2002, I.P.N.
 12. *MANUAL DEL INGENIERO CIVIL.*
Frederick S. Merritt, Tomo I, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición.
-
-

Determinación de la resistividad eléctrica y las propiedades mecánicas de morteros utilizando modificadores orgánicos e inorgánicos.

13. ANALISIS DE MATERIALES

Luís M. Navarro Sánchez, Wilfrido Molina, José A. Espinoza Mandujano, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Julio del 2000.

14. EQUIPOS DE ENSAYOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Catalogo 2000, Controls.