

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**FERROCEMENTO: ESTUDIO DEL MORTERO
REFORZADO CON MALLA DE ALAMBRE Y SUS
APLICACIONES**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS

Lima – Perú

2010

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

*Para mis padres,
Eleuterio Carranza y Francisca Rivas
por su esfuerzo, comprensión y apoyo.*

Agradecimientos

Doy las gracias al Ing. Carlos Barzola por su asesoramiento tanto en la realización de la presente tesis como para la vida.

A los técnicos del LEM - UNI: Daniel Aroste, Germán Ponte, Paul Mejía, Teófilo Montes.

Además agradezco a las siguientes personas que han contribuido de manera directa o indirecta en el desarrollo de la presente tesis.

Richard Carranza, Petronilda Carranza, Rebeca Mendoza, César Rivas, Jesús Rivas, Mercedes Rivas, Pedro Rivas, Juan Peña, Saúl Mejía, Fernando Sánchez, Juan Carlos Gonzales, José Malqui, Cucho Lagos, Rafael Cachay y Ana Torre.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE GRÁFICAS	7
LISTA DE FIGURAS	9
INTRODUCCIÓN	10
1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES	12
1.1. Breve reseña histórica.....	12
1.2. Antecedentes en el mundo y Latinoamérica.....	13
1.3. Descripción del ferrocemento.....	14
1.4. Propiedades y ventajas del ferrocemento.....	16
1.5. Diferencias físicas y mecánicas con el concreto armado.....	17
1.6. Similitudes entre el ferrocemento y el concreto armado.....	19
1.7. Aplicaciones del Ferrocemento.....	19
2. CAPÍTULO II: MATERIALES	20
2.1. Cemento.....	20
2.1.1. Clasificación.....	20
2.1.2. Cemento usado en la investigación.....	21
2.2. Agregado fino.....	22
2.2.1. Propiedades físicas del agregado fino:.....	23
2.2.1.1. Peso unitario (NTP 400.017).....	23
2.2.1.2. Contenido de humedad (N.T.P. 400.016).....	23
2.2.1.3. Absorción (N.T.P. 400.022).....	24
2.2.1.4. Peso específico (N.T.P. 400.022).....	25
2.2.1.5. Análisis granulométrico (N.T.P. 400.022).....	26
2.2.1.6. Superficie específica (N.T.P. 400.021).....	29
2.2.1.7. Materiales que pasan la malla N° 200 (N.T.P. 400.018)	31
31	
2.3. Agua.....	31
3. CAPÍTULO III: MORTERO Y ARMADURA DE REFUERZO	32
3.1. Morteros.....	32
3.1.1. Aplicación de mortero.....	32
3.1.1.1. Técnica de una capa.....	32
3.1.1.2. Técnica de dos capas.....	33
3.1.2. Fluides.....	34
3.1.3. Tiempo de fragua.....	34
3.1.4. Exudación.....	35
3.1.5. Resistencia mecánica.....	35
3.1.6. Módulo de elasticidad.....	35
3.1.7. Permeabilidad.....	36
3.1.8. Retracción.....	37
3.2. Armadura de refuerzo.....	38

3.2.1	Armadura difusa.....	38
3.2.1.1	Tipos de armadura difusa :	39
3.2.2	Armadura discreta.....	41
4.	CAPITULO IV: PREPARACION DEL MORTERO	42
4.1.	Agregados.....	42
4.2.	Diseño de mezcla.....	44
5.	CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS	47
5.1.	Propiedades del mortero en estado fresco	47
5.1.1.	Consistencia (N.T.P. 339.035, ASTM C – 413).....	47
5.1.2.	Peso unitario(N.T.P. 339.046, ASTM C-138).....	49
5.1.3.	Fluidez (N.T.P. 339.035, ASTM C - 413).....	50
5.1.4.	Tiempo de fraguado (N.T.P. 339.082, ASTM C - 430).....	52
5.1.5.	Exudación (N.T.P. 339.077).....	56
5.2.	Propiedades del concreto en estado endurecido.....	58
5.2.1.	Resistencia a la compresión (N.T.P. 339.034, ASTM C-39).58	
5.2.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral (N.T.P. 339.084, ASTM C-496)	61
5.2.3.	Módulo de elasticidad estático (ASTM C-469).....	63
5.2.4.	Resistencia a la flexión (N.T.P. 339.078, ASTM C-78).....	66
5.2.5.	Ensayo de absorción (ASTM C - 642).....	73
5.2.6.	Ensayo de retracción	76
6.	CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
6.1.	Agregados.....	79
6.2.	Propiedades del mortero en estado fresco	79
6.2.1.	Consistencia.....	79
6.2.2.	Peso Unitario.....	79
6.2.3.	Fluidez.....	79
6.2.4.	Tiempo de fraguado.....	80
6.2.5.	Exudación.....	80
6.3.	Propiedades del mortero en estado endurecido	80
6.3.1.	Resistencia a la compresión.....	80
6.3.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral.....	81
6.3.3.	Módulo de elasticidad estático.....	81
6.3.4.	Resistencia a la flexión	81
6.3.5.	Ensayo de absorción.....	84
6.3.6.	Ensayo de retracción (Molde anular o anillo de fisuración) .85	
	CONCLUSIONES.....	86
	RECOMENDACIONES	88
	BIBLIOGRAFÍA.....	90
	ANEXOS.....	93

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan las características que deben reunir los morteros empleados en la construcción de estructuras de ferrocemento y se dan recomendaciones para alcanzarlas.

En la primera parte, se indican las propiedades físicas de los agregados finos; usándose arena gruesa de la cantera "La Molina" y arena fina de la cantera "Villa El Salvador". En la segunda parte, se estudia el comportamiento del mortero en el estado fresco y endurecido, para el cual se realizaron tres diseños de mezcla con relaciones Cemento/Agregado = 1/2, 1/3 y 1/4 a partir de ello se obtuvo relaciones agua/cemento = 0.48, 0.55 y 0.65 respectivamente.

Para los ensayos en mortero en estado fresco, se realizaron los ensayos de consistencia, peso unitario, fluidez, tiempo de fraguado y exudación. Para el mortero en estado endurecido, se ensayaron los especímenes a compresión, tracción por compresión diametral, módulo de elasticidad, flexión, permeabilidad y fisuración.

El ensayo a flexión se realizó para muestras con mortero patrón y con un mortero reforzado con 2 capas centrales de malla hexagonal de $\frac{3}{4}$ "; para lo cual se prepararon especímenes de 3 diferentes tamaños de largo y ancho, 17cm x 20cm, 20cm x 20cm y 25cm x 20cm, variando cada uno su espesor a 3cm, 4cm, 5cm y 6cm. Asimismo se estudió la permeabilidad que puede alcanzar este material en cubos de mortero de dimensiones 5cm x 5cm x 5cm sin ningún tratamiento superficial y también se analizó su comportamiento al ser pintados con epóxica y una mezcla de aceite grado 40 y petróleo. Igualmente, se midió el tiempo de fisuración y el tamaño de las fisuras en probetas anulares de mortero.

Por último, en los Anexos, se describen las características de los especímenes de ensayo, los procedimientos seguidos en su elaboración, así como los métodos de ensayo empleados.

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO II: MATERIALES

Tabla 2.1	Resumen pesos específicos de los agregados	26
Tabla 2.2	Especificación ASTM C33-86 para el agregado grueso	26
Tabla 2.6	Granulometría de la arena gruesa (cantera "La Molina")	27
Tabla 2.3	Granulometría de la arena fina (cantera "Villa El Salvador")	28
Tabla 2.4	Superficie específica de la arena gruesa	31
Tabla 2.5	Superficie específica de la arena fina	31

CAPÍTULO III: MORTERO Y ARMADURA DE REFUERZO

Tabla 3.1	Clasificación para el mortero para el ferrocemento según su fluidez	34
Tabla 3.2	Características de la malla hexagonal Prodac S.A.C	40
Tabla 3.3	Características de la malla electrosoldada Prodac S.A.C	41

CAPÍTULO IV: PREPARACIÓN DEL MORTERO

Tabla 4.1	Variaciones del Módulo de finura con la mezcla de agregados	42
Tabla 4.2	Propiedades físicas de los agregados	44
Tabla 4.3	Diseño de mezcla del mortero con relación C/A = 1/1	45
Tabla 4.4	Diseño de mezcla del mortero con relación C/A = 1/2	45
Tabla 4.5	Diseño de mezcla del mortero con relación C/A = 1/3	46
Tabla 4.6	Diseño de mezcla del mortero con relación C/A = 1/4	46

CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS

Tabla 5.1	Asentamientos o slumps considerados para cada relación C/A	48
Tabla 5.2	Pesos unitarios del mortero en estado fresco	50
Tabla 5.3	Ensayo de fluidez en la mesa de sacudidas del mortero en estado fresco	51
Tabla 5.4	Tiempo de fraguado del mortero fresco c/a = 1/2	53
Tabla 5.5	Tiempo de fraguado del mortero fresco c/a = 1/3	54

Tabla 5.6	Tiempo de fraguado del mortero fresco $c/a = 1/4$	55
Tabla 5.7	Ensayo de exudación	58
Tabla 5.8	Resistencia a la compresión de probetas de mortero con relación $C/A = 1/2$	59
Tabla 5.9	Resistencia a la compresión de probetas de mortero con relación $C/A = 1/3$	60
Tabla 5.10	Resistencia a la compresión de probetas de mortero con relación $C/A = 1/4$	60
Tabla 5.11	Resistencia a la tracción por compresión diametral con relación $C/A = 1/2$	62
Tabla 5.12	Resistencia a la tracción por compresión diametral con relación $C/A = 1/3$	62
Tabla 5.13	Resistencia a la tracción por compresión diametral con relación $C/A = 1/4$	62
Tabla 5.14	Resistencia a la flexión de placas de mortero patrón y reforzado de 17 cm de largo	68
Tabla 5.15	Resistencia a la flexión de placas de mortero patrón y reforzado de 20 cm de largo	69
Tabla 5.16	Resistencia a la flexión de placas de mortero patrón y reforzado de 25 cm de largo	69
Tabla 5.17	Ensayo de absorción en elementos de mortero sumergidos en agua a no presión.	74
Tabla 5.18	Ensayo de absorción en elementos de mortero sumergidos en agua a una presión de 1 metro de columna de agua	71
Tabla 5.19	Ensayo de retracción con moldes anulares	73

CAPÍTULO VI: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 6.1	Módulo de elasticidad estático	81
Tabla 6.2	Variación del módulo de rotura (M_r) para secciones de 3cm x20 cm	82
Tabla 6.3	Variación del módulo de rotura (M_r) para secciones de 4cm x20 cm	82
Tabla 6.4	Variación del módulo de rotura (M_r) para secciones de	83

	5cm x20 cm	
Tabla 6.5	Variación del módulo de rotura (M_r) para secciones de 6cm x20 cm	83
Tabla 6.6	Reducción de la absorción de los cubos de mortero sumergidos en agua a una presión de un metro de columna de agua y a una presión nula.	85

LISTA DE GRÁFICAS

CAPÍTULO II: MATERIALES

Gráfica 2.1.	Granulometría de la arena gruesa (cantera "La Molina")	27
Gráfica 2.2.	Granulometría de la arena fina (cantera "Villa el Salvador")	28

CAPÍTULO III: MORTERO Y ARMADURA DE REFUERZO

Gráfica 3.1.	Permeabilidad del mortero vs relación agua/cemento	36
--------------	--	----

CAPÍTULO IV: PREPARACIÓN DEL MORTERO

Gráfica 4.1.	Curva granulométrica - 60% arena gruesa y 40% arena fina	43
Gráfica 4.2.	Curva granulométrica - 70% arena gruesa y 30% arena fina	43

CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS

Gráfica 5.1.	Tiempo del fraguado del mortero con relación C/A = 1/2	54
Gráfica 5.2.	Tiempo del fraguado del mortero con relación C/A = 1/3	55
Gráfica 5.3.	Tiempo del fraguado del mortero con relación C/A = 1/4	56
Gráfica 5.4.	Efecto relación agua - cemento en la mezcla	60
Gráfica 5.5.	Gráfica de la curva esfuerzo vs deformación unitaria para C/A=1/2	65
Gráfica 5.6.	Gráfica de la curva esfuerzo vs deformación unitaria para C/A=1/3	65
Gráfica 5.7.	Gráfica de la curva esfuerzo vs deformación unitaria para C/A=1/4	66
Gráfica 5.8.	Ensayo resistencia a la flexión - placas de mortero reforzado de 17cm x 20 cm	70
Gráfica 5.9.	Ensayo resistencia a la flexión - placas de mortero reforzado de 20cm x 20 cm	70
Gráfica 5.10.	Ensayo resistencia a la flexión - placas de mortero	71

	reforzado de 25cm x 20 cm	
Gráfica 5.11	Ensayo resistencia a la flexión - placas de mortero patrón de 17cm x 20 cm	71
Gráfica 5.12	Ensayo resistencia a la flexión - placas de mortero patrón de 20cm x 20 cm	72
Gráfica 5.13	Ensayo resistencia a la flexión - placas de mortero patrón de 25cm x 20 cm	72
Gráfica 5.14	Ensayo de absorción en elementos de mortero sumergidos en agua a no presión	74
Gráfica 5.15.	Ensayo de absorción en elementos de mortero sumergidos en agua a una presión de 1 metro de columna de agua	75

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Figura 1.1	Familia del concreto estructural y sus posibilidades y combinaciones	15
Figura 1.2	Sección de ferrocemento	16
Figura 1.3	Propagación de una fisura en un mortero	17

CAPÍTULO II: MATERIALES

Figura 2.1	Contenido de humedad en una partícula de arena	24
------------	--	----

CAPÍTULO III: MORTERO Y ARMADURA DE REFUERZO

Figura 3.1	Fisuras no estructurales por la retracción	38
Figura 3.2	Malla de alambre hexagonal	39
Figura 3.3	Malla de alambre electro soldada	40

CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS

Figura 5.1	Ensayo de tracción por compresión diametral	62
Figura 5.2	Ensayo de resistencia a la flexión	67
Figura 5.3	Ensayo de fisuración	77
Figura 5.4.	Ensayo de fisuración con relación $C/A=1/3$ sin refuerzo	78
Figura 5.5.	Ensayo de fisuración con relación $C/A=1/4$ sin refuerzo	78
Figura 5.6	Ensayo de fisuración con relación $C/A=1/4$ reforzado con malla hexagonal	78

CAPÍTULO VI: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Figura 6.1	Cubos de mortero utilizados para ensayo de absorción	84
------------	--	----

INTRODUCCIÓN

El ferrocemento es un material formado por capas de malla de alambre embebidas en un mortero de cemento portland; los dos materiales al trabajar en conjunto adquieren ciertas propiedades físicas y mecánicas que lo hacen atractivo para su aplicación en varios usos: desde la construcción de pequeños silos, canales de riego, cisternas, hasta su empleo de construcción de grandes barcos y cubiertas importantes.

Las mallas utilizadas como refuerzo pueden ser de varios tipos y calibres. Debido a su fácil adquisición y su buena trabajabilidad para el presente estudio se ha limitado a solo usar malla de alambre hexagonal con 3/4" cocada y con calibre 23.

El objetivo de esta investigación es estudiar las características físicas del ferrocemento para su mejor utilización en obra, para lo cual se realizarán ensayos del mortero reforzado y sin reforzar en estado fresco y en estado endurecido. Entre las principales características del mortero se pueden mencionar que debe tener baja permeabilidad, lo cual implica la utilización de arenas bien gradadas y alto consume de cemento, las mínimas contracciones por secado y una manejabilidad adecuada para las condiciones de uso.

En el capítulo I, se detalla brevemente la historia del material, asimismo se indica los antecedentes en Latinoamérica y en el Perú, las propiedades, ventajas y desventajas de este material.

En el capítulo II, se indica las propiedades de los agregados, cemento y agua usados en la investigación, para la cual se utilizaron arena gruesa de la cantera La Molina y arena fina de Villa El Salvador.

En el capítulo III, se expone las características del mortero, como también las técnicas de aplicación del mortero en una y en dos capas, como también las características de la armadura del ferrocemento.

En el capítulo IV, está orientado a obtener las dosificaciones de los materiales, tanto el criterio usado para la mezcla de los agregados, como para la preparación del mortero.

En el capítulo V, detalla los ensayos realizados y sus resultados de la mezcla de mortero en estado fresco como consistencia, fluidez, exudación y tiempo de fraguado; y en estado endurecido: la resistencia a la compresión, tracción por compresión diametral, módulo de elasticidad, permeabilidad, flexión y retracción limitada; donde los ensayos de flexión y retracción fueron realizados para elementos de morteros reforzados con malla de alambre y también para elementos sin refuerzo.

En el capítulo VI, se hace el análisis e interpretación de los resultados mostrados en el capítulo V, los cuales permitirán emitir las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Breve reseña histórica

Aunque hay plena evidencia que el uso de morteros reforzados con fibras se remonta a los tiempos del imperio romano inclusive, a los tiempos de los sumerios, el francés Jean Louis Lambot inventó el ferrocemento en 1848, fabricando inicialmente botes pequeños de ferrocemento; patentando este material en 1852 material como Ferciment.

Uno de sus botes construidos fue expuesto en la Feria Mundial en Paris en 1855; otro fue rescatado del fondo del pequeño lago Mirabal en condiciones relativamente buenas. Este bote encontrado en el fondo del lago Mirabal - Francia, de cerca de 3.60 m de largo y 1.20 de ancho con un espesor del casco entre 25 y 38 mm, se encuentra actualmente en el museo de Brignoles, Francia.

La tecnología de la segunda mitad del siglo XIX, no proporcionó un desarrollo eficiente en mallas y alambres de diámetro pequeño. El uso y la producción de varillas de acero con diámetros grandes, fue incrementando, llevando el ferrocemento a la construcción con concreto armado. Durante la primera guerra mundial se construyeron pequeños botes de motor y barcos de río, incluyendo a la primera embarcación de concreto que utilizó el Gobierno de los Estados Unidos llamado "Concreta", y estos fueron usados de nuevo en la segunda guerra mundial, debido a la escasez de materiales, particularmente del acero. El ferrocemento fue olvidado y reemplazado por el concreto armado y preesforzado.

Por mucho tiempo fue olvidado este material por el concreto armado, hasta que en 1943 durante la Segunda Guerra mundial el arquitecto italiano Pier Luigi Nervi con el propósito de construir embarcaciones, retomó la idea de Lambot realizando estudios de mortero reforzado con capas de malla de alambre encontró que este material poseía características de un material casi homogéneo; obteniendo como cualidades principales la de la un material capaz de resistir grandes deformaciones y resistencias al agrietamiento y a tracción,

adquiridas a consecuencia de la gran subdivisión y dispersión del refuerzo y que el mortero podría ser aplicado sin necesidad de encofrados.

En 1945, después de la Segunda Guerra Mundial, el arquitecto Nervi construyó un motovelero Irene de 165 toneladas, con un caso de ferrocemento de 35 mm de espesor y un peso estimado en un 5% menos que si fuera de madera y al 40% del costo de su similar en madera.

Pero sería en el campo de la construcción donde destacaría por las construcciones de sus notables obras. Su primera realización fue un pequeño almacén en 1946 de 11x12 m en planta, techos y paredes construidas por elementos de 3 cm de espesor. Una de sus grandes obras fue la cubierta de la sala central del Palacio de Exposiciones de Turín, Italia que posee una luz de 96 metros, realizada entre 1948 y 1949.

1.2. Antecedentes en el mundo y Latinoamérica

En Brasil a partir de los años 60 el grupo San Carlos liderado por los profesores Martinelli, Schiel y Bento de Hanai han proyectado elementos prefabricados para cubiertas y depósitos que han superado con creces a sus similares de concreto armado y el Arq. Joao Figueiras Lima lo ha utilizado en el mobiliario urbano y en edificaciones que por su calidad arquitectónica y constructiva así por su versatilidad han causado asombro.

Varias organizaciones a nivel mundial han realizado seminarios y reuniones con expertos y estudiosos del ferrocemento para analizar datos, experiencias, métodos de construcción, dimensiones, costos, nuevas aplicaciones y revisión del estado actual de la tecnología de construcción con ferrocemento y del material en sí.

En los albores de 1960, se crea en Nueva Zelanda el Journal of Ferrocement, para trasladarse más tarde al Centro internacional de información sobre ferrocemento (IFIC), en Bangkok, Tailandia, donde aún reside. El American Concrete Institute (ACI), en 1975, estableció el comité 549 sobre ferrocemento para hacer una extracción y revisión de los documentos, y así elaborar un reglamento práctico para este material, mientras que en 1979, la Unión

Internacional de Laboratorios de Pruebas e Investigación de Materiales y Estructuras (RILEM), estableció en Europa el comité 48-FC para examinar métodos de prueba para el ferrocemento. En la última década, en Italia, se desarrolló un sitio virtual que ofrece información acerca del material, orígenes, usos, aplicaciones, formas constructivas, investigaciones, contacto con investigadores y constructores del ferrocemento [<http://www.ferrocement.com>]. Finalmente, en la sexta Conferencia Internacional sobre ferrocemento, en Estados Unidos, se presentó el modelo del código de diseño con ferrocemento que una vez terminado, se espera que contenga toda la información necesaria y suficiente para diseñar estructuras de ferrocemento.

En el año 2000 en Lima - Perú el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) realizó una publicación institucional "Fundamentos para Aplicación de Ferrocemento" y posteriormente en el año 2003 en Lima publicó "Guía de Construcción para Estructuras de Ferrocemento" y "Especificaciones Técnicas para el Diseño de Estructuras de Ferrocemento"

Se tiene experiencias del Ingeniero Carlos Barzola Gastelú en fabricación de Tanques de Agua y paneles de ferro cemento, en proceso de investigación para SENCICO.

1.3. Descripción del ferrocemento

Ferrocemento es un término usado para definir un tipo particular de concreto armado formado por un mortero de arena y cemento hidráulico, reforzado con una armadura altamente subdividida y distribuida en la masa de mortero, que posee una alta resistencia, compacidad y elasticidad que permite disminuir de forma notable las dimensiones de las secciones transversales de los elementos hasta 10-15 mm. Como resultado de ello el peso propio de las estructuras y el volumen de los materiales se reducen en comparación con las estructuras habituales de concreto armado. Como armadura se pueden emplear fibras de diversos tipos tales como de vidrio, metálicas, orgánicas, etc., aunque las mallas de alambre de acero o combinando éstas con alambrones y barras son las que dan el verdadero nombre de ferrocemento, o sea, acero con cemento.

El ferrocemento se puede clasificar en: ferrocemento tradicional y ferrocemento híbrido. El ferrocemento tradicional está compuesto por una matriz aglomerante,

hecha a base de cemento, arena, agua y solubles (agua y aditivos), y un refuerzo hecho a base de barras y mallas de alambre. Y el ferrocemento híbrido, contiene los mismos componentes del ferrocemento tradicional más la adición de fibras. De respecto ver la Fig. 1.1 siguiente donde se muestra la clasificación del ferrocemento.

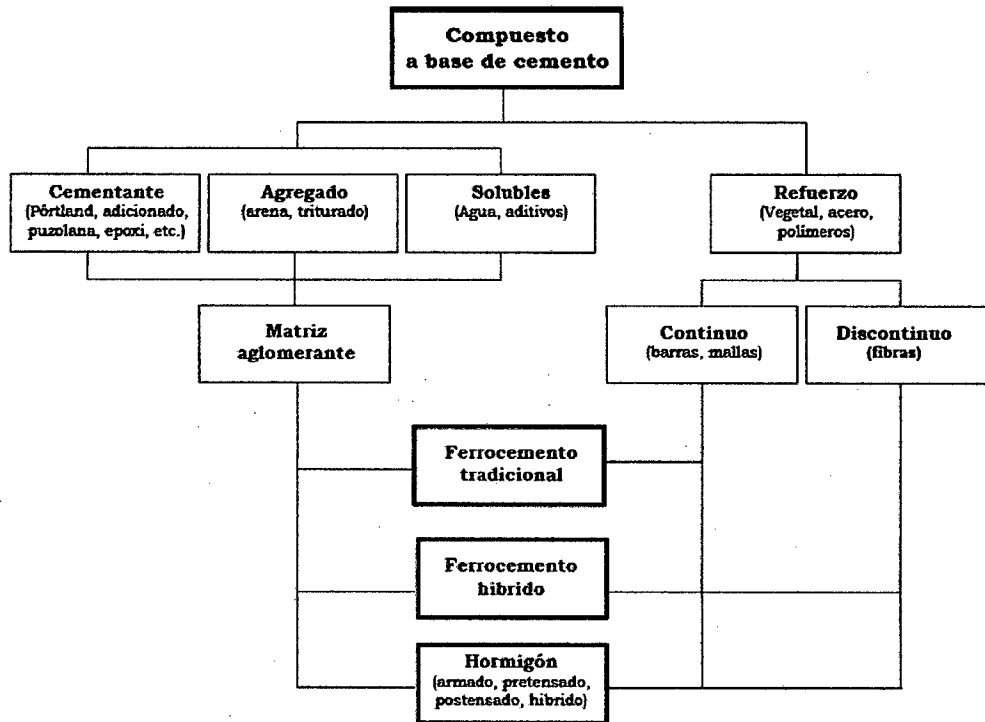


Fig. 1.1 – FAMILIA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL Y DE SUS POSIBLES COMBINACIONES [Bedoya, 2004]

El ferrocemento se caracteriza y se diferencia de los demás hormigones, por la distribución y tamaño relativo de su refuerzo: mallas de alambre de diámetros pequeños y fibras uniformemente distribuidas en toda la sección transversal del elemento. Una vez endurecido, el ferrocemento presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas consistentes con un material de acción compuesta. Esta constitución lo hace propicio para la fabricación de elementos de pared delgada, no mayores de 50 mm.

La idea básica de este material es que el mortero puede experimentar mayores deformaciones en las cercanías del refuerzo sin fisurarse, y que la magnitud de las deformaciones depende de la subdivisión y distribución del refuerzo a través de la masa del mortero; en la figura 1.2 se puede observar una sección típica de ferrocemento.

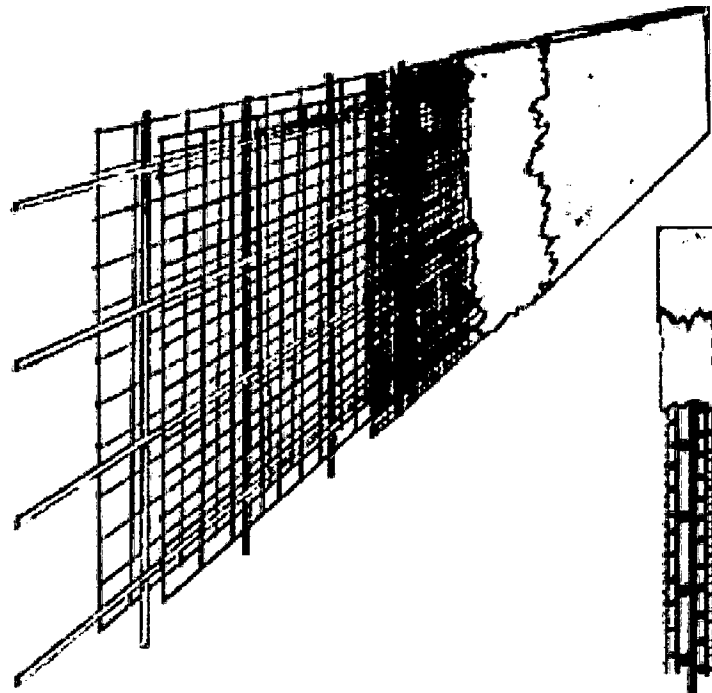


Fig. 1.2 – SECCIÓN DE FERROCEMENTO [www.ferrocement.com]

El ferrocemento es un material compuesto por dos componentes diferentes; tanto el mortero y las mallas de alambre interactúan y resulta un material compuesto con propiedades mejoradas. Las propiedades obtenidas son diferentes a las ofrecidas por cada material si actuara independientemente. Por ejemplo, el mortero para cargas a tracción es pobre y las mallas de alambre expuestas a la intemperie se corroen. Combinado con el mortero y las mallas en un ferrocemento, se obtiene capacidad de carga a tracción y protección al refuerzo.

1.4. Propiedades y ventajas del ferrocemento

- a) Buena resistencia al agrietamiento. Debido a su gran distribución que presenta el refuerzo, existe una disminución considerable del ancho de grieta, lo que contribuye a que aumente su impermeabilidad, así como la resistencia a la corrosión, como se puede observar en la figura 1.3.
- b) Facilidad de construcción y reparación. Tanto su construcción como la reparación no presentan mayores dificultades y no necesitan personal de alta calificación. Es bueno destacar lo que se entiende por reparación: aquella que se realiza ante roturas localizadas y no como el mantenimiento periódico a que tienen que ser sometidos otros materiales

de construcción. Las partes dañadas se sustituyeron con mortero que al fraguar regenera las características del elemento sometido a la reparación.

- c) No necesita prácticamente mantenimiento. La capacidad que presenta para resistir los agentes externos hace que este se limite a reparación por roturas localizadas o pintura periódica.
- d) Bajo costo. Está respaldado por el bajo costo de los materiales utilizados en su elaboración, la utilización de personal rápidamente calificado, pero con una adecuada supervisión; empleo de un mínimo de equipos en su ejecución y colocación en obra, así como el poco tiempo necesario para su construcción.

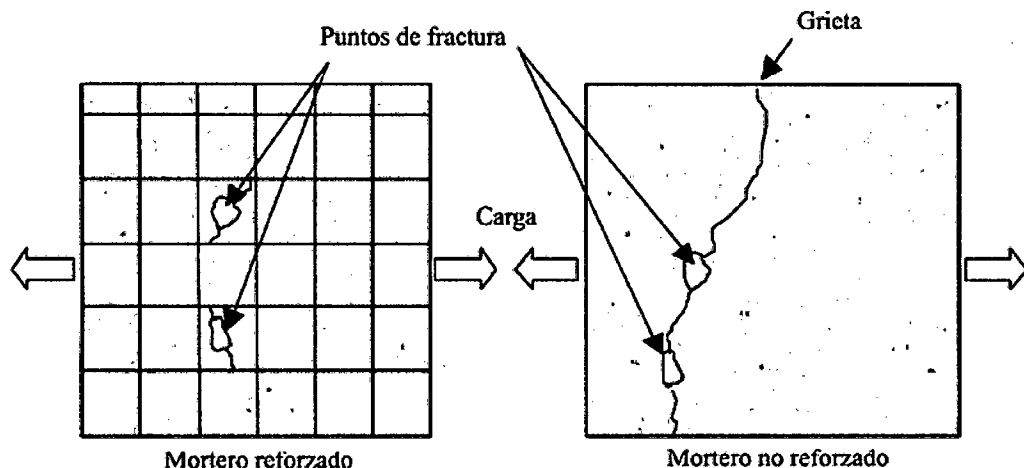


Fig. 1.3 – PROPAGACION DE UNA FISURA EN UN MORTERO [Jordi Masó Sole, 2004]

1.5. Diferencias físicas y mecánicas con el concreto armado

- El ferrocemento es un material de pared delgada (espesores hasta 50 mm), el concreto posee grandes espesores.
- El componente dúctil está distribuido a través de toda la sección de ferrocemento; en el concreto son barras, generalmente longitudinales y transversales de diámetro considerable.

- La matriz de aglutinante del ferrocemento está hecha a partir de agregados finos (sólo arenas); en el concreto existen agregados finos y gruesos (arena más triturado de piedra).
- El ferrocemento posee propiedades de un material homogéneo e isotrópico en dos direcciones y el concreto no.
- El ferrocemento tiene alta resistencia a la tracción y alto módulo de rotura. Su resistencia a tracción puede llegar a ser similar a la resistencia a compresión. En el concreto la resistencia a tracción es muy baja. El cual se incrementa debido a la distribución del refuerzo.
- Por el contenido y distribución del refuerzo, el ferrocemento presenta un proceso de agrietamiento a tracción, diferente al del concreto reforzado, debido a que la distribución de la malla reduce los anchos y tamaños de las fisuras, como también reduciendo tiempo de aparición de las mismas .
- En el ferrocemento la deformación generada por falla a tracción, se incrementa con el número de capas de malla. Es decir, la ductilidad aumenta con el incremento de la superficie específica de refuerzo. Tal comportamiento es diferente en el concreto reforzado a flexión, donde generalmente se ha observado que la ductilidad baja con el incremento de la relación de refuerzo.
- El ferrocemento presenta pequeños anchos de grietas y alta deformabilidad, lo que lo hace ideal para aplicaciones marinas (gracias a su distribución del refuerzo).
- Debido a los pequeños espesores el ferrocemento posee menor resistencia al fuego que el concreto reforzado.
- Los métodos de construcción del ferrocemento son diferentes de los métodos del concreto reforzado (para estructuras como tanque de agua se utiliza la técnica de una y dos capas, que se explicarán más adelante).
- El ferrocemento es más adaptable a bajos niveles de tecnología, mientras el concreto reforzado necesita un mínimo de tecnología y equipo liviano. El ferrocemento se adapta fácilmente a altos niveles de tecnología, como el concreto armado.

- En la construcción con ferrocemento se puede tener altos niveles de industrialización con menores costos en equipos. El concreto armado incrementa la inversión.
- El ferrocemento es más fácil de reparar y mantener. En aplicaciones marinas, el ferrocemento, está por encima del concreto reforzado, debido a su baja permeabilidad y a su buen comportamiento ante la fisuración.

1.6. Similitudes entre el ferrocemento y el concreto armado

Las similitudes entre ferrocemento y el concreto reforzado son numerosas. Ambos materiales utilizan en común una matriz aglutinante y un volumen de refuerzo; obedecen a los mismos principios mecánicos y pueden ser modelados de acuerdo con las mismas teorías y analizados utilizando las mismas técnicas.

1.7. Aplicaciones del Ferrocemento

En los Estados Unidos, México, Rusia, Tailandia, Nueva Zelanda y en otros países se han realizado una serie de trabajos. Se puede nombrar varias aplicaciones por ejemplo:

- Cubiertas
- Depósitos de líquidos y gases
- Silos y almacenes
- Viviendas y otros tipos de edificios
- Construcciones turísticas
- Canales de riego
- Elementos de pared
- Cabinas sanitarias

2. CAPÍTULO II: MATERIALES

2.1. Cemento

El cemento es un material producido mediante la pulverización del clinker de portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda, que al combinarse con agua adecuadamente, forma una pasta capaz de endurecer tanto bajo como al aire.

Normalmente se usa el cemento Portland, con el fin de obtener elementos de ferrocemento que tengan resistencia a la compresión, impermeabilidad, dureza y resistencia lo más elevada posible al ataque químico y que su consistencia se mantenga uniforme, compacta, sin huecos, detrás de la concentración del refuerzo.

En el ferrocemento, más que en el concreto armado, la calidad del cemento puede afectar la durabilidad de los elementos debido principalmente a sus pequeños espesores y al reducido recubrimiento del acero.

2.1.1. Clasificación

Tipo I: El cemento Portland tipo I se usa para estructuras de ferrocemento generales, donde no se requieren de propiedades especiales

Tipo II: el cemento Portland tipo II posee moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Especialmente adecuadas para en estructuras en ambientes agresivos y/o vaciados masivos.

Tipo III: El cemento Portland tipo III es de endurecimiento rápido adquiere su resistencia más rápidamente y se elige cuando se requiere de una resistencia inicial muy alta.

Tipo IV: El cemento Portland tipo IV se usan para obras que requieran bajo calor de hidratación bajo calor de hidratación y se usan para obras por lo tanto puede ser utilizado para la construcción de estructuras de ferrocemento.

Tipo V: EL cemento Portland Tipo V, se recomienda principalmente para construcciones en ambientes marinos y en estructuras susceptibles al ataque de los sulfatos.

2.1.2. Cemento usado en la investigación

En la presente investigación se utilizó cemento Portland tipo I "Cemento Sol" producido por la fábrica de Cementos Lima S.A., la cual tiene su planta de la Av. Atocongo en el distrito de Villa María del Triunfo. Este cemento cumple con la norma técnica ASTM C-150 y la norma técnica peruana 334.009.

Su distribución es en bolsas de 42.5 Kg y a granel, el peso específico en la presente investigación es de 3.15 Kg/cm³.

Características

- Es un producto obtenido de la molienda conjunta de clinker y yeso.
- Ofrece un fraguado controlado.
- Presenta un buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad.
- Es usado en concretos de muchas aplicaciones.

Usos y Aplicaciones

- Para construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requiera características especiales o no se especifique otro tipo de cemento.
- Su acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado.
- Pre-fabricados de concreto.
- Para la fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos, adoquines.
- Mortero para asentado de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Consejos

- Se debe respetar la relación a/c (agua/cemento) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencia y trabajabilidad.
- Es importante utilizar agregados de buena calidad.
- Para lograr las resistencias requeridas es sumamente importante ser cuidadoso en proceso de curado.
- Para su apropiada conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separada de paredes o pisos y protegidos de aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas más de 10 bolsas para evitar la compactación.

2.2. Agregado fino

Se define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas. También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman in-situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial, las primeras son las arenas naturales; y las segundas, las arenas artificiales.

Los agregados utilizados para la producción de mortero de alta calidad para estructuras de ferrocemento deben ser fuertes, impermeables, libres de sustancias perjudiciales tales como polvo, terrones, pizarras, esquistos, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, y deben ser capaces de producir una mezcla suficientemente trabajable con una relación agua cemento mínima para lograr la penetración adecuada en la malla.

Los agregados se clasifican según su tamaño en:

- Agregado fino

-Agregado Grueso

Se define agregado fino a aquel que pasa íntegramente por el tamiz 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N°4, quedando retenido en el Tamiz N°200.

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido, como mínimo en un 95% en el Tamiz N°4.

2.2.1. Propiedades físicas del agregado fino:

2.2.1.1. Peso unitario (NTP 400.017)

Se define como el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios vacíos este se convierte en un parámetro relativo, debido a que influye la manera en que se acomodan las partículas.

El peso unitario compactado, se emplea en algunos métodos para hallar las proporciones entre la piedra y la arena en el concreto y el peso unitario suelto para hacer conversión de dosificaciones en peso a volumen.

La norma ASTM C 29 y la NTP 400.017, define el método estándar para evaluarlo. Para el presente estudio se obtuvo los siguientes valores:

2.2.1.2. Contenido de humedad (N.T.P. 400.016)

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante su control en la producción de la mezcla, debido a que puede variar la relación agua/cemento y por lo tanto la calidad del concreto.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos.

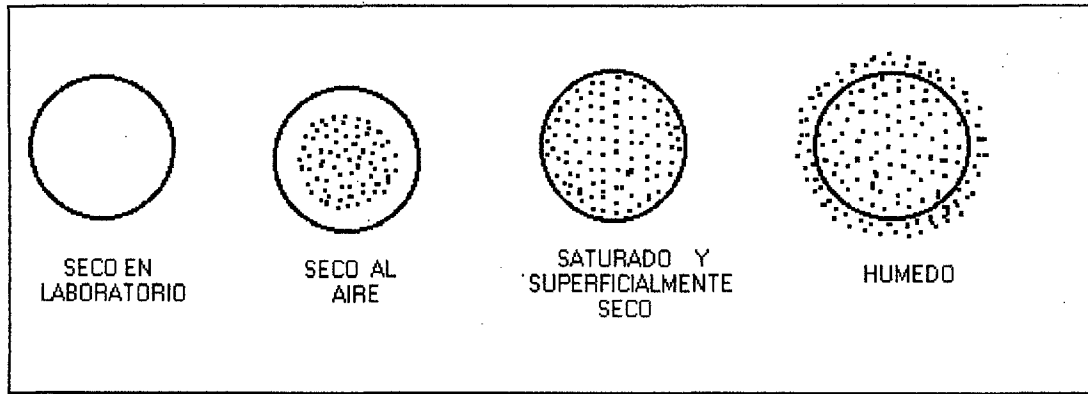


Fig. 2.1 – CONTENIDO DE HUMEDAD EN UNA PARTÍCULA DE ARENA

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso Humedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

2.2.1.3. Absorción (N.T.P. 400.022)

La absorción es el contenido de humedad que posee el agregado cuando se encuentra en estado saturado superficialmente seco.

Cuando el agregado se encuentra en estado saturado superficialmente seco no quita ni aporta agua a la mezcla y se comporta con el material inerte. Para que la relación a/c no varíe es importante el control de este factor.

Según la norma se define, como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

$$(\%) \text{ Absorción} = \frac{500 - W_s}{W_s} * 100$$

Ws : Peso Seco (gr)

500 : 500 gramos (muestra en estado superficialmente seco).

2.2.1.4. **Peso específico (N.T.P. 400.022)**

Se define como el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los espacios vacíos entre ellas. Se usa en el cálculo de diseño mezclas y también es un indicador de la calidad del agregado; si el peso específico es bajo suele tratarse de un agregado absorbente y débil y si el peso específico es alto corresponde a agregados de buena calidad.

Las normas ASTM C-127 y C-128 indican la metodología estándar para su determinación, indicando tres maneras de expresarlo dependiendo de las condiciones de saturación de las muestras.

PESO ESPECÍFICO DE MASA:

$$P.E. masa = \frac{W_s}{V_{s.s.s.}}$$

$$V_{s.s.s.} = V - V_a$$

PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (S.S.S):

$$P.E. s.s.s. = \frac{W_{s.s.s.}}{V_{s.s.s.}}$$

PESO ESPECÍFICO APARENTE:

$$P.E. aparente = \frac{W_s}{V_{s.s.s.} - V_b}$$

$$V_b = 500 - W_s$$

Donde:

- W_s = Peso de muestra secada al horno (gr.)
- $V_{s.s.s.}$ = Volumen saturado superficialmente seco (cm³)
- V = Volumen del frasco (cm³)
- V_a = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco
- V_b = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua en la muestra saturada superficialmente seca
- $W_{s.s.s.}$ = Peso de la muestra en estado superficialmente seco (gr.)
- 500. = Peso de la muestra en estado W s.s.s (gr.)

TABLA 2.1

RESUMEN DE LOS PESOS ESPECÍFICOS DE LOS AGREGADOS

	Arena gruesa (gr/cm ³)	Arena fina(gr/cm ³)
Peso específico de masa	2.58	2.66
Peso específico saturado superficialmente seco	2.63	2.67
Peso específico aparente	2.71	2.70

2.2.1.5. Análisis granulométrico (N.T.P. 400.022)

Se define granulometría como la distribución por tamaño de las partículas de agregados. Se logra con un proceso mecánico, sobre una muestra seca del agregado, pasándola por tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una de menor tamaño

Para el agregado en la mezcla de ferrocemento se recomienda que la granulometría de las partículas de arena deba ser preferentemente continua, cumpliendo en lo posible con la especificación C33-86 de la norma ASTM para los agregados de concreto:

TABLA 2.2

ESPECIFICACIÓN ASTM C33-86 PARA EL AGREGADO FINO

Tamiz	Abertura	Porcentaje que pasa	
	(mm)		
3/8"	9.5	100	100
Nº4	4.75	95	100
Nº8	2.36	80	100
Nº16	1.18	50	85
Nº30	0.59	25	60
Nº50	0.295	10	30
Nº100	0.147	2	10

El agregado utilizado en la elaboración del mortero es la arena, con un tamaño máximo de aproximadamente 5 mm, aunque dependiendo del espesor del elemento y la densidad de la armadura puede ser necesario limitar el diámetro a

4 mm. Este material se encuentra disperso en toda la masa del mortero y ocupa del 60 al 70% de su volumen.

En este estudio se usó arena gruesa de la cantera "La Molina" y arena fina de la cantera "Villa El Salvador", se realizó su análisis granulométrico como se observa en las tablas 2.3 y 2.4 y se graficaron sus curvas granulométricas y el Huso C, como se observa en las gráficas 2.1 y 2.2.

TABLA 2.3
RESUMEN GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA
(CANTERA LA MOLINA)

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje parcial retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.75	30.0	6.0	6.0	94.0
Nº8	2.36	98.0	19.6	25.6	74.4
Nº16	1.18	111.5	22.3	47.9	52.1
Nº30	0.59	87.5	17.5	65.4	34.6
Nº50	0.295	77.0	15.4	80.8	19.2
Nº100	0.147	54.0	10.8	91.6	8.4
Platillo		42.0	8.4	100.0	0.0

GRAFICA 2.1
GRANULOMETRIA DE LA ARENA GRUESA (CANTERA LA MOLINA)

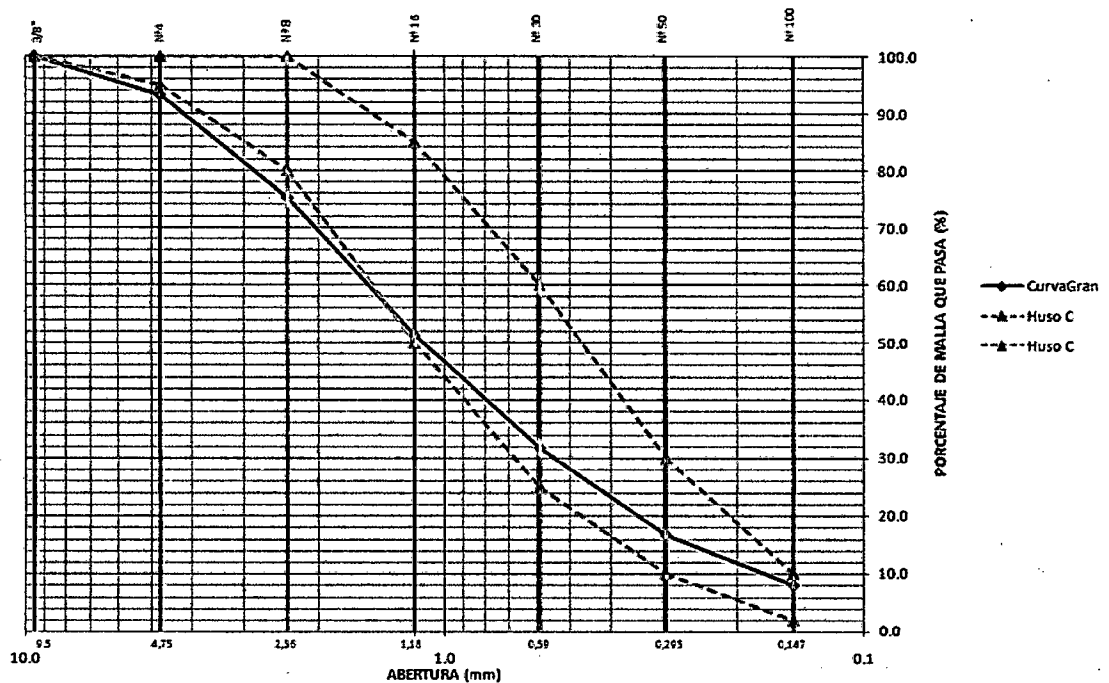
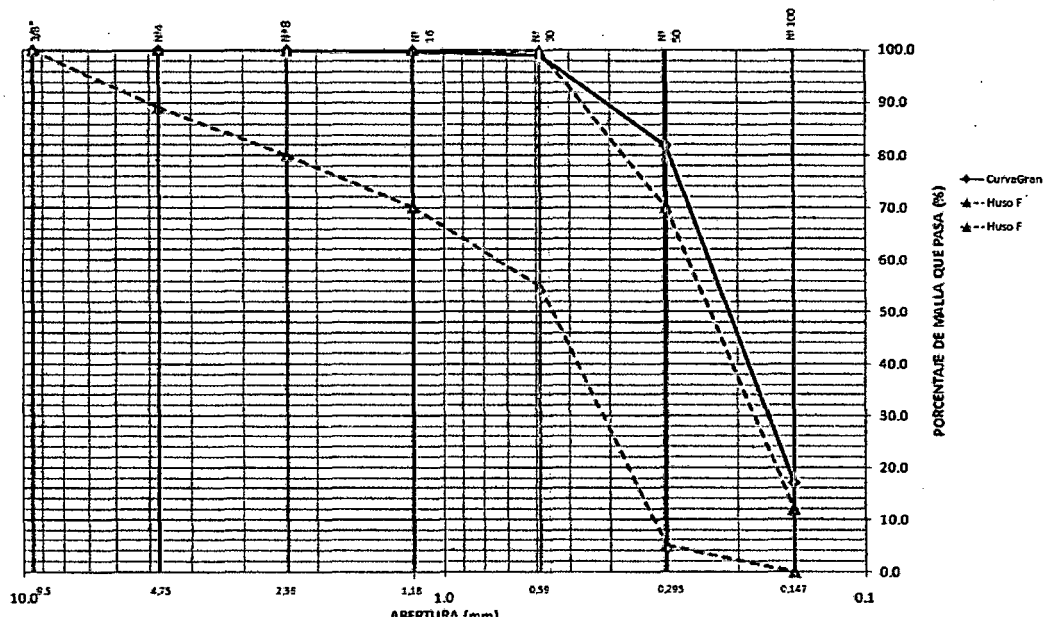


TABLA 2.7
RESUMEN DE LA GRANULOMETRÍA DE LA ARENA FINA
(CANTERA VILLA EL SALVADOR)

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje parcial retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/8"	9.5	0	0	0	100
Nº4	4.75	0	0	0	100
Nº8	2.36	0	0	0	100
Nº16	1.18	0	0	0	100
Nº30	0.59	3.0	0.6	0.6	99.4
Nº50	0.295	89.0	17.76	18.4	81.6
Nº100	0.147	341.5	68.16	86.5	13.5
Platillo		67.5	13.47	100.0	0.0

GRAFICA 2.2
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA FINA (Villa El Salvador)



Aspectos importantes a tener en cuenta son el módulo de finura, el área específica, la composición granulométrica y la forma de los granos. Arenas bien graduadas permiten la obtención de morteros más densos, con mejor resistencia a esfuerzos mecánicos y mayor trabajabilidad. En cuanto a sus formas de los granos, aquéllos con formas redondeadas y lisas proporcionan forma irregular y

superficie rugosa, debido proporcionan morteros más laborables, con reducción de la cantidad de agua; granos de forma irregular y superficie rugosa, debido a una mejor adherencia con el cemento endurecido, conforman un mortero más resistente a la abrasión y a la tracción. Las arenas con partículas laminadas son consideradas inadecuadas.

NOTA: Si el módulo de finura de una arena es de 2.3 se trata de una arena fina; y si el módulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana. Y si el módulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa.

$$M. Finura = \frac{\sum \% Ret Acuml. (3", 1.5", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

2.2.1.6. Superficie específica (N.T.P 400.021)

Se define como superficie específica de una partícula de agregado al área superficial de la misma. La superficie específica de un conjunto de partículas es la suma de las áreas superficiales de las partículas.

Mientras mayor sea la superficie específica, mayor será el área superficial a ser cubierta por la pasta de cemento. El agregado fino tiene una superficie específica alta y el agregado grueso una superficie específica bastante baja.

La superficie específica influye en las propiedades del mortero; al combinar los agregados y mantener constante la superficie específica se obtiene un concreto de propiedades similares (incluso la resistencia a la compresión permanece constante significativamente).

$$\text{Superficie Específica} = \frac{6 \times E}{100 \times Pe}$$

Donde:

E: Sumatoria de valores obtenidos de dividir el porcentaje retenido en cada tamiz entre el valor del diámetro medio (cm)

Pe: Peso específico del agregado

TABLA 2.8

SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LA ARENA GRUESA

Tamiz	Abertura (cms)	Diámetro medio (cms)	% Parcial Retenido	S
3/8"	0.95	1.11	0	0
Nº4	0.48	0.714	7.4	10.4
Nº8	0.238	0.357	19.5	54.6
Nº16	0.119	0.179	26	145.4
Nº30	0.059	0.089	21.1	237.4
Nº50	0.0297	0.044	16.3	371.4
Nº100	0.0149	0.022	9.6	435.7
			Suma :	1,255.00

$$S. \text{ Específica (A. Gruesa)} = 0.06 * \frac{1255.0}{2.56} = 29.41 \frac{cm^2}{gr}$$

TABLA 2.9

SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LA ARENA FINA

Tamiz	Abertura (cms)	Diámetro medio (cms)	% Parcial Retenido	S
Nº 8	0.238	0.357	0.1	0.3
Nº16	0.119	0.179	0.1	0.7
Nº30	0.059	0.089	1.0	10.9
Nº50	0.0297	0.044	20.7	469.9
Nº100	0.0149	0.022	78.1	3,550.6
			Suma :	4,032.4

$$S. \text{ Específica (A. Fina)} = 0.06 * \frac{4032.4}{2.61} = 92.70 \frac{cm^2}{gr}$$

2.2.1.7. Materiales que pasan la malla N° 200 (N.T.P. 400.018)

Este ensayo representa la cantidad de material fino cuyo tamaño es menor a la abertura del tamiz N°200 (75 μ m). El agregado puede estar en forma de revestimiento superficial de los agregados o en forma de partículas sueltas.

El material fino está constituido por arcilla y limo el cual se presenta recubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena, en el primer caso afecta la adherencia del agregado y la pasta, mientras que en el segundo caso incrementaría los requerimientos de agua.

2.3. Agua

La calidad del agua para mezclar el mortero es de vital importancia para el ferrocemento endurecido resultante, las impurezas del agua pueden interferir en el fraguado del cemento y afectar adversamente la resistencia o provocar manchado en la superficie, causando eflorescencias y asimismo originar la corrosión del refuerzo. En ningún caso debe usarse agua de mar, generalmente el agua de servicios públicos está considerada apta y no requiere ningún tratamiento adicional.

También se debe tener en cuenta que la resistencia del mortero es inversamente proporcional a la relación agua-cemento; es así que la proporción en peso recomendable para estructuras como tanques de reserva de ferrocemento es de 0,3 a 0,4, es decir lo más bajo posible para darle calidad y trabajabilidad.

A diferencia del ACI y la ASTM, en el Perú existe la norma NTP 339-088 que establece los requisitos para agua de mezclas y curado, además la norma NTP 339-070 define los pasos a seguir para la toma de muestras del agua para concreto.

Para esta tesis se usó agua potable tanto la mezcla y curado del mortero, con lo se aseguró que el agua no presente impurezas que sean perjudiciales para la mezcla (sales y sulfatos).

3. CAPÍTULO III: MORTERO Y ARMADURA DE REFUERZO

3.1. Morteros

3.1.1. Aplicación de mortero

El mortero generalmente se coloca a mano, con ayuda de una espátula de albañil o simplemente con la mano, en este proceso el mortero es colocado a través de la malla, siendo de difícil ejecución cuando existe un número elevado de mallas, siendo entonces necesario utilizar un equipo de vibrado, en la tecnología manual se caracteriza por una baja productividad del trabajo, que compensa con la disminución de gasto de materiales.

Cuando la colocación del mortero se hace difícil por el número elevado de mallas, puede optarse por la alternativa de colocar el mortero a través de equipos de proyección que pueden lanzar el mortero con un alto poder de penetración a través de armaduras densas. Existen técnicas de aplicación del mortero, siendo las más usadas la técnica en una etapa y la de dos etapas.

3.1.1.1. Técnica de una capa

El mortero se aplica de un solo lado hacia adentro de la malla para posteriormente darle el acabado final. No debe aplicarse el mortero simultáneamente en los dos lados, para evitar que el aire quede atrapado entre las capas, produciendo laminación en la superficie.

El proceso de aplicación del mortero de un lado, consiste en colocar en el otro lado como encofrado temporal ya sea de planchas de triplay con contrafuertes de madera, u otro tipo de encofrado, contra las cuales se pueda trabajar la aplicación del mortero utilizando vibradores, con el que se facilite la penetración del mortero en la malla.

La duración de la colocación del mortero debe ser adecuadamente estimada para que su endurecimiento prematuro no perjudique la ejecución de la revibración en las juntas de mortero o para el acabado final; cuando sea necesario pueden usarse aditivos retardadores de fraguado de cemento.

La aplicación del mortero en la técnica de una capa, si no se tiene un encofrado, puede ejecutarse con la participación de dos personas del siguiente modo:

- Se inicia la colocación del mortero de la parte inferior hacia arriba en fajas horizontales.
- Una de las personas apoya un pedazo de madera sobre la armadura al lado opuesto del lugar de aplicación del mortero.
- Otra persona aplica el mortero comprimiéndola sobre la armadura.
- Se compacta constantemente la zona de aplicación, si es necesario se utiliza equipos de vibración, para de evitar la formación de cangrejas.
- El recubrimiento final o capa de acabado que conforma la estructura, debe colocarse antes de que ocurra el fraguado del mortero principal

En el Anexo E, se muestran las fotos de la fabricación de un tanque de agua de 25 m³ de capacidad en la ciudad de Cañete – Lima , donde se puede apreciar la técnica de una capa.

3.1.1.2. Técnica de dos capas

Cuando la colocación del mortero es dificultoso debido a la presencia de un número elevado de mallas, entonces puede optarse por la colocación del mortero en dos etapas, la primera capa aplicada por un lado, lo cual permite que una vez endurecida la primera capa sirva como molde para la aplicación de la segunda capa por el otro lado, este procedimiento evita la formación de cangrejas en el mortero; sin embargo, la vibración es esencial, cuando se esté aplicando la segunda capa de mortero.

Para la colocación de la segunda capa debe aplicarse a manera de pintura, una lechada de cemento con consistencia gruesa antes de la aplicación del mortero; esta técnica evita el riesgo de separación entre las dos capas.

Igual a lo descrito en la técnica en una etapa, también puede ejecutarse sin encofrado, del siguiente modo:

Una vez terminado la colocación del mortero, según lo descrito en los dos primeros pasos de la técnica en una capa, se espera que el mortero adquiera una resistencia necesaria para iniciar la cara opuesta.

Se aplica una lechada de cemento gruesa para lograr una efectiva ligazón entre las dos partes.

Los pasos siguientes de aplicación del mortero es similar a lo descrito recordando siempre tener cuidado en no dejar vacíos al del concreto, y darle el recubrimiento adecuado.

Finalmente el acabado se da con una esponja ligeramente húmeda, que debe ser pasada levemente por toda la superficie del concreto.

3.1.2. Fluides

Se define como la facilidad con la que un grupo dado de materiales puede mezclarse, luego manejarse, transportarse y colocarse de manera que no pierda su homogeneidad. La trabajabilidad depende de las proporciones de cada uno de los materiales y está relacionada con el concepto de consistencia, y ésta, a su vez, con el estado de fluides del mortero.

Para determinar la fluides en obra se puede utilizar la prueba de revenimiento (slump o asentamiento) en el cono de Abrahams

Para determinar la trabajabilidad, se acepta el ensayo de fluides (NTP339.078, ASTM C230); por medio del cual se califica que tan seca o fluida es la mezcla. En la tabla 3.1 se muestra la clasificación del ferrocemento según su fluides.

TABLA 3.1.

CLASIFICACIÓN DEL MORTERO PARA EL FERROCEMENTO SEGÚN SU FLUIDES

Fluides	Asentamiento del Cono	Mesa de sacudidas ASTM
Baja	0 - 2 (cm)	< 130 (mm)
Media	3 - 8 (cm)	140 - 175 (mm)
Alta	9 - 14 (cm)	180 - 195 (mm)
Muy alta	15 - 20 (cm)	200 - 220 (mm)

3.1.3. Tiempo de fragua

El tiempo de fraguado es la propiedad que representa el tiempo mediante el cual el mortero (mezcla) va cambiando de su consistencia plástica moldeable (trabajable) a una mas rígida (sólida) e indeformable, este tiempo de

fraguado es dividido en dos periodos, tiempo de fraguado inicial el cual se considera cuando la resistencia a la penetración es de 500 lb/pulg² y final cuando la resistencia a la penetración es de 4000 lb/pulg²

3.1.4. Exudación

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. Debido a que el agua parece haber sido exudada de la masa plástica de la mezcla, este fenómeno se conoce con el nombre de exudación.

La exudación esta influenciada por las proporciones de las mezclas, características de los agregados, uso de aditivos y adiciones, especialmente la angulosidad y la granulometría. Si la exudación es excesiva, luego la importancia es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

3.1.5. Resistencia mecánica

La resistencia mecánica es una propiedad importante en el mortero y sirve también como indicador de otras características importantes. Depende fundamentalmente de la relación agua/cemento, la proporción arena/cemento y de las propiedades de la arena (granulometría, forma, resistencia, etc.).

El ensayo de compresión de probetas de mortero (para la presente investigación se utilizó probetas de 4" de diámetro y 8" de altura) y fueron curados por 7, 14 y 28 días en una poza de agua con cal, se realiza con fines de control de calidad del mortero.

3.1.6. Módulo de elasticidad

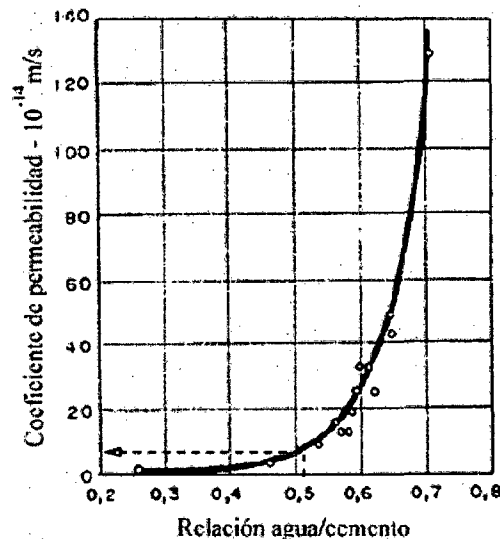
Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El módulo de elasticidad del concreto o mortero dependen del modulo de elasticidad y relación Poisson del agregado. Según la norma rusa de ferrocemento: permite estimar el módulo de deformación del mortero igual a 0.80 del modulo determinado por un concreto de la misma resistencia.

3.1.7. Permeabilidad

La permeabilidad de los morteros y el concreto es una propiedad de mayor importancia, toda vez que refleja la capacidad del material para obstaculizar la penetración de líquidos y gases en su interior. Dado que la permeabilidad depende fundamentalmente de la porosidad de la pasta endurecida de cemento, ya que la porosidad de los granos de los agregados naturales es extremadamente baja, pudiera inferirse que a mayor cantidad de pasta de cemento empleada en el mortero este sería más permeable.

La mayor razón de la permeabilidad de un mortero es su porosidad y la absorción del agua de un espécimen seco es una la medición correcta de su porosidad. En la presente investigación se realizaron ensayos de absorción de agua para los diferentes diseños de mezclas estudiados, para conocer la permeabilidad de las diferentes mezclas; posteriormente se estudió la variación de esta pintarla con pintura epóxica y con una mezcla de aceite con petróleo.

Una proporción elevada de agua/cemento puede presentar una mayor permeabilidad una vez endurecida la pasta. De hecho esta directamente relacionada como se observa en la gráfica.



GRAFICA 3.1 – PERMEABILIDAD DEL MORTERO VS. RELACIÓN AGUA/CEMENTO [Jordi, 2004]

La permeabilidad de la pasta es también función de la hidratación. A medida que avanza la hidratación la permeabilidad disminuye. Así, es muy importante garantizar una buena hidratación del mortero. Ésta es otra de las razones de peso que hace del curado uno de los procesos más importantes del ferrocemento.

3.1.8. Retracción

La retracción es uno de los fenómenos más importantes en la tecnología del mortero, sobre todo en morteros con altos contenidos de cementos y gran superficie expuesta.

El mortero puede sufrir retracciones antes de que fragüe el cemento, y se le llama por retracción plástica se corresponde con una reducción del volumen del conjunto cemento – agua. La retracción plástica se acentúa cuando se permite la evaporación del agua de la superficie del mortero y pueden aparecer fisuras superficiales.

Después del fraguado puede ocurrir retracción o expansión; un incremento de la hidratación cuando existe agua disponible da como resultado la expansión y en un caso contrario ocurre la retracción.

Altas relaciones agua/cemento a mediano plazo conllevan a una mayor retracción. Una mayor concentración de pasta de mortero lleva a mayores valores de retracción por evaporación, a este aspecto se suma el hecho que los elementos de ferrocemento son de pequeño espesor y tiene mayor superficie expuesta que los de concreto armado lo que aumenta la velocidad de evaporación. Por otro lado valores bajos de relación agua/cemento produce menor retracción.

En la figura 3.1 se puede observar los tipos de fisuración por retracción (horizontal y diagonal), fisuras amplias y normalmente poco profundas (< 30 mm) y de escasa trascendencia estructural, las cuales también pueden ser producidas por los movimientos de los encofrados.

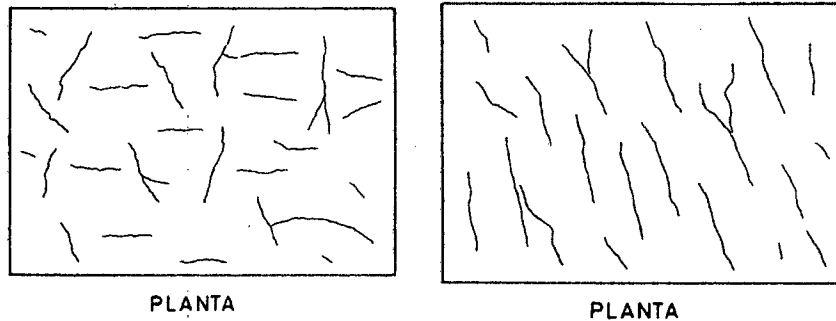


FIGURA 3.1 – FISURAS NO ESTRUCTURALES POR RETRACCIÓN [Carlos Oyarzabal, 2008]

3.2 Armadura de refuerzo

La función del refuerzo en el ferrocemento principalmente es conformar la estructura y soportar el mortero que aún no ha fraguado; así como absorber los esfuerzos de tracción que el mortero por sí sólo no sería capaz de soportar y contribuir a reducir el número de tamaño de fisuras.

Para el ferrocemento generalmente se usa dos tipos de armadura:

3.2.1 Armadura difusa

Consiste en mallas de alambre de pequeño diámetro, sean entrelazados o soldados con espaciamientos pequeños, para formar una malla que se distribuya uniformemente en el mortero. Un requerimiento principal que debe cumplir esta malla es ser fácil de manejar, si fuera necesario, suficientemente flexible para doblar las esquinas agudas.

Su función en primer lugar es actuar como marco y dar forma para sostener el mortero en estado fresco.

El comportamiento mecánico del ferrocemento depende en gran parte del tipo, cantidad y orientación y propiedades de la resistencia de la malla.

Para la presente investigación se usará la malla hexagonal galvanizada $\frac{3}{4}$ " de cocada; comúnmente conocida como "malla gallinero". Inicialmente esta malla fue diseñada para uso en criaderos de aves, es por esto su conocida denominación, la cual tiene como característica principal ser una estructura resistente y moldeable.

La fabricación en el Perú por Prodac S.A , la cual se venden en rollos 40 metros lineales, con alambre galvanizado de calibre 23 y con cocadas de 1" y $\frac{3}{4}$ " .

3.2.1.1 Tipos de armadura difusa :

3.2.1.1.1 Malla de alambre hexagonal (trenzada)

Es la malla más popular y las más usada en la mayoría de países. Es económica y de manejo fácil. Se le conoce generalmente como malla gallinero y se fabrica con alambre estirado en frío, que generalmente se entretreje en patrones hexagonales. Se forma por el trenzamiento de alambres galvanizados de 0.5 a 1.5mm de diámetro, y normalmente con un espaciamiento entre 12.5 mm a 25 mm aunque puede ser mayor.

En el presente estudio se utilizó malla hexagonal con $\frac{3}{4}$ " de cocada y de calibre BWG # 23 (0.71 mm), procedentes de la fábrica PRODAC S.A.C. En la figura 3.2 la malla hexagonal, indicando la forma de medir el tamaño de la cocada de la malla.

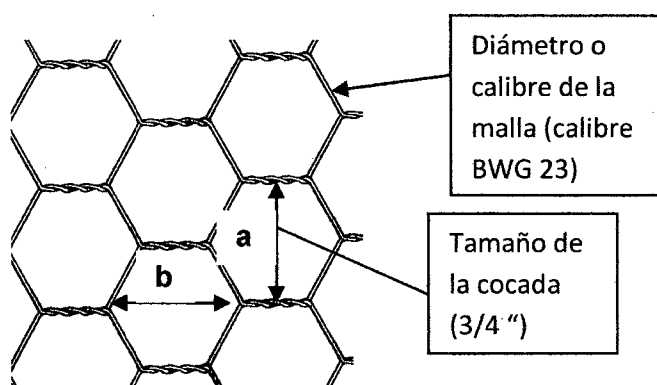


FIGURA 3.2 – MALLA DE ALAMBRE HEXAGONAL

En relación a su comportamiento mecánico, originalmente esta malla no está destinada a un uso sin función estructural, por lo tanto su resistencia no es controlada y puede ser muy variable. A continuación se muestra las características mecánicas de la malla hexagonal de $\frac{3}{4}$ " y 1 "de cocada fabricada por Prodac S.A.C.

TABLA 3.2
CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA HEXAGONAL PRODAC S.A.C.

CARACTERÍSTICAS DEL ALAMBRE								
Límite de fluencia:		$F_y = 22 \text{ kg/mm}^2 = 216 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa.)}$						
Resistencia a la rotura:		$\sigma_r = 36 \text{ kg/mm}^2 = 353 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$						
Módulo de elasticidad:		$E = 20000 \text{ kg/mm}^2 = 196000 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa.)}$						
Densidad del acero:		$\gamma = 7.85 \text{ g/cm}^3$						
Galvanización promedio:		Galv. = 33g Z/mm ²						
Cocada (pulg.)	Calibre #	Abertura		Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Presentación en rollos		
		a (mm)	b (mm)			Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)
3/4 "	23	21	26	0.63	0.312	0.90	40.00	8.30
1"	23	26	33	0.63	0.312	0.90	40.00	6.90

3.2.1.1.2 Malla de Alambre electrosoldada

Esta malla está compuesta por alambres rectilíneos y generalmente poseen un calibre BWG de #18 a #19 (1.07 mm a 1.24 mm), hechos de acero con resistencia a la tensión, baja o mediana; dispuestos de tal manera de formar aberturas cuadradas o rectangulares y soldados en las uniones. Por la conformación de esta malla, es utilizada exclusivamente como refuerzo estructural.

Es mucho más rígido que el que se usa en las mallas hexagonales. Algunos constructores prefieren este tipo de malla ya que puede moldearse más fácilmente, amoldándose a las curvas deseadas de la estructura, produciendo líneas más suaves.

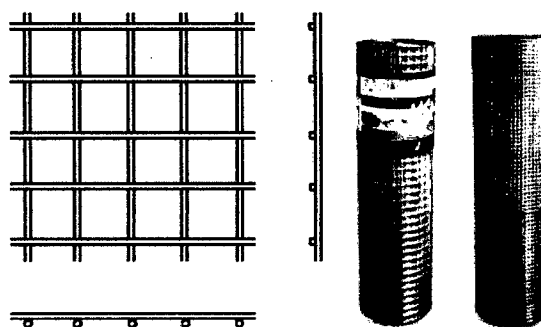


FIGURA 3.3 – MALLA DE ALAMBRE ELECTROSOLDADA S.A.C

Desafortunadamente esta malla puede presentar puntos débiles en las intersecciones que resultan de una soldadura inadecuada durante la fabricación de la malla. Esta deficiencia puede imponer serias limitaciones, aún cuando se emplee un alambre de acero de alta resistencia para lograr una mejor malla. Según las experiencias de investigadores de otros países han demostrado que, en muchos casos, las mallas hechas de alambre de mejor calidad tienen mayor tendencia a fallar que otros tipos de mallas cuando las intersecciones están sujetas a carga.

TABLA 3.3
CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA ELECTROSOLDADA PRODAC S.A.C.

CARACTERÍSTICAS DEL ALAMBRE	
Límite de fluencia:	$F_y = 22 \text{ kg/mm}^2 = 216 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa.)}$
Resistencia a la rotura:	$\sigma_r = 36 \text{ kg/mm}^2 = 353 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$
Módulo de elasticidad:	$E = 20000 \text{ kg/mm}^2 = 196000 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa.)}$
Densidad del acero:	$\gamma = 7.85 \text{ g/cm}^3$

Cocada (pulg.)	Calibre #	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Presentación en rollos		
				Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)
1/8 "	23	0.63	0.312	0.90	30.0	18.50
1/4"	23	0.63	0.312	0.90	30.00	20.00
3/8"	22	0.71	0.396	0.90	30.00	18.00
1/2"	20	0.89	0.622	0.90	30.00	20.00
3/4"	19	1.07	0.899	0.90	30.00	18.00
1"	19	1.07	0.899	0.90	30.00	13.00

3.2.2 Armadura discreta

Sirve de esqueleto; es la armadura resistente del elemento estructural. Constituida por barras de 4, 6, 8 y 12 mm de diámetro y tienen como función sostenerla la armadura difusa y otorgar resistencia inicial a la estructura. Las armaduras del esqueleto están formadas por una serie de barras de acero longitudinal y transversal, que se distribuyen uniformemente a lo largo del elemento y se acomoda a la forma requerida.

4. CAPITULO IV: PREPARACION DEL MORTERO

4.1. Agregados

Es necesario tener en cuenta el módulo de finura del agredo, el área específica, la composición granulométrica y las formas de los grados. Arenas bien graduadas permiten la obtención de morteros bien densos, con mejor resistencia a los esfuerzos mecánicos y mayor trabajabilidad.

El agregado utilizado en la producción de mortero para ferrocemento deberá cumplir los requisitos de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037-97). El CEPIS recomienda usar un módulo de finura entre 2.15 y 2.75 para el ferrocemento; con los cuales da buenos resultados a la trabajabilidad y la porosidad en la mezcla, según investigaciones del Dr. Hugo Wainstock.

Para la presente estudio se utilizó arena gruesa de la cantara La Molina con un módulo de finura de 3.24 y con arena fina de la cantera Villa el Salvador con un módulo de finura de 1.02. En la siguiente tabla se muestran los diferentes módulos de finura obtenidos luego de mezclar la arena gruesa y la arena fina en las proporciones indicadas.

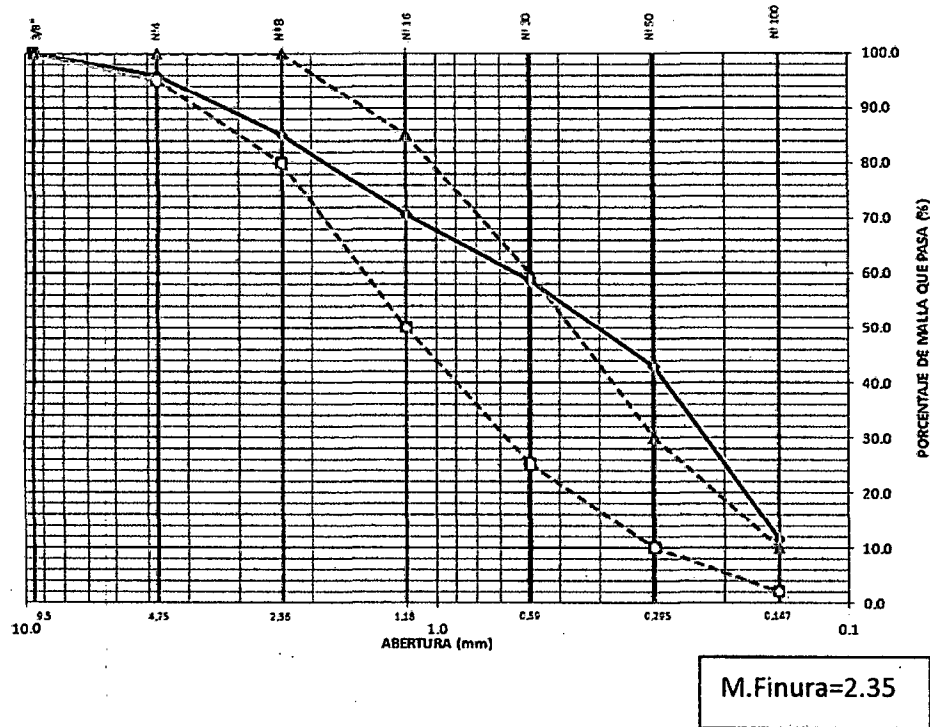
TABLA 4.1.
VARIACIONES DEL MÓDULO DE FINURA FINAL CON LA MEZCLA DE AGREGADOS

PORCENTAJE DE ARENA EN LA MEZCLA		MEZCLA FINAL
A. GRUESA (%)	A. FINA (%)	M. Finura
100	0	3.24
90	10	3.02
80	20	2.80
70	30	2.57
60	40	2.35
50	50	2.13
40	60	1.91
30	70	1.69
20	80	1.46
10	90	1.24
0	100	1.02

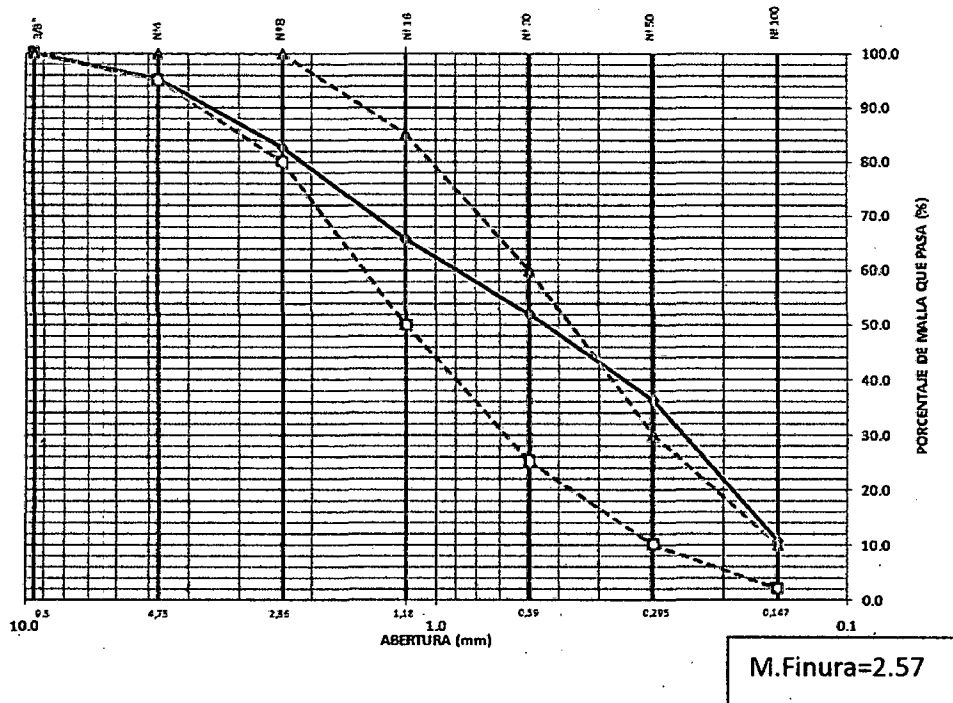
Se obtuvo dos posibles alternativas una con un módulo de finura 2.57 (70% de arena gruesa y 30 % de arena fina) y otra con un módulo de finura 2.35 (60% de

arena gruesa y 40% de arena fina), para ambas alternativas se graficó su curva granulométrica como se puede observar en las gráficas 4.1 y 4.2.

GRAFICA 4.1
CURVA GRANULOMÉTRICA – 60 % ARENA GRUESA Y 40 % ARENA FINA



GRAFICA 4.2
CURVA GRANULOMÉTRICA – 70 % ARENA GRUESA Y 30 % ARENA FINA



Se observa que ambas curvas granulométricas se encuentran parcialmente fuera del Huso C, observándose que la mezcla 70/30 de arena gruesa y arena fina posee mayor tendencia estar dentro del huso C, por lo cual se optó por esta alternativa para preparar el mortero del ferrocemento.

Luego en el laboratorio se procedió a realizar los ensayos a los agregados para calcular las propiedades físicas, en la tabla 4.2 se observan el resumen de propiedades físicas calculadas.

TABLA 4.2.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

PROPIEDAD	UNIDAD	A. GRUESA	A. FINA
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1530	1260
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1760	1440
Peso Específico	Kg/m ³	2.58	2.66
Porcentaje de Absorción	%	1.83	0.60
Contenido de Humedad	%	1.30	0.90
Porcentaje que pasa la Malla N°200	%	5.00	2.80
Módulo de Finura	--	3.24	1.02
Superficie Específica	Cm ² /gr	29.41	92.70

4.2. Diseño de mezcla

Se diseñaron 4 mezclas con diferentes relaciones de cemento / agregado (C/A), diseñándolas por trabajabilidad tomando un slump o consistencia de 4 pulgadas, obteniéndose los siguientes resultados.

- Para la relación C/A = 1/1 se obtuvo una relación agua/cemento (a/c) de 0.370.
- Para la relación C/A = ½ se obtuvo una relación a/c de 0.483
- Para la relación C/A = 1/3 se obtuvo una relación a/c de 0.551
- Para la relación C/A = ¼ se obtuvo una relación a/c de 0.653

En las tablas 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6 se muestran las proporciones en peso y en volumen para los diferentes componentes de las mezclas para las mezclas con relaciones C/A = 1/1, 1/2, 1/3 y 1/4 respectivamente.

TABLA 4.3

DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO CON RELACIÓN C/A = 1/1

Cemento/Arena (C/A) :	1 / 1
Agua/cemento	0.370
Slump :	4"

	PESO	VOL ABSOLUTO	VOLUMEN (M3)	D.U.S (KG.)	D.O (KG.)	1 TANDA (KG.)
CEMENTO	929.8	0.295	0.2952	929.84	929.84	17.616
AGUA	343.7	0.344	0.3437	343.67	346.28	6.560
A. GRUESA	650.9	0.254	0.2540	650.89	659.35	12.491
A.FINA	278.9	0.107	0.1071	278.95	281.46	5.332
suma:		1.0000	1.0000	2203.35	2216.94	42.000

TABLA 4.4

DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO CON RELACIÓN C/A = 1/2

Cemento/Arena (C/A) :	1 / 2
Agua/cemento	0.483
Slump :	4"

	PESO	VOL ABSOLUTO	VOLUMEN (M3)	D.U.S (KG.)	D.O (KG.)	1 TANDA (KG.)
CEMENTO	634.0	0.2013	0.2013	634.02	634.02	11.958
AGUA	306.2	0.3062	0.3062	306.23	309.79	5.843
A.GRUESA	887.6	0.3464	0.3464	887.62	899.16	16.959
A.FINA	380.4	0.1461	0.1461	380.41	383.83	7.240
suma:		1.0000	1.0000	2208.2	2226.8	42.000

TABLA 4.5

DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO CON RELACIÓN C/A = 1/3

Cemento/Arena (C/A) :	1 / 3
Agua/cemento	0.551
Slump :	4"

	PESO	VOL ABSOLUTO	VOLUMEN (M3)	D.U.S (KG.)	D.O (KG.)	1 TANDA (KG.)
CEMENTO	491.8	0.1561	0.1561	491.73	491.73	9.141
AGUA	271.0	0.2710	0.2709	270.94	275.09	5.114
A. GRUESA	1032.7	0.4030	0.4030	1032.63	1046.06	19.445
A.FINA	442.6	0.1700	0.1700	442.56	446.54	8.301
suma:		1.0000	1.0000	2237.86	2259.41	42.000

TABLA 4.6

DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO CON RELACIÓN C/A = 1/4

Cemento/Arena (C/A) :	1 / 4
Agua/cemento	0.653
Slump :	4"

	PESO	VOL ABSOLUTO	VOLUMEN (M3)	D.U.S (KG.)	D.O (KG.)	1 TANDA (KG.)
CEMENTO	396.2	0.1258	0.1258	396.19	396.19	7.354
AGUA	258.7	0.2587	0.2587	258.71	263.17	4.885
A. GRUESA	1109.4	0.4329	0.4329	1109.34	1123.76	20.858
A.FINA	475.4	0.1826	0.1826	475.43	479.71	8.904
suma:		1.0000	1.0000	2239.67	2262.83	42.000

5. CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS

Como parte del análisis que se desarrolló, está dividida en dos partes, una referida a las propiedades del mortero en estado fresco y la otra del mortero en estado endurecido.

- Al estado fresco: Asentamiento, peso unitario, tiempo de fraguado, exudación.
- Al estado endurecido: Ensayo de compresión, tracción, flexión. Permeabilidad.

5.1. Propiedades del mortero en estado fresco

5.1.1. Consistencia (N.T.P. 339.035, ASTM C – 413)

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la mezcla, a mayor humedad de la mezcla ésta será más fluida al momento de su colocación.

La consistencia de la mezcla esta en función de el contenido de agua de la mezcla, de la granulometría, de las propiedades físicas de los agregados. Los aparatos utilizados en este ensayo y el procedimiento de cálculo se detallan a continuación

Aparatos:

- Cono de Abrams
- Varilla compactadora
- Badilejo o cuchara

Procedimiento

- Mojar el molde colocando sobre una superficie plana no absorbente, mantenerlo inmóvil pisando firmemente las aletas. Seguidamente llenar el

mortero en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del molde.

- Cada capa se compacta dando 25 golpes con una varilla compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la varilla y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes se compactan de igual modo procurando que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.
- Llenar el molde por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiera una deficiencia de material, se añadirá una cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde.
- Enrasar utilizando una plancha de albañilería o varilla compactadora.
- Una vez terminada la operación anterior, levantar el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono de Abrams.

En la tabla 5.1 se puede observar los slumps o asentamientos usados en la presente investigación, para las 4 mezclas con relaciones cemento/agregado en peso de 1/1, 1/2, 1/3 y 1/4.

TABLA 5.1
ASENTAMIENTOS Ó SLUMPS CONSIDERADOS PARA
CADA RELACIÓN C/A

RELACIÓN CEMENTO/AGREGADO	ASENTAMIENTO (SLUMP)
1/2	4"
1/3	4"
1/4	4"

5.1.2. Peso unitario(N.T.P. 339.046, ASTM C-138)

Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica y se expresa en Kg / m³. Es referido a la mezcla en las cuales aún no ha comenzado la reacción entre el cemento y el agua o que habiendo empezado ésta es insignificante. Los aparatos utilizados en este ensayo y el procedimiento de cálculo se detallan a continuación.

Los detalles del ensayo y su cálculo se explican a continuación.

Aparatos:

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipiente de 1/10 pie³
- Badilejo o cuchara
- Martillo de goma de 400 gr.

Procedimiento:

- Pesarse el recipiente donde se va a colocar el concreto y calcular el volumen.
- Colocar el mortero en el recipiente (el cual debe estar humedecido, para que no le quite agua a la mezcla), usando una cuchara o badilejo, se toma una muestra representativa y se llena hasta el tercio de su capacidad del recipiente, luego la masa de mortero se compacta con 25 golpes en forma de espiral de afuera hacia adentro y para la segunda y tercera capa, la varilla no debe compactar más de 1 pulgada de la capa subyacente. Después de que cada capa ha sido apisonada se debe golpear con un mazo a los lados del recipiente, 10 a 15 veces, usando la fuerza apropiada para cerrar cualquier poro causado por la varilla compactadora y eliminar las burbujas grandes de aire atrapadas. Agregar la última capa en exceso para evitar el sobrellenado.
- Enrasar con la varilla o con una plancha para terminar suavemente la superficie del mortero del borde superior del recipiente.

- Limpiar todo el concreto en exceso y adherido a la paredes exteriores del recipiente.
- Finalmente pesar el recipiente.

En la tabla 5.2 se puede apreciar el proceso del cálculo del peso unitario para las mezclas con relaciones cemento/agregado en peso de 1/1, 1/2, 1/3 y 1/4.

TABLA 5.2

PESOS UNITARIOS DEL MORTERO EN ESTADO FRESCO

DESCRIPCIÓN	RELACIÓN CEMENTO/AGREGADO		
	1 / 2	1 / 3	1 / 4
Peso Balde (kg)	2.8815	2.8720	2.8755
Peso Balde + Mortero (kg)	9.2465	9.2670	9.2645
Volumen (m ³)	0.0028316	0.0028316	0.0028316
Peso Unitario (kg/m ³)	2247.85	2258.44	2256.32

5.1.3. Fluidez (N.T.P. 339.035, ASTM C - 413)

El ensayo se realiza en la mesa de flujo, en ella se determina el aumento del diámetro que experimenta la base inferior del tronco de cono de masa de mortero fresco, el cual es sometido a sacudidas. Los aparatos utilizados en este ensayo y el procedimiento de cálculo se detallan a continuación.

Aparatos:

- Mesa de flujo y compactador, conforme a los requisitos de la N.T.P. 334.126
- Molde de flujo: un tronco cónico de diámetro interno superior de 70 mm ± 0.5mm, diámetro interno inferior de 100 mm ± 0.5mm y altura de 50 mm ± 0.5 mm
- Espátula.
- Regla metálica.

Procedimiento:

- Limpiar y secar la plataforma de la mesa de flujo, colocando en seguida el molde en su centro
- Seleccionar una muestra representativa y vaciar en el molde una capa del mortero, de unos 25 mm y se apisona con 20 golpes del compactador uniformemente distribuidos. Con una segunda capa de mortero se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. Con una segunda capa de mortero se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. La presión del compactador deberá ser tal que asegure el llenado total del molde
- Retirar el mortero sobrante, limpiar la mesa y después de 1 minuto de terminar la operación del mezclado levantar verticalmente el molde.
- La mesa de flujo se levante mediante una manivela y se deja caer la plataforma desde una altura de $12,7 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$, 25 veces en 15 s.
- La fluidez se determina calculando el porcentaje de aumento del diámetro respecto de la base inferior del tronco de cono y se tomará 4 lecturas como mínimo, considerando el promedio para el cálculo del ensayo. Se calcula con la siguiente expresión:

$$Fluidez(\%) = \frac{(D_{promedio} - D_{base\ tronco})}{D_{base\ tronco}} * 100\%$$

Donde:

$D_{promedio}$ = Diámetro promedio medidos de la mesa de flujo (mm.)

$D_{base\ tronco}$ = Diámetro de la base del tronco del molde = 101.6 mm

TABLA 5.3

ENSAYO DE FLUIDEZ EN LA MESA DE SACUDIDAS DEL MORTERO EN ESTADO FRESCO

RELACIÓN CEMENTO/AGREGADO	Diámetro promedio (cm.)	Fluidez (%)
1 / 2	19	87
1 / 3	19	87
1 / 4	19	87

5.1.4. Tiempo de fraguado (N.T.P. 339.082, ASTM C - 430)

Este ensayo nos permite determinar la velocidad de endurecimiento de una muestra de concreto fresco y calcular el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final. Los aparatos utilizados en este ensayo y el procedimiento de cálculo se detallan a continuación.

Aparatos:

- Contenedores: Serán rígidos, impermeables, no absorbentes, libres de aceite o grasa, de sección circular, en la presente tesis se empleo un contenedor de 17.8 cm de diámetro y 17 cm de altura.
- Agujas de penetración: Las agujas tendrán las siguientes áreas de contacto: 1 pulg², 1/2 pulg², 1/4 pulg², 1/10 pulg², 1/20 pulg². El vástago de cada aguja deberá tener una marca periférica a una distancia de 2.5 cm, medida desde el área de apoyo de la aguja.
- Aparato de carga.
- Varilla compactadora
- Pipeta.

Procedimiento:

- Registrar el tiempo en el que se indica el contacto entre el cemento y el agua de mezclado.
- Tamizar la muestra de mortero por el tamiz N°4 (4.76 mm) sobre la superficie no absorbente y colocarla en el recipiente.
- Mezclar totalmente el mortero a mano sobre una superficie no absorbente. Colocar el mortero en el contenedor, en una sola capa. Compactar uniformemente con la varilla compactada el mortero una vez por cada 645 mm² (1 pulg²) del área superficial. Después de completar la compactación golpear a los lados del contenedor con la varilla compactadora para eliminar el aire y nivelar la superficie.
- Para morteros
- Justo antes de realizar el ensayo de penetración, remover el agua de la superficie del mortero con una piedra.
- Poner la superficie de la aguja de la aguja en contacto con la superficie del mortero.

- Gradual y uniformemente aplicar una fuerza vertical hacia abajo hasta que la aguja penetre en el mortero a una profundidad de $2.5 \text{ cm} \pm 0.2 \text{ cm}$. Y se toma lectura de la fuerza aplicada y la hora del ensayo.
- Los siguientes ensayos (de mayor a menor diámetro) se harán en intervalos de 30 minutos hasta obtener una resistencia a la penetración mayor a 4000 lb/pulg^2 .

Utilizar el siguiente procedimiento de ploteo para determinar los tiempos de fraguado, trazando una curva trazada manualmente con los datos obtenidos. Preparar una gráfica de resistencia de penetración en las ordenadas, versus el tiempo transcurrido en las abscisas. Plotear los valores de penetración como una función del tiempo transcurrido.

Para determinar los tiempos de fraguado inicial y final como los tiempos en que la resistencia a la penetración sea igual a 500 lb/pulg^2 y $4,000 \text{ lb/pulg}^2$

En las tablas 5.4, 5.5 y 5.6 se encuentran los resultados de obtenidos de los ensayos de tiempo de fraguado y las gráficas 5.1, 5.2 y 5.3 se observan la curva del tiempo de fraguado para cada diseño de mezcla, indicándose el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final.

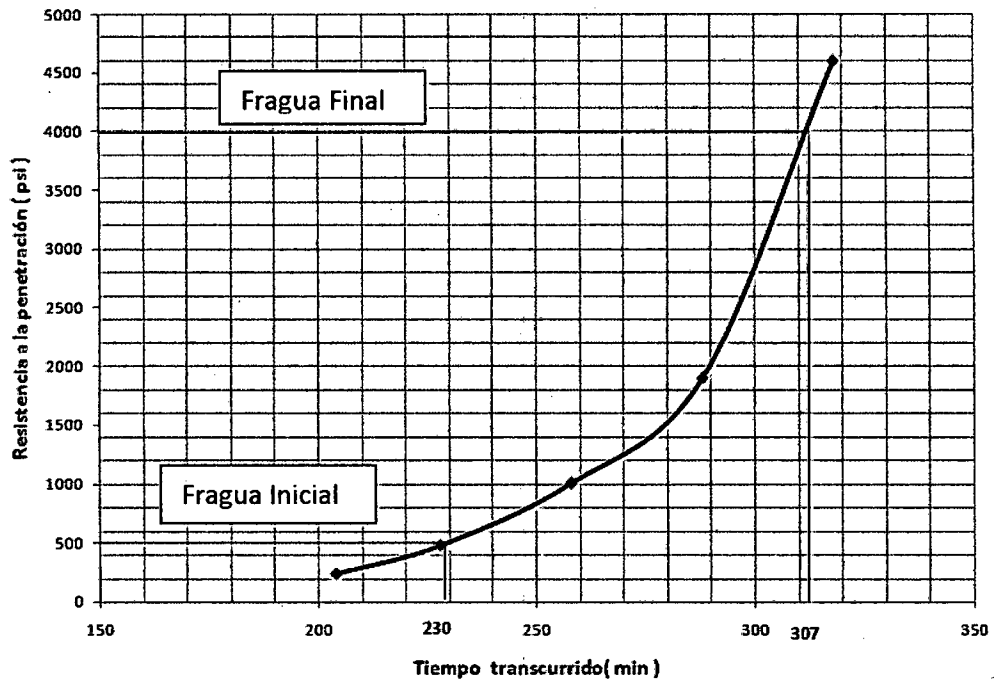
TABLA 5.4

TIEMPO DE FRAGUADO DEL MORTERO FRESCO
PARA UNA RELACION C/A = 1/2

Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Lb)	Aguja N°	Área (pulg ²)	Resistencia a la Penetración (lb/pulg ²)
12:22:00	0		0	0	0	0
15:46:00	03:24:00	204	240	1	1.00	240
16:10:00	03:48:00	228	240	2	0.50	480
16:40:00	04:18:00	258	250	3	0.25	1000
17:10:00	04:48:00	288	190	4	0.10	1900
17:40:00	05:18:00	318	230	5	0.05	4600

GRÁFICA 5.1

TIEMPO DEL FRAGUADO DEL MORTERO CON RELACION C/A = 1/2



Tiempo de fragua Inicial	3 horas 53 minutos
Tiempo de fraga final	4 horas 49 minutos

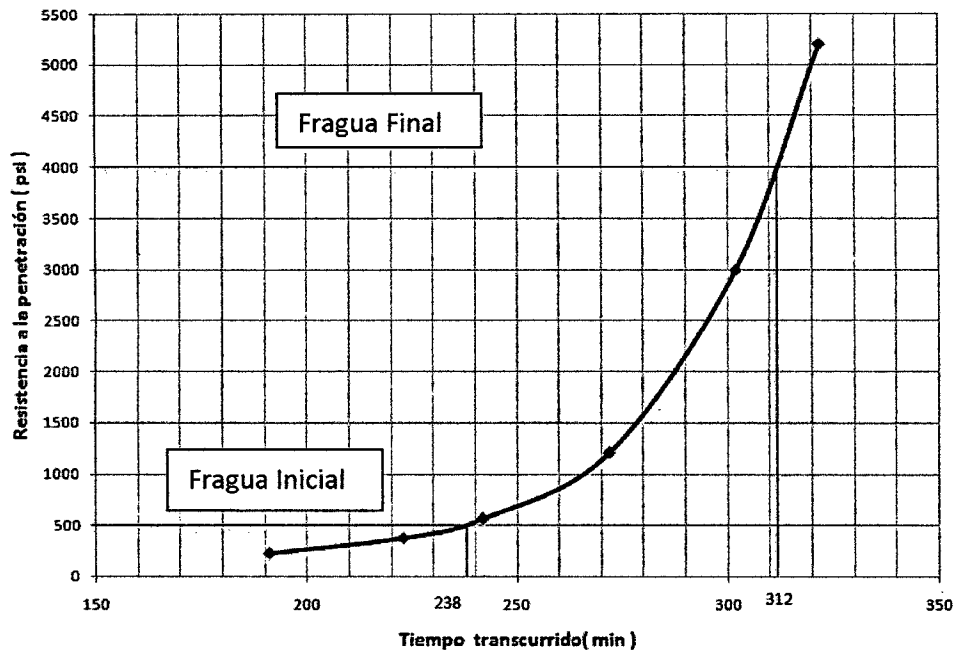
TABLA 5.5

TIEMPO DE FRAGUADO DEL MORTERO FRESCO
PARA UNA RELACION C/A = 1/3

Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Lb)	Aguja N°	Área (pulg ²)	Resistencia a la Penetración (lb/pulg ²)
10:58:00	0		0	0	0	0
14:09:00	03:11:00	191	220	1	1	220
14:41:00	03:43:00	223	190	2	0.5	380
15:00:00	04:02:00	242	140	3	0.25	560
15:30:00	04:32:00	272	120	4	0.1	1200
16:00:00	05:02:00	302	150	5	0.05	3000
16:20:00	05:22:00	322	130	6	0.025	5200

GRÁFICA 5.2

TIEMPO DEL FRAGUADO DEL MORTERO CON RELACION C/A = 1/3



Tiempo de fragua Inicial	3 horas 58 minutos
Tiempo de fraga final	5 horas 50 minutos

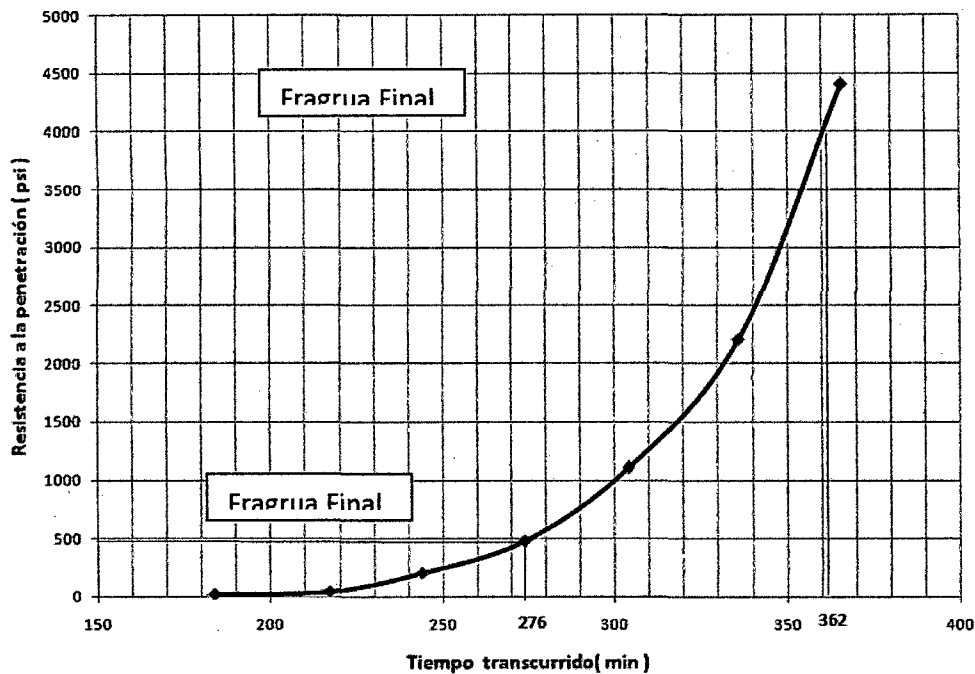
TABLA 5.6

TIEMPO DE FRAGUADO DEL MORTERO FRESCO
PARA UNA RELACION C/A = 1/4

Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Lb)	Aguja N°	Área (pulg ²)	Resistencia a la Penetración (lb/pulg ²)
12:46:00	0		0	0	0	0
15:50:00	03:04:00	184	20	1	1	20
16:23:00	03:37:00	217	20	2	0.5	40
16:50:00	04:04:00	244	100	2	0.5	200
17:20:00	04:34:00	274	120	3	0.25	480
17:50:00	05:04:00	304	110	4	0.1	1100
18:22:00	05:36:00	336	110	5	0.05	2200
18:52:00	06:06:00	366	110	6	0.025	4400

GRÁFICA 5.3

TIEMPO DEL FRAGUADO DEL MORTERO CON RELACION C/A = 1/4



Tiempo de fragua Inicial	4 horas 36 minutos
Tiempo de fraga final	6 horas 02 minutos

5.1.5. Exudación (N.T.P. 339.077)

Es una propiedad por el cual una parte del agua de la mezcla se separa de la masa del mortero y asciende hacia la superficie. Los aparatos utilizados en este ensayo y el procedimiento de cálculo se detallan a continuación.

Aparatos

- Recipiente de 1/10 pie³
- Cuchara o espátula.
- Varilla compactadora
- Pipeta

Procedimiento

- Pesar el recipiente donde se va a colocar el mortero

- Seleccionar una muestra representativa de mortero fresco.
- Colocar el mortero en el recipiente como si se tratase del ensayo de peso unitario, pero el enrase se realiza a 1.5cm de la altura total del recipiente, anotar el peso y la hora.
- Colocar el recipiente y su contenido sobre una plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones y cubrir el recipiente con una franela, para evitar la evaporación de la exudación.
- Mantener cubierto el recipiente mientras dure el ensayo. Retirar (con la pipeta) al agua que se acumuló sobre la superficie a intervalos de 10 minutos durante los primeros 40 minutos, luego a intervalos de 30 minutos hasta que cese la exudación. Para facilitar la extracción del agua se inclina el recipiente 2 minutos antes de extraer el agua. Después que el agua haya sido extraída, se devuelven al recipiente a su posición original sin golpearlo.

La exudación se determina:

$$C(\text{gr.}) = \frac{w * S}{W}$$

$$\text{Exudación}(\%) = \frac{D * 100}{C}$$

Donde:

C: Masa de agua en la probeta de ensayo.

W: Masa total de la mezcla.

w: Masa de agua neta en la mezcla

S: Masa de la muestra

D: Masa del Agua Exudada.

En la tabla 5.7 se calcula la los porcentajes de exudación de las mezclas con relación C/A = 1/2, 1/3 y 1/4 utilizadas en el presente estudio.

TABLA 5.7

ENSAYO DE EXUDACIÓN PARA LAS MEZCLAS DE MORTERO

DESCRIPCIÓN	RELACION CEMENTO/AGREGADO		
	C/A = 1/2	C/A = 1/3	C/A = 1/4
Agua Neta (w) Kilos	3.408	3.301	2.578
Masa total tanda (W) Kilos	22.393	24.987	22.099
Peso Muestra (S) Kilos	5.532	5.859	5.768
Masa agua en ensayo Kilos $C = (w / W) * S$	0.842	0.774	0.673
Masa agua exudación (D)	0.0179	0.0279	0.0478
Exudación (%)	2.12	3.60	7.11

5.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

5.2.1. Resistencia a la compresión (N.T.P. 339.034, ASTM C-39)

La resistencia es el máximo esfuerzo que puede soportar el mortero sin romperse. Este ensayo se realizó en probetas cilíndricas de 4 pulgadas de diámetro y de alto 8 pulgadas, que fueron curados durante 7, 14 y 28 días. Este ensayo se utiliza como índice de la calidad del mortero.

Aparatos

- Prensa hidráulica
- Vernier
- Almohadillas de neopreno

Muestras:

- Probetas de 4" x 8" (10 cm x 20 cm)
- Las probetas serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

Procesamiento

- Antes de iniciar el ensayo, se limpian cuidadosamente las superficies planas de contacto de los bloques superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta.

- Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo, y se centra sobre la superficie del mismo, tratando que la probeta quede centrada con bloque superior.
- Se podrá aplicar una velocidad de carga inicial mayor hasta llegar a la mitad de carga resistente esperada, luego reducirla a velocidad continua y constante, hasta producir la rotura de la probeta, aplicando la descarga y registrando el valor de la carga máxima.

La resistencia de la probeta $f'c$ se calcula usando la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{4 * F}{\pi * D^2}$$

Donde:

f'_c : Resistencia de rotura denominada fuerza de compresión (kg/cm²).

F : Carga de rotura (kg).

D : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

En las tablas 5.8, 5.9 y 5.10 se encuentran los resultados de la resistencia a la compresión ($f'c$) a los 7, 14 y 28 días para las mezclas con relaciones C/A = 1/2, 1/3 y 1/4.

TABLA 5.8

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS
DE MORTERO CON RELACION C/A = 1/2

Esp.	Diam (cm)	Edad (días)	Relación C/A = 1/2			Promedio (Kg/cm ²)
			Carga (Kg)	Sección (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	
1	10.40	7	84.95	35800	421.4	408.1
2	10.16	7	81.07	32000	394.7	
3	10.11	14	80.28	35000	436.0	446.8
4	10.47	14	86.10	39400	457.6	
5	10.19	28	81.47	42100	516.7	495.5
6	10.22	28	82.01	38900	474.3	

TABLA 5.9
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS
DE MORTERO CON RELACION C/A = 1/3

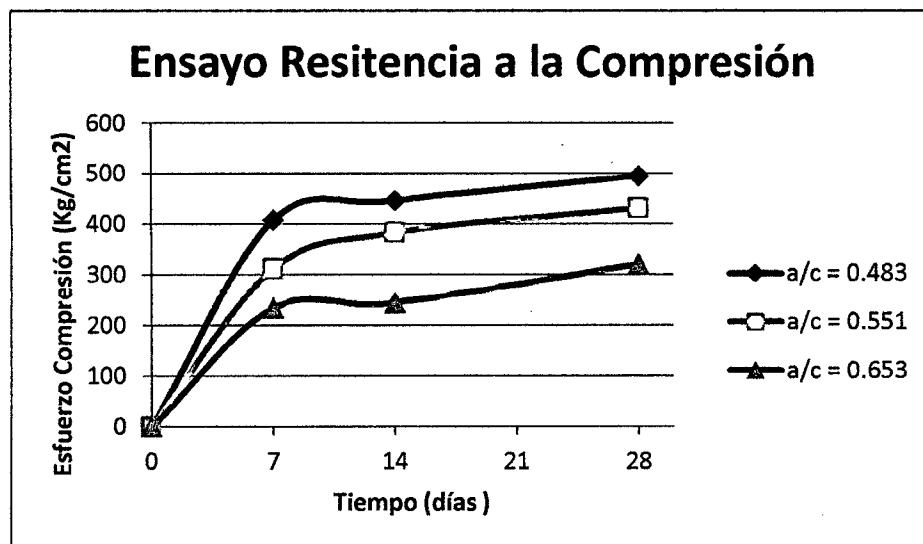
Esp.	Diam (cm)	Edad (días)	Relación C/A = 1/3			Promedio (Kg/cm ²)
			Carga (Kg)	Sección (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	
1	10.26	7	82.68	25200	304.8	312.1
2	10.22	7	82.03	26200	319.4	
1	10.20	14	81.66	29500	361.3	383.1
2	10.19	14	81.47	33000	405.0	
1	10.20	28	81.71	35300	432.0	431.6
2	10.17	28	81.15	35000	431.3	

TABLA 5.10
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS
DE MORTERO CON RELACION C/A = 1/4

Esp.	Diam (cm)	Edad (días)	Relación C/A = 1/4			Promedio (Kg/cm ²)
			Carga (Kg)	Sección (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	
1	10.20	7	81.71	19800	242.3	234.8
2	10.18	7	81.39	18500	227.3	
3	10.20	14	81.66	19900	243.7	245.5
4	10.12	14	80.44	19900	247.4	
5	10.23	28	82.19	26100	317.5	320.5
6	10.20	28	81.63	26400	323.4	

GRÁFICA 5.4

EFEECTO DE LA RELACIÓN AGUA – CEMENTO EN LA MEZCLA



5.2.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (N.T.P. 339.084, ASTM C-496)

La resistencia a la tensión se puede medir por medio de una prueba radial; la cual consiste en romper una probeta en una prensa de compresión, esta

Aparatos:

- Máquina de ensayo.
- Vernier.
- Cilindros metálicos
- Placas metálicas suplementarias de soporte.
- Listones de madera de apoyo.

Muestras

- Probetas de 4" x 8" (10 cm x 20 cm)
- Las probetas serán ensayadas a los 28 días

Procedimiento:

- Antes de iniciar cada ensayo, se procede al marcado de las probetas, el cual consiste en dibujar líneas diametrales en cada extremo de la probeta.
- Determinar el diámetro de la probeta como promedio de tres mediciones y determinar la longitud de la probeta como promedio de dos medidas, todo ello en los planos de las líneas marcadas.
- Colocar los cilindros metálicos, las placas metálicas, listones de madera y finalmente colocar la probeta utilizando las líneas marcadas.
- Es sumamente importante verificar que la probeta este bien centrada. Luego dicha resistencia es calculada mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{2 * F}{\pi * D * L}$$

Donde:

Q: Resistencia a la tracción (kg/cm²).

F : Carga de rotura (kg).

D : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

L : Longitud de la probeta cilíndrica (cm).

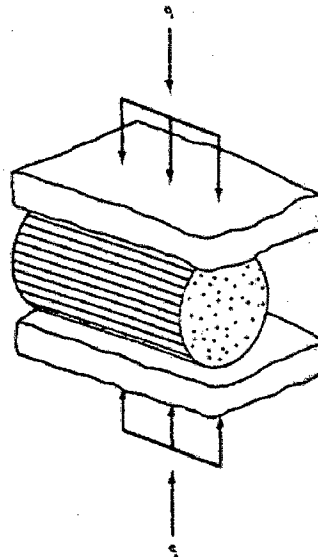


FIGURA 5.1 –ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

Utilizando el procedimiento indicado se calculó la resistencia a la tracción por compresión diametral para las mezclas con relación cemento/agregado de 1/2, 1/3 y 1/4, las cuales se observan en las tablas 5.11, 5.12 y 5.13

TABLA 5.11

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL CON RELACIÓN C/A = 1/2

Esp.	Edad (días)	Alto (cm)	Diámetro (cm)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	28	20.40	11.2	16750	46.67	44.60
2	28	20.82	10.84	15900	44.87	
3	28	20.51	10.25	13950	42.24	

TABLA 5.12

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL CON RELACIÓN C/A = 1/3

Esp.	Edad (días)	Alto (cm)	Diámetro (cm)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	28	20.50	10.12	12300	37.76	37.78
2	28	20.27	10.20	13400	41.26	
3	28	20.49	10.14	11200	34.33	

TABLA 5.13

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL CON RELACIÓN C/A = 1/4

Esp.	Edad (días)	Alto (cm)	Diámetro (cm)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	28	20.46	10.1	9800	30.19	29.74
2	28	20.10	10.25	9650	29.83	
3	28	20.35	10.18	9500	29.19	

5.2.3. Módulo de elasticidad estático (ASTM C-469)

El módulo de elasticidad es un parámetro que caracteriza el comportamiento elástico. Se calcula mediante un ensayo de compresión axial a partir de la curva esfuerzo – deformación unitaria.

Aparatos

- Máquina de ensayo
- Compresómetro
- Extensómetro
- Vernier
- Almohadillas de neopreno

Muestras

- Probetas de 6" x 12 " (15cm x 30 cm)
- Las probetas serán ensayadas a los 28 días

Procedimiento

- Medir el diámetro y longitud de la probeta.
- La celda donde se encuentra el compresómetro y extensómetro cuenta con placas delgadas de aluminio las cuales se ajustarán para que la celda se mantenga vertical (dos en vertical y una en horizontal).
- Colocar la probeta dentro de la celda, verificando que se encuentre nivelando y ajustar completamente los tornillos superiores e inferiores, los

tornillos del medio no se ajustan completamente, debido a que en el centro de la probeta se ensanchará por la compresión que se ejerce.

- Una vez colocado la celda en la máquina de ensayo se desajustará las placas de aluminio, de no ser así restringirá la deformación.
- Se debe de cargar por lo menos dos veces, la primera carga es para ver si el compresómetro y extensómetro están colocados correctamente y corregir cualquier comportamiento como el extensómetro.
- La carga se detendrá cuando esta sea aproximadamente el 70% de la carga máxima. Y para lo cual se procederá a ensayarla quitándole todos los implementos a la probeta previamente.

El módulo de elasticidad estático se calcula como sigue:

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

Donde:

E_c = Módulo de elasticidad estático

σ_2 = Esfuerzo compresión al 40% de la última carga (kg/cm^2)

σ_1 = Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ε_1 (kg/cm^2)

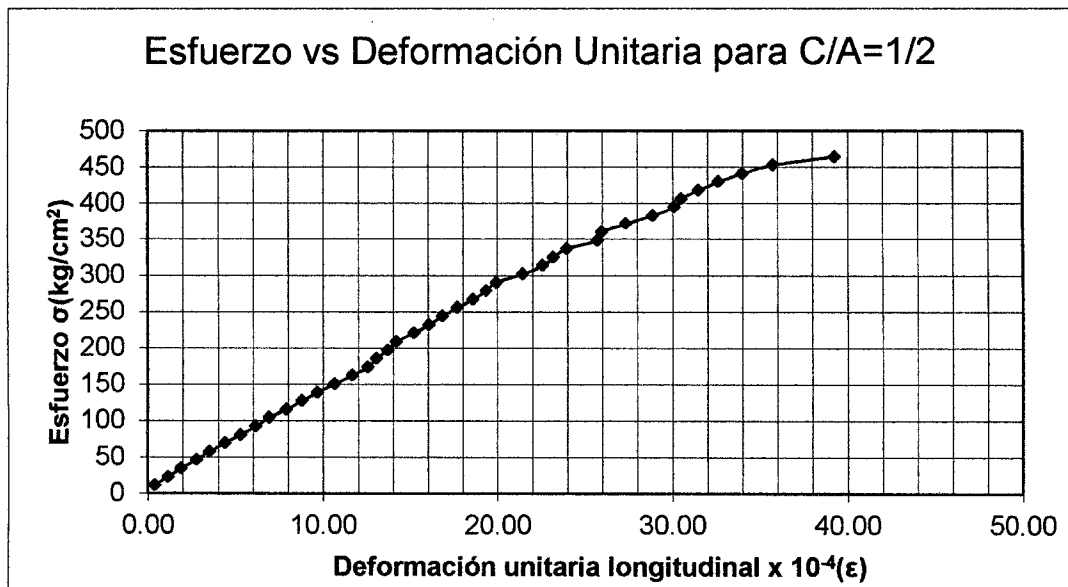
ε_2 = Deformación unitaria longitudinal correspondiente al esfuerzo σ_2

ε_1 = Deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas = 0.000050.

Luego se plotearon los datos del ensayo en una curva de esfuerzo versus deformación unitaria para las mezclas con relación C/A = 1/2, 1/3 y 1/4 , la pendiente de la gráfica viene a ser el módulo de elasticidad estático (E_c) y se calcula con la expresión indicada anteriormente; se pueden apreciar en las gráficas 5.4, 5.5 y 5.6.

GRÁFICA 5.5

GRÁFICA DE LA CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA PARA C/A = 1/2

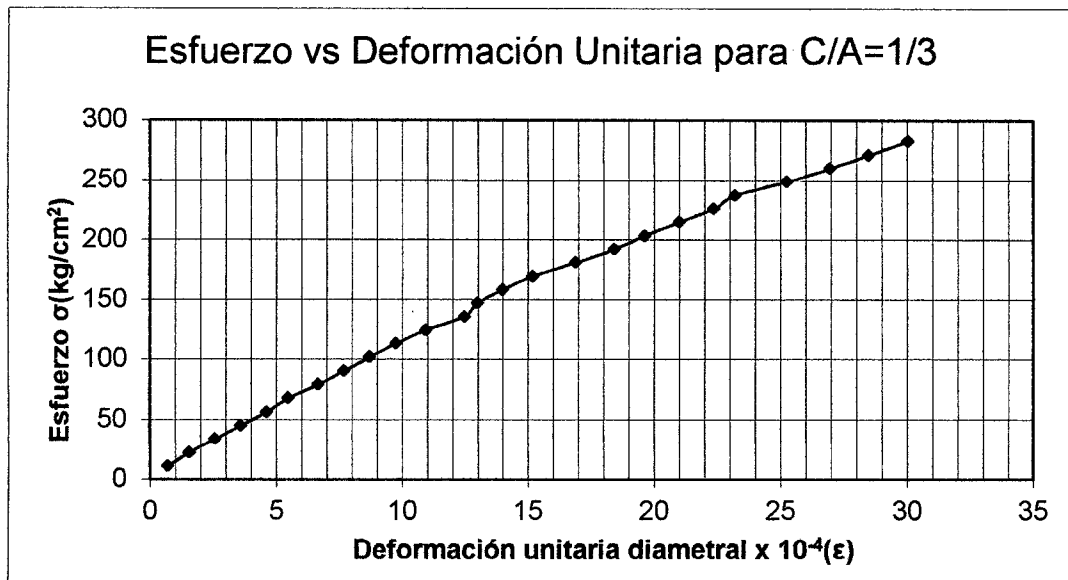


Del Gráfico se calcula:

E (kg/cm ²)	134700
---------------------------	--------

GRÁFICA 5.6

GRÁFICA DE LA CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA PARA C/A = 1/3

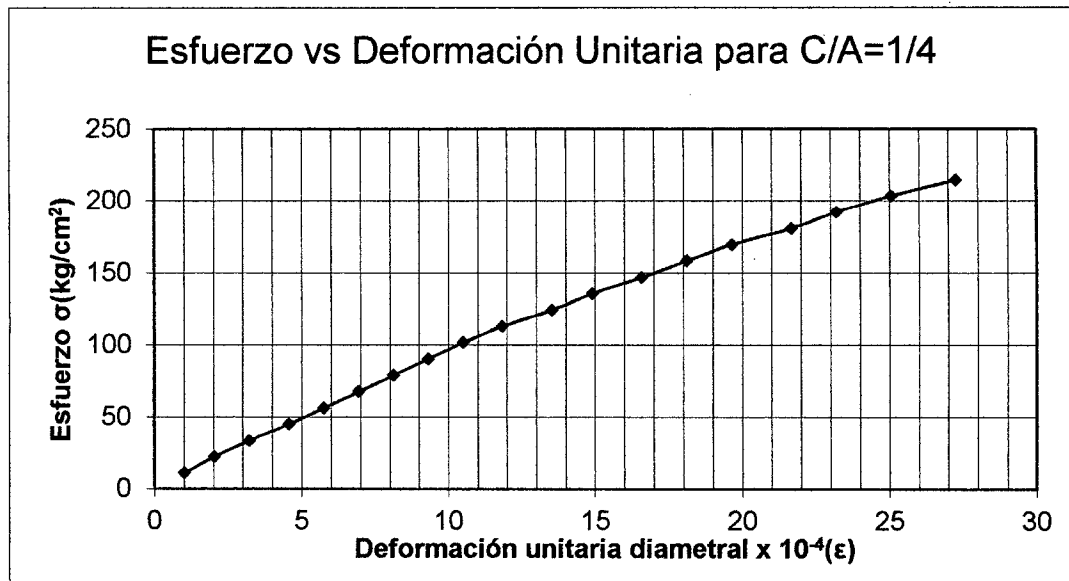


Del Gráfico se calcula:

E (kg/cm ²)	133000
---------------------------	--------

GRÁFICA 5.7

GRÁFICA DE LA CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA PARA C/A = 1/4



Del Gráfico se calcula:

$E \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	119200
------------------------------	--------

5.2.4. Resistencia a la flexión (N.T.P. 339.078, ASTM C-78)

La resistencia a la flexión se mide con el modulo de rotura, para determinar este módulo (M_r), para realizar el ensayo de flexión a los elementos, se elaboraron placas con secciones transversales y longitudes variables. Para el ensayo de flexión se someterán a ensayo placas poseen espesores variables de 3, 4,5 y 6 cm; con un ancho de sección constante de 20 cm y con una luz libre variable (distancia entre los apoyos) de 12, 15 y 20 cm. Se ensayarán las placas con un mortero patrón y también las placas de mortero reforzado con dos capas de malla de gallinero en su eje central (placas de ferrocemento). Los ensayos se realizarán a los 28 días. Los aparatos utilizados y su método de cálculo se explican a continuación.

Aparatos:

- Máquina de ensayo
- Cilindros metálicos

- Planchas metálicas suplementarias de soporte
- Apoyos metálicos

Procedimiento:

- Antes de iniciar el ensayo, se procede al marcado de las probetas, el cual consiste en dibujar líneas que equidistaban de 2.5 cm de cada extremo del elemento y una en el centro de la placas.
- Colocar los cilindros metálicos y las placas metálicas
- Las placas a ensayar se colocan sobre dos apoyos metálicos que y a su vez se apoyaban en una plancha de neopreno, y luego se coloca una barra metálica el centro de la placa, todo ello en los planos que contienen las líneas marcadas, como se puede observar en la figura 5.2.
- Aplicar la carga y registrar la carga máxima.

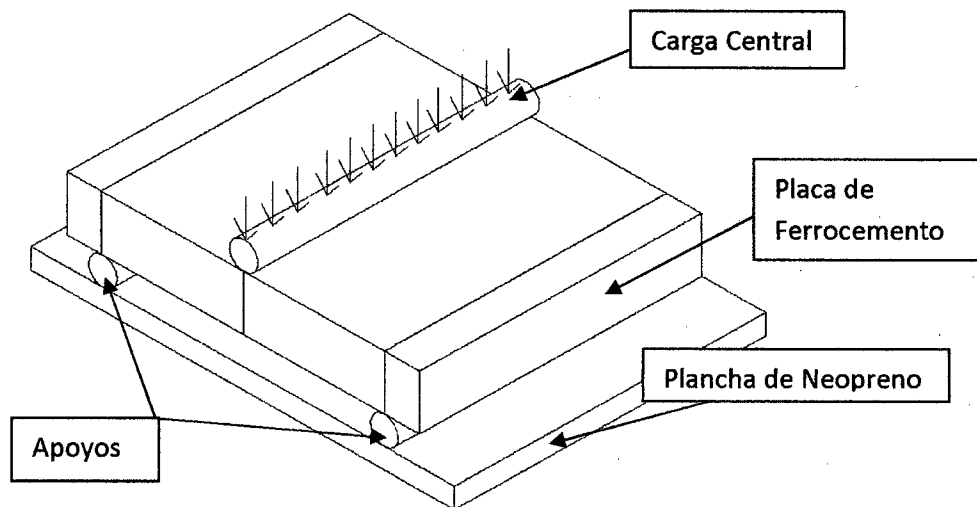


FIGURA 5.2 –ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Se presentan aquí tres casos:

- a) Si la falla ocurre en el tercio medio de la luz, el modulo de rotura se calcula como sigue:

$$M_r = \frac{F \times L}{b \times h^2}$$

Donde:

M_r : Modulo de rotura (kg/cm^2).

F : Carga máxima de rotura (kg).

L : Longitud entre apoyos (luz libre) de la viga (cm).

b : Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm).

h : Alto promedio de la viga en la sección de falla (cm).

- b) Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor de 5% de la luz libre, el modulo de rotura se calcula como sigue:

$$Mr = \frac{3 \times F \times a}{b \times h^2}$$

Donde:

Mr: Módulo de rotura (kg/cm²).

F : Carga máxima de rotura (kg).

a : Distancia entre la línea de falla y el apoyo mas cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga (cm).

b : Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm).

h : Alto promedio de la viga en la sección de falla (cm).

- c) Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.

En las tablas 5.14, 5.15 y 5.16 se puede apreciar el cálculo del módulo de rotura de las placas con mortero patrón y placas con mortero reforzado, para las placas de 17, 20 y 25 cm de largo respectivamente.

TABLA 5.14
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PLACAS DE MORTERO PATRÓN Y REFORZADO
DE 17 CM. DE LARGO

RELACIÓN C/A	LARGO (CM.)	ESP. (CM.)	ANCHO (CM.)	MORTERO PATRÓN		MORTERO REFORZADO	
				FUERZA (KG.)	MR. (KG./CM ²)	FUERZA (KG.)	MR. (KG./CM ²)
1 / 2	17	3	20	517	34.4	633	42.2
1 / 2	17	4	20	850	31.9	933	35.0
1 / 2	17	5	20	1200	28.8	1367	32.8
1 / 2	17	6	20	1700	28.3	1850	30.8
1 / 3	17	3	20	417	27.8	567	37.8
1 / 3	17	4	20	700	26.3	867	32.5
1 / 3	17	5	20	975	23.4	1250	30.0
1 / 3	17	6	20	1500	25.0	1700	28.3
1 / 4	17	3	20	333	22.2	517	34.4
1 / 4	17	4	20	583	21.9	833	31.3

1/4	17	5	20	917	22.0	1183	28.4
1/4	17	6	20	1383	23.1	1600	26.7

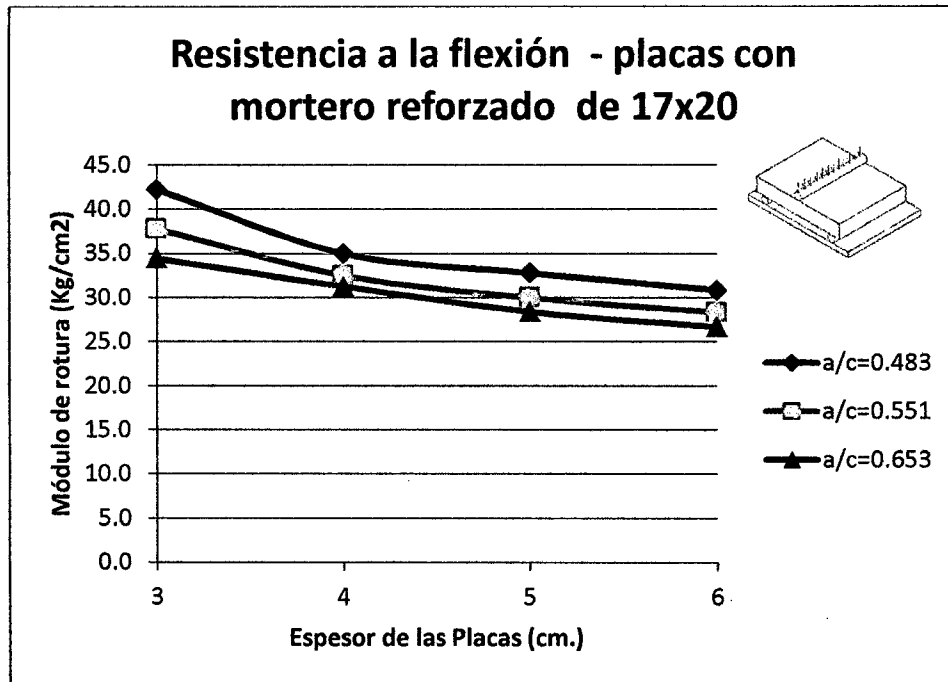
TABLA 5.15
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PLACAS DE MORTERO PATRÓN Y REFORZADO
DE 20 CM. DE LARGO

RELACION C/A	LARGO (CM.)	ESP (CM.)	ANCHO (CM.)	MORTERO PATRÓN		MORTERO REFORZADO	
				FUERZA (KG.)	MR (KG./CM ²)	FUERZA (KG.)	MR (KG./CM ²)
1/2	20	3	20	400	33.3	483	40.3
1/2	20	4	20	683	32.0	833	39.1
1/2	20	5	20	1033	31.0	1250	37.5
1/2	20	6	20	1417	29.5	1683	35.1
1/3	20	3	20	350	29.2	417	34.7
1/3	20	4	20	583	27.3	717	33.6
1/3	20	5	20	917	27.5	1067	32.0
1/3	20	6	20	1250	26.0	1367	28.5
1/4	20	3	20	300	25.0	367	30.6
1/4	20	4	20	517	24.2	650	30.5
1/4	20	5	20	833	25.0	950	28.5
1/4	20	6	20	1167	24.3	1283	26.7

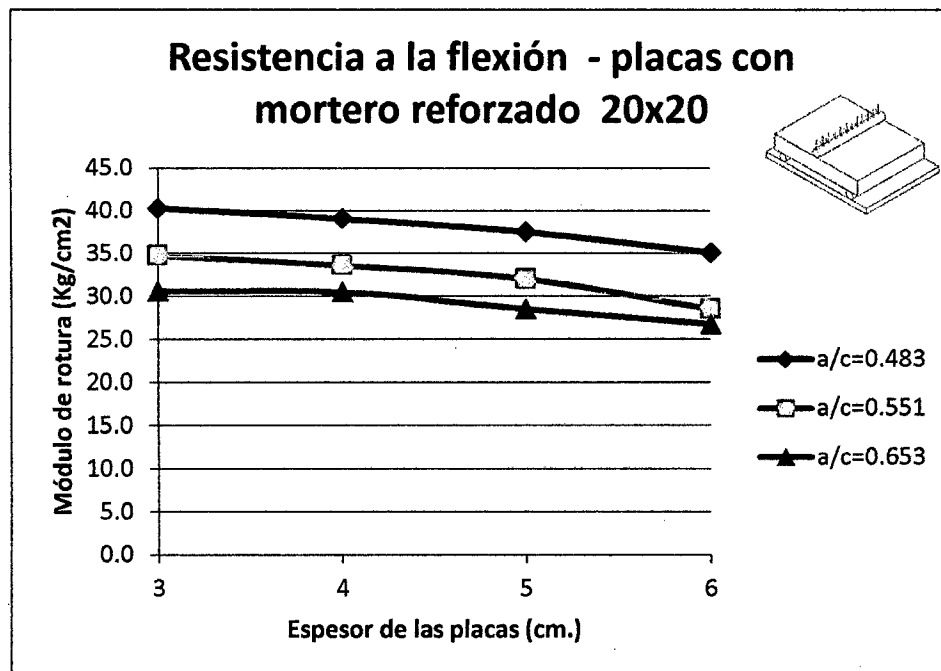
TABLA 5.16
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PLACAS DE MORTERO PATRÓN Y REFORZADO
DE 25 CM. DE LARGO

RELACION C/A	LARGO (CM.)	ESP (CM.)	ANCHO (CM.)	MORTERO PATRÓN		MORTERO REFORZADO	
				FUERZA (KG.)	MR (KG./CM ²)	FUERZA (KG.)	MR (KG./CM ²)
1/2	25	3	20	333	37.0	417	46.3
1/2	25	4	20	500	31.3	650	40.6
1/2	25	5	20	733	29.3	867	34.7
1/2	25	6	20	1000	27.8	1217	33.8
1/3	25	3	20	300	33.3	350	38.9
1/3	25	4	20	467	29.2	533	33.3
1/3	25	5	20	667	26.7	783	31.3
1/3	25	6	20	933	25.9	1017	28.2
1/4	25	3	20	233	25.9	317	35.2
1/4	25	4	20	367	22.9	483	30.2
1/4	25	5	20	550	22.0	717	28.7
1/4	25	6	20	800	22.2	950	26.4

GRÁFICA 5.8
ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION - PLACAS DE MORTERO REFORZADO
DE 17CM X 20 CM

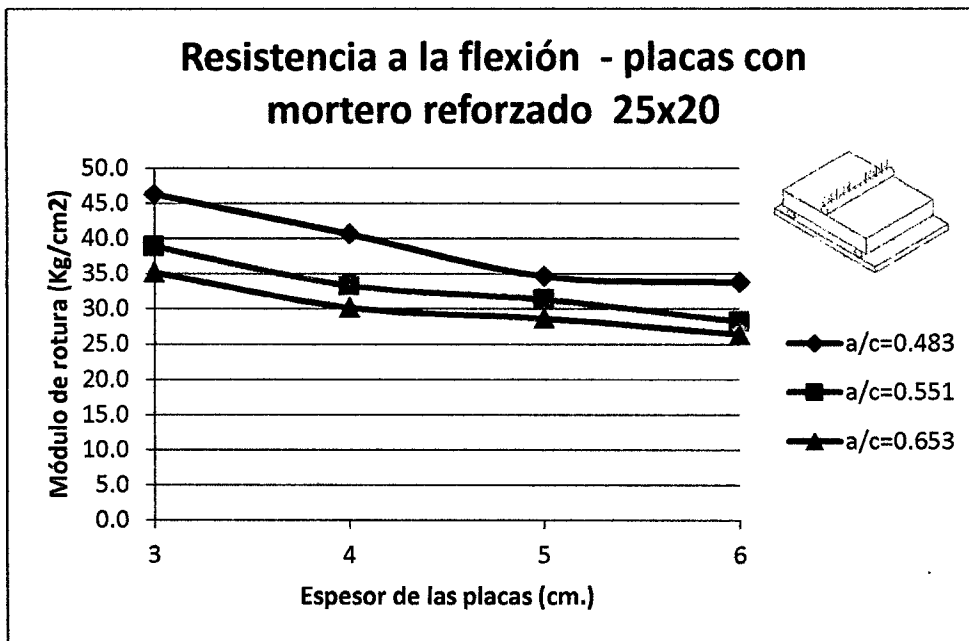


GRÁFICA 5.9
ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION - PLACAS DE MORTERO REFORZADO
DE 20CM X 20 CM



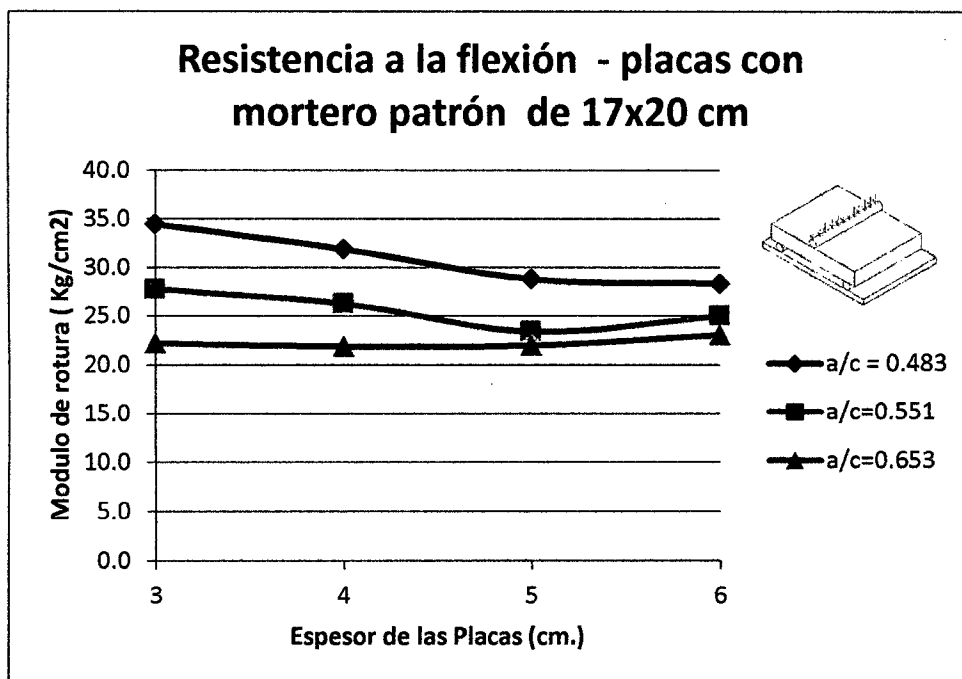
GRÁFICA 5.10

ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION - PLACAS DE MORTERO REFORZADO
 DE 25CM x 20 CM



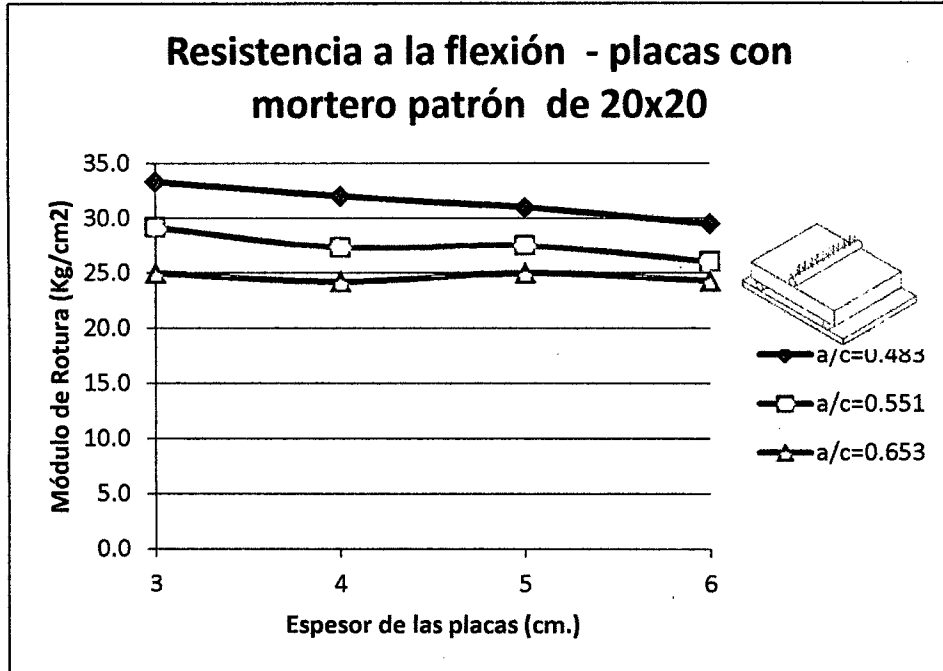
GRÁFICA 5.11

ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION - PLACAS DE MORTERO PATRÓN
 DE 17CM x 20 CM



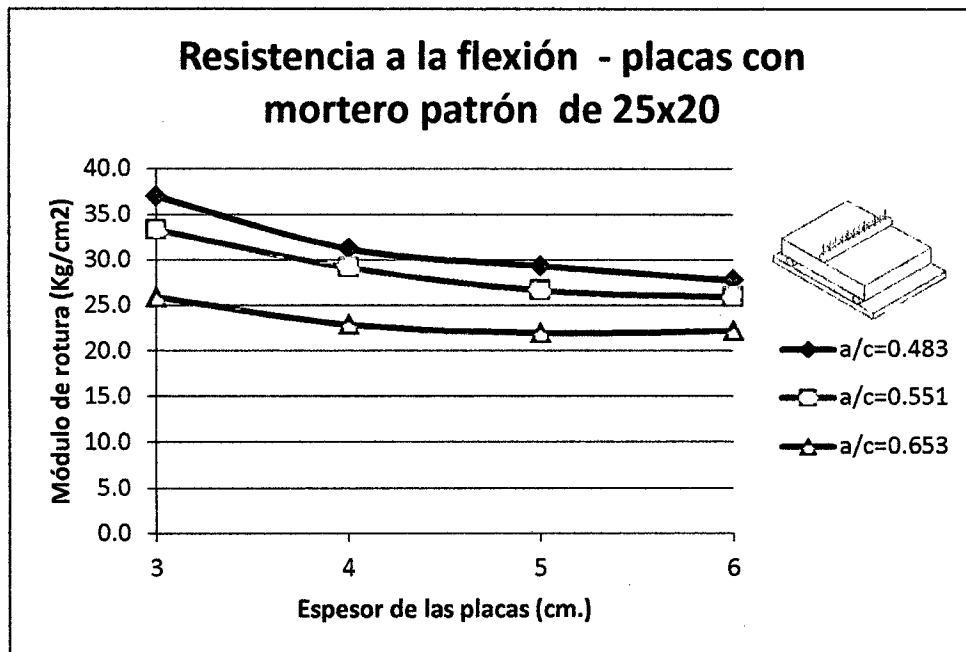
GRÁFICA 5.12

ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION - PLACAS DE MORTERO PATRÓN DE 20 CM x 20 CM



GRÁFICA 5.13

ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION - PLACAS DE MORTERO PATRÓN DE 25 CM X 20 CM



5.2.5. Ensayo de absorción (ASTM C - 642)

Para medir la permeabilidad en el mortero se utilizó el método de la absorción, el cual consiste en sumergir lo especímenes en agua y por diferencia de pesos calcular el porcentaje de absorción del espécimen. Para el presente estudio se analizaron tres alternativas, para cada diseño de mezcla.

- Muestras pintadas con pintura epóxica.
- Muestras pintadas con una solución de 50% aceite grado 40 y 50% con petróleo dos veces.
- Muestras patrón.

Aparatos:

- Balanza (precisión 0.1 gr)

Muestras:

- Cubos de mortero de 5 centímetros de lado.
- Las muestras se pesarán a los 7 días.

Procedimiento:

- Los cubos de mortero son curados 28 días.
- Los cubos de mortero se secan al ambiente por 15 días.
- Luego se registra el peso de los especímenes secados al ambiente.
- Sumergir en agua a los especímenes en agua por 7 días (a no presión y a un metro de columna de agua).
- Luego de los 7 días se sacarán las muestras, se secarán las muestras superficialmente y se pesarán inmediatamente.
- Por diferencia de pesos, se calcula el porcentaje de agua absorbido por los especímenes y se registran.

En las tablas 5.17 y 5.18, se muestran los resultados del porcentaje de absorción obtenidos por diferentes diseños de mezclas evaluando a su vez las alternativas con pintura epóxica y aceite con petróleo, luego estos resultados se plotearon en una curva de porcentaje de absorción versus relaciones agua/cemento, para cada una de las tres alternativas usadas (muestras patrón, muestras pintadas con pintura epóxica y muestras pintadas con aceite con petróleo) en las gráficas 5.13 y 5.14.

TABLA 5.17

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN ELEMENTOS DE MORTERO SUMERGIDOS EN AGUA
A NO PRESIÓN

Relación C/A	a/c	RECUBRIMIENTO	ABSORCIÓN
1:1	0.37	Patrón	0.95%
1:1	0.37	Aceite 40	0.44%
1:1	0.37	Epóxico	0.30%
1:2	0.48	Patrón	1.89%
1:2	0.48	Aceite 40	0.76%
1:2	0.48	Epóxico	0.94%
1:3	0.55	Patrón	2.45%
1:3	0.55	Aceite 40	0.99%
1:3	0.55	Epóxico	1.82%
1:4	0.65	Patrón	3.65%
1:4	0.65	Aceite 40	1.53%
1:4	0.65	Epóxico	2.33%

GRÁFICA 5.14

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN ELEMENTOS DE MORTERO SUMERGIDOS
EN AGUA A NO PRESIÓN

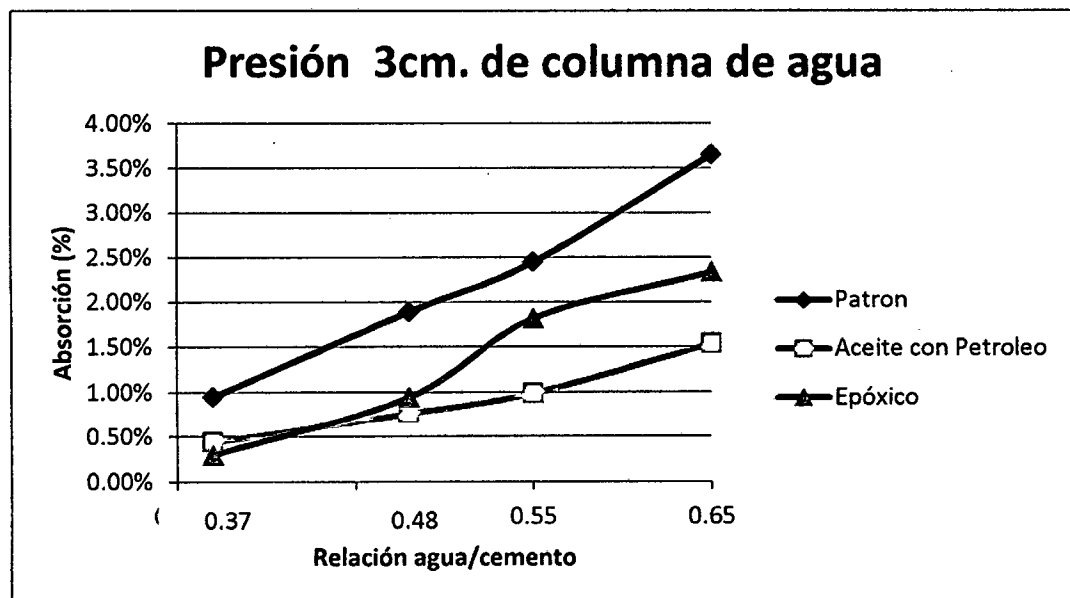


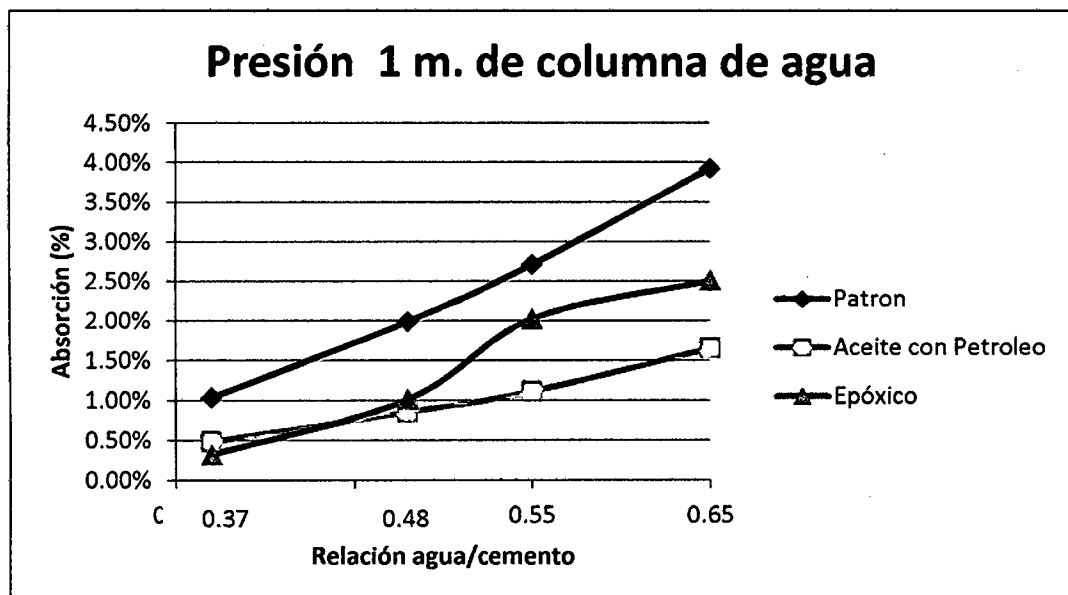
TABLA 5.18

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN ELEMENTOS DE MORTERO SUMERGIDOS EN AGUA
A UNA PRESION DE 1 METRO DE COLUMNA DE AGUA

Relación C/A	a/c	RECUBRIMIENTO	ABSORCIÓN
1:1	0.37	Patrón	1.04%
1:1	0.37	Aceite 40	0.48%
1:1	0.37	Epóxico	0.32%
1:2	0.48	Patrón	1.99%
1:2	0.48	Aceite 40	0.86%
1:2	0.48	Epóxico	1.01%
1:3	0.55	Patrón	2.71%
1:3	0.55	Aceite 40	1.11%
1:3	0.55	Epóxico	2.02%
1:4	0.65	Patrón	3.93%
1:4	0.65	Aceite 40	1.65%
1:4	0.65	Epóxico	2.51%

GRÁFICA 5.14

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN ELEMENTOS DE MORTERO SUMERGIDOS EN AGUA A UNA
PRESIÓN DE 1 METRO DE COLUMNA DE AGUA



5.2.6. Ensayo de retracción

Este ensayo tiene por objetivo estudiar el desarrollo de grietas debidas a la retracción experimentada por una pared cilíndrica como en el caso de un tanque. Con tal de simular este fenómeno, se han ensayado unas muestras anulares que reproducen mejor tanto la geometría como el proceso de ejecución de los modelos reales.

No existe una norma ASTM para el ensayo de fisuración, habiendo solo la Norma AFNOR P15-434 para pastas de cemento.

Se han estudiado en total seis muestras, dos para cada relación cemento/agregado ($C/A = 1/2$; $C/A = 1/3$ y $C/A = 1/4$), siendo una reforzada con malla gallinero y la otra sin refuerzo.

Aparatos:

- Molde Anular.
- Espátula o badilejo.
- Mesa vibradora.

Procedimiento:

- Las muestras fueron preparadas y colocadas en el molde anular.
- Para las mezclas de mortero sin refuerzo, se vacía completamente el mortero dentro del molde anular y luego se vibra por 15 segundos.
- Para las mezclas de mortero reforzado con una malla hexagonal de $\frac{3}{4}$ ", se coloca la muestra paletéandola con una espátula hasta tomar la forma del molde, luego se coloca la el anillo exterior y se vibra por 15 segundos.
- Las muestras son desmoldadas luego de su tiempo de fragua inicial (entre 4 horas y 4 horas y media).
- Luego son secadas al ambiente.
- Cuando aparezca la primera fisura se registrará la fecha.
- A los 28 días se registrará el ancho y el largo de la fisura en las probetas.

En la figura 5.3, se muestra la dimensiones del molde anular utilizado y en la gráfica 5.19 los resultados de la medición del ensayo para las muestras con relación $C/A = 1/2$, $1/3$ y $1/4$.

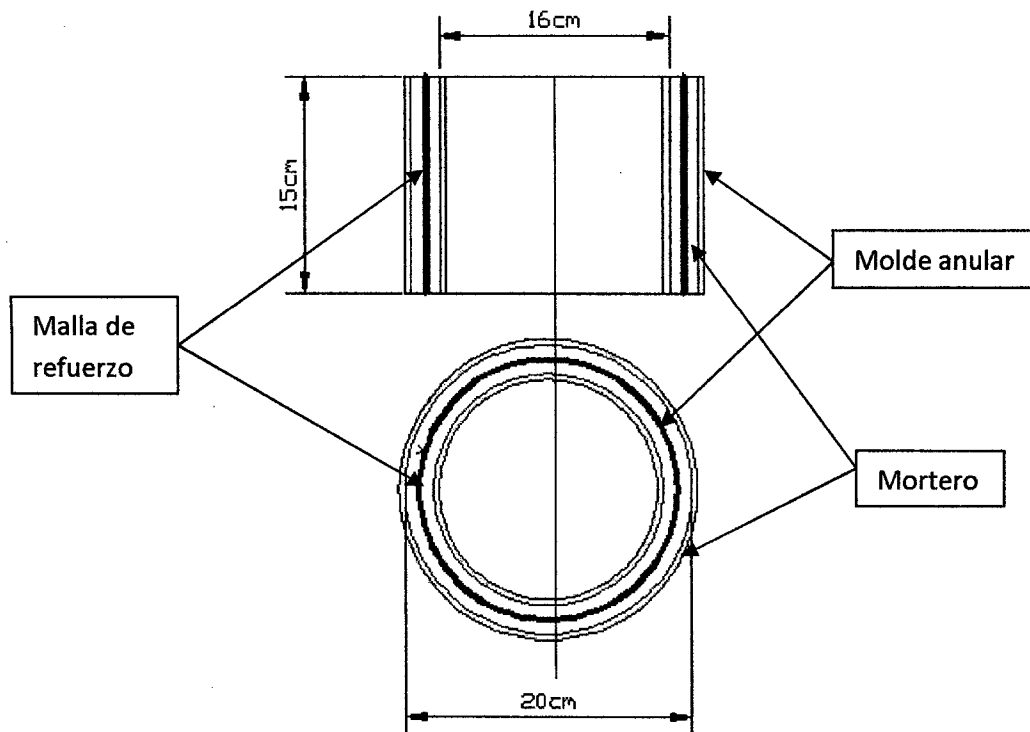


FIGURA 5.3 –ENSAYO DE RETRACCIÓN

TABLA 5.19

ENSAYO DE RETRACCIÓN CON MOLDES ANULARES

RELACIÓN C/A	TIPO REFUERZO	APARICIÓN DE FISURAS (DÍAS)	TAMAÑO DE FISURAS (MM.)	ANCHO DE FISURAS A LOS 28 DÍAS
1 / 2	Sin refuerzo	-	-	No se fisura
1/ 2	malla gallinero	-	-	No se fisura
1/3	Sin refuerzo	8	45	Aprox. 0.17 mm
1/3	malla gallinero	-	-	No se fisura
1/4	Sin refuerzo	5	90	Aprox. 0.27 mm
1/4	malla gallinero	7	80	Aprox. 0.13 mm

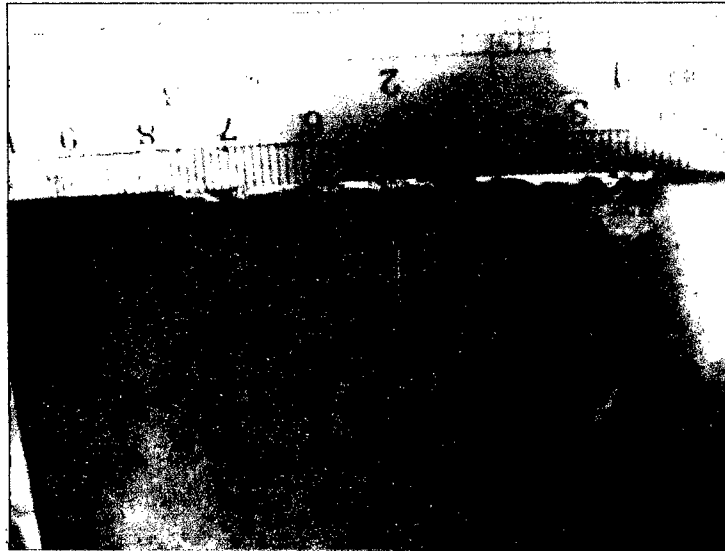
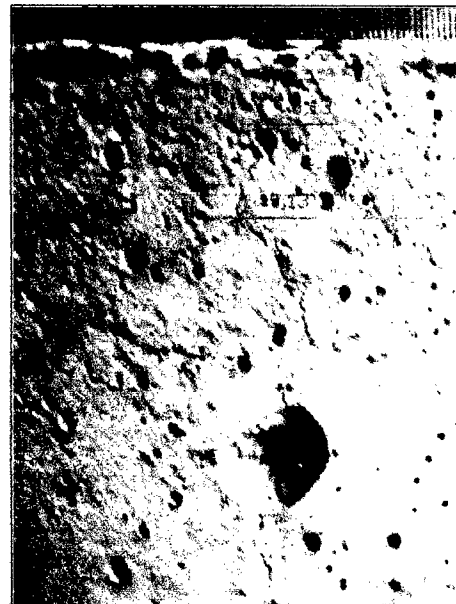


FIGURA 5.4 – ENSAYO DE RETRACCION CON RELACIÓN C/A =1/3 SIN REFUERZO



**FIGURA 5.5 – ENSAYO DE
RETRACCIÓN CON RELACIÓN C/A
=1/4 SIN REFUERZO**



**FIGURA 5.6 – ENSAYO DE
RETRACCIÓN CON RELACIÓN C/A
=1/4 REFORZADO CON MALLA**

6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Agregados

El agregado fino usado en la presente es una mezcla de 70% de arena gruesa y 30% de arena fina, la arena gruesa procede de la cantera "La Molina" y la arena fina procede de la cantera "Villa el Salvador", en la gráfica de la curva granulometría se puede observar que esta mezcla se encuentra dentro de los límites determinados por la N.T.P. 400.012 (Huso M), además la curva es tendida, lo cual indica que el material es de buena calidad, también la curva esta ligeramente inclinada al lado derecho con una tendencia a ser una arena gruesa.

El módulo de finura del agregado final es 2.57 y se encuentra dentro del rango recomendado para este uso que puede variar entre 2.15 y 2.75, ya que con estos rangos se obtienen buenos resultados a la trabajabilidad y la porosidad en la mezcla. [Hugo Wainstock, 1998].

6.2. Propiedades del mortero en estado fresco

6.2.1. Consistencia

En la tabla 5.1 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de consistencia siendo 4" en promedio para todas las relaciones cemento agregado ($C/A = 1/2$, $1/3$ y $1/4$), los cuales según su clasificación en la tabla 3.1 se trata de una mezcla fluida y es apta para su colocación manual si vibración.

6.2.2. Peso Unitario

En la tabla 5.2 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de peso unitario, donde se observan que todas las mezclas ($C/A = 1/2$, $1/3$ y $1/4$) están dentro del rango de mezclas normales 1700 kg/m^3 y 2800 kg/m^3 .

6.2.3. Fluidéz

En la tabla 5.3 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Fluidéz, donde se observan que todas las mezclas ($C/A = 1/2$, $1/3$ y $1/4$) siendo en promedio de 190 mm de diámetro medio en la mesa de sacudidas ASTM o 87%.

En la tabla 6.1 se muestran la clasificación de la mezcla del ferrocemento según su fluidez y se observa que el valor de diámetro promedio de los diseños de mezcla (190 mm) en las mesas de sacudidas se encuentra dentro del rango de fluidez alta, el cual varía desde 180 mm hasta 195 mm, el cual se recomendable para el uso del ferrocemento con colocación manual sin vibración.

6.2.4. Tiempo de fraguado

En la tablas 5.4, 5.5 y 5.6 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de tiempo de fraguado, observándose que el tiempo de inicio de fragua para las muestras con relaciones $C/A = 1/2$ y $1/3$ es de 4 horas en promedio y para las relaciones $C/A = 1/4$ es de 4 horas y media. En obra el colocado del mortero no debe exceder a estos tiempos, y si el tiempo de colocado va a ser mayor a 4 horas o 4 horas y media se debe utilizar un aditivo retardador de fragua, para que no haya problemas en el momento de su colocación.

6.2.5. Exudación

En la tablas 5.7 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo exudación a una temperatura de $20^{\circ} C$, obteniéndose porcentajes de exudación de 2.12 %, 3.60 % y 7.11 % para las relaciones $C/A = 1/2$, $1/3$ y $1/4$ respectivamente. Debido a que los porcentajes de exudaciones, debe son bajos se debe controlar la temperatura en su colocación en obra, debido a que si Volumen de agua evaporado es mayor al volumen de agua migrado a la superficie, puede presentar problemas de fisuración.

6.3. Propiedades del mortero en estado endurecido

6.3.1. Resistencia a la compresión

Las mezclas utilizadas para el ferrocemento son mezclas con baja permeabilidad, por lo tanto posee una menor porosidad en la pasta del mortero lo cual conlleva a obtener una elevada resistencia a la compresión.

Como se puede observar en las tablas 5.8, 5.7 y 5.10 los valores a la resistencia son elevados, e incluso son superiores a los 210 Kg/cm^2 a los 7 días, debido a su resistencia alcanzadas a temprana edad, se reducen los tiempos de

desencofrado, el tiempo de desencofrado se calculará de acuerdo al tipo y uso que va a tener la estructura.

6.3.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

En la tablas 5.11, 5.12 y 5.13 se presenta los valores obtenidos de este ensayo en el ensayo de compresión diametral, obteniéndose los valores de 44.60 kg/cm² para la mezcla con relación C/A = 1/2, 37.78 kg/cm² para la mezcla con relación C/A y 29.74 kg/cm² para la mezcla con relación C/A=1/4.

6.3.3. Módulo de elasticidad estático

En la tabla 6.1 se puede apreciar los valores obtenidos en el laboratorio ($E_{\text{Laboratorio}}$), para las relaciones C/A = 1/2, 1/3 y 1/4; estos valores se compararon con del módulo de elasticidad del concreto tomando como referencia la resistencia promedio del mortero ($f'c$) con lo cual se observó que el módulo de elasticidad del concreto se redujo desde un 60 % hasta un 56% como se puede observar en la tabla 6.1.

$$E_{\text{teórico-concreto}} (\text{Kg} / \text{cm}^2) = 15100 * \sqrt{f'c}$$

TABLA 6.1
MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO

Relación: Cemento/Agregado	1/2	1/3	1/4
E. Laboratorio (Kg/cm ²)	134700	133000	119200
E. Similar del concreto (Kg/cm ²)	336123	313702	270328
REDUJO (%)	60	58	56

6.3.4. Resistencia a la flexión

En gráficas 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11. y 5.12 se puede observar los valores del Módulo de Rotura en el ensayo de la resistencia a la flexión. Se puede apreciar que tanto en las placas de mortero reforzado como en la del mortero patrón que a mayor espesor en las placas el Módulo de Rotura disminuye.

También se aprecia en las gráficas que los valores de Módulo de Rotura en las placas con mortero reforzado son mayores que a sus similares con mortero sin refuerzo. Se puede apreciar el incremento en las tablas 6.2 ,6.3, 6.4 y 6.5.

También se aprecia en las gráficas que los valores de Módulo de Rotura en las placas con mortero patrón son menores que los obtenidos en los ensayo de tracción por compresión diametral siendo obteniéndose los valores de 44.60 kg/cm² para la mezcla con relación C/A = 1/2, 37.78 kg/cm² para la mezcla con relación C/A y 29.74 kg/cm² para la mezcla con relación C/A=1/4.

TABLA 6.2.
VARIACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (Mr.) PARA SECCIONES DE
3 CM x 20 CM

Relación C/A	Largo (cm.)	Esp. (cm.)	Mortero Patrón	Mortero Reforzado	Incremento Mr2/Mr1
			Mr1 (Kg./cm ²)	Mr2 (Kg./cm ²)	
1/2	17	3	34.4	42.2	1.23
	20		33.3	40.3	1.21
	25		37.0	46.3	1.25
1/3	17	3	27.8	37.8	1.36
	20		29.2	34.7	1.19
	25		33.3	38.9	1.17
1/4	17	3	22.2	34.4	1.55
	20		25.0	30.6	1.22
	25		25.9	35.2	1.36

TABLA 6.3.
VARIACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (Mr.) PARA SECCIONES DE
4CM x 20 CM

Relación C/A	Largo (cm.)	Esp. (cm.)	Mortero Patrón	Mortero Reforzado	Incremento Mr2/Mr1
			Mr1 (Kg./cm ²)	Mr2 (Kg./cm ²)	
1/2	17	4	31.9	35.0	1.10
	20		32.0	39.1	1.22
	25		31.3	40.6	1.30

1/3	17	4	26.3	32.5	1.24
	20		27.3	33.6	1.23
	25		29.2	33.3	1.14
1/4	17	4	21.9	31.3	1.43
	20		24.2	30.5	1.26
	25		22.9	30.2	1.32

TABLA 6.4.
VARIACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (Mr.) PARA SECCIONES DE
5CM x 20 CM

Relación C/A	Largo (cm.)	Esp. (cm.)	Mortero Patrón	Mortero Reforzado	Incremento Mr2/Mr1
			Mr1 (Kg./cm ²)	Mr2 (Kg./cm ²)	
1/2	17	5	28.8	32.8	1.14
	20		31.0	37.5	1.21
	25		29.3	34.7	1.18
1/3	17	5	23.4	30.0	1.28
	20		27.5	32.0	1.16
	25		26.7	31.3	1.18
1/4	17	5	22.0	28.4	1.29
	20		25.0	28.5	1.14
	25		22.0	28.7	1.30

TABLA 6.5.
VARIACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (Mr.) PARA SECCIONES DE
6 CM x 20 CM

Relación C/A	Largo (cm.)	Esp. (cm.)	Mortero Patrón	Mortero Reforzado	Incremento Mr2/Mr1
			Mr1 (Kg./cm ²)	Mr2 (Kg./cm ²)	
1/2	17	6	28.3	30.8	1.09
	20		29.5	35.1	1.19
	25		27.8	33.8	1.22
1/3	17	6	25.0	28.3	1.13
	20		26.0	28.5	1.09
	25		25.9	28.2	1.09
1/4	17	6	23.1	26.7	1.16
	20		24.3	26.7	1.10
	25		22.2	26.4	1.19

6.3.5. Ensayo de absorción

En las gráficas 5.13 y 5.14 se observan los valores obtenidos en el ensayo de absorción, se puede apreciar que las gráficas presentan un comportamiento similar tanto para el ensayo sometido a una presión nula o una presión de 1 metro de columna de agua.

La mezcla de petróleo con aceite grado 40, una vez aplicada a la muestra esta penetra en los poros de la muestra, luego al secarse colmata los poros y por lo tanto la permeabilidad disminuye, debido que hay mayor resistencia al paso del agua.

Se puede observar en las gráficas 5.13 y 5.14 que las muestras que han sido aplicadas presenta mejor comportamiento que la pintura epóxica con la excepción de la mezcla con relación C/A = 1/1, debido a su muy baja permeabilidad la mezcla no ha penetrado lo suficiente para obtener un mejor resultado que la pintura epóxica.

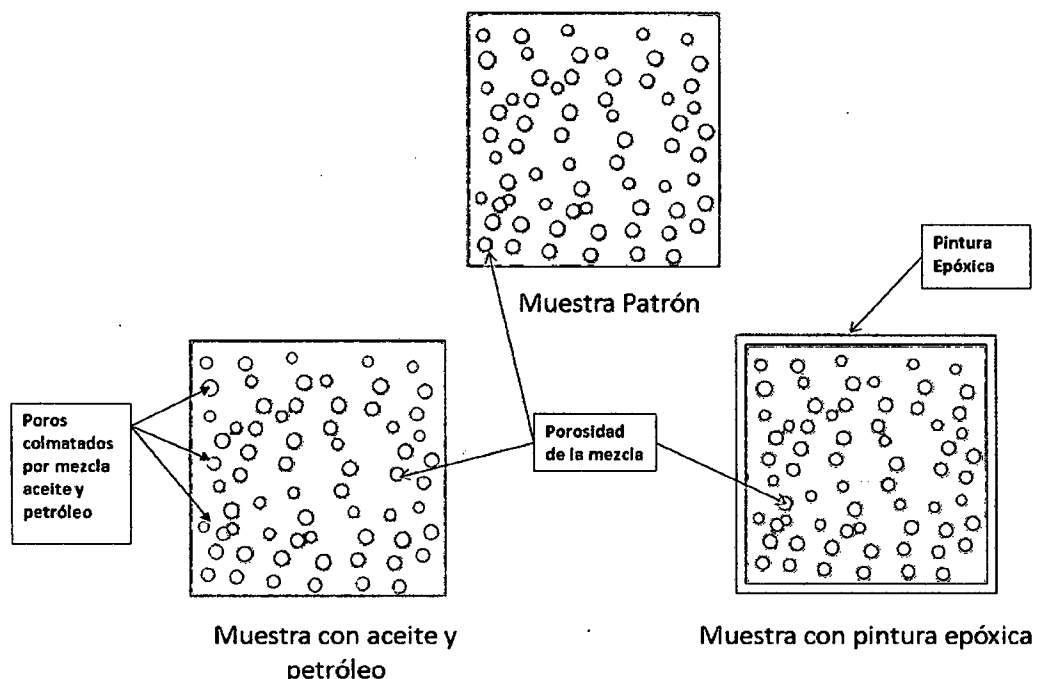


FIGURA 6.1 – CUBOS DE MORTERO UTILIZADOS PARA ENSAYO DE ABSORCION

En la tabla 6.6, se puede comparar los ensayos de absorción para las muestras sometidas a una presión nula y a una presión de 1 metro de columna de agua.

TABLA 6.6.
REDUCCIÓN DE LA ABSORCIÓN DE LOS CUBOS DE MORTERO SUMERGIDOS EN AGUA A UNA PRESIÓN DE UN METRO DE COLUMNA DE AGUA Y A UNA PRESIÓN NULA

Relación C/A	Relación a/c	Tipo	Presión nula		Presión 1 metro	
			Absorción (%)	Comparación (%)	Absorción (%)	Comparación (%)
1/1	0.37	Patrón	0.95	100	1.04	100
		Aceite 40	0.44	46	0.48	46
		Epóxico	0.30	32	0.32	31
1/2	0.48	Patrón	1.89	100	1.99	100
		Aceite 40	0.76	40	0.86	43
		Epóxico	0.94	50	1.01	51
1/3	0.55	Patrón	2.45	100	2.71	100
		Aceite 40	0.99	40	1.11	41
		Epóxico	1.82	74	2.02	75
1/4	0.65	Patrón	3.65	100	3.93	100
		Aceite 40	1.53	42	1.65	42
		Epóxico	2.33	64	2.51	64

6.3.6. Ensayo de retracción (Molde anular o anillo de fisuración)

En la tabla 5.19 se muestran los resultados del ensayo de retracción. Se puede apreciar una disminución considerable del ancho de las grietas en las muestras reforzadas, lo cual es ventajoso para la estructura mejorando indirectamente la impermeabilidad y la durabilidad de la estructura, al proteger la armadura de refuerzo del ambiente. Como también que a mayor relación agua/cemento de la mezcla se incremento el tamaño de la fisura.

En el ensayo de retracción se observó, que al utilizar mezclas con relación C/A = 1/4, el ancho de la fisura se disminuyó en un 52 % (de 0.27 mm a 0.13mm) y el tiempo de aparición de la fisura se disminuyó en 2 días (de 7 a 5 días). Para las muestras con relación C/A = 1/3, solamente se fisuró las muestras sin reforzar (0.17mm). Y las muestras con relación C/A = 1/2 no se fisuraron.

CONCLUSIONES

El objetivo de la presente investigación fue estudiar las características físicas del ferrocemento, para su mejor utilización en obra y que estos parámetros obtenidos sirvan posteriormente de herramienta para realizar aplicaciones usando este material; para lo cual se realizaron ensayos del mortero en estado fresco (Consistencia, fluidez, tiempo de fragua y exudación) y en estado endurecido (Compresión, Tracción por compresión diametral, flexión, absorción y fisuración), para muestras con relación cemento/agregado de 1/2, 1/3 y 1/4.

- Los morteros curados por 28 días con relaciones Cemento/ Agregado 1/2, 1/3 y 1/4 dieron resistencias a la compresión promedio de 495 Kg/cm², 432 Kg/cm² y 320 Kg/cm² respectivamente y debido a su resistencia alcanzadas a su temprana edad (408, 312 y 235 kg/cm² a los 7 días respectivamente), se pueden desencofrar a temprana edad (las cuales dependen del tiempo de estructura a las condiciones de servicio).
- El módulo de elasticidad estático del mortero usado en el ferrocemento, se comparó con la fórmula teórica del módulo de elasticidad del concreto para una muestra con similar resistencia a la compresión y estas fueron inferiores en un 60 %, 58% y 56 % al módulo de elasticidad del concreto para las muestras con relación C/A = 1/2, 1/3 y 1/4 respectivamente.
- El módulo de rotura de los especímenes de ferrocemento en el ensayo de flexión se incrementó desde un 10% hasta un 43% respecto a la muestra de mortero patrón sin reforzar.
- En el ensayo de absorción se mejoró la impermeabilidad de las muestras, utilizando la pintura epóxica y una mezcla de aceite con petróleo.
- Para los cubos de mortero con relaciones C/A = 1/2, 1/3, 1/4, se obtuvieron mejores a la impermeabilidad utilizando la mezcla de petróleo y aceite que al utilizar pintura epóxica, ya que usando esta alternativa se redujo la absorción de la muestra patrón en un 57%, 59 % y 58% respectivamente y al utilizar aceite con petróleo se redujo en un 49%, 25% y 36%.

- Para las mezclas con relación $C/A = 1/1$, la pintura epóxica obtuvo mejores resultados a la impermeabilidad que usar la mezcla de aceite y petróleo, ya que usando esta alternativa se redujo la absorción de la muestra patrón en un 69 % y al utilizar aceite con petróleo se redujo en un 54 %.
- En los ensayos de fisuración, para las muestras anulares con relación $C/A = 1:4$ se pudo apreciar una disminución en un 52% del ancho de la fisura, de la muestra reforzada con una malla hexagonal respecto a la muestra patrón, y para las muestras con relación $C/A = 1:3$ solo se produjo la fisura en la muestra patrón. Y las muestras con relación $C/A = 1:2$ no se fisuraron.

RECOMENDACIONES

Para obtener buenas mezclas de mortero es necesario:

- La arena usada para la producción de mortero de ferrocemento debe cumplir las Normas Técnicas Peruanas y deben ser bien graduadas para obtener morteros densos, con mejor resistencia a esfuerzos mecánicos, buena trabajabilidad y baja permeabilidad.
- Debe tenerse en cuenta que el tamaño máximo posible para una mezcla de ferrocemento debe estar limitado a la densidad de la armadura y a las cocadas de malla de alambre empleada, de no ser así la arena usada debe ser tamizada

Para obtener buenas mezclas de mortero es necesario:

- En obra, el tiempo de colocado de mortero no debe exceder al tiempo de fragua de la mezcla, para relaciones con $C/A = 1:2$ y $1:3$ y 4 horas y media para mezclas con una relación $C/A = 1:4$, para mayores tiempos de colocaciones se deber utilizar mezclas con aditivo reductores de fragua.
- En los elementos de ferrocemento que van a estar en contacto con agua no apta para consumo humano se recomienda pintarlas una mezcla de aceite con petróleo para reducir su permeabilidad.
- En las estructuras de ferrocemento que van a estar en contacto con agua apta para consumo humano, se recomienda pintarlas con pintura epóxica para reducir su permeabilidad (debido a que podría existir problemas de salud al desprenderse partículas de aceite con el agua).
- Debido a se presentaron mejores resultados a la reducción de la absorción usando aceite y petróleo en vez de pintura epóxica, este se podría usar en estructuras que estén en contacto con agua que sean aptas para el consumo, previamente dándole un tratamiento externo a

estas paredes asegurándose que no haya desprendimientos de estas partículas.

- Debido a sus espesores delgados, el ferrocemento podría utilizarse como paneles modulares. Que sería ventajoso por el ahorro del espacio y peso a la estructura, siendo necesario el estudio de la conductividad térmica y acústica de este material.
- El uso del ferrocemento en canales de riego podría ser ventajoso, debido a su baja permeabilidad y a su buena resistencia a la fisuración.

BIBLIOGRAFÍA

- Autor: Bedoya Ruiz, Daniel Ruiz
Título: Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento.
Editorial: Universidad Politécnica de Cataluña
Ciudad: Barcelona, Setiembre de 2005
- Autor: CEPIS, OMS, OPS
Título: Fundamentos para la aplicación de ferrocemento
Editorial: CEPIS
Ciudad: Lima, 2003
- Autor: CEPIS, OMS, OPS
Título: Guía de construcción para estructuras de ferrocemento
Editorial: CEPIS
Ciudad: Lima, 2003
- Autor: Gonzales Robles, Juan Carlos
Título: Atenuación de los rayos x para diagnóstico empleando placas de concreto normal y pesado con baritina
Editorial: Universidad Nacional de Ingeniería
Ciudad: Lima, 2010
- Autor: Huayna Vilca, Elmer Esteban
Título: Corrosión en el mortero y el concreto
Editorial: Universidad Nacional de Ingeniería
Ciudad: Lima, 2003
- Autor: Mejía Gomes, Walter Saul
Título: Mortero con fibra de madera
Editorial: Universidad Nacional de Ingeniería
Ciudad: Lima, 2010

Autor: Olvera L., Alfonso
Título: El ferrocemento y sus aplicaciones
Editorial: Alfaomega
Ciudad: México, 2002, Segunda reimpresión

Autor: Masó Sóles, Jordi
Título: Diseño, cálculo y ejecución de tanques de ferrocemento
Editorial: Universidad Politécnica de Cataluña
Ciudad: Cataluña, 2004

Autor: Venaut, Michel
Título: Control de ensayos, cementos, morteros y hormigones
Ciudad: Bilbao, 1975
Editorial: URMO

Autor: Venaut, Michel
Título: Aditivos tratamientos de mortero y hormigón
Editorial: Técnicos Asociados
Ciudad: Barcelona, 1982

Autor: Pasquel Carbajal
Título: Tópicos de la Tecnología del Concreto
Editorial: Colegio Nacional de Ingenieros del Perú
Ciudad: Lima, 1998

Autor: Rivva Lopez, Enrique
Título: Naturaleza y Materiales del Concreto
Editorial: Capitulo Peruano ACI
Ciudad: Lima, 2000

Autor: Santibáñez Barrientos, Lisette Marlene
Título: Construcción de vivienda social de altura en ferrocemento
Editorial: Universidad Austral de Chile
Ciudad: Valdivia, 2004

Autor: Wainshtok Rivas, Hugo
Título: Ferrocemento: Diseño y Construcción
Editorial: Offet Abad Cía. Ltda.
Ciudad: Guayaquil, Ecuador, 1998

Autor: Zorrilla Salazar, Rocío Emperatriz
Título: Estudio de los morteros de revestimiento con aditivo impermeabilizante y cemento portland tipo I.
Editorial: Universidad Nacional de Ingeniería
Ciudad: Lima, 1997

ANEXOS

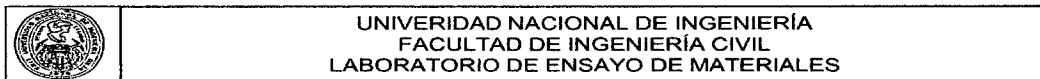
ANEXO A: Resultados en Agregados.....	95
ANEXO B: Resultados en Morteros.....	103
ANEXO C: Constancia de uso del LEM – FIC (UNI)	132
ANEXO D: Memoria Fotográfica.....	127
ANEXO E: Fotografías de construcción de una tanque de ferrocemento utilizando el método de una capa.....	134
ANEXO F: Fotografías de Aplicaciones del Ferrocemento... ..	138

ANEXO A

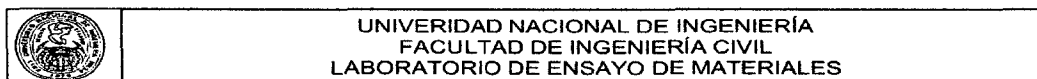


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN ARENA GRUESA				
1.0 IDENTIFICACION DE LOS MATERIALES				
A PESO UNITARIO SUELTO				
Procedencia : CANTERA LA MOLINA - LIMA				
2.0 PESO UNITARIO				
A PESO UNITARIO SUELTO				
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	7.0650	7.1175	7.0720
Peso del recipiente	(Kg)	2.7640	2.7640	2.7640
Peso de la muestra	(Kg)	4.3010	4.3535	4.3080
Volumen del recipiente	(m ³)	0.0028316	0.0028316	0.0028316
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1519	1537	1521
B. PESO UNITARIO COMPACTADO				
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	7.8075	7.7365	7.7240
Peso del recipiente	(Kg)	2.7640	2.7640	2.7640
Peso de la muestra	(Kg)	5.0435	4.9725	4.9600
Volumen del recipiente	(m ³)	0.0028316	0.0028316	0.0028316
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1781.15	1756.07	1751.66
3.0 CONTENIDO DE HUMEDAD				
Peso de la muestra en estado ambiental	(g)	500	500	500
Peso de la muestra secada al horno	(g)	493.5	494	493.5
Peso de agua perdida	(g)	6.5	6	6.5
Contenido de humedad	(%)	1.32	1.21	1.32



PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN ARENA FINA				
1.0 IDENTIFICACION DE LOS MATERIALES				
A PESO UNITARIO SUELTO				
Tipo				
Procedencia: CANTERA VILLA EL SALVADOR				
2.0 PESO UNITARIO				
A PESO UNITARIO SUELTO				
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	6.3125	6.3535	6.3640
Peso del recipiente	(Kg)	2.7640	2.7640	2.7640
Peso de la muestra	(Kg)	3.5485	3.5895	3.6000
Volumen del recipiente	(m ³)	0.0028316	0.0028316	0.0028316
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1253.18	1267.66	1271.37
B. PESO UNITARIO COMPACTADO				
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	6.7940	6.8990	6.8130
Peso del recipiente	(Kg)	2.7640	2.7640	2.7640
Peso de la muestra	(Kg)	4.0300	4.1350	4.0490
Volumen del recipiente	(m ³)	0.0028316	0.0028316	0.0028316
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1423.22	1460.31	1429.93
3.0 CONTENIDO DE HUMEDAD				
Peso de la muestra en estado ambiental	(g)	500	500	500
Peso de la muestra secada al horno	(g)	495.5	495.5	495.5
Peso de agua perdida	(g)	4.5000	4.5	4.5
Contenido de humedad	(%)	0.91	0.91	0.91



PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN EN AGREGADOS

1.0 ARENA GRUESA

Procedencia: CANTERA LA MOLINA - LIMA

Peso de la arena superficialmente seca	:	500	(gr)
Peso de la arena superficialmente seca + peso de la fiola + peso del agua	:	973	(gr)
Peso de la fiola	:	165	(gr)
Peso del agua	: W	308	(gr)
Peso de la arena secada al horno	: A	491	(gr)
Volumen de la fiola	: V	500	(cm ³)
Peso específico de masa	$A/(V-W)$	2.557	(gr/cm ³)
Peso específico de masa superficialmente seco	$500/(V-W)$	2.604	(gr/cm ³)
Peso aparente	$A/((V-W)-(500-A))$	2.683	(gr/cm ³)
Porcentaje de absorción	$(500-A)*100/A$	1.83	

2.0 ARENA FINA

Procedencia: CANTERA VILLA EL SALVADOR - LIMA

Peso de la arena superficialmente seca	:	500	(gr)
Peso de la arena superficialmente seca + peso de la fiola + peso del agua	:	973	(gr)
Peso de la fiola	:	165	(gr)
Peso del agua	: W	308	(gr)
Peso de la arena secada al horno	: A	497	(gr)
Volumen de la fiola	: V	500	(cm ³)
Peso específico de masa	$A/(V-W)$	2.589	(gr/cm ³)
Peso específico de masa superficialmente seco	$500/(V-W)$	2.604	(gr/cm ³)
Peso aparente	$A/((V-W)-(500-A))$	2.630	(gr/cm ³)
Porcentaje de absorción	$(500-A)*100/A$	0.60	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

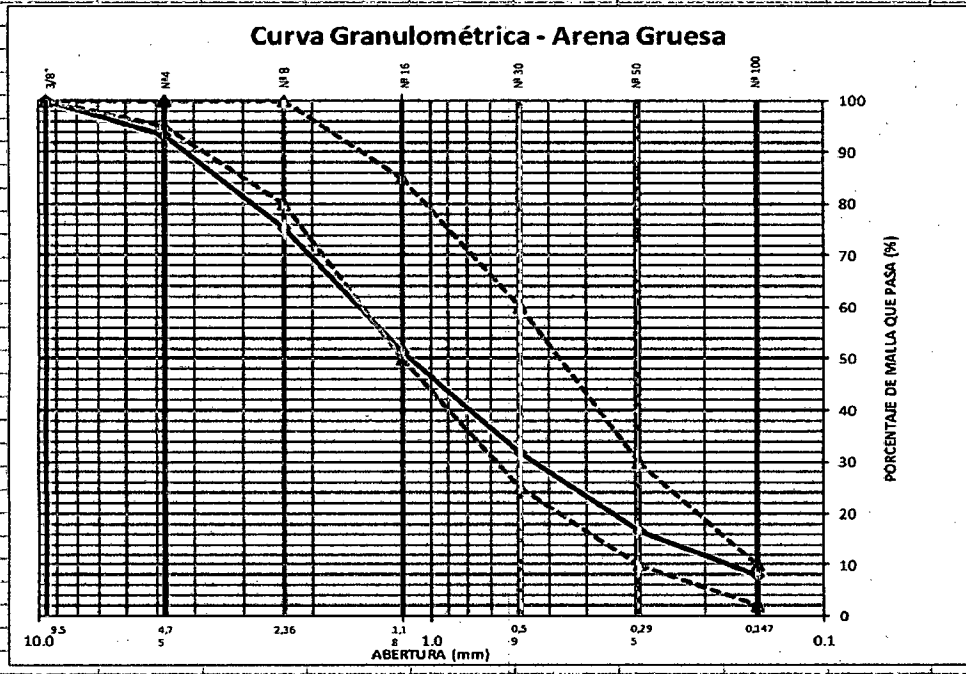
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA

1.0 IDENTIFICACION DE LOS MATERIALES

Procedencia : CANTERA LA MOLINA - LIMA

2.0 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Retenido Acum.	% Que Pasa	ASTM C	
						Huso 1	Huso 2
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº4	4.750	34.0	6.8	6.8	93.2	95	100
Nº8	2.360	89.5	18.0	24.8	75.2	80	100
Nº16	1.180	119.5	24.0	48.7	51.3	50	85
Nº30	0.590	97.0	19.5	68.2	31.8	25	60
Nº50	0.295	75.0	15.0	83.2	16.8	10	30
Nº100	0.147	44.0	8.8	92.1	7.9	2	10
Platillo		39.5	7.9	100.0			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

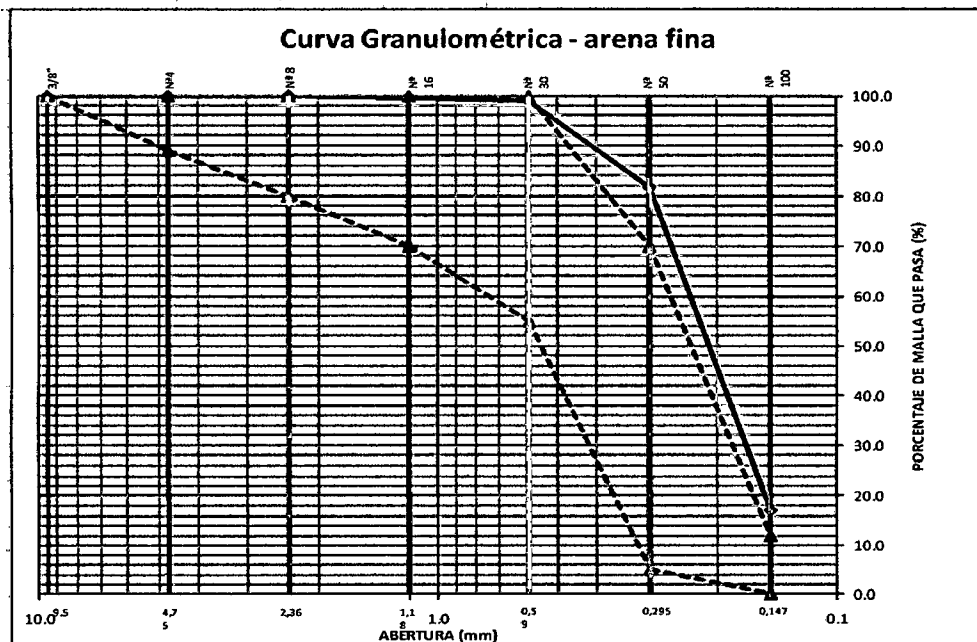
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA FINA

1.0 IDENTIFICACION DE LOS MATERIALES

Procedencia : CANTERA VILLA EL SALVADOR - LIMA

2.0 CURVA GRANULOMÉTRICA

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Retenido	% Que Pasa	HUSO F	
						Huso 1	Huso 2
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0	89	100
Nº8	2.360	0.5	0.1	0.1	99.9	80	100
Nº16	1.180	0.5	0.1	0.2	99.8	70	100
Nº30	0.590	4.0	0.8	1.0	99.0	55	100
Nº50	0.295	85.5	17.1	18.1	81.9	5	70
Nº100	0.147	323.0	64.7	82.9	17.1	0	12
Platillo		85.5	17.13	100.0			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS						
1.0 ARENA GRUESA						
Procedencia : CANTERA LA MOLINA - LIMA						
Tamiz	Abertura (cms)	Diámetro medio	Peso Retenido	Peso Retenido	% Parcial Retenido	S (cm ₂ /gr)
3/8"	0.950	1.110	0.0	0.0	0.0	0.0
Nº4	0.480	0.714	34.0	34.0	7.4	10.4
Nº8	0.238	0.357	89.5	89.5	19.5	54.6
Nº16	0.119	0.179	119.5	119.5	26.0	145.4
Nº30	0.059	0.089	97.0	97.0	21.1	237.4
Nº50	0.0297	0.044	75.0	75.0	16.3	371.4
Nº100	0.0149	0.022	44.0	44.0	9.6	435.7
					Suma :	1,255.0
Superficie Específica:		1,255.0 cm²/gr				
2.0 ARENA FINA						
Procedencia : CANTERA VILLA EL SALVADOR - LIMA						
Tamiz	Abertura (cms)	Diámetro medio	Peso Retenido	Diámetro medio	% Parcial Retenido	S (cm ₂ /gr)
Nº 8	0.238	0.357	0.5	0.5	0.1	0.3
Nº16	0.119	0.179	0.5	0.5	0.1	0.7
Nº30	0.059	0.089	4.0	4.0	1.0	10.9
Nº50	0.0297	0.044	85.5	85.5	20.7	469.9
Nº100	0.0149	0.022	323.0	323.0	78.1	3,550.6
					Suma :	4,032.4
Superficie Específica:		4,032.4 cm²/gr				



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

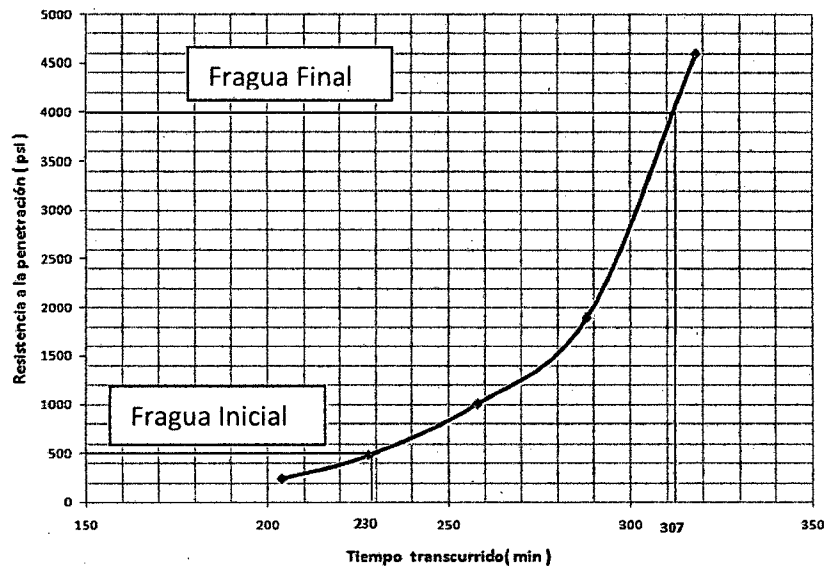
PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA # 200			
SOLICITANTE: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA			
OBRA : TESIS			
1.0 ARENA GRUESA			
Procedencia: Cantera La Molina			
Peso de la muestra secada al horno		500	(gr.)
Peso de la muestra luego de ser lavada y secada al horno		475	(gr.)
Masa perdida		25	(gr.)
PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA #200		5.00	(%)
1.0 ARENA FINA			
Procedencia: Cantera Villa El Salvador			
Peso de la muestra secada al horno		500	(gr.)
Peso de la muestra luego de ser lavada y secada al horno		486	(gr.)
Masa perdida		14	(gr.)

ANEXO B

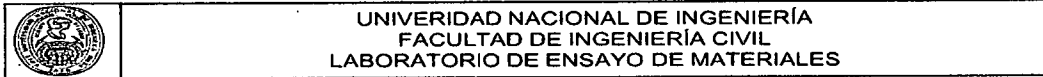


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE FRAGUA						
SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS						
OBRA : TESIS						
MORTERO NORMAL						
FECHA DE ENSAYO						14/10/2009
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1 / 2						
RELACION AGUA/CEMENTO = 0.483						
HORA DE INICIO DEL ENSAYO						12 h 22 min
Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Lb)	Aguja N°	Área (pulg ²)	Resistencia a la Penetración (lb/pulg ²)
12:22:00	0	0	0	0	0	0
15:46:00	15:46:00	204	240	1	1.00	240
16:10:00	16:10:00	228	240	2	0.50	480
16:40:00	16:40:00	258	250	3	0.25	1000
17:10:00	17:10:00	288	190	4	0.10	1900
17:40:00	17:40:00	318	230	5	0.05	4600

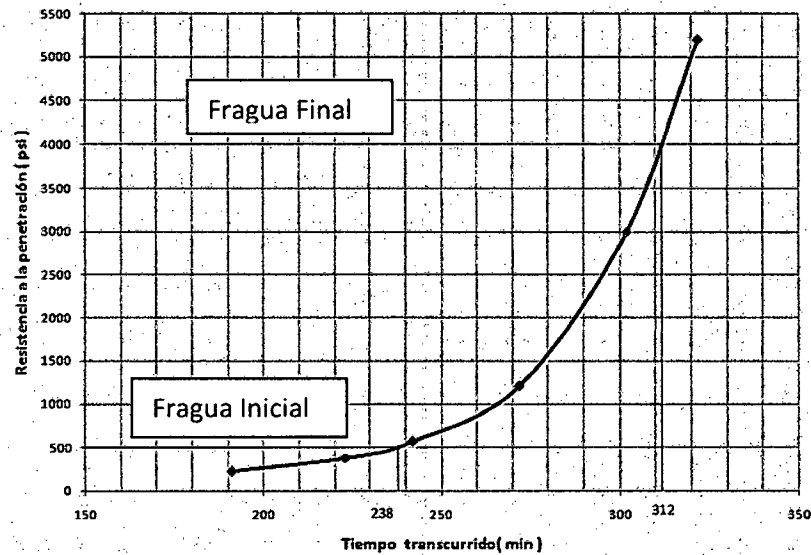


Tiempo de fragua Inicial	3 horas 53 minutos
Tiempo de fraga final	4 horas 49 minutos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE FRAGUA						
SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS						
OBRA : TESIS						
MORTERO NORMAL						
FECHA DE ENSAYO						07/10/2009
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1 / 3						
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.551						
HORA DE INICIO DEL ENSAYO						10 h 58 min
Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Lb)	Aguja N°	Área (pulg ²)	Resistencia a la Penetración
10:58:00	0		0	0	0	0
14:09:00	14:09:00	191	220	1	1	220
14:41:00	14:41:00	223	190	2	0.5	380
15:00:00	15:00:00	242	140	3	0.25	560
15:30:00	15:30:00	272	120	4	0.1	1200
16:00:00	16:00:00	302	150	5	0.05	3000
16:20:00	16:20:00	322	130	6	0.025	5200



Tiempo de fragua Inicial	3 horas 58 minutos
Tiempo de fraga final	5 horas 50 minutos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE FRAGUA

SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS

OBRA : TESIS

MORTERO NORMAL

FECHA DE ENSAYO

13/10/2009

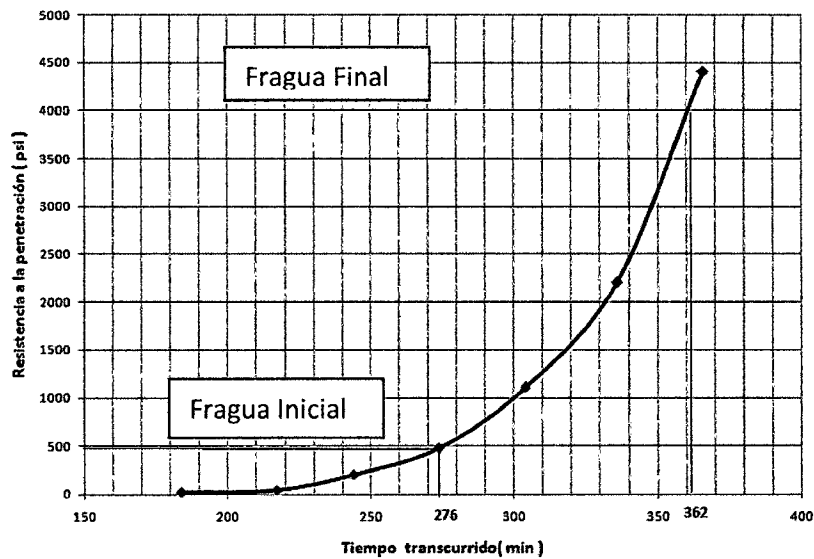
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1 / 4

RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.653

HORA DE INICIO DEL ENSAYO

12 h 46 min

Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Lb)	Aguja N°	Área (pulg ²)	Resistencia a la Penetración
12:46:00	0		0	0	0	0
15:50:00	15:50:00	184	20	1	1	20
16:23:00	16:23:00	217	20	2	0.5	40
16:50:00	16:50:00	244	100	2	0.5	200
17:20:00	17:20:00	274	120	3	0.25	480
17:50:00	17:50:00	304	110	4	0.1	1100
18:22:00	18:22:00	336	110	5	0.05	2200
18:52:00	18:52:00	366	110	6	0.025	4400



Tiempo de fragua Inicial	4 horas 36 minutos
Tiempo de fraga final	6 horas 02 minutos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE EXUDACIÓN						
SOLICITANTE: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS						
OBRA : TESIS						
MORTERO NORMAL						
FECHA DE ELABORACIÓN		15/10/2009				
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1/2						
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.483						
HORA DE INICIO DEL ENSAYO		12 h 35 min				
VOLUMEN DEL RECIPIENTE :		0.0028316	m ³			
PESO DEL RECIPIENTE:		2.8815	kg			
AREA DEL RECIPIENTE:		158.37	cm ²			
PESO DEL RECIPIENTE + MORTERO:		8.4130	kg			
PESO DE LA MUESTRA (S) :		5.532	kg			
PESO TOTAL DE LA TANDA (W) :		22.393	kg			
PESO DEL AGUA EN LA TANDA (w) :		3.408	kg			
HORA DEL	TIEMPO PARCIAL	TIEMPO ACUMULA	VOLUMEN PARCIAL	VOLUMEN ACUMULA	AGUA EXUDADA	VELOCIDAD DE
12:35:00	0	0	0.00	0.00	0.0000	0.00000
12:45:00	10	10	0.00	0.00	0.0000	0.00000
12:59:00	14	24	2.35	2.35	0.0148	0.00106
13:17:00	18	42	3.00	5.35	0.0189	0.00105
13:32:00	15	57	0.10	5.45	0.0006	0.00004
14:02:00	30	87	5.50	10.95	0.0347	0.00116
14:32:00	30	117	4.60	15.55	0.0290	0.00097
15:02:00	30	147	2.30	17.85	0.0145	0.00048
				D= 17.85		
MASA DE AGUA EN EL ENSAYO (C = (w /W)*S) :				0.84	kg	
PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (PE= D/C) :				2.12	%	
E (%) =		2.12				



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE EXUDACIÓN						
SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS						
OBRA : TESIS						
MORTERO NORMAL						
FECHA DE ENSAYO				07/10/2009		
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1 / 3						
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.551						
HORA DE INICIO DEL ENSAYO				10 h 53 min		
VOLUMEN DEL RECIPIENTE :				0.0028316	m³	
PESO DEL RECIPIENTE:				2.8815	kg	
AREA DEL RECIPIENTE:				158.37	cm²	
PESO DEL RECIPIENTE + MORTERO:				8.7407	kg	
PESO DE LA MUESTRA (S) :				5.859	kg	
PESO TOTAL DE LA TANDA (W) :				24.9871	kg	
PESO DEL AGUA EN LA TANDA (w) :				3.301	kg	
HORA DEL	TIEMPO PARCIAL	TIEMPO ACUMULA	VOLUMEN PARCIAL	VOLUMEN ACUMULA	AGUA EXUDADA	VELOCIDAD DE
10:53:00	0	0	0.00	0.00	0.0000	0.00000
11:12:00	19	19	2.15	2.15	0.0136	0.00071
11:28:00	16	35	3.30	5.45	0.0208	0.00130
11:46:00	18	53	3.60	9.05	0.0227	0.00126
11:59:00	13	66	3.45	12.50	0.0218	0.00168
12:30:00	31	97	5.00	17.50	0.0316	0.00102
13:00:00	30	127	6.90	24.40	0.0436	0.00145
13:30:00	30	157	3.50	27.90	0.0221	0.00074
				D=27.90 gr		
MASA DE AGUA EN EL ENSAYO (C = (w / W) * S) :				0.77	kg	
PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (PE= D/C)				3.60	%	
	E (%) =	3.60				



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE EXUDACIÓN					
SOLICITANTE: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS					
OBRA : TESIS					
MORTERO NORMAL					
FECHA DE ENSAYO 13/10/2009					
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1/4					
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.653					
HORA DE INICIO DEL ENSAYO 12 h 46 min					
VOLUMEN DEL RECIPIENTE :			0.0028316	m³	
PESO DEL RECIPIENTE:			2.8815	kg	
AREA DEL RECIPIENTE:			158.37	cm²	
PESO DEL RECIPIENTE + MORTERO:			8.6491	kg	
PESO DE LA MUESTRA (S) :			5.768	kg	
PESO TOTAL DE LA TANDA (W) :			22.099	kg	
PESO DEL AGUA EN LA TANDA (w) :			2.578	kg	
HORA DEL	TIEMPO PARCIAL	TIEMPO ACUMULA	VOLUMEN PARCIAL	VOLUMEN ACUMULA	AGUA EXUDADA
12:46:00	0	0	0.0	0.00	0.0000
12:56:00	10	10	4.5	4.50	0.0284
13:17:00	21	31	6.3	10.80	0.0398
13:30:00	13	44	2.4	13.20	0.0152
13:40:00	10	54	5.9	19.10	0.0373
14:20:00	40	94	11.3	30.40	0.0714
14:50:00	30	124	11.0	41.40	0.0695
15:20:00	30	154	5.9	47.30	0.0373
15:50:00	30	184	0.5	47.80	0.0032
				D=47.80 gr	
MASA DE AGUA EN EL ENSAYO (C=(w/W)*S) :				0.67	kg
PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (PE= D/C)				7.11	
E (%) =		7.11			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS
OBRA : TESIS

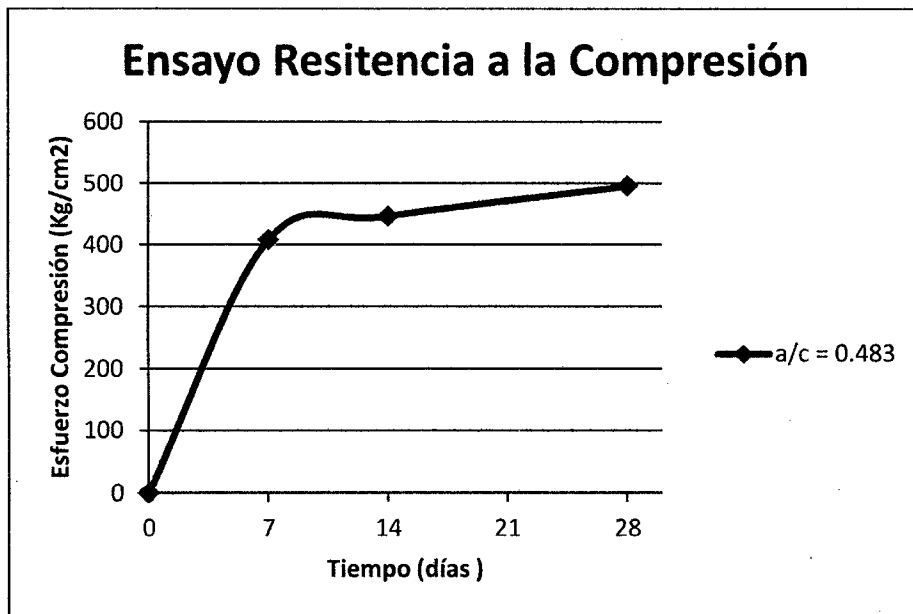
CONCRETO NORMAL

FECHA DE ELABORACIÓN 18/09/2009

RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1 / 2

RELACION AGUA/CEMENTO = 0.483

Esp.	Edad (días)	Diámetro (cm)	Relación C/A = 1/2			Promedio (Kg/cm ²)
			Sección (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia	
1	7	10.40	84.95	35800	421.4	408.1
2	7	10.16	81.07	32000	394.7	
3	14	10.11	80.28	35000	436.0	446.8
4	14	10.47	86.10	39400	457.6	
5	28	10.19	81.47	42100	516.7	495.5
6	28	10.22	82.01	38900	474.3	

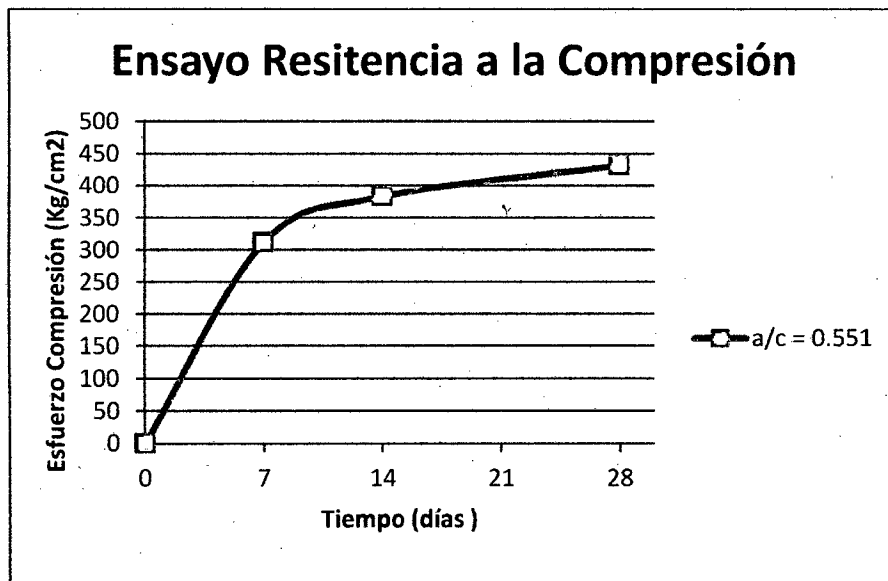




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION

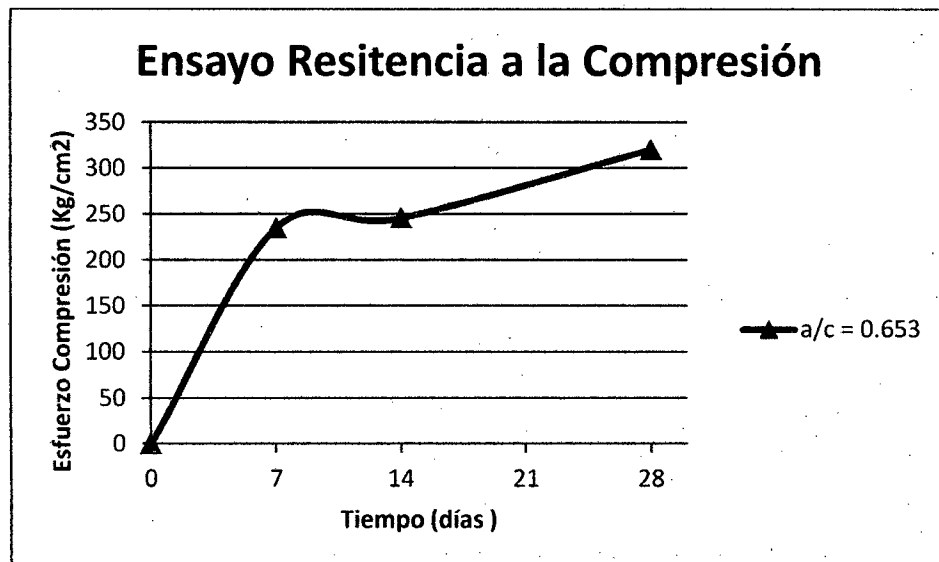
SOLICITANTE		: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS				
OBRA		: TESIS				
MORTERO NORMAL						
FECHA DE ELABORACIÓN		21/09/2009				
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1 / 3						
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.551						
Esp.	Edad (días)	Diámetro (cm)	Relación C/A = 1/3			Promedio (Kg/cm ²)
			Sección (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia	
1	7	10.26	82.68	25200	304.8	312.1
2	7	10.22	82.03	26200	319.4	
1	14	10.20	81.66	29500	361.3	383.1
2	14	10.19	81.47	33000	405.0	
1	28	10.20	81.71	35300	432.0	431.6
2	28	10.17	81.15	35000	431.3	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION						
SOLICITANTE			: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS			
OBRA			: TESIS			
MORTERO NORMAL						
FECHA DE ELABORACIÓN			23/09/2009			
RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1 / 4						
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.653						
Esp.	Diam (cm)	Edad (días)	Relación C/A = 1/4			Promedio (Kg/cm ²)
			Sección (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	
1	10.20	7	81.71	19800	242.3	234.8
2	10.18	7	81.39	18500	227.3	
3	10.20	14	81.66	19900	243.7	245.5
4	10.12	14	80.44	19900	247.4	
5	10.23	28	82.19	26100	317.5	320.5
6	10.20	28	81.63	26400	323.4	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PLANILLA DE RESULTADOS : MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO

SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS
 OBRA : TESIS
 CONCRETO NORMAL
 FECHA DE ELABORACIÓN : 18/09/2009 EDAD : 28 días
 FECHA DE ENSAYO : 16/10/2009

Probeta 6"x12" (15cmx30cm)			Longitud (cm) =	20.25
Peso (kg)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	f _c (kg/cm ²)
	30.40	14.80	172.03	496
a/c =	0.483	Carga Máxima (kg/cm ²) =		85243

Lectura compresómetro

Carga (kg)	Deformación (x10 ⁻³ pulg)	Deformación (x10 ⁻³ cm)	Deformación unitaria ε (x10 ⁻⁴)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
2000	0.3	0.76	0.38	12
4000	0.9	2.29	1.13	23
6000	1.5	3.81	1.88	35
8000	2.2	5.59	2.76	47
10000	2.8	7.11	3.51	58
12000	3.5	8.89	4.39	70
14000	4.2	10.67	5.27	81
16000	4.9	12.45	6.15	93
18000	5.5	13.97	6.90	105
20000	6.3	16.00	7.90	116
22000	7.0	17.78	8.78	128
24000	7.7	19.56	9.66	140
26000	8.5	21.59	10.66	151
28000	9.3	23.62	11.67	163
30000	10.0	25.40	12.54	174
32000	10.4	26.42	13.04	186
34000	10.9	27.69	13.67	198
36000	11.3	28.70	14.17	209
38000	12.1	30.73	15.18	221
40000	12.8	32.51	16.06	233
42000	13.4	34.04	16.81	244
44000	14.1	35.81	17.69	256
46000	14.8	37.59	18.56	267
48000	15.4	39.12	19.32	279
50000	15.9	40.39	19.94	291
52000	17.1	43.43	21.45	302
54000	18.0	45.72	22.58	314
56000	18.5	46.99	23.20	326
58000	19.1	48.51	23.96	337
60000	20.5	52.07	25.71	349
62000	20.7	52.58	25.96	360
64000	21.8	55.37	27.34	372
66000	23.0	58.42	28.85	384
68000	24.0	60.96	30.10	395
70000	24.3	61.72	30.48	407
72000	25.1	63.75	31.48	419
74000	26.0	66.04	32.61	430
76000	27.1	68.83	33.99	442
78000	28.5	72.39	35.75	453
80000	31.3	79.50	39.26	465

Esfuerzo al 40% de la carga última
 $\sigma_{25} = 198$

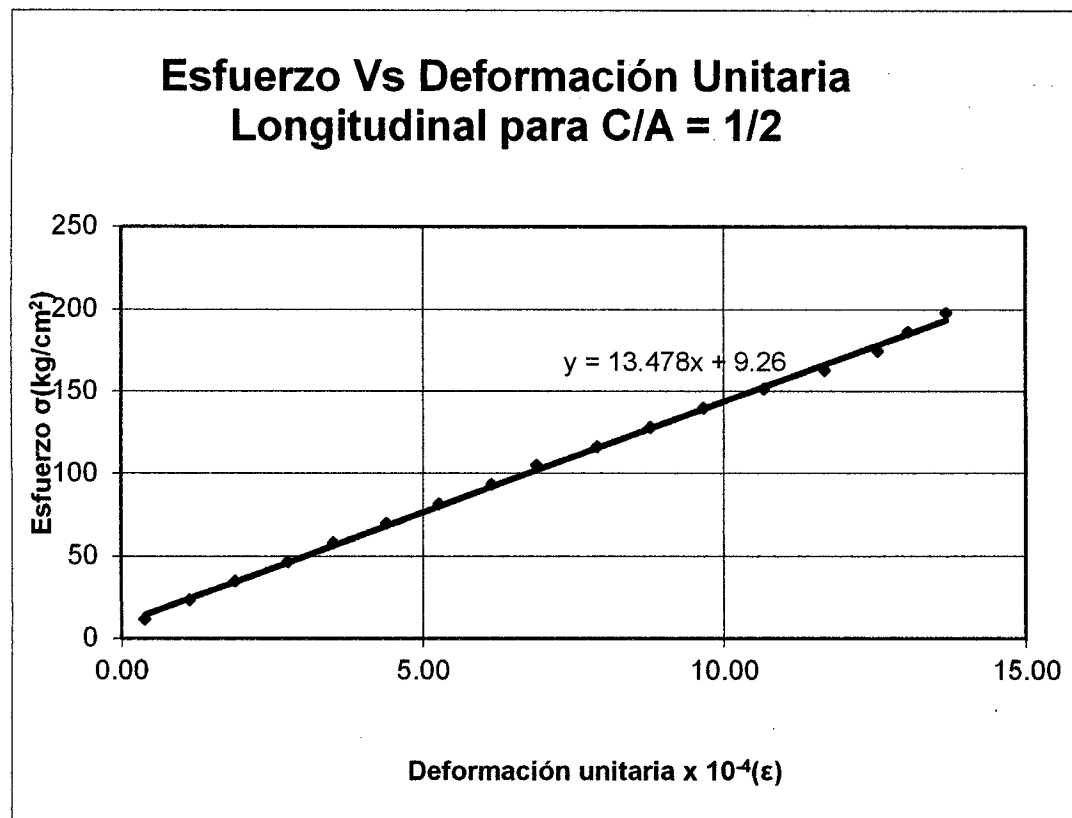
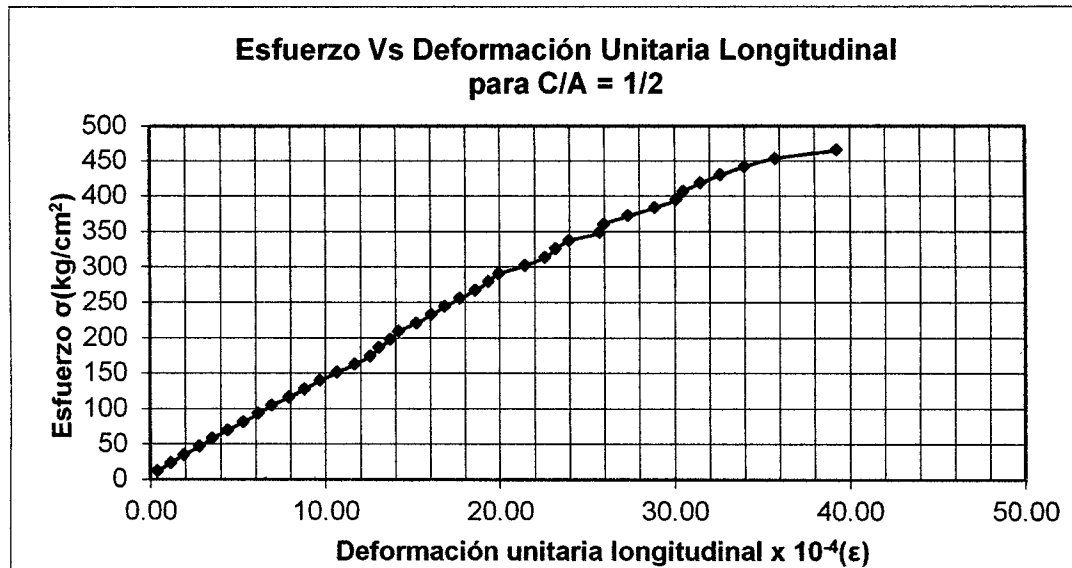
Ecuación al 40% de la carga última : $\sigma = 13.47 \times 10^4 \epsilon + 9.26$

Módulo de Elasticidad Estática

$E_c = 134700$ kg/cm²



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



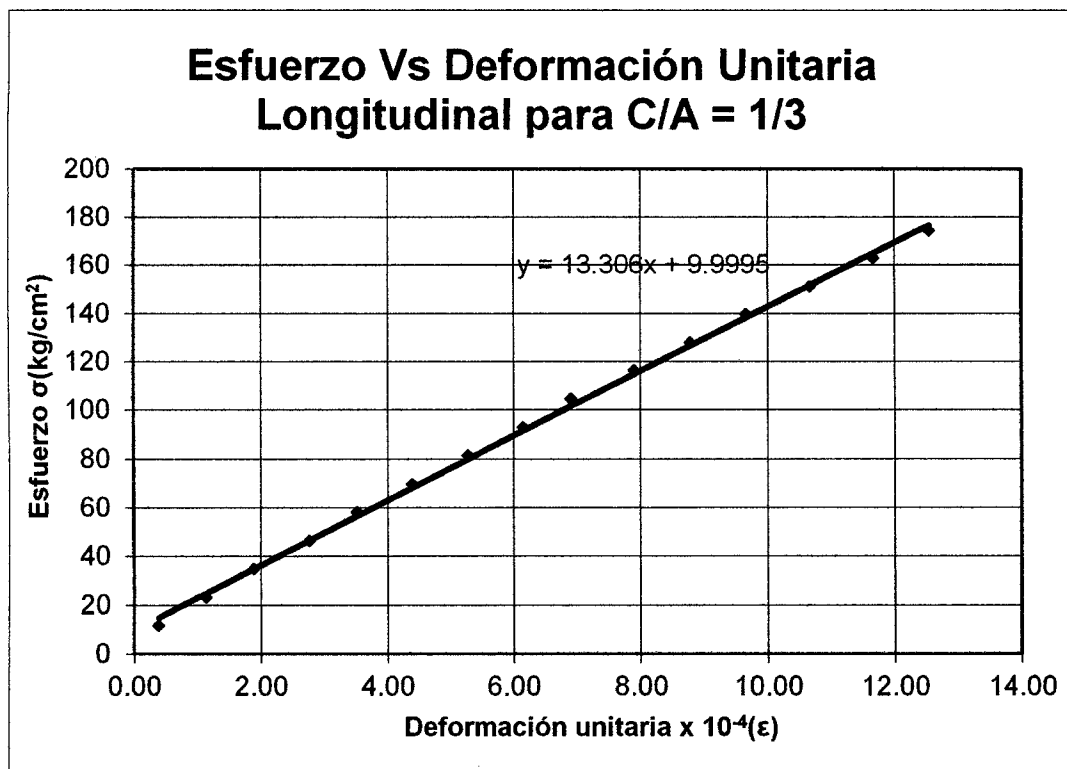
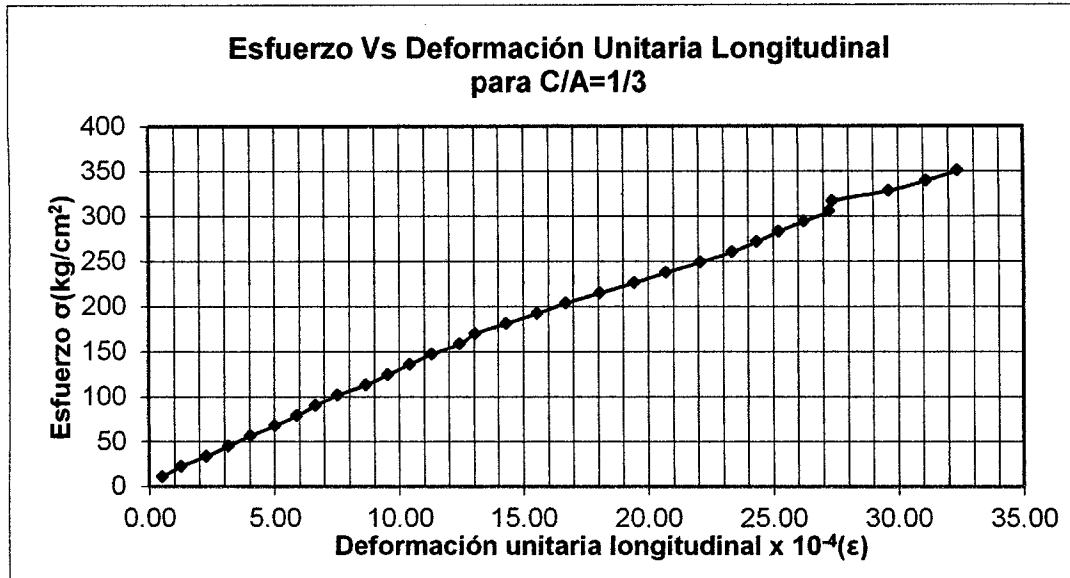


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PLANILLA DE RESULTADOS : MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO					
SOLICITANTE			: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS		
OBRA			: TESIS		
CONCRETO NORMAL					
FECHA DE ELABORACIÓN			18/09/2009	EDAD : 28 días	
FECHA DE ENSAYO			16/10/2009		
Probeta 6"x12" (15cmx30cm)			Longitud (cm) = 20.25		
Peso (kg)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	
	29.40	15.00	176.71	432	
a/c = 0.551		Carga Máxima (kg/cm ²) =		76270	
Lectura compresómetro					
Carga (kg)	Deformación (x10 ⁻³ pulg)	Deformación (x10 ⁻³ cm)	Deformación unitaria ε (x10 ⁻⁴)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	
2000	0.4	1.02	0.50	11	
4000	1	2.54	1.25	23	
6000	1.8	4.57	2.26	34	
8000	2.5	6.35	3.14	45	
10000	3.2	8.13	4.01	57	
12000	4	10.16	5.02	68	
14000	4.7	11.94	5.90	79	
16000	5.3	13.46	6.65	91	
18000	6	15.24	7.53	102	
20000	6.9	17.53	8.65	113	
22000	7.6	19.30	9.53	124	
24000	8.3	21.08	10.41	136	
26000	9	22.86	11.29	147	
28000	9.9	25.15	12.42	158	
30000	10.4	26.42	13.04	170	
32000	11.4	28.96	14.30	181	
34000	12.4	31.50	15.55	192	
36000	13.3	33.78	16.68	204	
38000	14.4	36.58	18.08	215	
40000	15.5	39.37	19.44	226	
42000	16.5	41.91	20.70	238	
44000	17.6	44.70	22.08	249	
46000	18.6	47.24	23.33	260	
48000	19.4	49.28	24.33	272	
50000	20.1	51.05	25.21	283	
52000	20.9	53.09	26.22	294	
54000	21.7	55.12	27.22	306	
56000	21.8	55.37	27.34	317	
58000	23.6	59.94	29.60	328	
60000	24.8	62.99	31.11	340	
62000	25.8	65.53	32.36	351	
Esfuerzo al 40% de la carga última					
σ ₂ = 173					
Ecuación al 40% de la carga última :			σ = 19.97x10 ⁻⁴ ε + 9.999		
Módulo de Elasticidad Estática					
E = 199700			kg/cm ²		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PLANILLA DE RESULTADOS : MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO

SOLICITANTE	: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS
OBRA	: TESIS
CONCRETO NORMAL	
FECHA DE ELABORACIÓN	: 23/06/2009
FECHA DE ENSAYO	: 21/07/2009
EDAD	: 28 días

Probeta 6"x12" (15cmx30cm)			Longitud (cm) =	20.25
Peso (kg)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	f _c (kg/cm ²)
	29.40	14.80	172.03	321
a/c =	0.653	Carga Máxima (kg/cm ²) =		55137

Lectura compresómetro

Carga (kg)	Deformación (x10 ⁻³ pulg)	Deformación (x10 ⁻³ cm)	Deformación unitaria ε (x10 ⁻⁴)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
2000	0.5	1.27	0.63	12
4000	1.1	2.79	1.38	23
6000	1.9	4.83	2.38	35
8000	2.7	6.86	3.39	47
10000	3.4	8.64	4.26	58
12000	4.2	10.67	5.27	70
14000	5	12.70	6.27	81
16000	5.8	14.73	7.28	93
18000	6.5	16.51	8.15	105
20000	7.3	18.54	9.16	116
22000	8.3	21.08	10.41	128
24000	9.2	23.37	11.54	140
26000	10.3	26.16	12.92	151
28000	11.4	28.96	14.30	163
30000	12.5	31.75	15.68	174
32000	13.7	34.80	17.18	186
34000	15.1	38.35	18.94	198
36000	16.3	41.40	20.45	209
38000	17.7	44.96	22.20	221
40000	19.1	48.51	23.96	233
42000	20.9	53.09	26.22	244
44000	22.8	57.91	28.60	256
46000	24.8	62.99	31.11	267
48000	26.6	67.56	33.36	279
50000	28.3	71.88	35.50	291
52000	30.1	76.45	37.76	302
54000	32.3	82.04	40.51	314

Esfuerzo al 40% de la carga última

$$\sigma_2 = 128$$

Ecuación al 40% de la carga última :

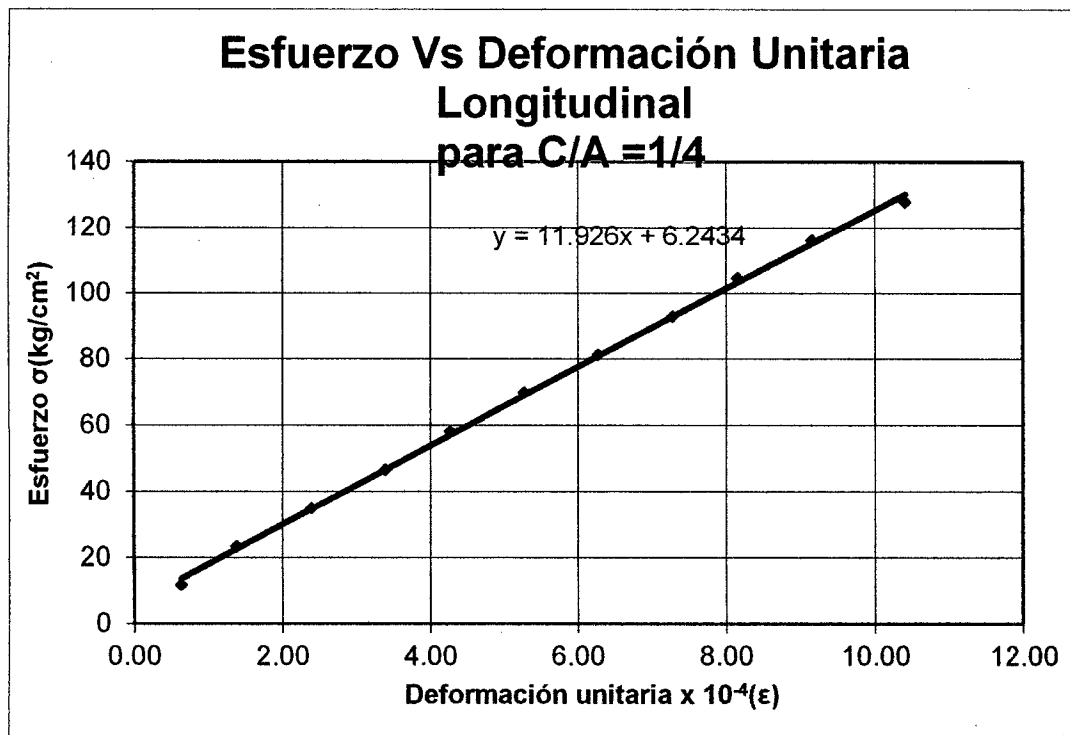
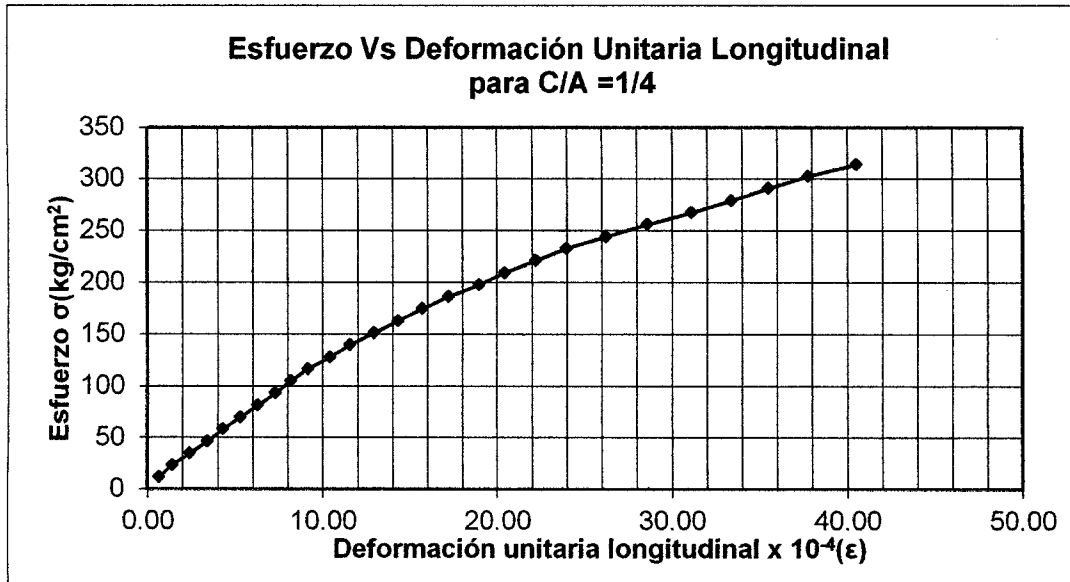
$$\sigma = 11.92 \times 10^4 \epsilon + 6.243$$

Módulo de Elasticidad Estática

$$E_c = 119200 \text{ kg/cm}^2$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS

OBRA : TESIS

MORTERO NORMAL

RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1/2

RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.483

			Mortero Patrón			Mortero Reforzado		
			Fuerza (Kg.)	Fuerza Prom (Kg.)	Mr (Kg./cm ²)	Fuerza (Kg.)	Fuerza (Kg.)	Mr (Kg./cm ²)
17	x	3	500			650		
	x		550	517	34.4	550	633	42.2
	x		500			700		
	x	4	800			950		
	x		900	850	31.9	850	933	35.0
	x		850			1000		
	x	5	1100			1300		
	x		1300	1200	28.8	1350	1367	32.8
	x		1200			1450		
	x	6	1700			1950		
	x		1650	1700	28.3	1900	1850	30.8
	x		1750			1700		
20	x	3	400			500		
	x		400	400	33.3	500	483	40.3
	x		400			450		
	x	4	750			750		
	x		650	683	32.0	900	833	39.1
	x		650			850		
	x	5	1100			1250		
	x		1000	1033	31.0	1050	1250	37.5
	x		1000			1450		
	x	6	1550			1700		
	x		1400	1417	29.5	1700	1683	35.1
	x		1300			1650		
25	x	3	350			450		
	x		300	333	37.0	400	417	46.3
	x		350			400		
	x	4	450			700		
	x		500	500	31.3	700	650	40.6
	x		550			550		
	x	5	950			950		
	x		600	733	29.3	800	867	34.7
	x		650			850		
	x	6	1000			1250		
	x		950	1000	27.8	1100	1217	33.8
	x		1050			1300		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS
OBRA : TESIS

MORTERO NORMAL

RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1/3
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.551

			Mortero Patrón			Mortero Reforzado		
			Fuerza (Kg.)	Fuerza Prom (Kg.)	Mr (Kg./cm ²)	Fuerza (Kg.)	Fuerza (Kg.)	Mr (Kg./cm ²)
17	x	3	450			600		
	x		450	417	27.8	550	567	37.8
	x		350			550		
	x	4	750			850		
	x		700	700	26.3	850	867	32.5
	x		650			900		
	x	5	1000			1250		
	x		950	975	23.4	1200	1250	30.0
	x		975			1300		
	x	6	1900			1750		
x	1850		1500	25.0	1650	1700	28.3	
x	1850				1700			
20	x	3	350			400		
	x		350	350	29.2	450	417	34.7
	x		350			400		
	x	4	600			750		
	x		550	583	27.3	800	717	33.6
	x		600			600		
	x	5	900			1100		
	x		900	917	27.5	1000	1067	32.0
	x		950			1100		
	x	6	1300			1350		
x	1100		1250	26.0	1400	1367	28.5	
x	1350				1350			
25	x	3	300			350		
	x		350	300	33.3	300	350	38.9
	x		250			400		
	x	4	450			500		
	x		450	467	29.2	550	533	33.3
	x		500			550		
	x	5	650			800		
	x		700	667	26.7	750	783	31.3
	x		650			800		
	x	6	950			1000		
x	950		933	25.9	1050	1017	28.2	
x	900				1000			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

SOLICITANTE : CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS
OBRA : TESIS

MORTERO NORMAL

RELACION CEMENTO / AGREGADO = 1/4
RELACIÓN AGUA/CEMENTO = 0.653

			Mortero Patrón			Mortero Reforzado		
			Fuerza (Kg.)	Fuerza Prom (Kg.)	Mr (Kg./cm ²)	Fuerza (Kg.)	Fuerza (Kg.)	Mr (Kg./cm ²)
17	x	3	350			500		
	x		300	333	22.2	500	517	34.4
	x		350			550		
	x	4	600			850		
	x		500	583	21.9	850	833	31.3
	x		650			800		
	x	5	900			1050		
	x		900	917	22.0	1300	1183	28.4
	x		950			1200		
	x	6	1400			1500		
	x		1450	1383	23.1	1600	1600	26.7
	x		1300			1700		
20	x	3	250			400		
	x		300	300	25.0	300	367	30.6
	x		350			400		
	x	4	500			650		
	x		500	517	24.2	650	650	30.5
	x		550			650		
	x	5	800			1000		
	x		900	833	25.0	950	950	28.5
	x		800			900		
	x	6	1300			1150		
	x		1200	1167	24.3	1400	1283	26.7
	x		1000			1300		
25	x	3	250			400		
	x		250	233	25.9	200	317	35.2
	x		200			350		
	x	4	350			550		
	x		400	367	22.9	450	483	30.2
	x		350			450		
	x	5	650			700		
	x		450	550	22.0	750	717	28.7
	x		550			700		
	x	6	800			950		
	x		800	800	22.2	900	950	26.4
	x		800			1000		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO PERMEABILIDAD

SOLICITANTE: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS

OBRA : TESIS

PRESION DE AGUA: 3 CM DE COLUMNA DE AGUA

Mezcla	Recubrim	# Cubo	Peso Seco	Peso Final	Aborción	Aborción
1:1	Patrón	1	294.1	296.8	0.92%	0.95%
	Patrón	2	294.9	297.8	0.98%	
	Patrón	3	297.5	300.3	0.94%	
1:1	Aceite 40	4	298.2	299.5	0.44%	0.44%
	Aceite 40	5	294.5	295.8	0.44%	
	Aceite 40	6	298.9	300.2	0.43%	
1:1	Epóxico	7	303.2	304.1	0.30%	0.30%
	Epóxico	8	302.3	303.0	0.23%	
	Epóxico	9	300.6	301.7	0.37%	
1:2	Patrón	10	293.7	299.2	1.87%	1.89%
	Patrón	11	297.5	303.1	1.88%	
	Patrón	12	293.4	299.0	1.91%	
1:2	Aceite 40	13	297.2	299.5	0.77%	0.76%
	Aceite 40	14	298.7	301.0	0.77%	
	Aceite 40	15	299.3	301.5	0.74%	
1:2	Epóxico	16	299.5	301.9	0.80%	0.94%
	Epóxico	17	305.2	307.6	0.79%	
	Epóxico	18	297.7	301.4	1.24%	
1:3	Patrón	19	286.4	293.4	2.44%	2.45%
	Patrón	20	287.9	295.0	2.47%	
	Patrón	21	291.7	298.8	2.43%	
1:3	Aceite 40	22	290.5	293.4	1.00%	0.99%
	Aceite 40	23	290.7	293.6	1.00%	
	Aceite 40	24	291.1	293.9	0.96%	
1:3	Epóxico	25	295.6	300.9	1.79%	1.82%
	Epóxico	26	293.3	298.7	1.84%	
	Epóxico	27	292.4	297.7	1.81%	
1:4	Patrón	28	277.8	288.0	3.67%	3.65%
	Patrón	29	279.8	290.0	3.65%	
	Patrón	30	280.5	290.7	3.64%	
1:4	Aceite 40	31	281.1	285.5	1.57%	1.53%
	Aceite 40	32	285.6	290.0	1.54%	
	Aceite 40	33	281.0	285.2	1.49%	
1:4	Epóxico	34	285.9	292.5	2.31%	2.33%
	Epóxico	35	285.6	292.3	2.35%	
	Epóxico	36	289.8	296.6	2.35%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO PERMEABILIDAD

SOLICITANTE: CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS

OBRA : TESIS

PRESION DE AGUA: 1M DE COLUMNA DE AGUA

Mezcla	Recubrim	# Cubo	Peso Seco	Peso Final	Aborción	Aborción
1:1	Patrón	37	293.2	296.3	1.06%	1.04%
	Patrón	38	298.3	301.2	0.97%	
	Patrón	39	295.8	299.0	1.08%	
1:1	Aceite 40	40	299.0	300.4	0.47%	0.48%
	Aceite 40	41	296.0	297.4	0.47%	
	Aceite 40	42	294.0	295.5	0.51%	
1:1	Epóxico	43	303.0	304.1	0.36%	0.32%
	Epóxico	44	297.7	298.6	0.30%	
	Epóxico	45	302.3	303.2	0.30%	
1:2	Patrón	46	294.6	300.6	2.04%	1.99%
	Patrón	47	297.0	302.9	1.99%	
	Patrón	48	293.0	298.7	1.95%	
1:2	Aceite 40	49	294.3	296.9	0.88%	0.86%
	Aceite 40	50	298.9	301.4	0.84%	
	Aceite 40	51	295.2	297.7	0.85%	
1:2	Epóxico	52	296.3	298.9	0.88%	1.01%
	Epóxico	53	299.3	302.6	1.10%	
	Epóxico	54	301.3	304.5	1.06%	
1:3	Patrón	55	291.3	298.7	2.54%	2.71%
	Patrón	56	291.5	299.9	2.88%	
	Patrón	57	291.6	299.5	2.71%	
1:3	Aceite 40	58	289.0	292.4	1.18%	1.11%
	Aceite 40	59	290.4	293.6	1.10%	
	Aceite 40	60	292.4	295.5	1.06%	
1:3	Epóxico	61	295.9	301.6	1.93%	2.02%
	Epóxico	62	297.3	303.0	1.92%	
	Epóxico	63	292.7	299.2	2.22%	
1:4	Patrón	64	280.1	291.6	4.11%	3.93%
	Patrón	65	281.7	292.6	3.87%	
	Patrón	66	281.2	291.9	3.81%	
1:4	Aceite 40	67	286.2	290.2	1.40%	1.65%
	Aceite 40	68	281.6	287.4	2.06%	
	Aceite 40	69	281.8	286.0	1.49%	
1:4	Epóxico	70	286.7	292.7	2.09%	2.51%
	Epóxico	71	287.8	295.5	2.68%	
	Epóxico	72	283.3	291.1	2.75%	

ANEXO C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZALES DE LA COTERA

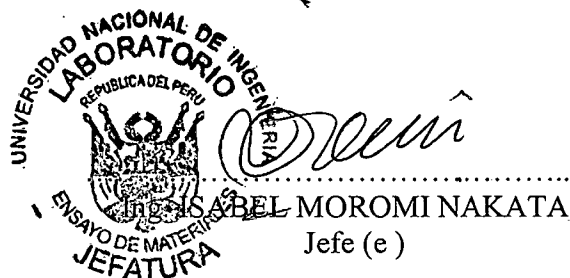
CONSTANCIA

LA JEFA DEL LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, deja constancia que :

El Bach. **CRISTIAN ALEXIS CARRANZA RIVAS**, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería, ha realizado sus ensayos de Propiedades Físicas del Agregado y Concreto en el Laboratorio N°1, para la realización de su Tesis : **“FERROCEMENTO MORTERO REFORZADO Y SUS APLICACIONES”**, desde Abril de 2009 a Octubre de 2009.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Lima, 15 de Marzo de 2010


.....
ISABEL MOROMI NAKATA
Jefe (e)

ANEXO D

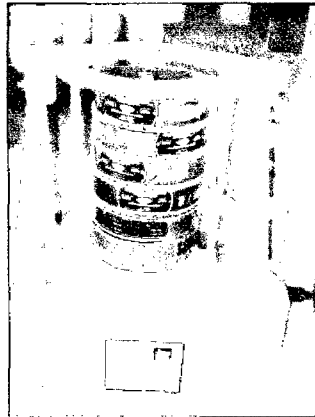


Foto 001 Granulometría de la Arena Fina y Gruesa.

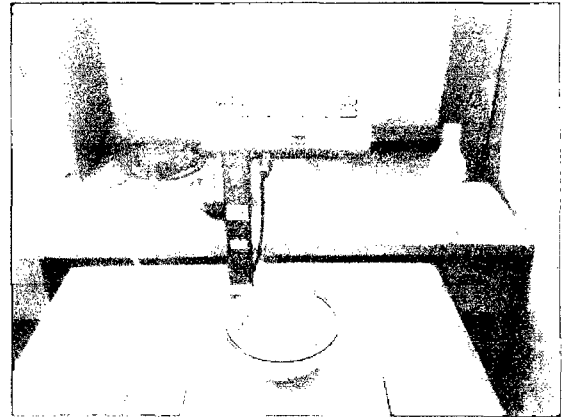


Foto 002. Pesado 500 gr para el Ensayo de Peso Específico



Foto 003. Muestra y con Agua en la fiola hasta 500 cc

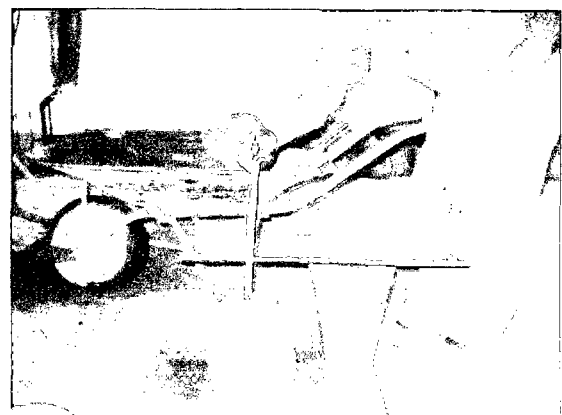


Foto 004. Diseño de Mezcla – Slump 4”.

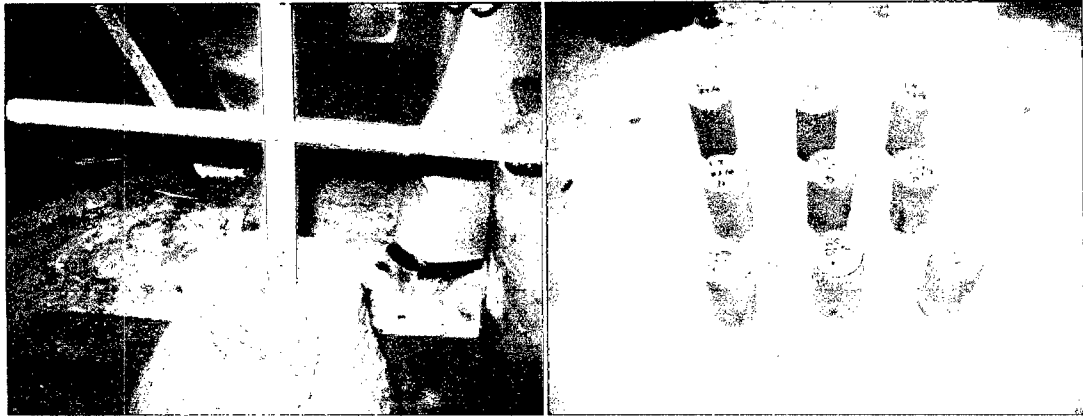


Foto 005 Slump 4 pulgadas

Foto 006. Fabricación de probetas de mortero de 4 " x 8"

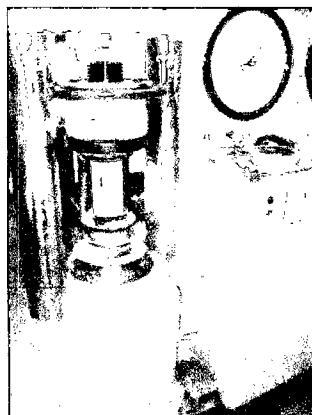


Foto 007. Ensayo de la resistencia a la compresión de la probetas de 4" x 8"

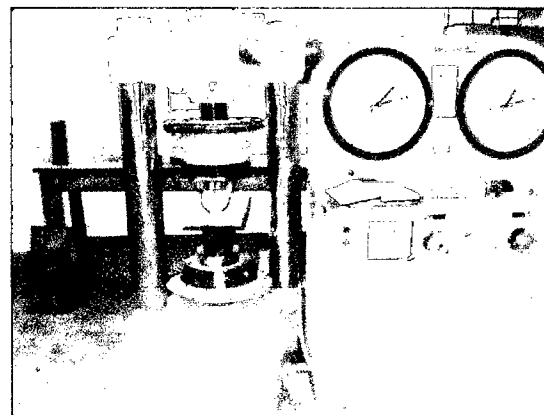


Foto 008. Ensayo Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de probetas de 4" x 8 "

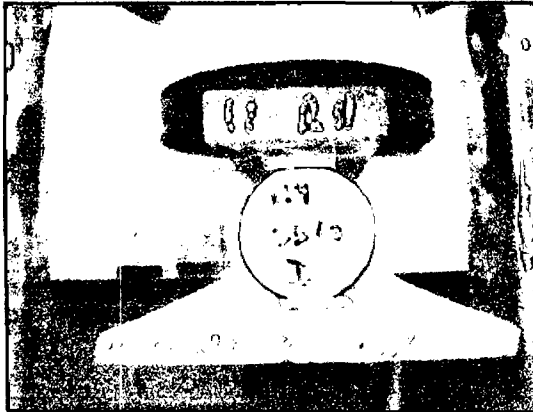


Foto 009 Vista frontal de probeta de 4"x8" en Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

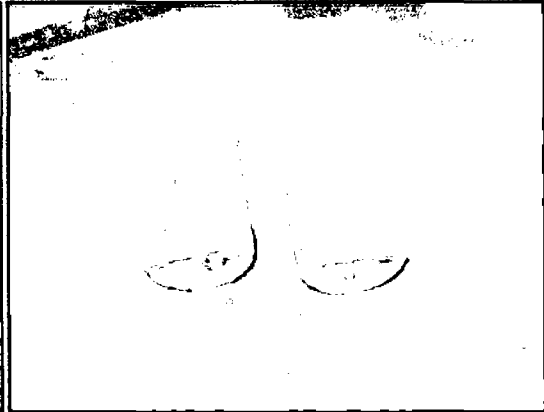


Foto 010. Muestra Ensayada a Compresión Diametral

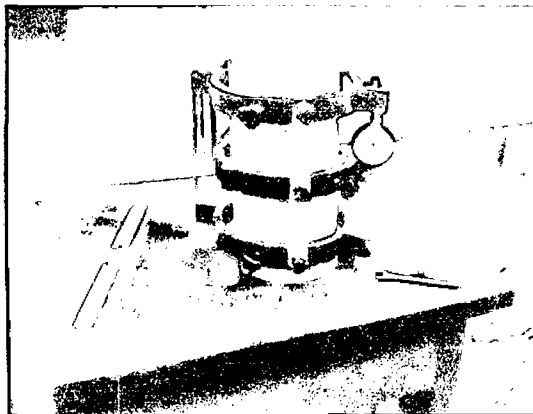


Foto 011. Preparación de la probeta de mortero de 6" x 12" para el Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático

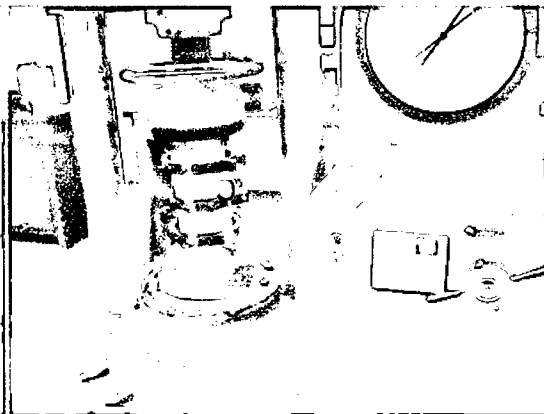


Foto 012. Ensayo Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de probetas de 4" x 8 "



Foto 013 Preparación de las Placas para el Ensayo de la Resistencia a la Flexión



Foto 014. Enrasado de las placas con una plancha

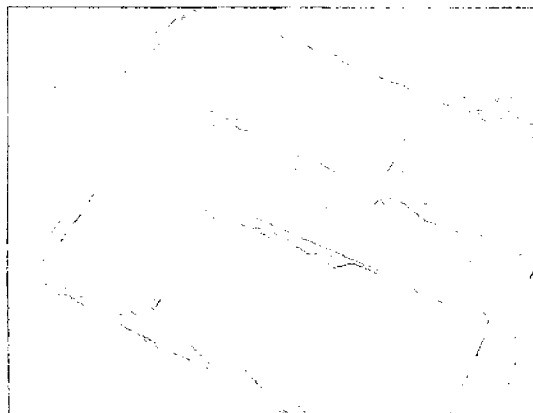


Foto 015. Muestras Terminadas

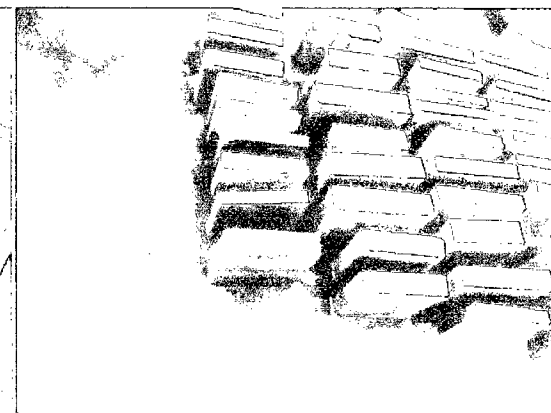


Foto 016. Luego del curado de 28 días, las muestras son secadas para el ensayo de Flexión

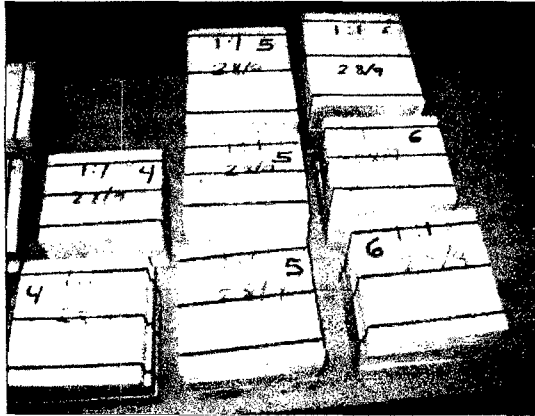


Foto 017 Trazado de las líneas referenciales para los apoyos y carga central

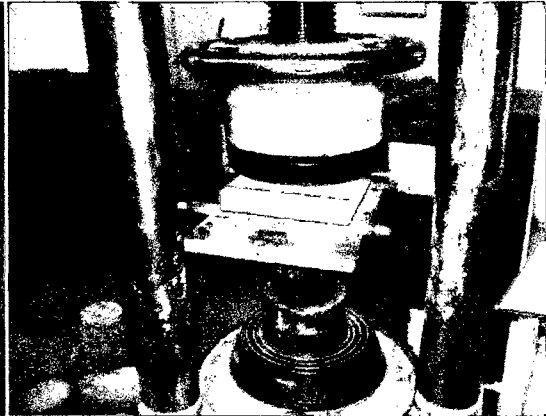


Foto 018. Placas ensayadas a flexión con la prensa hidráulica

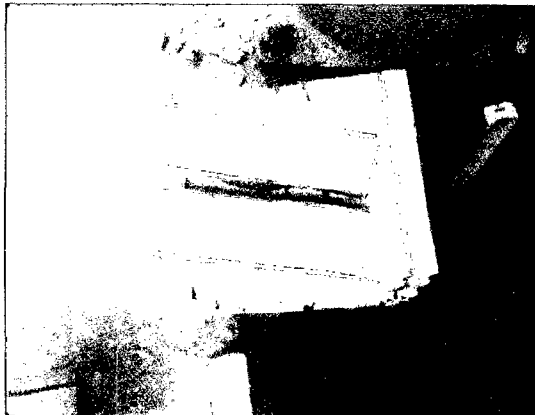


Foto 019. Placas Patrón Luego de ser ensayadas

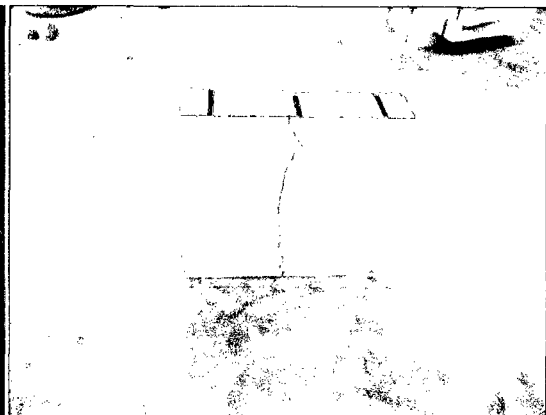


Foto 020. Placas de Ferrocemento luego de ser ensayadas

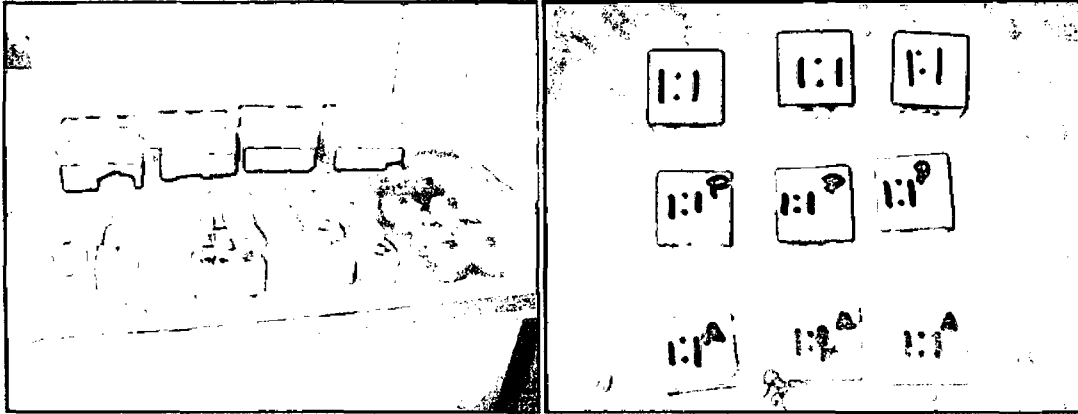


Foto 021 Dados de 5cm x 5cm para
Ensayo de Permeabilidad

Foto 022. Muestras pintadas con
pintura epóxica, mezclas patrón y
mezclas pintadas con aceite de carro
respectivamente.

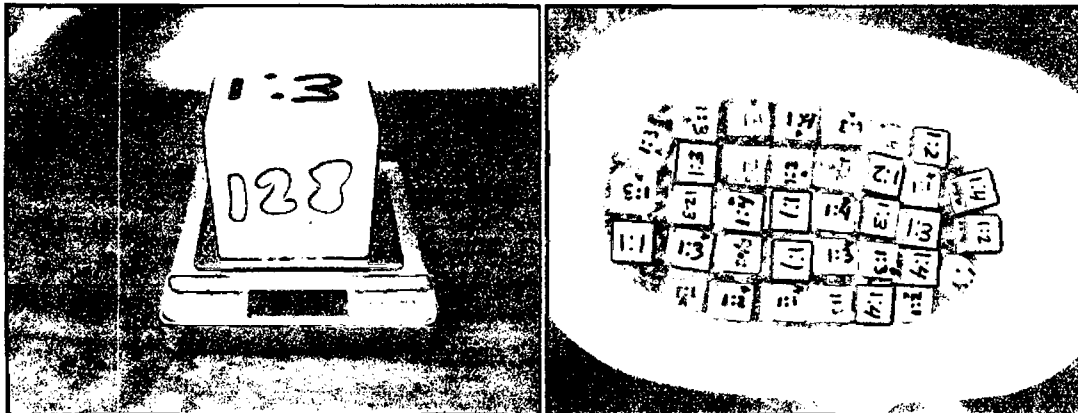


Foto 023. Muestras de mortero de 5cm
x 5cm pesadas en balanzas con
precisión al 0.1g

Foto 024. Muestra sumergidas en agua
a una presión de 3cm de columna de
agua por 1 semana



Foto 025. Muestra sumergidas en agua a una presión de 1m de columna de agua por 1 semana

Foto 026. Fabricación de probetas para ensayo de retracción en moldes anulares

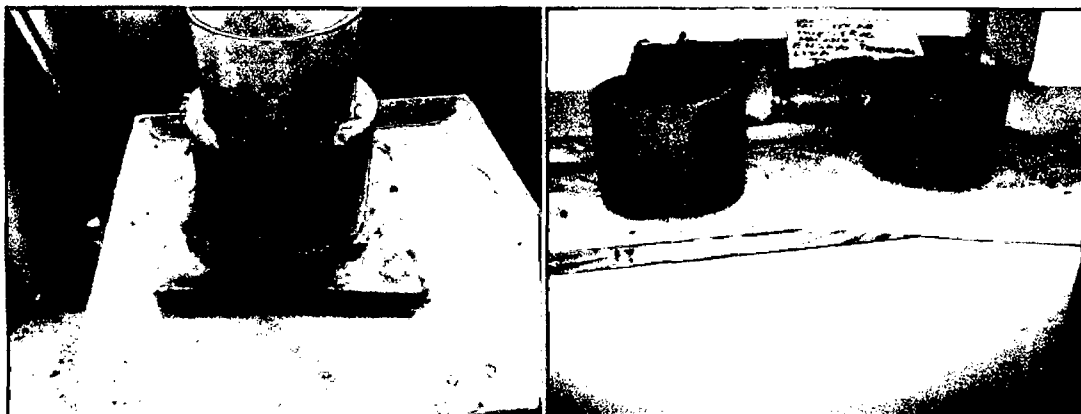


Foto 027. Fabricación de muestras patrón para el ensayo de retracción

Foto 028. Desmoldado de las probetas de los moldes anulares.

ANEXO E



Foto 029. Templo de la Sagrada
Familia, Barcelona - España

Foto 030. Excavación del desagüe del
tanque de agua

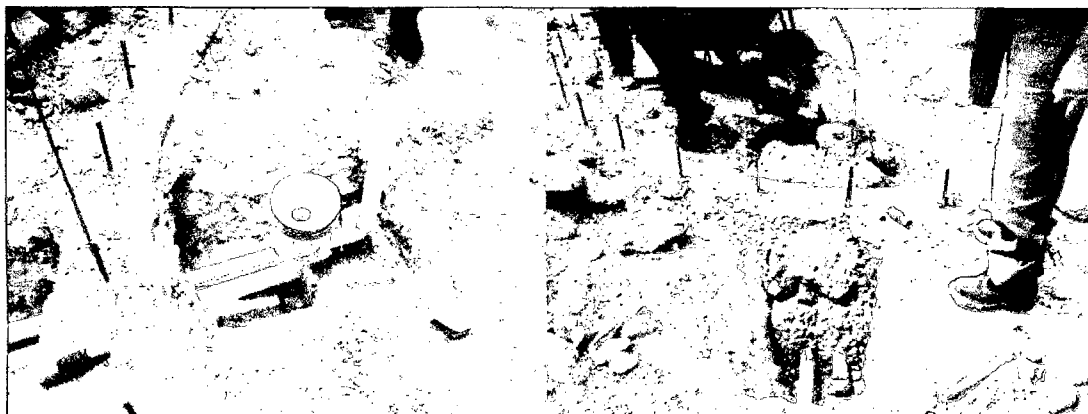


Foto 031. Colocación de los accesorios
del tanque de agua

Foto 032. Sellado la zanja .

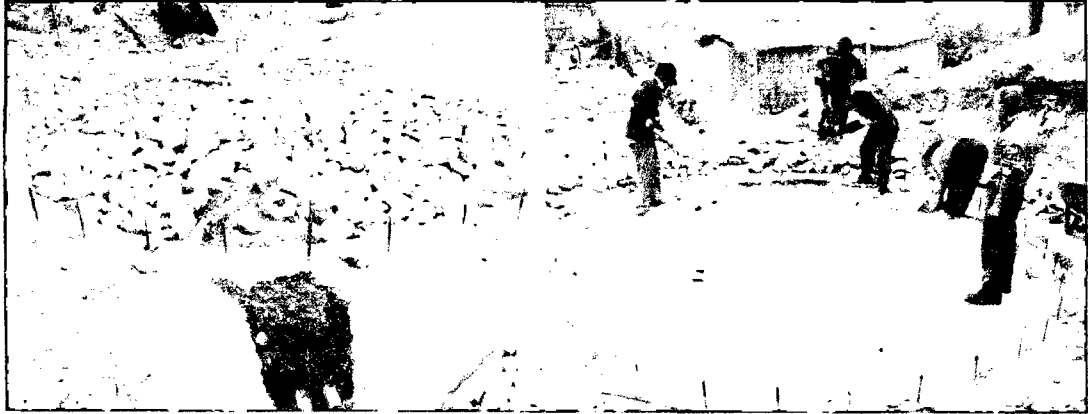


Foto 033. Armado de cama de piedras

Foto 034. Enrasado y nivelación de la base del tanque de agua.

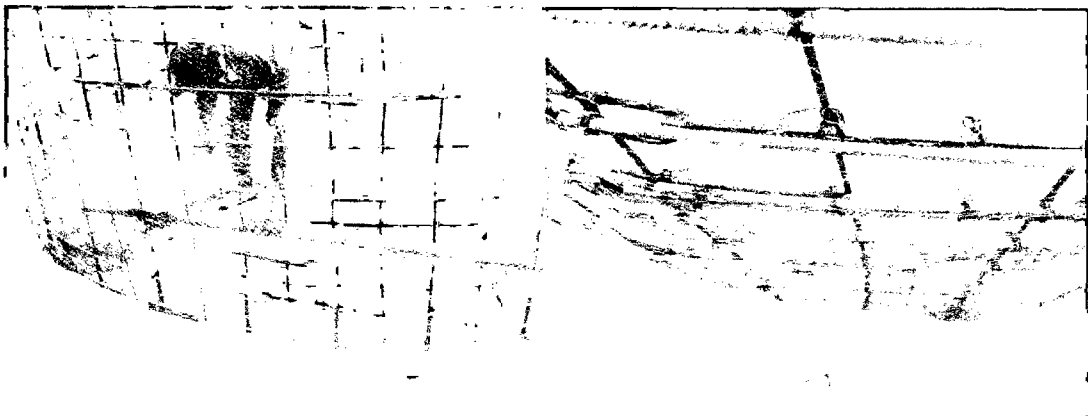


Foto 035. Vaciado del mortero en la base.

Foto 036. Detalle de la armadura del tanque de agua.



Foto 037. Inicio del pañeteo desde el mortero para fijar mortero en la estructura.

Foto 038. Termino de colocación del mortero en las paredes del tanque.



Foto 039. Detalle de la junta pared base del tanque de agua

Foto 040. Tanque de agua terminado

ANEXO F

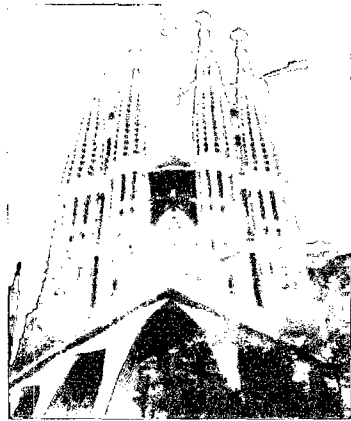


Foto 041. Templo de la Sagrada
Familia, Barcelona - España



Foto 042. Cubierta de placa delgada
en ferrocemento

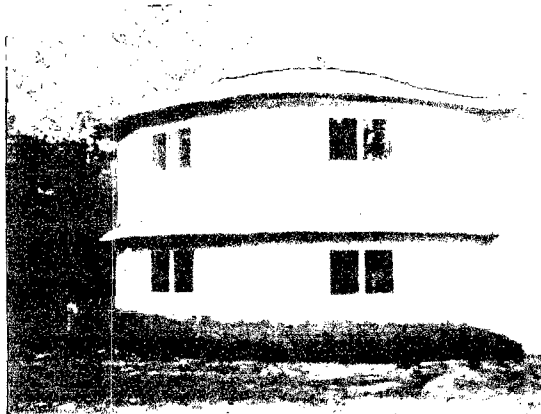


Foto 043. Casa de descanso en
Australia

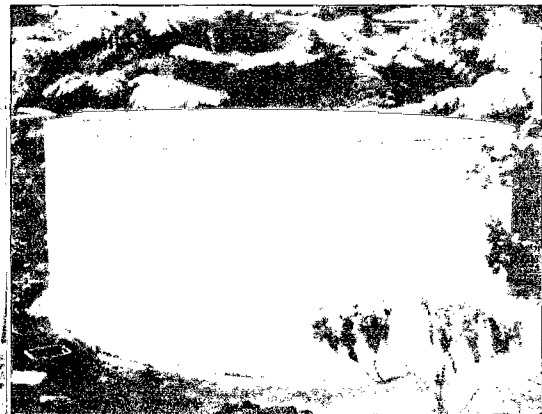


Foto 044. Tanque de Ferrocemento en
la India.

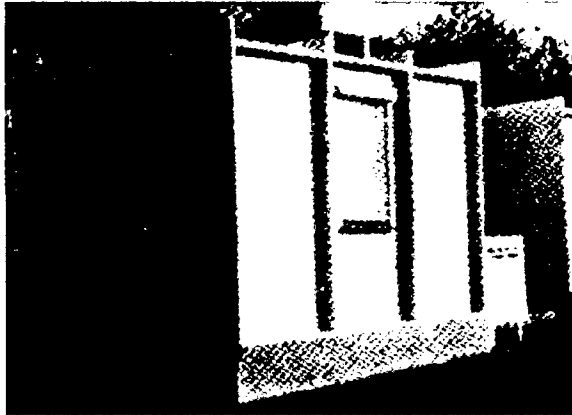


Foto 045. Salones modulares típicos para viviendas de ferrocemento



Foto 046. Fabricación de probetas para ensayo de Fisuración en moldes anulares



Foto 047. Planta productora de ferrocemento, Arabia Saudita



Foto 048. Barco de transporte en Nueva Zelanda