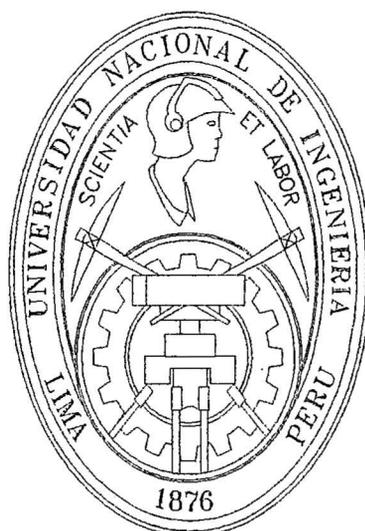


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**CARACTERISTICAS DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO
INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO
Y UN ADITIVO QUE MEJORA LA ADHERENCIA
MORTERO - AGREGADO**

TESIS
para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL

ERNESTO WILDER DE LA CRUZ PAREJA

LIMA - PERU

2,000

Digitalizado por:

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

Dedico el presente trabajo a mis padres:

Eugenia Pareja de De la Cruz y Valentín Moisés De la Cruz Acosta

A mis hijos:

JEANPIERRE Y NOELIA DE LA CRUZ,

Quienes son la bendición más enorme que

Dios me ha brindado y la fuente inagotable

de alegrías y fuerzas para seguir adelante.

A mis hermanos HAYDEE, PEDRO,
ALEX Y GUSTAVITO, por su ayuda,
comprensión y apoyo constante.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. CARLOS BARZOLA GASTELU, Maestro y amigo, por su comprensión y atenciones prestadas para la elaboración de la presente Tesis.

Agradecimiento en general a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, forjadores de numerosas promociones de Ingenieros Civiles.

De igual forma, mi especial reconocimiento al personal Técnico del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI (LEM – UNI) y a mis compañeros tesisistas que tuvimos el honor de elaborar nuestras tesis en el LEM – UNI.

Finalmente a todos aquellos que de alguna manera tuvieron que ver en la realización de la presente Tesis.

INDICE

CAPITULO I		ASPECTOS GENERALES	
I.1	Morteros de Inyección		1
I.2	Características generales del Mortero Fluido		3
I.3	Propiedades generales del Mortero Fluido		5
	I.3.1 Fluidéz		5
	I.3.2 Tiempo de Fraguado		5
	I.3.3 Exudación		6
	I.3.4 Resistencia a la Compresión		6
I.4	Clasificación de Morteros Fluidos		7
	I.4.1 Mortero Fluido sin aditivo		8
	I.4.2 Mortero Fluido con aditivo		8
I.5	Factores que influyen en la calidad del Mortero		9
	I.5.1 Tipo de cemento		9
	I.5.2 Tipo de mezclado		9
	I.5.3 Relación agua/cemento		10
	I.5.4 Aditivos		10
CAPITULO II		COMPONENTES DE UN MORTERO FLUIDO	
II.1	Consideraciones generales		11
II.2	Cemento Portland		12
	II.2.1 Resistencia		14
	II.2.2 Porcentaje promedio de la composición		15
	II.2.3 Influencia de la finura del cemento en el desarrollo de la		

resistencia	15
II.2.4 Influencia del cemento en la durabilidad del concreto	16
II.2.5 Generación de calor durante el fraguado inicial	17
II.2.6 Composición química del cemento	17
II.2.6.1 Componentes y compuestos principales	18
II.2.7 Clasificación de los cementos y características generales	24
II.2.7.1 Cementos portland comunes	24
II.2.7.2 Cementos portland adicionados	25
II.2.7.3 Características generales	26
II.2.8 Tipos de cemento	27
II.2.8.1 Tipo I	27
II.2.8.2 Tipo II	27
II.2.8.3 Tipo III	28
II.2.8.4 Tipo IV	28
II.2.8.5 Tipo V	29
II.2.9 Propiedades físicas y químicas del cemento	29
II.2.9.1 Fineza	30
II.2.9.2 Tiempo de fraguado	30
II.2.9.3 Peso específico	30
II.2.9.4 Calor de hidratación	30
II.3 Agregados	31
II.3.1 Aspectos generales	31
II.3.2 Características físicas de los agregados	32
II.3.3 Agregado fino	32

II.3.4	Características físicas del agregado fino	33
II.3.4.1	Peso unitario	34
II.3.4.2	Peso específico	34
II.3.4.3	Granulometría	35
II.3.4.4	Módulo de Finura	35
II.3.4.5	Cantidad de material que pasa por la malla N° 200	35
II.3.4.6	Contenido de humedad	36
II.3.4.7	Porcentaje de Absorción	36
II.3.5	Agregado grueso	36
II.3.6	Características físicas del agregado grueso	38
II.3.6.1	Peso unitario	38
II.3.6.2	Peso específico	38
II.3.6.3	Granulometría	39
II.3.6.4	Módulo de Finura	39
II.4	Agua	39
II.5	Aditivos	41
II.5.1	Definición	41
II.5.2	Consideraciones previas	42
II.5.3	Usos	43
II.5.4	Norma Técnica nacional 339-086, aditivos para el concreto	44
II.5.5	Características generales	46
II.5.6	Clasificación	47
II.5.7	Aditivo plastificante o fluidificante	48
II.5.7.1	Clasificación de los aditivos fluidificantes	48

II.5.7.2	Agentes químicos de los fluidificantes	50
II.5.8	Aditivos empleados	51
II.5.8.1	Sikament FF-86	52
II.5.8.1.1	Descripción	52
II.5.8.1.2	Usos	52
II.5.8.1.3	Ventajas	53
II.5.8.1.4	Modo de empleo	54
II.5.8.1.5	Dosificación	54
II.5.8.1.6	Recomendaciones	54
II.5.8.1.7	Almacenamiento	55
II.5.8.2	Intraplast	55
II.5.8.2.1	Descripción	55
II.5.8.2.2	Propiedades generales	55
II.5.8.2.3	Campos de aplicación	56
II.5.8.2.4	Modo de empleo	56
II.5.8.2.1	Recomendaciones para la ejecución de trabajos con Intraplast	56
CAPITULO III	CONCRETO CON MORTERO INYECTADO	
III.1	Consideraciones generales	60
III.1.1	La adherencia	63
III.1.2	Efectos del tamaño máximo del agregado	63
III.2	Historia del concreto con mortero inyectado	65
III.3	Propiedades del concreto con mortero inyectado	66
III.3.1	Resistencia a la compresión	67

III.3.2	Durabilidad	67
III.3.3	Calor de hidratación	67
III.3.4	Concreto de alta densidad	68
III.4	Equipos y accesorios para elaborar concreto con mortero inyectado	68
III.4.1	Equipo	68
III.4.1.1	Mezcladora	68
III.4.1.2	Bombas	68
III.4.2	Accesorios	69
III.4.2.1	Tuberías de entrega	69
III.4.2.2	Tubos de inserción de morteros	70
III.4.2.3	Válvulas	70
III.4.2.4	Tubos respiradores	71
III.5	Procedimiento de fabricación	71
III.5.1	Colocación del agregado grueso	71
III.5.2	Contaminación	72
III.6	Morteros de Inyección	72
III.6.1	Mortero de inyección de resinas epóxicas	73
III.5	El control de calidad	73

CAPITULO IV DISEÑO DE MEZCLA

IV.1	Diseño del mortero fluido	74
IV.2	Mortero fluido sin aditivo	75
IV.3	Procedimiento de diseño	75
IV.4	Mortero fluido con aditivo	76
IV.4.1	Condiciones establecidas en el mortero de inyección	77

IV.4.2	Características de los morteros de inyección con aditivo	77
IV.5	Procedimiento de diseño	78
CAPITULO V	PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	
V.1	Ensayos en el mortero	85
	V.1.1 Ensayo de Fluidéz	86
	V.1.2 Ensayo del peso Unitario	87
	V.1.3 Ensayo de exudación	87
	V.1.4 Ensayo del Tiempo de fraguado	88
	V.1.5 Ensayo de Compresión	89
V.2	Ensayos en el mortero de Inyección	90
	V.2.1 Ensayo de Fluidéz	90
	V.2.2 Ensayo del peso unitario	90
	V.2.3 Ensayo de Compresión	91
V.3	Dosificaciones elegidas	91
CAPITULO VI	ELABORACION DEL CONCRETO CON MORTERO INYECTADO	
VI.1	Consideraciones generales	95
VI.2	Elaboración del concreto con mortero inyectado	96
VI.3	Diseño del mortero patrón	99
VI.4	Procedimiento para elaborar con mortero inyectado sin aditivo	99
	VI.4.1 Selección de los agregados y demás componentes	100
	VI.4.2 Diseño del mortero fluido sin aditivo para elaborar CMISA	100
	VI.4.3 Elaboración del testigo de Concreto con mortero inyectado sin aditivo	102

VI.5	Procedimiento para elaborar concreto con mortero inyectado con aditivo	102
VI.5.1	Selección de los aditivos y agregados	103
VI.5.2	Diseño del mortero fluido con aditivo para elaborar CMIC AIS	104
VI.5.3	Elaboración del testigo de concreto con mortero inyectado con aditivo	105

CAPITULO VII ENSAYOS EN EL CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

VII.1	Generalidades	106
VII.2	Ensayo de Resistencia a la Compresión	108
VII.3	Ensayo de Tracción por compresión diametral	109
VII.4	Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático-método de niveles ópticos	110

CAPITULO VIII CUADROS Y GRAFICOS DE RESULTADOS

VIII.1	Generalidades	113
VIII.2	Cuadros de resultados	114
VIII.3	Gráficos de resultados	147

CAPITULO IX EVALUACION DE RESULTADOS

IX.1	Generalidades	176
IX.2	De los agregados	178
IX.3	Del mortero	181
IX.3.1	Mortero Fluido sin aditivo	182
IX.3.2	Mortero fluido con aditivo	183
IX.4	Del concreto resultante	185

IX.4.1	Concreto elaborado con mortero sin aditivo inyectado en la estructura del agregado grueso	185
--------	---	-----

IX.4.2	Concreto elaborado con mortero con aditivo inyectado en la estructura del agregado grueso	187
--------	---	-----

CAPITULO X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

X.1	Generalidades	190
X.2	Conclusiones	193
X.3	Recomendaciones	196

CAPITULO XI ANEXOS

XI.1	Anexos	198
------	--------	-----

BIBLIOGRAFIA

SUMARIO

El presente trabajo tiene por finalidad analizar el comportamiento (características y propiedades) del mortero fluido con aditivo y sin aditivo (morteros de inyección), utilizados en la elaboración de concreto con mortero inyectado, así como también mejorar el método de elaboración del concreto con mortero inyectado en la estructura del agregado grueso y de esta manera incrementar la bibliografía referente a este tema que es importante para el desarrollo de Construcción en el Perú. Asimismo su posterior investigación acerca de éste tema, traerá como consecuencia el mejoramiento en su elaboración y la disminución económica, que es necesaria invertir, para éste nuevo tipo de concreto.

En este estudio analizaremos también las diferencias existentes entre el concreto elaborado con mortero inyectado sin aditivo y un concreto elaborado con mortero inyectado con aditivo y de esta manera llegar a conclusiones, para dar luego a recomendaciones necesarias para elaborar este nuevo tipo de concreto.

INTRODUCCION

El mortero fluido, es un elemento importante en el concreto elaborado mediante el inyectado del mortero en la estructura del agregado grueso. No muy conocido en nuestro país y por tanto con normas no establecidas hasta el momento.

El mortero rellena los espacios vacíos que deja el agregado grueso, tal objetivo se garantiza haciendo fluido al mortero, dicho mortero debe tener por tanto una viscosidad baja.

Es por tal motivo que el mortero debe tener una elevada fluidez; la fluidez requerida puede ser alcanzada mediante una alta relación agua – cemento o mediante la incorporación de un aditivo, con el objetivo de que este sea distribuido en forma homogénea por los vacíos que deja el agregado grueso. Para el diseño del mortero fluido sin aditivo se partirá de un mortero patrón, el cual mediante el incremento de la relación agua – cemento del mortero patrón se obtendrán mezclas fluidas a tal punto que nos garantice la perfecta colocación del mortero fluido. De igual forma se procederá para diseñar el mortero fluido con aditivo, adicionando al mortero patrón aditivos, que generen fluidez y expansión a la mezcla.

Para la elaboración de concreto con mortero inyectado, debe seleccionarse convenientemente los agregados con los cuales se trabajará, basándose en los límites granulométricos recomendados para elaborar este tipo de concreto. La fluidez del mortero se determinará de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C939, que se basa en medir el tiempo de salida de 1725 cc de mortero fluido, colocado en el cono de consistencia, a través de un tubo de descarga de ½” de diámetro. El tiempo de salida deberá estar en el rango de 18 a 26 segundos.

El aditivo que se utilizará es el INTRAPLAST, que es un aditivo en polvo, que contiene plastificantes y productos expansores finamente molidos. Plastifica las mezclas permitiendo un aumento en su trabajabilidad, expande el mortero inyectado, aumentando su adherencia e impermeabilidad, así como también reduce la segregación y exudación del agua.

La realización del presente tema de investigación tiende a mejorar las características del mortero fluido para inyección lo cual permitirá finalmente mejorar la calidad del concreto resultante.

CAPITULO I

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

I.1 MORTEROS DE INYECCIÓN

Los morteros de Inyección básicamente son elaborados a partir de un Mortero Base, que es la mezcla de un agregado fino y un aglomerante (Cemento Portland), realizado por vía húmeda para luego, modificar eficazmente la propiedad de la fluidez, con el fin emplearlo en la elaboración de concreto con mortero inyectado, este objetivo se logra mediante el incremento de la relación agua/cemento o la incorporación de un aditivo. La modificación también se logra mecánicamente, utilizando mezcladoras de alta velocidad, especialmente diseñadas.

El mortero fluido que se inyectará a presión manual, será aquel que tendrá el objetivo de rellenar los espacios vacíos que deja el agregado grueso entre partícula y partícula, obteniéndose posteriormente el denominado *Concreto con mortero inyectado en la estructura del agregado grueso*. Es por tal motivo que el mortero

debe tener una elevada fluidez, que es necesaria para lograr una correcta distribución en los vacíos que deja el agregado grueso entre partícula y partícula, previamente tamizado y lavado.

El Concreto con mortero inyectado en la estructura del agregado grueso, es una nueva forma de elaborar concreto, asimismo constituye una de las alternativas de solución en el campo de la construcción civil. Su elaboración consiste en colocar primero el agregado grueso bien granulado (se requiere que la piedra chancada cumpla con ciertos límites granulométricos, necesarios para elaborar este tipo de concreto) y limpia su superficie de partículas y polvo, que dañan la adherencia entre el mortero y agregado grueso, para luego inyectar a presión constante un mortero de elevada fluidez y de propiedades físicas adecuadas, que ocuparán los vacíos dejados por el agregado grueso entre partícula y partícula, produciéndose de esta manera concreto. El Concreto con mortero inyectado, es diseñado especialmente para ser utilizado en construcciones bajo el agua, en reparaciones de concreto y mampostería, y, en general, para estructuras nuevas en las cuales la colocación del concreto por medios convencionales presenta dificultades (donde existe una excesiva congestión de refuerzo).

Existen tres tipos de graduación recomendados para el agregado grueso, en la elaboración de concreto con mortero inyectado, y para cada graduación es necesario alcanzar una determinada fluidez, este requerimiento es con el fin de poder facilitar la colocación del mortero fluido en los vacíos dejados por la masa de agregado grueso. En el mortero fluido es importante su resistencia a la compresión. Además de la fluidez, el mortero, debe poseer una propiedad adicional de expansión, que generará una vez inyectado, una propiedad de *adherencia* entre mortero y agregado grueso.

El Mortero fluido empleado para elaborar concreto con mortero inyectado tienen los siguientes componentes :

- Cemento Portland tipo I, que deben cumplir con las Normas ASTM C150 ó C595
- Arena, agregado fino que debe cumplir con la Norma ASTM C33, excepto en cuanto a su granulometría.
- Agua y
- Aditivos, que proporcionen al mortero una elevada fluidez y una cierta propiedad de expansión que mejorará la adherencia entre mortero - agregado grueso.

En el presente trabajo se elaboró concreto con mortero inyectado sin aditivo, que es obtenido con el incremento de la relación a/c. La adecuada fluidez se determinará por medio del cono de consistencia, utilizando en dicha prueba el Cono de flujo estándar o Cono de March (según Norma ASTM C939).

1.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL MORTERO FLUIDO

Los materiales para la obtención de un mortero fluido, deben cumplir con ciertos requerimientos como en el tamaño de sus partículas, las dosificaciones que se emplearán, constituyen características muy esenciales que se deberán tratar con especial cuidado. Las proporciones de Cemento : arena por lo común son 1:1 y 1:2 en peso, que son las más utilizadas, aunque pueden emplearse proporciones tan pobres como 1:3. Generalmente las mezclas más pobres se preparan en mezcladoras de alta velocidad especialmente diseñadas.

Para la elaboración del mortero de inyección cada uno de sus componentes deben ser debidamente seleccionados y adecuadamente utilizados. A continuación mencionaremos *las características de los componentes del mortero fluido* :

- A) **Cemento.-** El mortero fluido o mortero de inyección puede elaborarse con cualesquiera de los tipos de cementos sin aire incluido que cumplan con la norma ASTM C150 ó C595, y que son adecuados para ser utilizados en concreto convencional. Los cementos que contienen un agente que incorporan aire cuando están combinados con fluidificantes formadores de gas, podrán producir cantidades excesivas de aire incorporado en el concreto resultante, dando como resultado una reducción brusca de la resistencia a la compresión. Cuando se requiere la incorporación de aire se logrará un resultado más satisfactorio cuando se agrega por separado un agente que incorpora de aire.
- B) **Agregado fino.-** Se puede utilizar arena de cualquier cantera, la arena debe ser partícula dura, densa y durable, de roca no recubierta y de contenido de humedad uniforme y estable. Debe de estar de acuerdo con la norma ASTM C33 actual, excepto en cuanto su granulometría.
- C) **Agregado grueso.-** Los agregados gruesos, sean piedras trituradas, gravas naturales deberán ser limpias, libres de polvo o finos en su superficie, además de resistentes y durables, y que además cumplan con los límites especificados en la norma ASTM C33.
- D) **Aditivos.-** los aditivos que se utilicen deben ser aquellos que generen propiedades especiales al mortero como son el de fluidez y expansión. El aditivo que será utilizado es el INTRAPLAST, que es un aditivo expansor de mezclas, conjuntamente con el SIKAMENT FF-86, un aditivo super – plastificante.

I.3 PROPIEDADES GENERALES DEL MORTERO FLUIDO

Las propiedades de los morteros que habrá que tener en cuenta son los siguientes :

I.3.1 Fluidez.- La propiedad de fluidez en el mortero es una de la más importantes, para elaborar concreto con mortero inyectado. La cantidad de aditivo fluidificante que se utilice deberá ser determinado mediante ensayos previos en el laboratorio. El ensayo consiste en vacear 1725 ml. de mortero en el Cono que tiene un orificio de salida de 13 mm., a continuación se anotará tiempo de salida del mortero a través de dicho orificio, si el tiempo empleado está dentro del rango de 18 a 24 seg., entonces el mortero podrá ser utilizado para elaborar concreto con mortero inyectado.

Para la graduación 3 (*detallado en la tabla III.1, del capítulo III*), la fluidez del mortero se medirá por medio de la mesa de flujo. Podrá ser utilizado como mortero de inyección, un mortero que alcance una fluidez del 150%.

I.3.2 Tiempo de fraguado .- El tiempo de fraguado del mortero es el tiempo durante el cual la mezcla permanece en estado plástico, es determinado en laboratorio por la aguja de Vicat. El tiempo de fragua inicial se determina cuando la aguja penetra 25 mm en la muestra de mortero colocado en un tronco de cono y la fragua final será cuando la aguja de Vicat no deja huella sobre dicha muestra. El tiempo en el cual la mezcla permanece en estado plástico generalmente depende más de la temperatura y del contenido de agua en el mortero que del tiempo de fraguado del cemento. El valor que se obtenga es importante para determinar el período en el cual se puede trabajar con el mortero.

1.3.3 Exudación.- Este fenómeno está ligado a las características físicas de las partículas que conforman el mortero, es más rápida cuanto más gruesas sean las partículas, cuanto más lisas sean sus caras. Es tanto más elevado cuanto mayor sea el contenido de agua.

La exudación es el flujo del agua de la mezcla generalmente como resultado de la sedimentación de los sólidos, con la resultante aparición de capas de agua sobre la superficie, o también como un resultado del drenaje lateral del agua o del desplazamiento de la misma hacia la parte inferior del mortero.

La estabilidad de un mortero se caracteriza por la aptitud de retener agua. Esta cualidad es valiosa en los trabajos de inyección en los cuales se trata de evitar el fenómeno de exudación en el interior de las formas que contienen el agregado previamente colocado, porque una vez endurecido el mortero, los vacíos hacen que la unión entre las piedras favorezca posiblemente a la formación de grietas y a la corrosión del refuerzo, si lo tuviera. El agua separada debe ser absorbida después de 24 horas.

1.3.4 Resistencia a la compresión.- Para el mortero la resistencia a la compresión es la obtenida en pruebas de cubos estándar de 2 pulgadas (5cm.) de arista. Estos cubos se hacen y curan de la manera descrita por las normas ASTM e ITINTEC.

Las resistencias a diferentes edades son indicadores de las características del mortero para adquirir la resistencia. Las edades a las cuales las muestras fueron sometidas a compresión fueron a los 7, 14 y 28 días, los resultados que se obtienen en el mortero, no nos da una idea del valor que alcanzará, en resistencia, el concreto con mortero inyectado, debido a que en la elaboración

de este tipo de concreto, varios son los factores que influyen para obtener resultados aceptables.

I.4 CLASIFICACION DE MORTEROS FLUIDOS

El mortero fluido es un componente del concreto con mortero inyectado, que debe tener una fluidez adecuada con el objetivo de que pueda ser inyectado sin inconvenientes en la estructura del agregado grueso, para luego producir concreto. El mortero fluido se puede obtener de dos formas, adicionando aditivos o incrementando correlativamente la relación agua/cemento (a/c), éstos métodos se describirán con más detalle en capítulos posteriores.

Los componentes del mortero fluido son los siguientes :

- Cemento Portland tipo I
- Arena, de acuerdo a Norma ASTM C393
- Agua
- Aditivos

Los componentes mencionados se describirán en una forma más detallada en un capítulo posterior con el fin de dar a conocer en forma detallada las características y requisitos que deben cumplir cada uno de ellos, según normas, y poder obtener un concreto de adecuadas propiedades físicas.

El mortero fluido se puede clasificar en dos tipos :

1. Mortero fluido sin aditivo y
2. Mortero fluido con aditivo.

I.4.1 Mortero fluido sin aditivo

Es el mortero fluido obtenido a partir de un mortero patrón (MP), de fluidez 110%, al cual se le incrementó la relación agua/cemento hasta alcanzar la fluidez necesaria, para inyectarlo en la estructura del agregado grueso. La fluidez para la inyección se determinará mediante el Cono de consistencia o Cono de March (norma ASTM C939). Debe mantenerse un estricto control en la relación agua-cemento. Ya que la relación agua - cemento es la medida real de la resistencia final del mortero, deberá ser el criterio principal que gobierne el diseño de la mayoría de los morteros fluidos. El aumento de la relación agua/cemento ocasionará una exudación excesiva.

La relación agua/cemento y la proporción cemento : arena debe ser tal que garantice las especificaciones requeridas para la fabricación de concreto con mortero inyectado.

I.4.2 Mortero fluido con aditivo

Este tipo de mortero fluido parte del mortero patrón de fluidez 110%, a este mortero se le añade un aditivo fluidificante, de tal manera que el mortero patrón obtenga la fluidez necesaria, que garantice la inyección del mismo en la estructura del agregado grueso y ocupe los espacios que se deje entre partícula y partícula.

La fluidez del mortero es medida según la norma ASTM C939, con la utilización del Cono de March o Cono de Consistencia, un resultado satisfactorio en dicho ensayo nos garantizará la utilización de este mortero con la cantidad de aditivo determinada.

I.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL MORTERO

Los factores que influyen en la calidad del mortero son :

I.5.1 Tipo de Cemento

El cemento es uno de los elementos del MORTERO FLUIDO, que tiene que cumplir con la norma ASTM C150, puede emplearse el cemento portland tipo I, y que no sea con aire incorporado. Para la elaboración de concreto con mortero inyectado debe de tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Usar cemento Portland de fineza media.
2. Los cementos ricos en silicatos tricálcicos y pobres en aluminatos tricálcicos brindan una mejor protección al acero contra la corrosión.
3. No debe contener aire incorporado
4. La presencia de cloruros o de sulfatos debe ser muy limitadas, en todo caso es conveniente que no contengan cloruros de calcio.
5. El límite de presencia de aluminato tricálcico debe ser menor del 6% al 8%.
6. La cantidad de cemento que se utilice debe ser pesado en forma exacta de acuerdo a la proporción que se emplee para la fabricación de concreto.

I.5.2 Tipo de mezclado

Las experiencias indican que se debe mezclar los ingredientes de los morteros en mezcladoras de alta velocidad a fin de lograr una consistencia plástica de los morteros. Es por ello que se recomienda lo siguiente:

- a) El aparato de mezclar debe ser de tal tipo que pueda producir un mortero de consistencia uniforme y coloidal.
- b) Se recomienda utilizar mezcladoras de alta velocidad y que el mezclado se efectúe en dos tiempos : velocidad lenta primero y luego marcha rápida.

- c) La capacidad de la mezcladora debe ser tal que pueda garantizar la mezcla adecuada del agregado fino, cemento, aditivos y agua, elementos del mortero de inyección sin dificultades.
- d) la mezcla a mano no es recomendada.

1.5.3 Relación agua/cemento

Debe mantenerse un estricto control en la relación agua/cemento y en el porcentaje de aire en la mezcla. Ya que la relación agua/cemento es la medida real de la resistencia del mortero deberá ser el criterio principal de diseño de morteros de inyección. De ella depende una buena fluidez sin exudación alta, una mínima contracción en el endurecimiento, buenas calidades de adherencia y finalmente buenas resistencias mecánicas.

1.5.4 Aditivos

El aditivo a emplear debe proporcionar la fluidez requerida para la inyección, sin afectar las demás propiedades del mortero, como la resistencia a la compresión. Por lo tanto antes de emplearse deben realizarse numerosas pruebas para su aprobación. Otra de las propiedades principales que se debe generar es la adherencia, para garantizar que una vez inyectado el mortero, éste se adhiera al agregado grueso y forme un concreto resultante de adecuadas propiedades físicas.

CAPITULO II

CAPITULO II

COMPONENTES DE UN MORTERO FLUIDO

II.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Los morteros fluidos usados para inyectar en la estructura del agregado grueso, están compuestas de *cemento portland*, *arena* y *agua*, la mezcla puede modificarse eficazmente para usarse en concreto estructural con mortero inyectado mediante la inclusión de aditivos, tales como agentes de expansión y fluidificantes. La modificación también se logra mecánicamente, utilizando mezcladoras de alta velocidad especialmente diseñadas o mediante el incremento de la relación agua – cemento.

Para el concreto estructural con mortero inyectado, en el cual se requieren resistencia y otras propiedades físicas, las proporciones del mortero fluido deben

seleccionarse a base de especímenes de prueba hechos con la graduación del agregado grueso que se piensa usar.

II.2 CEMENTO PORTLAND

a) *Definición:* El cemento portland se define en la norma como el producto obtenido por la *pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de Calcio.*

Admitiéndose la adición de otros productos que no excedan el 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que la inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

Se denomina "*Clinker Portland*" al producto constituido en su mayor parte por silicatos de calcio, obtenido por la cocción hasta fusión parcial (clinkerización) de una mezcla convenientemente proporcionada y homogeneizada de materiales debidamente seleccionados.

A diferencia de otros aglomerantes usados en la construcción, como la cal, arena y el yeso (no hidráulicos); el cemento endurece rápidamente y alcanza resistencias altas, esto es por las reacciones de la combinación cal - sílice.

b) *Fabricación:* El cemento portland está hecho de minerales cristalinos en polvo muy fino compuesto principalmente de silicatos de calcio y aluminio.

La adición de agua a estos minerales produce una pasta la cual, una vez endurecida, alcanza una alta resistencia.

Su gravedad específica varía entre 3.12 y 3.16 y pesa 94 lb/ft³, el cual es el peso unitario de un saco o bolsa de cemento comercial.

Los materiales en bruto que hacen el cemento son :

1. Cal (CaO) - de la piedra caliza
2. Sílice (SiO₂) - de la arcilla
3. Alúmina (Al₂O₃) - de la arcilla

(con muy pocos porcentajes de magnesia: MgO y algunas veces algunos álcalis). En ocasiones se adiciona a la mezcla óxido de hierro para ayudar a controlar su composición.

El proceso de fabricación se resume como sigue :

1. Molido de mezcla en bruto de CaO, SiO₂ y Al₂O₃ con los otros ingredientes menores adicionados ya sea en forma seca o húmeda. A la forma húmeda se le llama *lechada*.
2. Cargar la mezcla en el extremo más alto de un horno de secado rotatorio ligeramente inclinado.
3. Mientras el horno está en operación, el material pasa de su extremo más alto al más bajo en un régimen predeterminado y controlado.
4. La temperatura de la mezcla es elevada al punto de fusión incipiente, esto es, la *temperatura de escoria*. Se conserva a esta temperatura hasta que los ingredientes se combinan para formar a 2700 °F el producto del cemento portland. Los gránulos, como suele llamarse a dicho producto, varían en tamaño desde 1/16 hasta 2 in, se les llama también *escorias*.
5. Las escorias son enfriadas y molidas a la forma de polvo.
6. Durante la adición se adiciona un pequeño porcentaje de sulfato de calcio para controlar o retardar el tiempo de fraguado del cemento en el campo.
7. La mayor parte del cemento portland final se lleva a silos para su almacenamiento a granel; alguna otra es empacada en bolsa de 94 lb para la venta al por menor.

II.2.1 Resistencia:

La resistencia del cemento es el resultado de un proceso de hidratación. Este proceso químico resulta en recristalización en forma de cristales entrelazados que producen el cemento en vía de hidratación (gel - cemento), el cual tiene una elevada resistencia a la compresión cuando se endurece. La *tabla 2.1* muestra la contribución relativa de cada componente del cemento en el aumento de la resistencia. La resistencia del cemento portland en un principio es más alta con porcentajes elevados de C_2S . Si el curado húmedo es continuo, los niveles de resistencia posteriores serán mayores, con elevados porcentajes de C_2S . El C_3A contribuye al desarrollo de la resistencia durante el primer día después de colocado el concreto debido a que es lo más próximo a hidratarse.

Tabla 2.1

PROPIEDADES DE LOS CEMENTOS

Componentes	Nivel de Reacción	Calor Liberado	Valor Último del Cemento
Silicato tricálcico C_3S	Medio	Medio	Bueno
Silicato dicálcico C_2S	Bajo	Pequeño	Bueno
Aluminato tricálcico C_3A	Rápido	Grande	Pobre
Aluminoferrato tetracálcico C_4AF	Lento	Pequeño	Pobre

Cuando el cemento portland se combina con agua durante el fraguado y endurecimiento se libera de cal de alguno de los compuestos. La cantidad de cal liberada es aproximadamente el 20% del peso del cemento. Bajo condiciones desfavorables, esto puede causar la disgregación de una estructura por causa de la acción disolvente de la cal con el cemento. Tal situación deberá prevenirse adicionando al cemento mineral de silicio tal como puzolana. El material adicionado reacciona con la cal en presencia de humedad para producir un silicato de Calcio fuerte.

II.2.2 Porcentaje promedio de la composición

Debido a que existen diferente tipos de cemento para distintas necesidades, es necesario estudiar la variación del porcentaje en la composición química en cada tipo a fin de interpretar las razones de la variación en el comportamiento. La *Tabla 2.2* estudiada en conjunto con la *Tabla 2.1*, da razones concisas en las diferencias de reacción para cada tipo de cemento cuando éste está en contacto con el agua.

II.2.3 Influencia de la finura del cemento en el desarrollo de la resistencia

El tamaño de las partículas de cemento tiene una fuerte influencia en el nivel de reacción del cemento con el agua. Para un peso dado de un cemento finamente molido; el área de superficie de las partículas es mayor que para un cemento burdamente molido: Esto resulta en un mayor nivel de reacción con el agua y en un proceso de endurecimiento más rápido para grandes áreas de superficie. Esta es una de las razones de la alta resistencia en un principio del

cemento tipo III el cual da en tres días una resistencia que el tipo I lo da en siete días y una resistencia en siete días que el tipo I lo alcanza en 28 días.

Tabla 2.2

PORCENTAJE DE LA COMPOSICION DE LOS CEMENTOS PORTLAND

Tipo de Cemento	Componente (%)							Características generales
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Normal I	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	Cemento para todo uso
Modificado II	46	29	6	12	2.8	0.6	3.0	Liberación de calor baja comparativa utilizada en grandes estructuras
Alta resistencia a temprana edad III	56	15	12	8	3.9	1.4	2.6	Alta resistencia en 3 días
Bajo calor IV	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	Utilizado en presas de concreto
Resistentes a sulfatos V	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	Utilizado en alcantarillas y estructuras expuestas a sulfatos

II.2.4 Influencia del cemento en la durabilidad del concreto

La disgregación del concreto debido a ciclos de humedad, heladas, deshielos y resequedad y la propagación de las resultantes es un concepto de gran importancia. La presencia de diminutos vacíos de aire en toda la pasta de cemento incrementa la resistencia del concreto a la disgregación. Esto se logra adicionando aditivos con inclusores de aire al concreto mientras se mezcla.

Puede disminuirse o prevenirse también la disgregación debida a químicos en contacto con la estructura, tal sería el caso de estructuras y subestructuras portuarias. Algunas veces es necesario especificar cementos resistentes al sulfato ya que el concreto en tales casos está expuesto a cloruros y en ocasiones a sulfatos de magnesio y sodio. Por lo general el cemento tipo II es el más adecuado para usarse en estructuras marinas.

II.2.5 Generación de calor durante el fraguado inicial

Debido a que los diferentes tipos de cemento generan diferentes grados de calor en diferentes niveles, el tipo de estructura gobierna el tipo de cemento a ser utilizado. Entre más gruesa y pesada sea la sección transversal de la estructura, es menor la generación de calor de hidratación que se requiere.

En estructuras macizas tales como presas, muelles y compuertas, el uso del cemento tipo IV es el más ventajoso.

De la discusión anterior se ve que los factores que gobiernan en la selección del tipo de cemento a utilizar es el tipo de estructura, el clima y otras condiciones que existirán durante la construcción.

II.2.6 COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO

Para la fabricación de cemento portland, hay recursos minerales de origen natural (rocas y arcillas) y también de productos secundarios de la industria (escorias, cenizas, lodos, etc.).

Dentro de su composición se distinguen los componentes y compuestos, principales y secundarios.

II.2.6.1 COMPONENTES Y COMPUESTOS PRINCIPALES

A) Componentes principales

Los componentes principales de las materias primas para la fabricación del cemento se muestran en la *Tabla 2.3*. En la *Tabla 2.4* se muestran los porcentajes típicos en que intervienen los componentes principales.

B) Componentes secundarios

Existen en menor proporción pero son de mucha importancia y son:

I. Pérdida por calcinación

II. Residuo Insoluble

III. Anhídrido Sulfúrico

Tabla 2.3

COMPONENTES PRINCIPALES DEL CEMENTO Y SU PROCEDENCIA

COMPONENTES	PROCEDENCIA
Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
Oxido de Sílice(SiO ₂)	Areniscas
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
Oxido de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeso.	Minerales varios

Entre los compuestos del cemento portland podemos mencionar a:

B1) Compuestos principales

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtiene los siguientes compuestos que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que mencionaremos a continuación :

a) Silicato tricálcico

Su fórmula química es $3CaO.SiO_2$, su abreviatura es C_3S y su nombre corriente es "Alita".

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

b) Silicato Dicálcico

Su fórmula química es $2CaO.SiO_2$, su abreviatura es C_2S y es comúnmente conocido como "Belita".

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

c) Aluminato Tricálcico

Cuya fórmula química es $3Ca.Al_2O_3$ y su abreviatura es C_3A .

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo.

d) Aluminio - Ferrito Tetracálcico

Cuya fórmula es la siguiente $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$, su abreviatura es C_4AF y su denominación "Celita".

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

A2) Compuestos secundarios

Están presentes aproximadamente del 5 al 10% del total del clinker formado, y son los siguientes :

- a) Oxido de Magnesio
- b) La cal libre
- c) Contenido de álcalis.

a) Oxido de Magnesia o magnesia libre

Este óxido es peligroso si se encuentra en forma de periclusa, tanto más cuidado desde que las expansiones se prestan a largo plazo este tiempo puede ser de 1 a 10 años.

La norma limita el magnesio al 5%.

Tabla 2.5

PORCENTAJES EN QUE INTERVIENEN LOS COMPONENTES PRINCIPALES

COMPONENTES	PORCENTAJE
CaO	61-67%
SiO ₂	20-27%
Al ₂ O ₃	4-7%
Fe ₂ O ₃	2-4%
SO ₃	1-3%
MgO	1-5%
K ₂ O y Na ₂ O	0.25-1.5%

b) La cal libre

Es la que no se ha combinado y se debe a una combinación imperfecta, por mala cocción, dosificación y homogeneización (primaria) ; puede deberse también a la descomposición del C₃S en el enfriamiento, la cal libre puede producir expansiones al pasar a hidrato, esto puede determinarse mediante el ensayo de estabilidad de volumen, de tal forma de no afectar la fabricación del cemento portland.

Tabla 2.6.1

**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO
PORTLAND**

COMPUESTO MINERALOGICO	SILICATO DIGALCOICO (C ₂ S)	SILICATO TRICALCOICO (C ₃ S)
COMPOSICION	65.0% Cal 34.9% Sílice	73.7% Cal 26.3% Sílice
CONSTITUCION MINERALOGICA	Fase cristalizada se presenta en diversas formas redondeadas, estriadas.	Fase cristalina. Cristales poligonales a veces atacada en los bordes.
VELOCIDAD DE HIDRATACION	Lenta Calor de hidratación 63 cal/gr	Muy rápida Calor de hidratación 120 cal/gr
RESISTENCIAS MECANICAS	Principal contribuyente a resistencias a largo plazo	Contribuye en forma fuerte a la resistencia inicial
RESISTENCIAS AL INTEMPERISMO	Tiende a aumentar con silicatos	
EST. VOLUMEN	Regular	Buena
EST. QUIMICA	Buena, mejor que el C ₃ S resistencia sulfato	Mediana por su facilidad al liberar Cal
CONDICIONES DE EMPLEO	a) Const. Masivas b) Climas Cálidos	a) Pre-fabricados b) Climas fríos c) Desencofrado Rápido

Tabla 2.6.2

**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO
PORTLAND**

COMPUESTO MINERALOGICO	ALUMINATO TRICALCICO (C ₃ A)	FERROALUMINATO TETRACALCICO (C ₄ AF)
COMPOSICION	62.3% Cal 34.9% Sílice	46.1% Cal 32.9% Fierro 21.7% Alúmina
CONSTITUCION MINERALOGICA	Fase vítrea. Materia intersticial clara	Fase vítrea. Materia intersticial clara.
VELOCIDAD DE HIDRATACION	El primero de los cuatro en hidratarse. Calor de hidratación 207 cal/gr.	Muy rápida Calor de hidratación 100 cal/gr.
RESISTENCIAS MECANICAS	Desarrollo de resistencias en las primeras 24 horas	No está claramente definida.
RESISTENCIAS AL INTEMPERISMO	Disminuye con el aluminato.	Parece disminuir aunque no hay certeza
EST. VOLUMEN	Muy mala	Mala
EST. QUIMICA	Muy mala, factor decisivo en caso de ataque químico	Muy buena
CONDICIONES DE EMPLEO	Igual al C ₃ S siempre y cuando no haya problemas de ataque químico.	Casos que sea muy importante la durabilidad del concreto.

c) Contenido de álcalis

Son acompañantes inevitables de las materias primarias del cemento en forma de Na_2O y K_2O siendo inocuos en pequeñas concentraciones.

Si su contenido alcanza proporciones mayores a lo que está especificado en la norma del 0.6% en peso de cemento puede producir *dificultades en la regulación del tiempo de fraguado*, así como reaccionar con determinados compuestos de los agregados.

II.2.7 CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS Y CARACTERISTICAS GENERALES

De acuerdo a las normas ASTM , los cementos están clasificados en dos grupos:

1. Cemento Portland Comunes
2. Cementos Portland Adicionados

Además existen otros tipos, pero que no se usan comúnmente, estos son los siguientes :

- ↳ Los cementos blancos tipos I
- ↳ Los cementos de albañilería
- ↳ Los cementos aluminosos
- ↳ Los cementos expansivos y otros.

II.2.7.1 CEMENTOS PORTLAND COMUNES

Son aquellos cementos hidráulicos, producidos por la pulverización del clinker, que consiste esencialmente por silicatos de calcio

(alrededor del 75%) y usualmente contienen una o más formas de sulfato de calcio, *yeso*, como una adición en la molienda.

Dentro de ellas tenemos 5 tipos dependiendo cada uno de su uso específico y que se diferencian de las exigencias de ciertos requerimientos máximos y mínimos, tanto físicos como químicos.

II.2.7.2 CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS

Son cementos hidráulicos, que consisten de una mezcla íntima y uniforme producida por la molienda conjunta del clinker con los materiales de adición y yeso, o por la mezcla separada de cemento portland con dichas adiciones dentro de los límites específicos por las normas.

Estos cementos portland adicionados, sus cualidades y nomenclatura se especifican de acuerdo a las norma ASTM e ITINTEC, una normalización del cemento le da denominación y un símbolo para identificarlo. De la siguiente manera :

Tabla 2.7

DENOMINACION	SIMBOLO
Portland puzolánico tipo IP y IPM	IP, IPM
Portland de Escoria Tipo IS y ISM	IS, ISM
Portland Blanco Tipo I	B
Portland Compuesto Tipo I	Co
Cemento de Albañilería	A

La denominación dada para los cementos portland adicionados, tiene como referencia la composición, ya que en ella se refleja el 1% de los componentes añadidos siendo estos: ver tabla 2.8

Tabla 2.8

COMPONENTES (%)				
SIMBOLO	CLINKER	ESCORIA	PUZOLANA	OTROS
IP	85-55	-	15-45	-
IPM	>85	-	<15	-
IS	75-35	25-65	-	-
ISM	>75	<25	-	-
B	100	-	-	-
Co	>70			<30
A				

II.2.7.3 CARACTERISTICAS GENERALES

El Mortero puede elaborarse con cualquiera de los tipos de cemento sin aire incluido que cumplan con la norma ASTM C150 o C595, y que son adecuados para usarse en concreto convencional y producir las condiciones requeridas por el concreto de agregado con mortero inyectado.

Los cementos que contienen un agente inclusor de aire cuando están combinados con fluidificantes formadores de gas, podrán producir cantidades excesivas de aire incluido (o gas) en el mortero, dando como resultado una reducción brusca de la resistencia. Cuando se requiere la inclusión de aire, se logra un control más satisfactorio agregando por separado el agente inclusor de aire.

Se puede usar también tanto puzolanas naturales como fabricadas (en el cemento), que cumplan con la especificación ASTM C618. Sin embargo,

puesto que algunas puzolanas han causado una abrasión excesiva del equipo de bombeo y aumentado el contenido de agua, pueden omitirse en la mezcla.

II.2.8 TIPOS DE CEMENTO

Los cemento Portland, abarcan una gama diferenciada de productos, a base del clinker del portland, su clasificación y nomenclatura se establece de acuerdo a sus cualidades y usos.

El cemento, se produce en cinco tipos que corresponden a diferentes requerimientos constructivos. Además se especifica los que contienen incorporadores de aire y adiciones como la *puzolana*, *escoria de altos hornos*.

Los cementos se definen de la siguiente manera:

II.2.8.1 TIPO I

Este tipo es para *uso general*. Es adecuado para todos los usos en que *no se requieran las propiedades especiales* de los otros tipos. Se usa donde el cemento o el concreto no están sujetos al ataque de factores específicos, como a los sulfatos del suelo a del agua, o a elevaciones perjudiciales de temperatura, debido al calor generado en la hidratación. Entre sus usos se incluyen pavimentos y aceras, edificios de concreto reforzado, puentes, estructuras para ferrocarriles, tanques y depósitos, alcantarillas, tuberías para agua, mampuestos, etc.

II.2.8.2 TIPO II

El cemento tipo II se usa cuando sean necesarias *precauciones contra el ataque moderado de los sulfatos*, como en las estructuras de

drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en las aguas subterráneas sean las más elevadas que lo normal, pero no muy graves.

El tipo II genera usualmente menos calor, más lento que el tipo I. Si se especifica el calor máximo de hidratación para el cemento, puede usarse el tipo II en las estructuras de gran masa, como en las grandes pilas, estribos gruesos, y en los muros de contención gruesos. Con sus usos se disminuye al mínimo la elevación de temperatura, lo que es especialmente importante cuando el concreto se coloca en climas cálidos.

II.2.8.3 TIPO III

Este tipo de cemento permite obtener con rapidez *elevadas resistencias, usualmente en una semana o menos.*

Se usa cuando se tiene que retirar los moldes lo más pronto que sea posible, o cuando la estructura se debe poner en servicio rápidamente. *En tiempo frío, su uso permite reducir el periodo de curado controlado.* Aunque pueden obtenerse rápidamente resistencias equivalentes empleando mezclas más ricas con cemento tipo I, el tipo III puede proporcionar el endurecimiento rápido mejor y/o más económicamente.

II.2.8.4 TIPO IV

El cemento tipo IV es para usarse donde *el grado y la cantidad de calor generado se debe reducir al mínimo.* El cemento del tipo IV

adquiere resistencia más lentamente que el cemento tipo I. Sus propiedades son las necesarias para usarse en estructuras de concreto de gran masa como las grandes presas de gravedad, donde la elevación producida en la temperatura por el calor generado durante el endurecimiento es un factor crítico.

II.2.8.5 TIPO V

Este tipo de cemento *se usa solamente en concretos sujetos al efecto intenso de los sulfatos*. Se usa principalmente donde los suelos o el agua subterránea tenga una concentración elevada de sulfatos. Su resistencia aumenta más lentamente que en cemento tipo I.

En el Perú en la actualidad se fabrican los cementos Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP y Tipo IPM. Estos dos últimos son puzolánicos.

Existen además otros tipos que no se usan comúnmente como son :

- Cementos blancos tipo I
- Cementos aluminosos
- Cementos expansivos.

II.2.9 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL CEMENTO

La necesidad de distinguir entre diferentes calidades de cemento por medio de pruebas que sean rápidas de realizarse en el laboratorio sin recurrir a ensayos prácticos que exigirían mucho tiempo y molestias, motivo por el cual se ha dedicado mucho interés a las propiedades físicas y químicas del cemento.

Teniendo como objetivo cuantificar los requerimientos tanto físicos como químicos, para un mejor control de calidad de los cementos se han

establecidos parámetros para cada tipo de cemento y que deben cumplir. Estos parámetros son dados bajo normas por el ITINTEC y que guardan armonía con los vigentes del ASTM.

Las principales propiedades físicas del cemento son las siguientes:

II.2.9.1 FINURA

La finura del cemento afecta la rapidez de hidratación. Al aumentar la finura del cemento aumenta la rapidez a la que se hidrata el cemento, acelerando la adquisición de resistencia.

II.2.9.2 TIEMPO DE FRAGUADO

Es el tiempo en que la pasta de cemento (mortero o concreto si fuera el caso), permanece en estado plástico para permitir una colocación sin difíciles operaciones de terminado. El periodo en que la mezcla permanece plástica generalmente depende más de la temperatura y del contenido de agua en la pasta que del tiempo de fraguado del cemento.

II.2.9.3 PESO ESPECIFICO

El peso específico de un cemento no indica la calidad del mismo; su uso principal es para el diseño de mezclas de concreto. Su valor generalmente es de 3.15. El cemento de escorias de altos hornos puede tener un peso específico de aproximadamente de 2.9.

II.2.9.4 CALOR DE HIDRATACION

Es el calor generado cuando reaccionan el cemento y el agua. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición

química del cemento. En algunas estructuras, como aquellas de gran masa, la rapidez y la cantidad de calor generado son importantes. Si no se disipa este calor rápidamente puede ocurrir una importante elevación de la temperatura del concreto.

En la tabla Nro. *2.9a* y *2.9b* se presentan los requerimientos físicos y químicos para los diferentes tipos de cemento.

II.3 AGREGADOS

II.3.1 ASPECTOS GENERALES

Los agregados son las partes del concreto que constituye lo grueso del producto terminado. Abarcan del 60 al 80% del volumen del concreto, y tienen que estar graduados de tal forma que la masa total de concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa, con los tamaños más pequeños actuando como un relleno inerte de los vacíos que existen entre las partículas más grandes.

Existen dos tipos de agregados :

1. Agregado grueso (grava, piedra triturada o escorias de alto horno)
2. Agregado fino (arena natural o fabricada).

Debido a que el agregado constituye la parte mayor de la mezcla, entre más agregado se tenga en la mezcla, esto resultará en un concreto más económico, a condición de que la mezcla sea de una razonable manejabilidad para el trabajo específico en el que se utilice.

II.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Para el establecimiento de los requisitos mínimos de calidad de los agregados para su utilización en mortero o concreto, así como para la determinación de ciertas características necesarias para los diseños de mezclas, se efectúan diversos ensayos de laboratorio como son : tenacidad, estabilidad, resistencia a la abrasión entre los primeros y peso específico, contenido de humedad, absorción, etc., entre los segundos.

Debe consistir de partículas limpias, duras, resistentes y compactas, de perfil preferentemente angular libres de sustancias químicas, de recubrimientos de arcilla, o de otros contaminantes que puedan afectar la hidratación y su adherencia con la pasta de cemento.

Los requerimientos para los agregados fino y grueso para mortero fluido y concreto fluidos se encuentran en las normas ASTM.

II.3.3 AGREGADO FINO

a- Definición

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural y/o artificial de rocas, que pasa por el tamiz ITINTEC 9.51 mm. (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz ITINTEC 74 μ m. (malla N° 200). Según norma ITINTEC 400.001.

El agregado fino es un relleno más pequeño hecho de arena. Varía en tamaño. Un buen agregado fino deberá estar libre de impurezas inorgánicas, arcilla o de cualquier material dañino o relleno excesivo de tamaños más pequeños que el tamiz N° 100. Deberá tener de preferencia una combinación

bien graduada de acuerdo con las normas de análisis de tamiz de la Sociedad Americana para Ensayo de Materiales (ASTM).

En el concreto para protección de la radiación, los agregados finos utilizados son municiones finas de acero y mineral de hierro triturado.

b.- Cantera

Para el presente estudio se utilizó agregado fino proveniente de la cantera "La Molina", localizada a la altura del Km. 10.5 de la carretera a Cieneguilla.

Se encuentra ubicado en la quebrada "Pampa Grande" que es un depósito fluvio-aluvial de orientación E - W y de gran recorrido que se alimenta de varias quebradas tributarias que arrastran material producto de la meteorización.

II.3.4 CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO

Para el establecimiento de los requisitos mínimos de calidad en el agregado fino, así como para la determinación de ciertas características que son necesarias para los diseños de mezclas, se efectuaron los ensayos en el Laboratorio (LEM-UNI) y de esta manera garantizar la utilización de los agregados en el presente estudio, cumpliendo con las especificaciones dadas para este tipo de agregado.

* Peso Unitario	ITINTEC 400.017
* Peso específico	ITINTEC 400.022
* Granulometría	ASTM C393
* Módulo de Finura	ITINTEC 400.012
* Cantidad de material que	

pasa por la malla N° 200	ITINTEC 400.018
* Superficie específica	
* Contenido de humedad	ASTM C-566
* Porcentaje de Absorción	ITINTEC 400.022

II.3.4.1 Peso Unitario

El peso unitario a peso aparente, es la relación de su peso por unidad de volumen. Este peso varía con el grado de compactación y con el contenido de humedad, además está en función con el tamaño, forma y granulometría del agregado.

Se determina dos tipos de Peso Unitario :

- **Peso Unitario Suelto (P.U.S.)** Es cuando el proceso de llenado del recipiente (de volumen estandarizado) con el agregado es en una sola capa, continuo y sin ninguna presión (varillado).
- **Peso Unitario Compactado (P.U.C.)** Es cuando el proceso de llenado del recipiente con el agregado es por capas (3) y se ejerce presión (varillado).

II.3.4.2 Peso Especifico

El peso específico expresa el peso de las partículas de agregado relacionado a un volumen igual de agua. Para convertir un peso dado de agregado en términos de volumen de sólido, es necesario conocer el peso específico del agregado, para la dosificación de la mezcla, para cálculo de volúmenes absolutos de material.

II.3.4.3 Granulometría

La distribución del tamaño de las partículas tiene efecto importante en el consumo de agua del mortero fluido fabricado con un agregado dado. Por consiguiente tiene importancia en al trabajabilidad.

Las especificaciones granulométricas la podemos observar en la norma ASTM C-404.

II.3.4.4 Módulo de finura

Es un índice aproximado del tamaño medio de las partículas de agregados, siendo proporcional con el grosor del agregado. Se usa para controlar la uniformidad de los agregados, cuando mayor es el módulo de finura, menor será la demanda de agua por área superficial.

Se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices N° 100, 50, 30, 16, 8, 4 y 3/8", dividido entre 100.

II.3.4.5 Cantidad de material que pasa por la malla N° 200

Consiste en determinar la cantidad de material más fino que se pueden presentar en el agregado en forma de revestimientos superficiales o en forma de partículas sueltas.

Valores altos son perjudiciales para la mezcla por que afectan la adherencia y aumentan la cantidad de aire requerida.

En este ensayo el agregado se somete a un proceso de sedimentación y tamizado por vía húmeda. La diferencia en peso seco entre la muestra original y la muestra lavada, expresada como porcentaje, determina el material fino que pasa el tamiz ITINTEC 75 μm (N° 200).

II.3.4.6 Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural.

Su importancia radica en que puede afectar la relación agua/cemento, factor preponderante en la resistencia de las mezclas.

II.3.4.7 Porcentaje de absorción

La absorción de un agregado está representada por el porcentaje de agua que es necesario para llegar a la condición de saturado superficialmente seco.

II.3.5 AGREGADO GRUESO

El agregado actúa para restringir la contracción de la pasta de cemento; de aquí que los concretos con alto contenido de agregado son menos vulnerables a contraerse. Además el grado de restricción de un concreto dado se determina por las propiedades de los agregados; aquellos con elevado módulo de elasticidad o con superficies ásperas son más resistentes al proceso de contracción.

El agregado grueso es el proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ASTM C404. El agregado grueso estará conformado por fragmentos cuyo perfil sea perfectamente angular o semiangular, limpios, duros, compactos, resistentes, de textura perfectamente rugosa y libres de material escamoso o partículas blandas.

Las propiedades del agregado grueso afectan la resistencia final del concreto endurecido y su resistencia a la disgregación, intemperización y otros efectos

destructivos. El agregado grueso mineral deberá estar limpio de impurezas orgánicas y deberá adherirse bien con el gel - cemento.

Los tipos comunes de agregado grueso son :

1. **Piedra natural triturada :** Se produce por trituración de piedra natural o roca de canteras. La roca puede ser de tipo volcánico, sedimentario o metamórfico. Aunque la roca triturada da resistencias elevadas en el concreto, es menos manuable en la mezcla y colocación que los otros tipos.
2. **Grava natural :** Se produce por la acción del intemperismo del agua corriente en los fondos y riberas de ríos. Da menos resistencia que la roca triturada pero es más manuable.
3. **Agregados gruesos artificiales :** Son principalmente escoria y esquisto expandido y se utilizan con frecuencia para producir concreto ligero. Son derivados de otros procesos de fabricación, tales como escoria de altos horno o esquisto expandido, o piedra pómez para concreto ligero.
4. **Agregados pesados y para protecciones nucleares:** Con las demandas específicas de nuestra era atómica y los peligros de radiación nuclear debido al gran número de reactores atómicos y estaciones nucleares, se tiene que producir concretos especiales para protección contra los rayos x, rayos gamma y neutrones. En tales concretos, las consideraciones de economía y manejabilidad no son de primera importancia. Los tipos

principales de agregado grueso pesado son punzones de acero, baretinas, magnetitas y limonitas.

II.3.6 CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO GRUESO

Para el establecimiento de los requisitos mínimos de calidad en el agregado grueso, así como para la determinación de ciertas características necesaria para los diseños de mezclas, se efectuaron los siguientes ensayos en el laboratorio (LEM-UNI) :

	NORMA
* Peso unitario	ITINTEC 400.017
* Peso específico	ITINTEC 400.022
* Granulometría	ASTM C404
* Módulo de finura	ITINTEC 400.012
* Contenido de humedad	ASTM C566
* Porcentaje de absorción	ITINTEC 400.022

II.3.6.1 PESO UNITARIO

Es la medida del peso por unidad de volumen.

Se realizó los ensayos en un recipiente de 1/10 de pie³ de volumen.

II.3.6.2 PESO ESPECIFICO

Necesario para la dosificación de la mezcla, para el cálculo de volúmenes absolutos del material.

Se realizaron los ensayos con muestras de 5 Kg., y se realizó un promedio.

II.3.6.3 GRANULOMETRIA

La distribución de los tamaños de las partículas tiene efecto importante en el consumo de agua de las mezclas fabricadas con un agregado dado. Por consiguiente tiene importancia en la trabajabilidad y características de acabado del concreto fluido fresco.

II.3.6.4 MODULO DE FINURA

Es un índice aproximado del tamaño medio de las partículas de los agregados. Se usa para controlar la uniformidad de los agregados. Se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8" y 3/4" dividido entre 100.

II.4 AGUA

El agua es un elemento fundamental para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo que debe cumplir requisitos para realizar la combinación química.

El agua de mezcla tiene por función :

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- Actuar como lubricante para contribuir con la trabajabilidad
- Dar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

El problema que existe en el agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas con los componentes del cemento produciendo efectos dañinos para el concreto como :

Retardo en el endurecimiento, reducción de su resistencia, eflorescencia, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

Hasta el momento no existe criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sustancias que puedan presentarse en el agua que va ha ser empleadas en la preparación del concreto.

La norma nacional ITINTEC 339.088 establece como requisitos para el agua de mezcla y curado, los límites, presentados en la siguiente tabla.

Tabla 2.9c

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5000 ppm. Máximo
Materia orgánica	3 ppm. Máximo
Carbonatos y bicarbonatos Alcalinos (alcalinidad total exp. En NaHCO ₃)	1000 ppm. Máximo
Sulfatos (Ion SO ₄)	600 ppm. Máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 ppm. Máximo
PH	Entre 5.5 y 8.0.

Se ha encontrado experimentalmente en los estudios que las aguas que con contenido individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5,000 ppm., ocasionan reducción de resistencia en el orden del 30% con relación a las mezclas con agua libre de estas sustancias.

La materia orgánica por encima de las 1000 ppm., reduce la resistencia e incorpora aire.

Las aguas que contienen ácido húmico y otros ácidos orgánicos no se deben utilizar en la construcción porque puede disminuir la estabilidad del volumen de la mezcla.

El agua pura y el agua de lluvia tiende a deslavar la cal del cemento y no deben ser

empleadas en la elaboración del concreto, así mismo el agua de mar con concentración del 3.5% podía esperarse una posible acción corrosiva del acero embebido en el concreto por acción de las sales residuales lo que genera el deterioro de la mezcla.

II.5 ADITIVOS

II.5.1 DEFINICION

Se entiende por aditivo al producto que cuando es adicionado al cemento, mortero o concreto en pequeñas cantidades, hace variar una o más propiedades con el propósito de dar o mejorar propiedades específicas a las mezclas de concreto, tanto para su estado fresco como para su estado endurecido.

Un aditivo tiene por lo general una acción principal, por lo que se halla definido y clasificado aunque puede presentar igualmente ciertas acciones secundarias.

Los aditivos se comercializan bajo la forma de polvos solubles o bien como líquidos siendo éstos los más aceptados, y se venden bajo denominaciones correspondientes a una marca o sociedad.

Un aditivo no es paliativo. No tiene por misión conseguir una buena mezcla a partir de una mala dosificación o de una colocación defectuosa en la construcción. Los aditivos se dosifican en pequeña proporción, una dosificación excesiva de un aditivo puede causar efectos no deseados y por lo consiguiente un trabajo defectuoso lo cual obligaría al constructor a asumir los daños.

II.5.2 CONSIDERACIONES PREVIAS

Es conveniente evaluar, previamente el empleo de aditivos, la posibilidad de obtener el comportamiento requerido del concreto por modificaciones en el proporcionamiento de la mezcla o la selección de materiales más apropiados. En todo caso, debe realizarse un estudio cuidadoso del costo, para determinar los aditivos por lo general afectan varias propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido, puede ocurrir que mientras una mejora favorablemente, otras cambien en forma adversa. Por ejemplo es bien sabido que la durabilidad del concreto se incrementa con la incorporación del aire, pero su resistencia disminuye.

Los efectos de los aditivos sobre el concreto varían por las condiciones atmosféricas y factores intrínsecos del concreto como son: el contenido del agua, el tipo de cemento, la duración del mezclado, etc.

De esta manera, las recomendaciones del fabricante sobre la dosificación del aditivo, deben ser comprobadas en las condiciones propias de la obra.

Para establecer si el empleo de un aditivo significa una ventaja económica en el concreto es necesario lo siguiente:

- a) Comparar el costo de los ingredientes de la mezcla del concreto con o sin aditivos
- b) Establecer la diferencia de costo en el manejo de los materiales definir los costos de control de concreto, generalmente mayores en el caso de uso de aditivos y el costo de la colocación, terminado y curado del concreto, en muchos casos favorecidos por los aditivos.

Finalmente debe tenerse en cuenta que ningún aditivo puede subsanar las deficiencias de una mezcla de concreto mal dosificada.

- Requisitos de comercialización:

El proveedor deberá entregar el aditivo envasado en recipientes que aseguren su conservación, llevando impreso con caracteres legibles, la siguiente información:

- La marca registrada, nombre y apellido o razón social del fabricante, y del responsable, de la comercialización del producto (representante, vendedor, importador, etc.)
- El tipo de aditivo, según la clasificación establecida en las normas.
- El contenido neto, en masa o volumen, en unidades del SI, refiriéndose los volúmenes para aditivos líquidos, a la temperatura de 20 °C.
- La densidad en granos por centímetro cúbicos a 20 °C.
- Dosificación máxima o mínima a emplear, de acuerdo a la propiedad que se desea modificar.
- La fecha de fabricación y la fecha de vencimiento.

Los aditivos no deberán almacenarse por un periodo mayor de 6 meses. En caso contrario, deberán efectuarse ensayos para evaluar su calidad antes de su uso. El usuario, en el caso de emplear los aditivos en elementos de concreto pretensado, deberá requerir del fabricante o su representante constancia escrita del contenido de cloruros del aditivo expresado en concentración de sal metálica y si han sido añadidos o no cloruros en su elaboración.

II.5.3 USOS

La mayoría de los aditivos se comercializa en forma de soluciones acuosas. Sin embargo, algunos se venden en forma de polvos solubles en agua y eventualmente en pastas.

Los aditivos líquidos se prefieren por la ventaja de encontrarse ya diluidos y facilitar la dosificación. Los aditivos pulvulentos son susceptibles a la humedad y es necesario cuidar su conservación.

Cuando se precisa usar dos (2) aditivos distintos, debe evitarse la mezcla previa de ambas, incorporándolos por intervalos separados a la mezcladora.

Las soluciones con el aditivo no deben entrar en contacto directo con el cemento, por lo que se recomienda agregar el aditivo cuando los materiales y gran parte del agua se encuentren en proceso de mezclado. Debe cuidarse que el aditivo se distribuya uniformemente en la mezcla. Para lograrlo debe añadirse un tiempo prudencial antes del término de la operación.

Los resultados de uso de aditivos depende de los sistemas de preparación y dosificación. Los aditivos en polvo se dosifican por peso y los aditivos líquidos por peso o volumen. Existen en el mercado varios tipos de dosificadores, con diferentes niveles de automatismo, pero en la mayoría de los casos es posible la inspección visual de la cantidad dosificada.

II.5.4 NORMA TECNICA NACIONAL 339-086 ADITIVOS PARA EL CONCRETO

El estudio de esta Norma fue desarrollado por el comité especializado de concreto, habiéndose reunido en una serie de sesiones durante aproximadamente un año, setiembre 1978 a setiembre de 1979 en que se aprueba como proyecto de norma ITINTEC la oficializa posteriormente en su estructura tiene los siguientes capítulos:

1. Normas a consultar
2. Objeto
3. Definiciones

4. Condiciones generales
5. Requisitos
6. Inspección y recepción
7. Método de ensayo
8. Rotulado, envase y embalaje
9. Antecedentes

Se tomaron como antecedentes la norma Argentina IRAN 1663, las normas ASTM C233, ASTM C260, ASTM C494.

Asimismo se utilizó el proyecto de reglamento argentino de estructuras de hormigón – tomo I y el tercer reporte del ACI comité 212. Aditivos para el concreto.

Fundamentalmente la norma trata sobre aditivos que se incorporan a la mezcla del concreto en su preparación y que los define y clasifica de la manera siguiente:

- Incorporadores de aire
- Plastificantes
- Retardadores
- Aceleradores
- Plastificantes retardadores
- Plastificantes aceleradores.

Los ensayos de laboratorios deben conducirse con materiales que cumplan con lo establecido en la norma ITINTEC 339-067 con la finalidad de obtener resultados reproducibles.

II.5.5 CARACTERISTICA GENERALES

Los aditivos pueden ser presentados en forma líquida polvo o pasta. Los aditivos pueden ser dosificados hasta en un 5% del peso del cemento y comúnmente son usados entre el 0.5% y el 2% del peso del cemento.

Algunas de las principales razones para el empleo de aditivos son:

1.- En el concreto fresco:

- Incrementar la trabajabilidad sin aumentar el contenido del agua.
- Disminuir el contenido de agua sin modificar su trabajabilidad.
- Reducir o prevenir asentamientos de la mezcla.
- Crear una ligera expansión.
- Modificar la velocidad y/o el volumen de exudación.
- Reducir la segregación.
- Facilitar el bombeo.
- Reducir la velocidad de pérdida de asentamiento.

2.- En el concreto endurecido:

- Disminuir el calor de hidratación.
- Desarrollo inicial de resistencia.
- Incrementar las resistencias mecánicas del concreto
- Incrementar la durabilidad del concreto
- Disminuir el flujo capilar del agua
- Disminuir la permeabilidad de los líquidos
- Mejorar la adherencia concreto - acero de refuerzo
- Mejorar la resistencia al impacto y la abrasión.

II.5.6 CLASIFICACION

Los aditivos se clasifican de acuerdo a diversos criterios, la norma ASTM C-494 presenta la siguiente clasificación :

- * Tipo A Plastificante o fluidificante – Reductor de agua
- * Tipo B Retardante
- * Tipo C Acelerante
- * Tipo D Reductor de agua - Retardante
- * Tipo E Reductor de agua - Acelerante
- * Tipo F Super reductor de agua
- * Tipo G Super reductor de agua – Retardante

Existen otros tipos de clasificación que van de acuerdo a los tipos de materiales constituyentes o a los efectos característicos en su uso, así tenemos la clasificación según el *COMITÉ 212 DEL ACI*. Esta clasificación es hecha de acuerdo a los efectos característicos de su uso, y es la siguiente:

1. Aditivos acelerantes
2. Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado
3. Aditivos para inyecciones
4. Aditivos inyectoros de aire
5. Aditivos extractores de aire.
6. Aditivos formadores de gas
7. Aditivos productores de expansión o expansivos
8. Aditivos de minerales finamente molidos
9. Aditivos impermeabilizante y permeabilizante
10. Aditivos pegantes

11. Aditivos químicos para reducir la expansión debida a la reacción entre los agregados y los alcalis del cemento
12. Aditivos inhibidores de corrosión
13. Aditivos fungicidas, germicidas e insecticidas
14. Aditivos floculadores
15. Aditivos colorantes

II.5.7 ADITIVO PLASTIFICANTE O FLUIDIFICANTE

Son llamados también reductores de agua, son el grupo de productos que tienen como principal función la capacidad de producir una mezcla de alta trabajabilidad, pudiendo haber una reducción de agua o no.

Fue usado inicialmente en el Japón, luego en Europa especialmente en Francia, Alemania e Inglaterra y hace algunos años en América.

Estos aditivos aumentan la plasticidad del concreto o mortero a tal grado que resultan fluidos. Se usa del 1% al 3 % del peso del cemento.

II.5.7.1 CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS FLUIDIFICANTES

Existen diversos productos químicos que han sido incluidos dentro de las formulaciones de aditivos reductores de agua para producir cinco tipos dentro de esta categoría que son los siguientes :

1. Aditivos reductores de agua normales

Permiten una reducción en la relación agua/cemento, para una trabajabilidad dada sin que afecten significativamente las características del fraguado de la mezcla.

2. Aditivos reductores de agua acelerantes

Poseen la capacidad reductora los de la categoría normal y dan resistencias más altas durante el primer periodo de hidratación, lo cual es particularmente útil a temperaturas más bajas.

3. Aditivos reductores de agua retardantes

Que además de composición química análoga, alargan el periodo de tiempo en que la mezcla permanece trabajable cuando se usan a dosificaciones más altas.

4. Aditivos reductores de agua aireantes

Que poseen la propiedad de producir burbujas microscópicas de aire dentro de la pasta de cemento, además de permitir una reducción en la relación agua/cemento mayor de la que podría ser obtenida con solo la oclusión de aire.

5. Aditivos superfluidificantes

Son una extensión de los aditivos fluidificantes y están fabricados con materiales que permiten una dosificación mayor en las mezclas sin que aparezcan efectos indeseables tales como los retardos excesivos.

II.5.7.2 AGENTES QUIMICOS DE LOS FLUIDIFICANTES

Los materiales químicos que forman la base de todos los aditivos fluidificantes o reductores de agua, están agrupados en cinco grupos que son los siguientes :

1. Los lignosulfatos

Son producidos a partir de la lignina, que forma parte de la composición de las maderas, durante el proceso de fabricación de la pulpa de papel.

Los lignosulfatos usados en aditivos son predominantemente cálcicos o sólidos con un contenido de azúcar entre 1 y 30%.

2. Los ácidos hidroxicarboxílicos

Son productos químicos que tienen en sus moléculas grupos de hidróxilos y carboxilos. Se producen a partir de materias primas puras de la madera, ya sea por medios químicos o bioquímicos, presentando alta pureza.

Se usa para fabricar aditivos reductores de agua normales (a bajas dosificaciones) y aditivos reductores de agua retardantes (a altas dosificaciones).

3. Los polímeros hidroxilados

Son derivados de los polisacáridos, tales como la maicena por hidrólisis parcial. Estos materiales son estables bajo las condiciones alcalinas de las composiciones que contienen los

cementos y se comportan como agentes reductores de agua efectivos.

4. Las sales de acción formaldehído naftaleno sulfónicos

Esta materia prima fue de las primeras que se indicaron como agente reductor de agua, son producidos a partir del naftaleno por sulfonación con trióxidos de azufre.

Se usan principalmente en la elaboración de los superfluidificantes, debido a que es posible dosificarlos en grandes cantidades obteniéndose incrementos considerables en la trabajabilidad, o pueden obtenerse reducciones altas en la relación agua - cemento sin efectos perjudiciales.

5. Las sales de formaldehído - melnina sulfonato

Estos productos fueron desarrollados por su aplicación en diversas industrias y posteriores en su aplicación a la construcción civil.

Son usados en la mayoría de los casos como único componente en los superfluidificantes ya que cumplen con requisitos tales como no retardar excesivamente el fraguado u ocluir aire a altos niveles de dosificación.

II.5.8 ADITIVOS EMPLEADOS:

Para el presente trabajo se empleó un aditivo expansor de mezclas (Intraplast) en polvo, y un aditivo super – plastificante Sikament FF-86 en líquido.

II.5.8.1 SIKAMENT FF-86

A continuación presentamos una descripción de este aditivo:

II.5.8.1.1 Descripción:

Sikament FF-86 es un aditivo color café, a base de resinas sintéticas, de acción superfluidificantes. Cumple con la normas establecidas por la norma ASTM C494.

No contiene cloruros, no es tóxico, no es cáustico ni inflamable. Su densidad es 1.2 kg/lt.

II.5.8.1.2 Usos

El sikament FF – 86 tiene tres aplicaciones diferentes:

a) Como superfluidificante en la producción de hormigón autonivelante para:

- Pisos, placas de fundación y cubiertas.
- Pavimentos en general
- Hormigón y mortero para bombeo

b) Para obtener alta resistencia inicial en:

- Industrias prefabricadas
- Construcción de hormigón pre - esforzado
- Puentes

c) Como reductor de agua de amasado

- Para producir mezclas con menor contenido de cemento
- Para aumentar la impermeabilidad

II.5.8.1.3 Ventajas

- Alta resistencia sin incluir aire; permite reducir el agua de amasado hasta en un 20%.
- Eliminar el trabajo de distribución por su alta fluidez.
- Densifica el hormigón
- Aumenta notablemente la permeabilidad del hormigón
- Reduce notablemente la contracción
- No presenta exudación
- No contiene agentes corrosivos.

Sikament FF – 86 reduce los costos por concepto de:

- Disminución de tiempos muertos de los vehículos transportadores de hormigón.
- Mayor eficiencia de la máquina de bombeo
- Bombeo de hormigón a mayores alturas de las tradicionales.
- Rapidez en la compactación por ser autonivelante.

Sikament FF – 86 como acelerador de la resistencia:

- Aumenta en forma efectiva la resistencia inicial con dosificaciones entre 1 a 2% del peso de cemento.
- Después de 16 horas, aumenta la resistencia a la compresión en más de 100%.
- Aumenta la resistencia final en más del 40% a los 28 días.

II.5.8.1.4 Modo de empleo

Sikament FF – 86, se adiciona al concreto o mortero ya mezclado listo para colocar. Para resultados positivos el aditivo se puede revolver con la mezcla durante 5 minutos en la mezcladora. Como efecto superfluido dura sólo de 30 a 40 minutos, siempre adiciónelo en obra y cuando todo esté listo para la colocación de la mezcla.

II.5.8.1.5 Dosificación

Para obtener mezclas superfluidas 0.5 – 1.0% del peso de cemento.

Para obtener alta resistencia inicial hasta 2.5% del peso de cemento ó 1 Kg/saco de cemento de 50 kg.

II.5.8.1.6 Recomendaciones

- El efecto superfluidificante dura de 30 a 40min., y puede recuperarse este estado adicionando una dosificación similar de Sikament FF – 86.
- La sobredosificación no tiene consecuencias finales negativas.
- Puede complementarse en el concreto con aditivos retardadores de fragua.
- La dosificación adecuada deberá determinarse mediante ensayos, pues los resultados son muy sensibles con los cambios de granulometría y tipo de cemento usado.

II.5.8.1.7 Almacenamiento

El tiempo de almacenamiento máximo es de 2 años en sitio fresco y bajo techo, en su envase original bien cerrado.

II.5.8.2 INTRAPLAST (expansor para mezclas de cemento)

Densidad aparente : 0.98 kg/lt.

Color: Gris claro.

II.5.8.2.1 Descripción:

INTRAPLAST es un aditivo en polvo, que contiene plastificantes especiales y productos finamente molidos, que actúa sobre las mezclas como:

- Expansor
- Plastificante

II.5.8.2.2 Propiedades generales:

- Plastifica las mezclas permitiendo un aumento de la trabajabilidad.
- Impide la floculación plastificando las partículas de cemento en suspensión acuosa, se logra así una mejor penetración del aglomerante en fisuras o poros.
- Estabiliza las lechadas de cemento, reduciendo la segregación y exudación del agua.
- Expande el material inyectado antes y durante el fraguado (1 a 3 % del volumen), aumentando la adherencia e impermeabilidad.

II.5.8.2.3 Campos de aplicación:

- Inyecciones de pastas o morteros en fisuras, grietas, juntas, vainas de cables pretensados.
- Reparaciones de hormigón dañado o mal confeccionado (nido de piedras)
- Hormigón de relleno y en general cualquier tipo de inyección de hormigón o mortero (grouting).

II.5.8.2.4 Modo de empleo:

- INTRAPLAST se debe agregar distribuido uniformemente en el cemento o en el árido fino.
- Una vez agregada el agua a la mezcla, se debe agitar continuamente y usar de inmediato.
- Se debe emplear solamente cemento fresco y el 2% del peso de cemento (850 gr. por saco de cemento).

**II.5.8.2.5 RECOMENDACIONES PARA LA EJECUCION DE TRABAJOS
CON INTRAPLAST**

- a) Preparación de la cavidad por rellenar: La cavidad (fisura, nido de piedra, vaina de pretensado, anclaje, etc.) debe estar limpia y sana, sin polvo, grasas, aceite o partículas sueltas o mal adheridas. El hormigón antiguo debe estar saturado de agua, pero sin agua libre en su superficie. Para ello es conveniente mojarlo con lluvia fina, en varias

II.5.8.2.3 Campos de aplicación:

- Inyecciones de pastas o morteros en fisuras, grietas, juntas, vainas de cables pretensados.
- Reparaciones de hormigón dañado o mal confeccionado (nido de piedras)
- Hormigón de relleno y en general cualquier tipo de inyección de hormigón o mortero (grouting).

II.5.8.2.4 Modo de empleo:

- INTRAPLAST se debe agregar distribuido uniformemente en el cemento o en el árido fino.
- Una vez agregada el agua a la mezcla, se debe agitar continuamente y usar de inmediato.
- Se debe emplear solamente cemento fresco y el 2% del peso de cemento (850 gr. por saco de cemento).

**II.5.8.2.5 RECOMENDACIONES PARA LA EJECUCION DE TRABAJOS
CON INTRAPLAST**

- a) Preparación de la cavidad por rellenar: La cavidad (fisura, nido de piedra, vaina de pretensado, anclaje, etc.) debe estar limpia y sana, sin polvo, grasas, aceite o partículas sueltas o mal adheridas. El hormigón antiguo debe estar saturado de agua, pero sin agua libre en su superficie. Para ello es conveniente mojarlo con lluvia fina, en varias

oportunidades, durante 24 horas antes de aplicar INTRAPLAST.

- b) Nido de piedras: Deben eliminarse piedras sueltas y lechada superficial, hasta llegar al hormigón sano. En reparaciones superficiales como mortero, emplear para mejorar la adherencia del parche, una lechada con SIKA LATEX o SIKA TOP 77, aplicada con la brocha sobre la superficie a reparar.

Para asegurar una perfecta adherencia en reparaciones estructurales deben emplearse COLMA FIX 32, puente de adherencia epóxico. La mezcla para el parche debe ser hecha con los mismos materiales con los que se confeccionó el hormigón y con aproximadamente la misma dosificación; la utilización de SIKAMENT FF – 86 al 1% del peso del cemento es recomendable para asegurar una buena fluidez o resistencia en la mezcla de relleno.

El tamaño máximo deberá ser compatible con el volumen de la cavidad a rellenar.

El mortero u hormigón de relleno se confeccionará con INTRAPLAST al 2% del peso del cemento.

Cuando se trata de hormigón a la vista, el parche debe mimetizarse con el resto de la estructura: para ello conviene reemplazar parte del cemento por cemento blanco para dar el mismo color. Además en estos casos, el

parche debe tener una forma cuadrada o rectangular siguiendo las líneas del encofrado.

El mortero u hormigón debe mezclarse cada vez en su totalidad con el mínimo de agua compatible con una buena colocación y debe ser removido o agitado frecuentemente.

En parches superficiales la terminación debe hacerse después de una hora de colocado el mortero. El parche y el área circundante deben mantenerse húmedos durante 7 días por lo menos.

c) **Inyecciones (grouting)** : en inyecciones de grietas o vainas de cables de hormigón Postensado debe utilizarse una bomba (manual o con motor) para introducir a presión las mezclas de inyección. Esta mezcla puede ser un mortero rico (una parte de cemento por una parte de arena fina) o pasta pura con INTRAPLAST. En cada caso hay que determinar previamente el grado de inyectabilidad de la mezcla par asegurar su buena penetración y evitar la exudación (segregación del agua).

d) **Anclajes**: en anclaje y nivelación de maquinarias recomendamos el uso del mortero predosificado de alta fluidez y expansivo SIKAGRONT 212 o 214.

e) Almacenamiento: INTRAPLAST debe mantenerse en un lugar fresco y bajo techo; en estas condiciones se puede almacenar en su envase cerrado original durante 1 año.

CAPITULO III

CAPITULO III

CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

III.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El concreto con mortero inyectado es estudiado como una alternativa de solución en el amplio campo de la Ingeniería Civil. Es un tipo de concreto cuya fabricación requiere de un minucioso cuidado tanto en el aspecto de la selección de materiales como en la fabricación.

Los agregados empleados son los mismos que los utilizados en la elaboración de concreto convencional, la diferencia radica en el método de elaboración y en la granulometría de los agregados que intervienen, los husos empleados son de acuerdo a la norma A.C.I 304 que establece los límites granulométricos para los agregados. En la fabricación de concreto con mortero inyectado, son tres graduaciones y cada graduación de acuerdo al tamaño mínimo del agregado grueso

tiene límites granulométricos recomendados para el agregado fino (arena), lo mismo que también en su módulo de finura.

En la elaboración de concreto con mortero inyectado, se ha tenido especial cuidado con el empleo de los agregados (agregado fino y agregado grueso), teniendo especial cuidado con el agregado grueso en lo que se refiere a su granulometría, módulo de finura y limpieza del mismo. La granulometría del agregado grueso o límites granulométricos recomendados para la fabricación del concreto con mortero inyectado en la estructura del agregado grueso, está determinado por tres graduaciones tal como podemos observar en la *Tabla III.1*.

En el cuadro podemos observar que para la graduación 1, el tamaño mínimo del agregado grueso es de $\frac{1}{2}$ " , para la graduación 2, el tamaño mínimo del agregado grueso es de $\frac{3}{4}$ " y para la graduación 3, el tamaño mínimo del agregado grueso es de $1 \frac{1}{2}$ ". A cada una de estas graduaciones de agregado grueso le corresponde una determinada granulometría de agregado fino, que a su vez, debe tener un adecuado módulo de finura que varía en un cierto intervalo.

La limpieza del agregado es otro de los factores importantes en la elaboración de concreto con mortero inyectado, las impurezas orgánicas afectan las propiedades finales del concreto resultante, es por ello, que el agregado grueso que es previamente colocado en el encofrado debe estar lavado.

La presión ejercida para la inyección del mortero fluido (debidamente elaborado), debe ser controlado tratando en lo posible de mantenerlo constante, la variación de presión origina una inyección irregular que posteriormente da como resultado a un concreto con resultados no deseados.

TABLA III.1

**LIMITES DE GRANULOMETRIA PARA EL AGREGADO FINO (ARENA)
Y AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO CON MORTERO INYECTADO**

Tamaño de malla	Porcentaje que pasa		
	Granulometría 1 Para 13mm (1/2 pulg) Tamaño mínimo de agregado grueso	Granulometría 2 Para 19 mm (3/4 pulg) Tamaño mínimo de agregado grueso	Granulometría 3 * Para 40 mm (1 1/2 pulg) Tamaño mínimo de agregado grueso
	Agregado grueso		
	Tamaño máximo		
40 mm (1 1/2 pulg)	95-100	-	0-5
25 mm (1 pulg)	40-80	-	-
20 mm (3/4 pulg)	20-45	0-10	-
13 mm (1/2 pulg)	0-10	0-2	-
10 mm (3/8 pulg)	0-2	0-1	-
	Agregado fino (arena)		
(3/16 pulg) 5mm	-	-	100
Nº 8 (4,75 mm)	100	100	90-100
Nº 16 (1,18mm)	95-100	95-100	80-90
Nº 30 (600 microns)	55-80	55-80	55-70
Nº 50 (300 microns)	30-55	30-55	25-50
Nº 100 (150 microns)	10-30	10-30	5-30
Nº 200 (75 microns)	0-10	0-10	0-10
M.F.	1,30-2,10	1,30-2,10	1,60-2,45

* Agregado mínimo de 40mm (1 1/2 pulg) debe usarse con lechada de arena y cemento granulometría de arena dentro de estos límites

III.1.1 La adherencia

La adherencia depende de la textura superficial y de la limpieza del agregado grueso, una superficie rugosa tiene mejor adherencia que una superficie lisa. Así como también la adherencia se ve perjudicada por las partículas superficiales de arcillas que cubren los agregados.

Las partículas angulares y aquellos que tienen superficie rugosa, requieren mayor cantidad de agua que las redondeadas es decir interviene la forma de la partícula del agregado.

III.1.2 Efectos del tamaño máximo del agregado.

Los resultados de los ensayos de laboratorio así como también la teoría indican que los especímenes de concreto sometidos a compresión axial no confinados fallará por alguna o la combinación de las siguientes causas:

- a) ***Falla de la pasta:*** En concretos pobres de alta relación agua – cemento, la resistencia es pequeña debido a que la pasta es de consistencia porosa y falla fácilmente. La pasta débil no sólo tiene menos resistencia a esfuerzos sino que también produce una débil adherencia entre la pasta y las partículas de agregado del concreto.
- b) ***Falla de la adherencia,*** entre la pasta de cemento y las partículas de agregado al aumentar la calidad de la pasta, no fallará ésta, sino que el colapso del concreto se deberá a la poca adherencia entre la pasta y los agregados ésta adherencia se aumentará haciendo crecer el área superficial del agregado es decir con agregados de menor tamaño, ésta disminución en el tamaño del agregado aumenta el uso de la pasta a través

de un plano de corte, el cual es un factor adicional en el incremento de la resistencia de especímenes de concreto de alta resistencia.

- c) *Falla de las partículas de agregado*: si la resistencia de los especímenes de concreto es suficientemente alta, la falla se produce acompañado de las fracturas de las partículas de agregado. Lo que está indicando que la resistencia de adherencia entre las partículas de agregado y la pasta de cemento es el suficiente como para que produzca fractura de las partículas de agregado.

Así en la producción de concretos de alta resistencia se debe tener en consideración:

- El tamaño máximo del agregado grueso más eficiente (generalmente los pequeños).
- La textura superficial del agregado y
- La forma de la partícula.

Cuando la calidad de la pasta crece al punto que la adherencia controla la resistencia del concreto puede ser más económico aumentar la resistencia por disminución del tamaño del agregado o por trituración de las partículas del agregado grueso en tamaños menores.

En concretos pobres en que la calidad de la pasta controla la resistencia del concreto, es conveniente usar el mayor tamaño práctico de agregado grueso, con la consiguiente disminución en la cantidad de pasta, lo que para una cantidad dada de cemento será de mejor calidad.

La resistencia a la compresión axial varía con el contenido de cemento presente en la mezcla de forma diferente para cada tipo de agregado. Así se tiene que los concretos hechos con menos de 300 Kg/m^3 serán más resistentes

si para ello se usa agregado de tamaño máximo igual a 2"; para contenidos de cemento entre 300 Kg/m³ y 500 Kg/m³ serán más resistentes los concretos con agregados de tamaño máximo de ¾" y para mayores contenidos de cemento el agregado que produce mayor resistencia es el de 3/8". De esto se deduce que a medida que el contenido de cemento aumenta el agregado de tamaño máximo pequeño produce mayor resistencia.

III.2 HISTORIA DEL CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

Este método de fabricación de concreto fue ideado aproximadamente en el año de 1937 por Lee Turzillo y Louis S. Wertz precisamente cuando se realizaban los trabajos de rehabilitación del túnel de ferrocarril Santa Fe - California. En la parte de la corona del túnel, los espacios vacíos se empezaron a llenar con agregado grueso, para luego fabricar el mortero e inyectarlo en la masa de agregado grueso.

El profesor Raymond E. Davis fue quien desarrolló los procedimientos básicos para hacer el método viable. En el transcurso de este trabajo Davis determinó la mayoría de las propiedades del concreto con mortero inyectado. Comercialmente este nuevo método de elaborar concreto es conocido como Concreto de agregado precolocado siendo patentado comercialmente en el año de 1940.

Inicialmente este método tan sólo se destinó a la reparación de puentes y túneles, después de un tiempo de constantes pruebas realizadas en el laboratorio por el Borou of Reclamation, se autoriza el empleo en la reparación del revestimiento del vertedero de la Represa de Hoover, que tiene 34 m de largo, 10 m de ancho y 11 m de altura. Obteniéndose buenos resultados se optó por emplear este método en un proyecto más grande, es así que se emplea en el revestimiento de la Presa Barker (Colorado 1946) de 400m de largo y 52m de altura. Este trabajo se empezó a

realizar colocando la piedra en invierno, cuando el reservorio estaba vacío. Luego se realizó la inyección del mortero mediante bombeo, en la primavera.

Este último trabajo dejó como conclusión que este método se podía emplear sin problemas en otro tipo de construcciones más comunes. En 1951 el cuerpo de ingeniería del Ejército de los EE.UU. comenzó a permitir el uso de este método en el anclaje de la caja de las turbinas.

En los años de 1954 y 1955 aproximadamente 380,000 m³ de concreto con mortero inyectado se colocó en los 34 pilares del puente Mackinac. En el año de 1950 compañías constructoras del Japón compraron derechos para el uso de este método, para la construcción de pilares y estribos de puentes. Debemos mencionar que este método también encuentra uso empleándolos como escudos biológicos alrededor de reactores nucleares y equipos de rayos X.

B.A. Lamberton y H. L. Davis fueron los responsables del desarrollo del concreto con mortero inyectado o concreto de agregado precolocado de alta densidad.

III.3 PROPIEDADES DE CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

Las propiedades de este tipo de concreto difieren con las del concreto elaborado convencionalmente, en primer lugar se podría mencionar el mayor porcentaje de agregado grueso que contiene en su estructura final, y otra sería la forma de preparación, en vista de que este tipo de concreto los agregados el cemento y agua no son llevados a la mezcladora; por el contrario en este método se coloca primero el agregado grueso y luego se inyecta el mortero fluido de calidad estructural en los vacíos que deje el agregado.

El agregado fino debe adquirir un Módulo de finura que debe oscilar en el rango de 1.3 hasta 2.45 .

Entre las principales propiedades podemos mencionar los siguientes :

III.3.1 Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión del concreto con mortero inyectado depende de un adecuado proceso de elaboración, utilización de agregados de buena dureza y de acuerdo al empleo de las granulometrías recomendadas por el ACI 304. Resistencias como por ejemplo los 420 Kg/cm² se pueden lograr alcanzar a los 28 días ó 90 días, según la relación a/c empleada. Resistencias como los 630 Kg/cm² se pueden alcanzar a los 90 días.

III.3.2 Durabilidad

El concreto con mortero inyectado ha demostrado una excelente durabilidad, pues ha sido empleado en reparaciones expuestas ha severas condiciones. Inicialmente el concreto con mortero inyectado se fabricaba sin aire atrapado debido precisamente a que el mortero era bien fluido. El cuerpo de Ingenieros del ejército de los EE. UU. Han experimentado y a la vez determinado la utilización de concreto con mortero inyectado con aire atrapado, recomendándose que debe contener 9±1% de aire atrapado, medido de acuerdo a la Norma ASTM C231, 15 minutos después de terminada la inyección.

III.3.3 Calor de Hidratación

Debe realizarse un control de la temperatura del lugar donde se va colocar el concreto. Es por ello, que es necesario refrescar el agregado previamente colocado mediante una pequeña lluvia de agua, pero lo que no debe realizarse es lavar el agregado en los encofrados ello podría originar que en el fondo se

deposite cantidades de agua , obteniéndose como resultado un concreto pobre en el fondo del encofrado.

III.3.4 Concreto de Alta densidad

El concreto con mortero inyectado es producto de la colocación del agregado grueso de alta densidad, prueba de ello es que ha sido utilizado como escudo biológico del reactor de materiales en Idaho, EE. UU. El agregado grueso debe estar bien lavado libre de polvo y suciedad.

III.4 EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA ELABORAR CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

III.4.1 Equipo

Los equipos empleados son dos que a continuación describiremos :

III.4.1.1 Mezcladora

Las mezcladoras comúnmente usadas son de paleta vertical, aunque también se emplean las de tipo horizontal a pesar de que su mezclado sea menos eficaz que el de tipo vertical.

Las mezcladoras de concreto convencional de tambor giratorio no se recomiendan para la elaboración de mortero, a menos de que el mezclado sea prolongado, porque el mezclado es menos eficaz que en otros tipos de alta velocidad.

III.4.1.2 Bombas

La bomba debe ser del tipo de desplazamiento positivo, tal como la de pistón o de la cavidad progresiva. La bomba debe equiparse con

una línea de derivación que conecte la descarga y la entrada, o que provea circulación dentro del agitador. Puesto que las bombas requerirán normalmente de 15 a 30 minutos de mantenimiento por turno, es prudente tener un equipo de reserva de manera que se pueda suministrar una descarga continua.

En la línea de descarga de la bomba debe estar instalado un manómetro para indicar al operador si hay un incipiente bloqueo en la línea o un tubo de inserción tapado.

III.4.2 Accesorios

En este punto describiremos la tubería de entrega, los tubos de inserción, válvulas y los tubos respiradores.

III.4.2.1 Tuberías de entrega

El sistema más seguro para la entrega de la lechada consiste en un solo tubo, que se extiende directamente desde la bomba impulsora hasta un tubo de inserción dentro de la masa del agregado.

Es buena medida mantener a un mínimo práctico la longitud de la línea principal de entrega entre la bomba y los puntos de inserción ; la línea debe tener suficiente diámetro para permitir que la velocidad planeada fluctúe entre 0.6 hasta 1.2 m/s aproximadamente el equivalente a $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ a través de un tubo de 25 mm (1 pulg.).

El diámetro dependerá de la longitud de la línea , por lo tanto para mayores longitudes el diámetro tendrá que aumentar.

III.4.2.2 Tubos de inserción de mortero

Los tubos de inserción utilizados para introducir la lechada en la masa de agregado, son normalmente de 19 a 25 mm (3/4" a 1") de diámetro, para concreto estructural normal, y hasta 40 mm (1 1/2") para concreto masivo.

Los tubos de inserción para la lechada pueden extenderse verticalmente hasta 150 mm (6"), desde el fondo de la masa de agregado. También pueden extenderse horizontalmente o inclinados.

Los tubos de inserción verticales o inclinados se proveen en longitudes convenientes para retirarse durante la inyección.

Cuando las profundidades sean mayores se permite el acoplamiento de las tuberías.

Los tubos de inserción verticales deben sacarse durante el vaciado, de tal manera que el extremo inferior quede en todo momento a un mínimo de 300 mm (1 pie), debajo de la superficie del mortero. Las distancias entre las inserciones deben fluctuar de 1.2m a 3.7m.

III.4.2.3 Válvulas

Todas las válvulas en el sistema de tuberías deben ser del tipo tapón (cierre), de apertura rápida, fáciles de desmontar y limpiar. Las válvulas de más de 25 mm (1 pulg) de diámetro deben ser lubricadas.

III.4.2.4 Tubos respiradores

Los tubos respiradores deben emplearse en cimbras que tengan espacios reducidos o irregulares y donde el agua o aire pueden ser atrapados por la subida del nivel de mortero, como en un bloqueo, en trabajos ahogados o para la instalación de un protector biológico.

III.5 PROCEDIMIENTO DE FABRICACION:

El proceso de fabricación de este concreto con mortero inyectado requiere de un tratamiento especial a los diferentes componentes que intervienen y que a continuación se mencionaremos :

III.5.1 Colocación del agregado grueso

Preparación para la colocación, El agregado grueso debe estar bien lavado libre de polvo, suciedad y otras partículas que puedan encontrarse en su superficie. Antes del colocado del agregado grueso, procurar no lavar nunca el agregado en los encofrados, ello podría originar que en el fondo se deposite pequeñas cantidades de agua, obteniendo como resultado un concreto de baja calidad estructural (concreto pobre) en el fondo del encofrado.

Colocación del agregado grueso, el sistema de colocado debe ser tal que minimice el efecto de SEGREGACION y ROTURA, un tubo acerado con un diámetro al menos de cuatro veces el tamaño máximo del agregado. Debe ser utilizado para colocar el agregado en el fondo del encofrado, experiencias indican que este sistema puede ser empleado para colocar el agregado desde 50 pies (15m.) de altura.

III.5.2 Contaminación

En construcciones bajo el agua donde la contaminación orgánica puede existir el agua circundante en el cual se preparará concreto con mortero inyectado debe ser evaluada para determinar la tasa de incremento de lodo y su posible influencia en la calidad del concreto resultante. Si la contaminación orgánica se presenta en tal cantidad que no puedan controlarse o eliminarse y si el plan de construcción establece una cierta demora entre la colocación del agregado grueso y la inyección del mortero, la preparación del concreto con mortero inyectado no debería ser empleado. En aguas limpias el agregado grueso, ha permanecido en la zona de preparación del concreto, durante seis meses sin resultados adversos aparentes.

III.6 MORTERO DE INYECCION

Proceso de mezcla: el procedimiento estándar de preparación es añadir el aditivo fluidificante, una vez mezclado el material cementante (cemento), agregado fino y agua.

Otra manera de elaboración del mortero de inyección es añadir el aditivo con el agua, para ayudar a lograr una buena distribución de los componentes del mortero.

Preparación: Al momento en que el agregado grueso es colocado este debe estar en una condición saturada. Si la colocación no está bajo agua, es una buena práctica asegurar la saturación del agregado, así como también revisar los encofrados para evitar la pérdida excesiva del mortero de inyección.

III.6.1 Mortero de inyección de resinas epóxicas:

Los morteros de resinas epóxicas pueden ser utilizados donde se requiera elevada resistencia inicial.

Algunos alcances nos recomienda evitar generación de vapor, para ello es condición indispensable que el agregado grueso se encuentre completamente seco. Además que el mortero de inyección a base de resinas epóxicas debe tomar una viscosidad baja.

III.7 EL CONTROL DE CALIDAD

Para asegurar un trabajo de calidad se debe tener en cuenta lo siguiente:

Determine que el contratista haya tenido experiencia al fabricar concreto con mortero inyectado sino debería demostrar capacidad. Revisar disponibilidad de los agregados.

Revisar la mezcla y equipo bombeante. Evitar pérdida de agua durante el proceso de preparación de concreto con mortero inyectado. Es aconsejable que tanto mezcladoras como bombas estén en buena condición de trabajo.

El efecto de expansión es el que genera que el mortero tenga una baja resistencia en comparación con el mortero base.

El agregado grueso deberá ser constantemente revisado asegurándose que está libre de partículas y revestimientos.

El uso de agregado "sucio", origina que el mortero de inyección no pueda adherirse perfectamente al agregado grueso, lo que a su vez provocará una disminución en cuanto a la resistencia del concreto resultante.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

DISEÑO DE MEZCLA

IV.1 DISEÑO DEL MORTERO FLUIDO

El diseño del mortero fluido debe de tener características que garanticen sus uso para el cual se ha destinado. El agregado especificado para el mortero fluido está contemplado en la norma ASTM C-404, para albañilería armada. En el diseño del mortero fluido se partió de la base de un mortero de fluidez 110% (mortero patrón), el cual mediante un incremento en la relación agua/cemento o con adición de un aditivo fluidificante sin variar la relación agua/cemento del mortero patrón, se obtienen mezclas fluidas a tal punto que nos garantiza la perfecta inyección del mortero fluido en los vacíos que deje el agregado grueso y fabricar un concreto de adecuadas propiedades físicas.

El diseño del mortero se centra en la perfecta dosificación del cemento con la arena, igualmente rige este concepto para el mortero fluido, por lo cual se eligió para el presente estudio dosificaciones que generalmente son utilizadas, debido a que satisfacen los requisitos mínimos en lo que respecta a resistencia a la compresión.

Las dosificaciones elegidas son la siguientes relaciones cemento : arena : 1:1 y 1:2, en peso.

IV.2 MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

El mortero fluido debe tener una fluidez capaz de ocupar los vacíos que deje el agregado grueso, para ello el mortero debe satisfacer la norma ASTM C494, en donde la fluidez se determinará mediante un cono de consistencia o cono de March, que tiene una capacidad de 1725 cc, se llenará todo este volumen y deberá pasar todo este volumen a través de un orificio de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en un tiempo de 18 a 26 segundos. En caso de no pasar todo el volumen de mortero en el tiempo señalado nos indicará que no es apto para ser inyectado en el agregado grueso. Para conseguir esta fluidez se incrementará la relación agua/cemento del mortero patrón de tal manera que al medir la fluidez del mortero en el cono de March o Cono de consistencia, según la norma ASTM C494 cumpla con el tiempo requerido, de esta manera nos indicará que el mortero está apta para la inyección en los vacíos que deje el agregado grueso.

IV.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

La dosificación de la arena y el cemento serán medidas en peso, la primera aproximación de la cantidad de agua para la obtención de un índice de fluidez de $110\pm 5\%$, se realiza considerando una relación agua/cemento igual a 0.80, preparada

la mezcla se procede a determinar la fluidez en la mesa de flujo, si el índice de fluidez resulta superior al de 115% la relación agua/cemento tendrá que decrecer hasta alcanzar una fluidez del $110\pm 5\%$ y si resulta inferior se debe incrementar la relación agua/cemento. Conseguida la dosificación de todos los componentes (cemento, arena y agua) en todas las relaciones, se procede a calcular la relación agua/cemento para el mortero fluido de inyección.

Se realizan unos ajustes hasta lograr una relación agua/cemento que al realizar la preparación de la mezcla y seguidamente ser ensayada en el cono de consistencia o cono de March, según Norma ASTM C494 se obtenga una fluidez que nos garantice que el mortero pueda ser inyectado en la estructura del agregado grueso, esto sería que todo el volumen del mortero (1725 cc.) pase por el cono de March, en el tiempo requerido (18 a 26 segundos).

IV.4 MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Inicialmente, partiendo del mortero patrón (fluidez: $110\pm 5\%$), se obtiene el mortero fluido incrementando correlativamente la agua/cemento. Otra forma de obtener un mortero fluido sin incrementar la relación agua/cemento, ya que ello ocasiona una disminución en su $f'c$, es adicionando un aditivo reductor de agua que cumpla con la norma ASTM C494, Tipo A o D, que mejorará la fluidez del mortero sin aumentar los requerimientos de agua, asimismo éste aditivo deberá proporcionar una expansión esencial de adherencia entre mortero y agregado. La dosificación del aditivo dependerá de los ensayos previos a la utilización. Debe hacerse un número suficiente de pruebas antes de la elaboración de concreto para determinar las dosificaciones exactas. El empleo eficiente de los aditivos asegurará un concreto resultante de adecuadas propiedades físicas. La Fluidez será determinado

en el Cono de consistencia o Cono de March según norma ASTM C494, en el cual 1725 cc de mortero fluido deberá pasar por una boquilla de ½" de diámetro, en un tiempo de 22±4 segundos.

IV.4.1 Condiciones establecidas en los morteros de inyección:

Ensayos realizados en varios países, indican que para obtener resultado satisfactorios de las operaciones de inyectado, los morteros deben cumplir con simples condiciones establecidas tanto para el estado fresco como para el estado endurecido del mortero.

Estas condiciones son:

1. Fluidez necesaria para un efectivo inyectado.
2. Ausencia de exudación y segregación, para evitar la formación de bolsas de aire (cangrejas) junto al tendón.
3. Buenas propiedades adherentes, en el estado endurecido que garantice una unión eficiente entre mortero y agregado.
4. Buenas resistencias mecánicas.

IV.4.2 Características de los morteros de inyección con aditivo

Los morteros de inyección deben presentar en el estado fresco son:

- a) Suficiente consistencia para asegurar que los espacios que deje el agregado grueso sea completamente ocupado por el mortero fluido.
- b) Necesaria fluidez para permitir una operación de inyectado satisfactoria.
- c) Una buena estabilidad para descartar la presencia de una exudación nociva durante el fraguado y en el endurecimiento.

- d) La suficiente adherencia que se generará por la expansión del mortero inyectado y que contribuirá a la obtención de un concreto estructural de resistencias mecánicas adecuadas.

IV.5 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Elegida las proporciones (1:1 y 1:2) a utilizar, se procederá a la determinación de la relación agua/cemento (a/c) teniendo como principal objetivo la obtención para cada proporción una fluidez base de $110 \pm 5\%$.

Como siguiente paso se procedió a determinar la cantidad óptima de aditivo, para ello se procedió a la adición sucesiva y creciente a la mezcla patrón hasta lograr un índice de fluidez que se controlaría mediante la prueba de consistencia, utilizando el cono de flujo estándar de acuerdo a la norma ASTM C494, el aditivo debería ser dosificado de tal manera que no cause efectos secundarios en la mezcla.

Es importante señalar que la fluidez que se alcance debe de medirse con sumo cuidado con el cono de March o cono de consistencia. Para mantener uniformidad, el tiempo de salida debe limitarse de 18 a 26 segundos, el mortero obtenido con la fluidez solicitada servirá para trabajar en forma adecuada en la elaboración de concreto con mortero inyectado en la estructura del agregado grueso, no sólo se debe controlar la elevada fluidez para la inyección sino también generarle propiedades, como la de adherencia que es esencial para la elaboración del concreto.

El equipo necesario para la fabricación del mortero es el siguiente:

- La mezcladora, de 1/6 HP y 3 velocidades (139 a 591 rpm)
- Probetas graduadas para medir agua
- Balanza con aproximación a 0.5 g.

El procedimiento de fabricación de las muestras de mortero indicado en las normas es el siguiente:

1. Se pesan los componentes, y se mide la cantidad de agua necesaria
2. Se vierte el agua en el recipiente de mezcla seguidamente se añade el cemento, y se mezcla durante 30 seg. a velocidad lenta.
3. A continuación se vierte la arena en un intervalo de 30 seg., al término del cual se cambia a velocidad alta y se mezcla 30 seg. más.
4. Se apaga la batidora, se introduce la pasta adherida a las paredes y deja reposar. Todo esto en 1 minuto 30 segundos.

5. Finalmente se mezcla a alta velocidad durante un minuto.

Cuando se utilizó aditivo (medido con mucho cuidado) este se introdujo antes del minuto final de la mezcla, y se prolongó el tiempo de mezclado por un minuto más.

DISEÑO DEL MORTERO PATRON (Fluidez : 110±5%)

Fluidez : Determinada en la mesa de flujo.

Dosificación de componentes:

Cemento : 1.0
 Arena : 1.0

Componentes del Mortero	a/c	a/c	a/c	Dosificación en peso
	0.42	0.43	0.44	
Agua	126	129	132	129 cc
Cemento	300	300	300	300 gr
Arena	300	300	300	300 gr
% de Fluidez	104%	110%	117%	

NOTA:

Dosificación: La dosificación corresponde a un tanda que se ensayó en la mesa de flujo.

Fluidez : Determinada según la Norma ITINTEC 334.057

DISEÑO DEL MORTERO PATRON (Fluidez : 110±5%)

Fluidez : Determinada en la mesa de flujo.

Dosificación de componentes:

Cemento : 1.0

Arena : 2.0

Componentes del Mortero	a/c 0.58	a/c 0.59	a/c 0.60	Dosificación en peso
Agua	174	177	180	177 cc
Cemento	300	300	300	300 gr
Arena	600	600	600	600 gr
% de Fluidez	102%	108%	119%	

NOTA:

Dosificación: La dosificación corresponde a un tanda que se ensayó en la mesa de flujo.

Fluidez : Determinada según la Norma ITINTEC 334.057

DISEÑO DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Fluidez : Determinada en el Cono de Consistencia.

Dosificación de componentes:

Cemento : 1.0

Arena : 1.0

Componentes del Mortero	a/c 0.47	a/c 0.48	a/c 0.50	Dosificación en peso
Agua	141	147	153	147 cc
Cemento	300	300	300	300 gr
Arena	300	300	300	300 gr
Fluidez (tiempo : seg.)	26	20	17	

NOTA:

Dosificación: La dosificación Cemento : arena es en peso.

Fluidez : Determinada según la Norma ASTM C939

DISEÑO DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Fluidez : Determinada en el Cono de Consistencia.

Dosificación de componentes:

Cemento : 1.0

Arena : 2.0

Componentes del Mortero	a/c 0.69	a/c 0.70	a/c 0.72	Dosificación en peso
Agua	207	210	216	210 cc
Cemento	300	300	300	300 gr
Arena	600	600	600	600 gr
Fluidez (tiempo : seg.)	25	22	17	

NOTA:

Dosificación: La dosificación Cemento : arena es en peso.

Fluidez : Determinada según la Norma ASTM C939

DISEÑO DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Fluidez : Determinada en el Cono de Consistencia.

Dosificación de componentes:

Cemento : 1.0

Arena : 1.0

Componentes del Mortero	a/c	a/c	a/c	Dosificación en peso
	0.43	0.43	0.43	
Cemento	300	300	300	300 gr
Arena	300	300	300	300 gr
Sikament FF-86	354	425	495	425 cc/bls.
Intraplast	850	850	850	850 gr/bls.
Fluidez (tiempo : seg.)	24	21	17	

NOTA:

Dosificación : La dosificación Cemento : arena es en peso.

cc/bls. : Centímetros cúbicos por bolsa cemento

gr/bls. : Gramos por bolsa de cemento

Fluidez : Determinada según la Norma ASTM C939

DISEÑO DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Fluidez : Determinada en el Cono de Consistencia.

Dosificación de componentes:

Cemento : 1.0

Arena : 2.0

Componentes del Mortero	a/c	a/c	a/c	Dosificación en peso
	0.59	0.59	0.59	
Cemento	300	300	300	300 gr
Arena	600	600	600	600 gr
Sikament FF-86	708	779	814	779 cc/bls.
Intraplast	850	850	850	850 gr/bls.
Fluidez (tiempo : seg.)	25	22	17	

NOTA:

Dosificación : La dosificación Cemento : arena es en peso.

cc/bls. : Centímetros cúbicos por bolsa cemento

gr/bls. : Gramos por bolsa de cemento

Fluidez : Determinada según la Norma ASTM C939

CAPITULO V

CAPITULO V

PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

V.1 ENSAYOS EN EL MORTERO

En el estudio del mortero tenemos que considerar principalmente que propiedades requerirá para la función que desempeñará. Las propiedades dependen de los factores de diseño arquitectónico y/o estructural, factores del método de construcción y de la dosificación del mortero. Los factores de diseño pueden controlarse siguiendo recomendaciones adecuadas para ello, por lo que es posible obtener un diseño más racional y óptimo.

Las normas aseguran la calidad de los morteros apoyándose en la comprobación de la calidad de los ingredientes del mismo y en ensayos como el de la determinación del índice de fluidez y de la resistencia a la compresión.

Además de los ensayos mencionados se realizaron ensayos: para el mortero en estado fresco, ensayo de fluidez para todas las proporciones consideradas, a este ensayo se le consideró como fundamental, y su cálculo fue de acuerdo a la norma ASTM C494, en el que se especifica el equipo y el procedimiento a seguir, la cantidad de agua se determinó en función de la fluidez requerida. Así mismo se determinó el peso unitario de las proporciones estudiadas en el estado fresco.

A continuación describiremos los procedimientos normalizados para la determinación de algunas propiedades del mortero.

V.1.1 Ensayo de fluidez

Se realizó de acuerdo a la norma ITINTEC 334.057 (Mesa de Flujo), que indica lo siguiente:

Se coloca el mortero en el tronco de cono (de 4 pulgadas de diámetro mayor y 2 pulgadas de altura), colocado sobre la mesa de flujo, en dos capas. Seguidamente se enrasa el molde y se somete a 25 golpes durante 15 segundos, dejándola caer desde una altura de media pulgada. Una vez terminada la operación, se mide el diámetro alcanzado por la muestra.

El valor de la fluidez se expresa como el porcentaje de incremento del diámetro, respecto del diámetro mayor del molde.

Siendo D_f , el diámetro final en milímetros alcanzado por la muestra, se tiene:

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{(D_f - 101.6) * 100}{101.6}$$

V.1.2 Ensayo del Peso Unitario

En este ensayo los equipos utilizados son: un recipiente de 400 cc., de capacidad, un pisón espátula para enrasar y una balanza con aproximación a 0.5 gr.

Para la determinación del peso unitario se pesó el recipiente de 400cc., de capacidad, luego se añadió la mezcla en 3 capas con una ligera compactación en cada una, luego se enrasó y se pesó.

Resultado: Peso unitario

$$\text{Peso Unitario} = \frac{(\text{Peso 1} - \text{Peso 2})}{400 \text{ cc}}$$

Donde:

Peso 1 : Recipiente + mezcla en gr.

Peso 2 : Recipiente, en gr.

V.1.3 Ensayo de exudación

La exudación, según la FIP (Federación Internacional de Pretensado), se ha determinado midiendo el agua que resurge a la superficie del mortero en reposo durante 3 horas. El recipiente que se empleó fue un cilindro de 10 cm de diámetro y 10 cm de altura.

Procedimiento:

- a. Llenar hasta la altura marcada (5 cm) en el recipiente con el mortero en estudio.

- b. Dejar al recipiente en completo reposo, al resguardo de sacudidas o vibraciones que determinen una exudación no normal.
- c. Con sumo cuidado medir el agua que resume a la superficie del mortero cada 30 minutos.
- d. La exudación total es el porcentaje de asentamiento que ha ocurrido al cabo de 3 horas.

V.1.4 Ensayo del tiempo de fraguado

Este ensayo se realizó con el aparato de la Aguja Vicat según la Norma ITINTEC 334.006. Las muestras son elaboradas según el procedimiento indicado en el capítulo anterior.

Inicialmente las muestras se colocan en el molde tronco - cónico teniendo como base un pedazo de vidrio. Seguidamente se introduce 30 minutos en la cámara húmeda.

Para la determinación del tiempo de fragua inicial y final se realizan penetraciones cada 15 minutos. Entre cada determinación de la penetración y la siguiente, el espécimen de ensayo se conserva en la cámara húmeda. Las penetraciones deben estar separadas 6 mm o más entre sí y 9 mm o más del borde del molde.

El tiempo de fragua inicial se considera al tiempo transcurrido desde que se mezcla el agua y el cemento hasta que la aguja penetre 25 mm. Luego las penetraciones se continúan.

Cuando la penetración sea 4 mm, se invierte el molde, de modo que la base menor del molde se apoye sobre el vidrio.

El tiempo de fragua final se considera al tiempo transcurrido desde el momento en que se agrega el agua al cemento, hasta que aguja no deje huella en la superficie de la muestra.

V.1.5 Ensayo de compresión

Este ensayo se realiza con especímenes cúbicos de 50mm de lado, elaborados según el procedimiento indicado en la norma ITINTEC 334.051. Antes de llenar los moldes se deben sellar las juntas para evitar fugas de agua. Seguidamente se llenan los moldes en 2 capas de igual espesor, en cada una de las cuales se da 32 golpes uniformemente distribuidos. La capa final se enrasa con la espátula. Luego de 24 horas se desmolda y se sumerge en la poza de curado, en el cual permanecerá hasta la fecha de ensayo. Los ensayos fueron realizados a los 7 días (3 cubos); 14 días (3 cubos) y a los 28 días (6 cubos).

El valor de la resistencia a la compresión de los cubos está dado por la relación:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

P : Carga de rotura aplicada en Kg.

A : Area transversal en cm²

F'c : Resistencia a la compresión en Kg/ cm²

V.2 ENSAYOS EN EL MORTERO DE INYECCIÓN

En el mortero de inyección las condiciones cambian en cuanto a las características y requerimientos de éste, la selección de los materiales y su elaboración, son procesos que requieren especial cuidado, además de ello debe otorgársele al mortero de inyección propiedades como su elevada fluidez (mediante la adición de un aditivo), que no se podría determinar en la mesa de flujo, es por ello que se realizaron los siguientes ensayos, para poder determinar algunas propiedades de éste tipo de mortero.

V.2.1 Ensayo de fluidez

El ensayo de fluidez se realizó de acuerdo a la norma ASTM C939.

La fluidez de la mezcla se determinó por medio del cono de March o cono de flujo. La mezcla es elaborada partiendo de una adecuada selección del agregado fino. El método consiste en colocar 1725 cc de mortero de inyección dentro del cono de March cuidando de que el mortero de inyección no pase por el tubo de descarga de $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm) de diámetro. Como siguiente paso se mide el tiempo que demora en pasar el mortero de inyección a través del tubo de descarga. Para concretos estructurales el rango recomendado es de 18 a 26 segundos.

V.2.2 Ensayo del Peso Unitario

En este ensayo los equipos utilizados fueron : un recipiente de 400 cc de capacidad, un pisón, una espátula para enrasar y una balanza con aproximación a 0.5 gr.

Para la determinación del peso unitario, se pesó el recipiente de 400 cc de capacidad, luego se añadió la mezcla en 3 capas con una ligera compactación en cada una, finalmente se enrasó y se pesó.

Resultado : peso unitario.

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso 1} - \text{Peso 2}}{400 \text{ cc}}$$

Donde:

Peso 1 : Recipiente + mezcla, en gr.

Peso 2 : Recipiente, en gr.

V.2.3 Ensayo de Compresión

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la descripción de la norma ITINTEC 334.051.

El mortero fluido deberá tener un índice de fluidez requerido para la elaboración de concreto con mortero inyectado, los moldes fueron preparados, paso seguido se procedió al llenado de los moldes, el llenado es por compartimientos, y en cada uno de ellos se apisonan con 32 golpes del compactador , los especímenes serán cubos de 50 mm de lado.

V.3 DOSIFICACIONES ELEGIDAS

Las proporciones de cemento y arena (agregado fino) por lo común son de 1:1 a 1:2 medidas en peso, aunque han sido empleadas proporciones tan pobres como 1:3. Generalmente las mezclas más pobres se preparan en una mezcladora de alta velocidad. Estas mezclas utilizan una granulometría de arena semejante a la que se

utiliza en concreto convencional y agregado grueso de un tamaño mínimo de 40mm (1 ½ pulgadas). No se pone ningún límite al tamaño máximo del agregado grueso.

La resistencia a compresión y la facilidad de bombeo limitan la cantidad de arena que puede emplearse en cualquier mortero de inyección. Para trabajo estructural normal, la proporción de materiales (cemento : arena), debe ser de aproximadamente 1:1; pero puede llegar a ser 1:2.

Los materiales deben medirse por peso y las recomendaciones en cuanto a sus límites granulométricos se dan en las tablas dadas a conocer en el capítulo III. El agua puede medirse con exactitud en volumen lo mismo que los aditivos líquidos a excepción de los aditivos en polvo que se medirán por peso. Todo equipo para pesar y medir debe calibrarse con exactitud y operarse con las tolerancias permisibles y así determinar la cantidad exacta de cada uno de los componentes de concreto con mortero inyectado.

a.- Materiales utilizados

Los morteros fluidos de inyección están compuestas básicamente de cemento portland, arena y agua pueden modificarse eficazmente para elaborar concreto con mortero inyectado mediante la utilización de aditivos que el otorguen las propiedades de fluidez y expansión en el mortero.

Los materiales utilizados en la elaboración de los morteros ensayados son cemento, arena, y agua que fueron debidamente analizados a excepción del cemento. Los agregados corresponden a lo establecido en el capítulo III según la Tabla III.1, donde se establece los límites de granulometría para la arena (agregado fino) y el agregado grueso. Para el presente trabajo se empleó la Granulometría 1, donde se recomienda aparte de los límites granulométricos, que la arena tenga un módulo

de fineza adecuado (para nuestro caso debe variar de 1.30 a 2.10). El mortero fluido puede elaborarse con cualesquiera de los tipos de cemento sin aire incluido que cumplan con la norma ASTM C150 o C595, y que son adecuados para usarse en concreto convencional y producir las condiciones requeridas para el concreto con mortero inyectado.

Los aditivos utilizados serán: un aditivo reductor de agua que cumplan con la norma ASTM C494, Tipo A o D, mejorará la fluidez del mortero sin aumentar los requerimientos de agua. Otro aditivo que le otorgue al mortero una expansión esencial de adherencia entre mortero y agregado. El empleo eficiente de los aditivos debe determinarse con cuidado antes de emplearlos.

Así para la elaboración del presente trabajo se determinaron las siguientes dosificaciones:

Para el mortero fluido sin aditivo:

Proporción empleadas cemento – arena (en peso) : 1:1 y 1:2

Relación agua/cemento: 0.48 para la proporción 1:1

0.70 para la proporción 1:2.

Para el mortero fluido con aditivo:

Proporciones empleadas cemento – arena (en peso) : 1:1 y 1:2

Relación agua/cemento: 0.43 para la proporción 1:1

0.59 para la proporción 1:2.

ADITIVOS:

Para la proporción 1:1:

SIKAMENT FF-86 : 425 cc por bolsa de cemento.

INTRAPLAST : 850 gr por bolsa de cemento.

Para la proporción 1:2:

SIKAMENT FF-86 : 779 cc por bolsa de cemento.

INTRAPLAST : 850 gr por bolsa de cemento.

CAPITULO VI

CAPITULO VI

ELABORACION DEL CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

VI.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Desde la época de los griegos, los romanos y quizá civilizaciones más antiguas se ha utilizado el concreto y sus componentes cementosos, tal como la ceniza puzolánica. Sin embargo, el principio del siglo XIX marca el comienzo de un uso mayor del concreto. En 1801 F. Coignet publicó su tratado de los principios de la construcción, reconociendo la debilidad del material en tensión. En 1850 J.L. Lambot construyó por primera vez una barca pequeña de cemento para exhibirla en la Feria Mundial de 1855 en París. J. Monier, jardinero francés, patentó en 1867

marcos metálicos como refuerzo de recipientes de concreto para plantas y Koenen en 1866 publicó el primer manuscrito sobre la teoría y diseño de las estructuras de concreto. En 1906, C.A.P. Turner desarrolló la primera losa plana sin vigas.

De allí en adelante ocurrieron progresos considerables en este campo de tal manera que en 1910 se había ya establecido el Comité Alemán del Concreto Reforzado, el Comité Austriaco del Concreto, el Instituto Norteamericano del Concreto y el Instituto Británico del Concreto. Muchos edificios, puentes y recipientes de líquido existían ya por 1920, y la era del presfuerzo lineal y circular ya había empezado.

Es así como en 1937 Lee Turzillo y Louis S. Wertz conciben la idea de emplear el concreto con mortero inyectado (Conocido comercialmente en EE.UU. como Concreto de Agregado Precolocado), desarrollado posteriormente por el profesor Raymond E. Davis, quien determinó varias de sus propiedades; posteriormente lo patentó comercialmente en el año de 1940.

En nuestro medio el concreto con mortero inyectado puede ser considerado como una alternativa de solución en el campo de la Construcción Civil, y es necesario, desarrollar diversas técnicas para su correcta elaboración.

VI.2 ELABORACION DEL CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

Para elaborar concreto con mortero inyectado es necesario elaborar previamente un mortero fluido, que se obtiene a partir de un mortero patrón, de fluidez $110 \pm 5\%$, para luego modificar eficazmente su fluidez mediante el incremento de la relación agua – cemento o mediante la adición de aditivos. El mortero resultante deberá tener una elevada fluidez, a tal punto que nos garantice un adecuado inyectado en la estructura del agregado grueso (el mortero fluido ocupa los vacíos entre partícula y

partícula del agregado grueso) y de esta manera se podrá obtener un concreto con propiedades físicas adecuadas.

La fluidez del mortero fluido se medirá de acuerdo a la Norma ASTM C939. Esta norma se basa en el uso del Cono de Consistencia o Cono de March. La prueba de consistencia es usada para aquellos agregados fino en el cual el 100% de sus partículas pasa por la malla N° 8 (2.36 mm), que según *la tabla III.1 del capítulo III* son la graduación 1 ó 2.

La fluidez del mortero se determinará colocando 1725 cc de mortero fluido dentro del cono de Consistencia que consta de un tubo de descarga de ½" (12.7 mm). Posteriormente se medirá el tiempo de salida del mortero fluido por el tubo de descarga, el tiempo de descarga deberá variar de 18 a 26 segundos.

La manera de inyectar el mortero fluido en los vacíos que deje el agregado grueso entre partícula y partícula será a presión manual, mediante un inyector pre – fabricado.

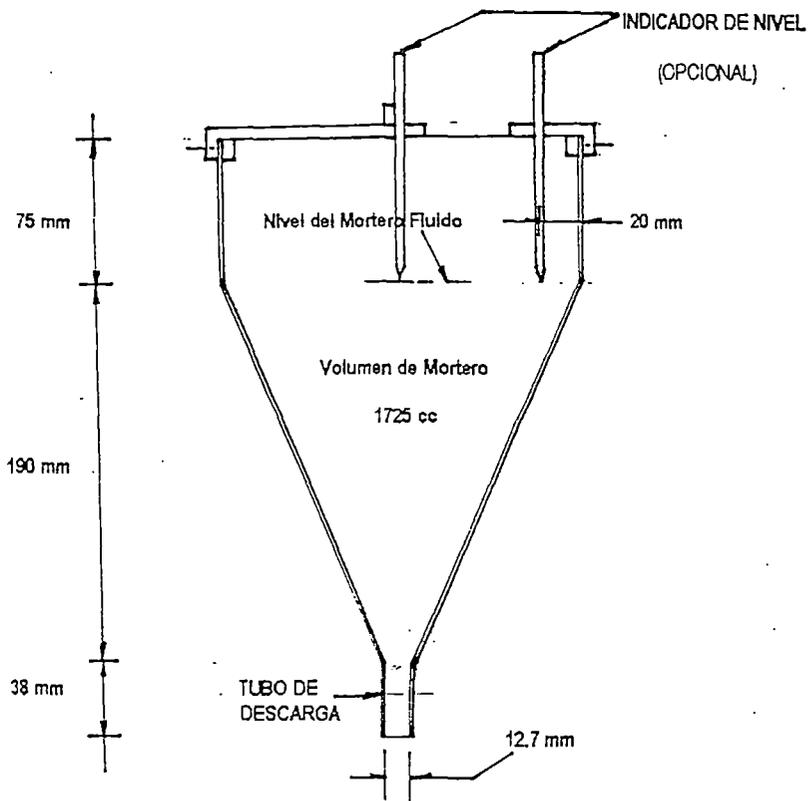
Las proporciones cemento: arena elegidas para elaborar concreto con mortero inyectado, son 1:1 y 1:2, en peso.

Para la presente tesis se procederá a elaborar dos tipos de concreto con mortero inyectado, como son:

- Concreto con mortero inyectado sin aditivo (CMISA)
- Concreto con mortero inyectado con aditivos Intraplast y Sikament FF-86 (CMICAIS).

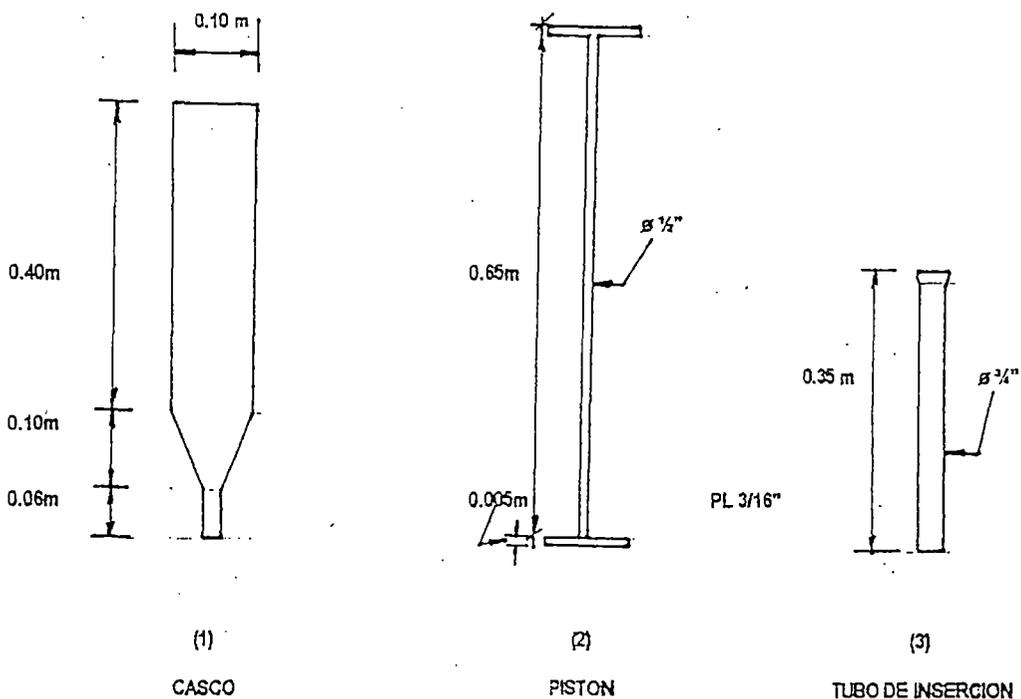
SECCION DEL CONO DE CONSISTENCIA

NORMA ASTM C939



PARTES DEL EQUIPO INYECTOR DE

MORTERO FLUIDO



VI.3 DISEÑO DEL MORTERO PATRON

Debe ajustarse la curva granulométrica de los agregados (agregado grueso y agregado fino), según los límites recomendados con los cuales se trabajará. La dosificación de la arena y el cemento serán medidos en peso, la primera aproximación de la cantidad de agua para la obtención de un índice de fluidez de $110\pm 5\%$, se realiza considerando una relación agua – cemento igual a 0.45 y 0.60 para la proporción 1:1 y 1:2 respectivamente, preparada la mezcla se procede a medir la fluidez en la mesa de flujo, si el índice de fluidez superior al 115% la relación agua – cemento tendrá que decrecer o incrementar, según sea el caso hasta alcanzar la fluidez requerida.

Una vez obtenido el agregado fino (arena) con el Módulo de Fineza recomendado se procederá a diseñar el mortero patrón de fluidez $110\pm 5\%$, el diseño del mortero se centra en la perfecta dosificación del cemento con la arena.

Las dosificaciones elegidas son las siguientes relaciones cemento : arena: 1:1 y 1:2, en peso. El mortero patrón es la mezcla de un aglomerante y agregado fino realizado por vía húmeda. La arena debe estar libre de arcillas e impurezas orgánicas.

Después de ensayar con diferentes relaciones de agua – cemento se obtuvieron para la proporción 1:1 una relación agua – cemento igual a 0.43 y para la proporción 1:2 una relación agua – cemento de 0.59.

VI.4 PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR CONCRETO CON MORTERO INYECTADO SIN ADITIVO (CMISA)

Para elaborar concreto con mortero inyectado sin aditivo, constituyen etapas importantes la selección de los agregados, la elaboración del mortero patrón, el

diseño de un mortero fluido sin empleo de aditivos y la forma adecuada de elaborar un testigo de concreto con mortero inyectado sin aditivo.

VI.4.1 Selección de los agregados y demás componentes

La elaboración del concreto con mortero inyectado sin aditivo (CMISA), tiene como punto de partida la adecuada selección de los agregados con los cuales se trabajará, para ello, es necesario basarse en la *Tabla III.1*, del *Capítulo III* donde se establece los límites granulométricos recomendados para los agregados, en la elaboración de concreto con mortero inyectado en la estructura del agregado grueso.

Para el presente trabajo se eligió la graduación 2, el cual recomienda los siguientes límites granulométricos:

- a) *Para el agregado grueso*, se recomienda que no más del 10% deberá pasar la malla de $\frac{3}{4}$ " (19 mm), no más del 2% la de $\frac{1}{2}$ " (12.5 mm) y no más del 1% la de $\frac{3}{8}$ " (9.5 mm).
- b) *Para el agregado fino*, se recomienda que el 100% debe pasar la malla N° 8 (2.36 mm), asimismo se recomienda un módulo de Fineza que debe estar en el rango de 1.30 a 2.10.

El cemento con el que se trabajó fue el cemento Portland Sol Tipo I de 42.5 Kg.

VI.4.2 Diseño del mortero fluido sin aditivo para elaborar CMISA

Para obtener un mortero fluido sin el empleo de aditivos, es necesario realizar un incremento en la relación agua – cemento del mortero patrón de tal manera que al medir la fluidez del mortero, en el Cono de Consistencia según Norma

ASTM C939 nos dé un tiempo de salida del mortero fluido que se encuentre en el rango de 18 a 26 segundos.

La dosificación de la arena y el cemento serán medidos en peso. Conseguida la dosificación de todos los componentes (Cemento, arena y agua) en todas las relaciones se procede a calcular la relación agua – cemento para el mortero fluido.

Se realizan algunos ajustes hasta lograr una relación agua – cemento que al realizar la preparación de la mezcla y seguidamente ser ensayada en el cono de consistencia según norma ASTM C939, se obtenga el tiempo de salida del mortero fluido a través del tubo de descarga dentro de los tiempos recomendados. De esta manera se logrará un mortero fluido apto para elaborar concreto con mortero inyectado.

El mortero fluido sin aditivo se obtiene con el incremento de la cantidad de agua en la dosificación base o patrón, hasta conseguir la elevada fluidez requerida.

Para la presente Tesis se obtuvieron las siguientes relaciones de agua – cemento:

Para la proporción 1:1 se obtuvo una relación agua – cemento de 0.48 y para la proporción 1:2 se obtuvo una relación agua – cemento de 0.70.

En estos ensayos se toma como dato importante el tiempo de salida del mortero fluido por el cono de consistencia, así para la proporción 1:1 se obtuvo un tiempo de salida de 20 segundos y para la proporción 1:2 el tiempo de salida que se obtuvo fue de 22 segundos.

VI.4.3 Elaboración del testigo de Concreto con mortero inyectado sin aditivo

El concreto con mortero inyectado sin aditivo requiere que los agregados (agregado fino y agregado grueso) cumplan con los límites granulométricos recomendados en la *tabla III.1 del capítulo III* y es ésta una de las diferencias significativas en cuanto a la granulometría convencionales, utilizados en nuestro medio para elaborar concreto.

El agregado grueso debe encontrarse en condición Saturada Superficialmente Seca (S.S.S.) y se colocará en el interior de la probeta. Seguidamente el mortero fluido será inyectado a presión manual procurando que la fuerza ejercida no varíe en el proceso de inyección.

El mortero fluido se inyectará por capas y se realizará un vibrado externo. La inyección debe realizarse con cuidado procurando que para la capa siguiente el tubo de inserción quede introducida por debajo del nivel del mortero inyectado. Una vez obtenido el testigo de concreto se curará para luego ser sometido a fuerzas de compresión.

VI.5 PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR CONCRETO CON MORTERO INYECTADO CON ADITIVO INTRAPLAST Y SIKAMENT FF-86 (CMICAIS)

En el CMICAIS, los aditivos empleados deben ser dosificados de tal manera que el aditivo añadido no cause efectos secundarios a la mezcla. En general el uso de los aditivos fluidificantes que se utilicen deben de carecer de cloruros y no deben ser retardantes debido a que podrían causar afectos de corrosión en la armadura y aumentar la retentividad de la mezcla respectivamente.

El procedimiento para elaborar concreto con mortero inyectado con aditivo es similar al que se empleó para elaborar concreto con mortero inyectado sin aditivo.

De igual forma es importante la selección de los aditivos y agregados, la elaboración de un mortero patrón, el diseño de un mortero fluido con el empleo de aditivos y la forma de elaborar un testigo de concreto con mortero inyectado con aditivos.

VI.5.1 Selección de los aditivos y agregados

Al igual que en el CMISA, la selección de los agregados para elaborar concreto con mortero inyectado con aditivos, constituye un factor importante para elaborar concreto, para ello, es necesario basarse en la *Tabla III.1, del Capítulo III*, donde se establece los límites granulométricos recomendados para los agregados. Para lograr los límites granulométricos recomendados es necesario realizar un tamizado previo.

Para el presente trabajo se eligió la graduación 2, cuyos límites granulométricos se describieron anteriormente.

El cemento con el que se trabajó fue el cemento Portland Sol Tipo I y los aditivos empleados fueron Sikament FF-86 e Intraplast. El empleo de los aditivos es con la finalidad de otorgar al mortero propiedades necesarias para un correcto inyectado y de esta manera obtener un concreto de adecuadas propiedades físicas. Una de las propiedades que debe tener el mortero de inyección es la *adherencia*, que se logra generando en el mortero inyectado una cierta expansión, es por ello que deberá utilizarse un aditivo expansor de mezclas. El aditivo que se utilizó como se mencionó anteriormente es el INTRAPLAST y se empleó 850 gr/bolsa de cemento para las proporciones 1:1 y 1:2. Otra de las propiedades necesarias de un mortero de inyección para elaborar concreto, es su elevada fluidez que es lograda, mediante un

aditivo superfluidificante, para este fin se utilizó el SIKAMENT FF-86. La cantidad que se empleó fue de 425 cc/bolsa de cemento y 779 cc/bolsa de cemento, para las 1:1 y 1:2 respectivamente.

VI.5.2 Diseño del mortero fluido con aditivo para elaborar CMICAIS

Inicialmente partiendo del mortero patrón, se obtiene el mortero fluido realizando un incremento en la relación agua – cemento. Otra forma de obtener un mortero fluido sin incrementar la relación agua – cemento es adicionando un aditivo fluidificante al mortero patrón, la dosificación del aditivo dependerá del aditivo a usar y de los ensayos previos a la utilización masiva de éste.

La dosificación del aditivo debe ser tal que el mortero al ser ensayado en el cono de consistencia, según norma ASTM C 939 nos dé el tiempo de salida del mortero fluido dentro de los límites recomendados (18 a 26 segundos).

El diseño de mortero fluido es a partir del mortero patrón, cuyo diseño se ha descrito anteriormente, manteniendo las relaciones agua – cemento para las proporciones 1:1 y 1:2, se procederá a la adición de un aditivo fluidificante en diferentes cantidades hasta alcanzar la fluidez necesaria para elaborar concreto con mortero inyectado. Un aditivo expansor acompañará al aditivo fluidificante.

La fluidez es determinada de acuerdo a la *Norma ASTM C939*, utilizando el Cono de consistencia o cono de March, y en el cual, un volumen de 1725 cc de mortero fluido es colocado en el interior de este cono. Posteriormente se medirá el tiempo de salida que demora en atravesar todo este volumen de mortero por la boquilla de ½” de diámetro, así tenemos: para la proporción

1:1, se obtuvo un tiempo de salida de 21 segundos y para la proporción 1:2, 22 segundos.

VI.5.3 Elaboración del testigo de Concreto con mortero inyectado con aditivo

Conseguida la fluidez necesaria, se coloca el equipo inyector en el interior de la probeta y seguidamente el agregado grueso en la condición de Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.). Como siguiente paso el mortero fluido con aditivo se inyectará a presión manual procurando mantenerla constante.

El mortero fluido se inyectará por capas y se realizará un vibrado externo. La inyección debe realizarse con cuidado procurando que para la capa siguiente el tubo de inserción quede introducida por debajo del nivel del mortero inyectado. Una vez obtenido el testigo de concreto se curará para luego ser sometido a fuerzas de compresión.

CAPITULO VII

CAPITULO VII

ENSAYOS EN EL CONCRETO CON MORTERO INYECTADO

VII.1 GENERALIDADES

Las propiedades mecánicas del concreto endurecido se podrían clasificar como:

- a)* Propiedades instantáneas o de corta duración
- b)* Propiedades de larga duración

Entre las propiedades instantáneas se encuentran la resistencia a la compresión, tracción por compresión diametral, cortante y rigidez medida por el módulo de elasticidad. Las propiedades de larga duración pueden clasificarse en términos de flujo plástico y contracción.

Los ensayos que se realizarán en el concreto con mortero inyectado son los siguientes:

- Ensayo de resistencia a la compresión
- Ensayo de tracción por compresión diametral
- Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático

El ensayo de resistencia a la compresión se realiza de acuerdo a la norma ITINTEC 339.034, que se llevará a cabo cargando cilindros de 6 in (15 cm) de diámetro y 12 in (30 cm) de altura en una fuerza de compresión paralela al eje del cilindro.

La resistencia de un concreto está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. La resistencia depende en forma importante de la resistencia de la pasta de cemento, de la adherencia entre la pasta y el agregado y de la resistencia del agregado. La adherencia depende de la textura superficial y de la limpieza del agregado. Una superficie rugosa tiene mejor adherencia que una superficie lisa. Así como también la adherencia se ve perjudicada por las películas superficiales de arcilla que cubren los agregados.

Las partículas angulares y aquellas que tienen superficie rugosa requieren mayor cantidad de agua que las redondeadas es decir interviene *la forma de la partícula del agregado*.

El ensayo de Tracción por compresión diametral se realizó de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.084, se realizó cargando el cilindro normal de 6x12 in en una línea de carga perpendicular a su eje longitudinal, con el cilindro colocado horizontalmente sobre la mesa de la máquina de prueba.

La tracción por compresión diametral se define como:

$$T = \frac{2 * P}{\pi * L * D}$$

Donde:

T: Tracción por compresión diametral Kg/cm²

P: Carga de rotura indicada en la Máquina en kilogramos.

L: Longitud del cilindro en centímetros.

D: Diámetro del cilindro en centímetros.

Los resultados de éstas pruebas dan al diseñador una medida de la resistencia esperada del concreto diseñado en la estructura construida.

VII.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

El procedimiento a seguir para realizar este ensayo fue de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.034, así tenemos:

1. Se extrae la probeta de la poza de curado, se deja secar durante tres horas aproximadamente y luego se mide el diámetro.
2. Seguidamente se procede al refrendado de las partes planas de la probeta con una capa de azufre.
3. Luego se coloca la probeta en la máquina de compresión de hasta 100 toneladas, se baja el cabezal superior hasta hacer contacto con la parte superior de la probeta y se coloca en cero la aguja del dial.

4. Finalmente se carga la máquina, a una velocidad constante hasta que la aguja se detenga. Se anota la carga de rotura.

5. El valor de la resistencia a la compresión se calcula mediante la expresión:

$$f_c = \frac{4 * P}{\pi * D^2}$$

Donde:

f_c : Resistencia a la Compresión en Kg/cm²

P : Carga de rotura indicada en la máquina en kilogramos.

D : Diámetro del cilindro en centímetros.

VII.3 ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL

El procedimiento a seguir para realizar este ensayo, de acuerdo a la norma ITINTEC 339.084, es el siguiente:

1. Se extrae la probeta de la poza de curado, se seca al aire libre durante tres horas aproximadamente y se mide su diámetro y su longitud.
2. Se coloca una placa en la base, encima la probeta de tal manera que el contacto sea una línea y sobre esta otra placa metálica de tal manera que el contacto sea otra línea paralela, que forme con la anterior un plano vertical.
3. Se baja el cabezal inferior de la máquina hasta hacer contacto con la placa superior, y se coloca en cero la aguja del dial.

4. Se aplica la carga al cilindro en forma constante evitando impactos hasta la rotura.
5. El valor de la tracción por compresión diametral, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{2 * P}{\pi * L * D}$$

Donde:

- T: Tracción por compresión diametral Kg/cm²
- P: Carga de rotura indicada en la Máquina en kilogramos.
- L: Longitud del cilindro en centímetros.
- D: Diámetro del cilindro en centímetros.

VII.4 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO – METODO DE NIVELES OPTICOS – (ESPEJO MARTENS)

a) En laboratorio

1. Se extrae la probeta de la poza de curado, se deja secar durante tres horas aproximadamente y luego se mide el diámetro.
2. Seguidamente se procede al refrendado de las partes planas de la probeta con una capa de azufre.

3. Luego se coloca la probeta en la máquina de compresión hasta 100 toneladas, se baja el cabezal superior hasta hacer contacto con la parte superior de la probeta y se coloca en cero la aguja del dial.
4. A continuación se instala el equipo de los niveles Ópticos, existente ene el LEM – UNI, y se hace coincidir los hilos con el cero de la regla graduada.
5. Finalmente se carga la máquina, a una velocidad constante y se anotan las lecturas (izquierda y derecha) de los espejos, cada 2000 kg hasta la carga de rotura.

b) En gabinete:

6. Se saca el promedio de las lecturas derecha e izquierda. El cálculo de la deformación unitaria para cada carga se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\epsilon = Lec/10,000$$

Donde:

ϵ : Deformación Unitaria

Lec : Lectura en los espejos Martens en cm.

Esto debido a las lecturas obtenidas en los espejos, en centímetros, están aumentados 500 veces y la longitud del tramo en estudio es 20 cm.

7. Una vez obtenida la deformación unitaria para cada carga se grafica la curva esfuerzo vs. Deformación. Seguidamente se calcula el 40% del

esfuerzo de rotura, y se traza una horizontal a ese nivel hasta cortar dicha curva.

De dicha intersección se baja una vertical y se obtiene su respectiva deformación unitaria. Luego se une el origen con el punto de intersección.

8. El módulo de elasticidad Estático, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$E = (0.4 \% \sigma_u) / \epsilon_u$$

Donde:

E : Módulo de Elasticidad Estático

σ_u : Esfuerzo de rotura en Kg/cm²

ϵ_u : Deformación unitaria correspondiente a σ_u .

CAPITULO VIII

CAPITULO VIII

CUADROS Y GRAFICOS DE RESULTADOS

VIII.1 GENERALIDADES

En el presente capítulo se detallarán los resultados de los ensayos realizados de acuerdo a las normas existentes. Estos resultados son presentados en cuadros de acuerdo al avance en la elaboración de la presente Tesis.

También se muestran gráficos en los cuales se puede visualizar claramente detalles importantes para quien realiza la inspección.

La presentación de un cuadro así como su contenido de éstos son tan importantes que no pueden desligarse ambos, por su parte los gráficos nos muestran las tendencias existentes en cada ensayo sin la necesidad de valores claramente visibles indican asimismo el comportamiento que tiene el concreto resultante en cuanto a su resistencia con el transcurso del tiempo.

VIII.2 CUADROS DE RESULTADOS

CUADRO Nro. 8.1.1

PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

(Norma ITINTEC 400.022)

PROPIEDAD	Und.	Valor
Peso específico Nominal	Kg/m ³	2,763
Peso específico aparente	Kg/m ³	2,679
Peso específico S.S.S.	Kg/m ³	2,710
Porcentaje de absorción	%	1,13

CONTENIDO DE HUMEDAD

(Norma ASTM C-566)

PROPIEDAD	Und.	Valor
Contenido de humedad	%	0.58

PESO UNITARIO

(Norma ITINTEC 400.017)

PROPIEDAD	Und.	Valor
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1,273
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1,440

Nota:

Los valores presentados son el resultado del promedio de dos (2) ensayos

Los ensayos se han realizado en el LEM-UNI

CUADRO Nro. 8.1.2

PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO FINO

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

(Norma ITINTEC 400.022)

PROPIEDAD	Und.	Valor
Peso específico Nominal	Kg/m ³	2,730
Peso específico aparente	Kg/m ³	2,690
Porcentaje de absorción	%	0.46

CONTENIDO DE HUMEDAD

(Norma ASTM C-566)

PROPIEDAD	Und.	Valor
Contenido de humedad	%	0.22

PESO UNITARIO

(Norma ITINTEC 400.017)

PROPIEDAD	Und.	Valor
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1,465
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1,767

Nota:

Los valores presentados son el resultado del promedio de dos (2) ensayos

Los ensayos se han realizado en el LEM-UNI

CUADRO Nro. 8.2.1

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 400.012

Muestra:9000gr.

Tamiz Nro.	Peso Retenido	% parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa
1"	1815.10	20	20	80
3/4"	6478.50	72	92	8
1/2"	706.40	8	100	0
3/8"			100	0

Módulo de Fineza:

$$M.F. = (20 + 92 + 100 + 6 \cdot 100) / 100$$

$$M.F. = 8.12$$

Nota:

Los valores arriba mostrados son el resultado del promedio de dos (2) ensayos

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales

CUADRO Nro. 8.2.2

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

Norma ITINTEC 400.012

Muestra: 500gr.

Tamiz Nro.	Peso Retenido	% parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa
4	-	-	-	100.00
8	-	-	-	100.00
16	23.20	4.60	4.60	95.40
30	181.90	36.40	41.00	59.00
50	153.20	30.60	71.60	28.40
100	88.00	17.60	89.20	10.80
200	18.00	3.60	92.80	7.20
Fondo	35.70	7.20	100.00	0.00

Módulo de Finura:

$$M.F. = (4.6 + 41 + 71.60 + 89.20) / 100$$

$$M.F. = 2.06$$

Nota:

Los valores arriba mostrados son el resultado del promedio de dos (2) ensayos

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales

CUADRO N° 8.4.1

TIEMPO DE FRAGUA DEL MORTERO BASE (110+5%)

Norma ITINTEC 334.006
(HORAS)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo (%)	TIEMPO DE FRAGUA	
			Inicial	Final
1:1	0.43	0	2 ^h 35 ^{min}	6 ^h 39 ^{min}
1:2	0.59	0	2 ^h 40 ^{min}	6 ^h 42 ^{min}

CUADRO N° 8.4.2

TIEMPO DE FRAGUA DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Norma ITINTEC 334.006
(HORAS)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo (%)	TIEMPO DE FRAGUA	
			Inicial	Final
1:1	0.48	0	3 ^h 19 ^{min}	6 ^h 54 ^{min}
1:2	0.70	0	3 ^h 30 ^{min}	7 ^h 32 ^{min}

Nota:

Este ensayo se realizó mediante el método de la aguja de Vicat

La dosificación cemento:arena es en peso

a/c : agua/cemento

CUADRO N° 8.4.3

TIEMPO DE FRAGUA DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Norma INTTEC 334.006

(HORAS)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		TIEMPO DE FRAGUA VICAT	
		Sikament	Intraplast	Inicial	Final
1:1	0.43	1.2	2.0	5 ^h 41 ^{min}	8 ^h 02 ^{min}
1:2	0.59	2.2	2.0	3 ^h 58 ^{min}	7 ^h 05 ^{min}

Nota:

Este ensayo se realizó mediante el método de la aguja de Vicat

La dosificación cemento:arena es en peso

a/c : agua/cemento

CUADRO N° 8.4.4

EXUDACION Y PESO UNITARIO DEL MORTERO BASE (110+5%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo (%)	P. Unitario Kg/cm ³	Exudación (%)
1:1	0.43	0	2.14	1.10
1:2	0.59	0	2.10	1.00

CUADRO N° 8.4.5

EXUDACION Y PESO UNITARIO DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo (%)	P. Unitario Kg/cm ³	Exudación (%)
1:1	0.43	0	2.12	1.50
1:2	0.59	0	2.07	2.83

Nota:

El ensayo de exudación se realizó según la norma para morteros de inyección

El ensayo de peso unitario se realizó en un recipiente de 400 cc

La dosificación cemento : arena es en peso

CUADRO N° 8.4.6

EXUDACIÓN Y PESO UNITARIO DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivos(%)		P.unitario Kg/cm ³	Exudación (%)
		Sikament	Intraplast		
1:1	0.43	1.2	2.0	1.76	0
1:2	0.59	2.2	2.0	1.87	0

Nota:

El ensayo de exudación se realizó según la norma para morteros de inyección

El ensayo de peso unitario se realizó en un recipiente de 400 cc

La dosificación de aditivo está en porcentaje en peso del cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

CUADRO N° 8.4.7

COMPARACION DEL TIEMPO DE FRAGUA DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO CON RESPECTO AL MORTERO BASE

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo (%)	TIEMPO DE FRAGUA VICAT	
			Inicial	Final
Mortero Base (Fluidez 110+5%)				
1:1	0.43	0	100	100
1:2	0.59	0	100	100
Mortero Fluido sin aditivo				
1:1	0.48	0	128	103
1:2	0.70	0	131	112

Nota:

El ensayo de tiempo de fragua se realizó mediante el método de la aguja Vicat

La dosificación cemento : arena es en peso

CUADRO N° 8.4.7.1

COMPARACION DE LA EXUDACION Y PESO UNITARIO DEL MORTERO FLUIDO
SIN ADITIVO RESPECTO AL MORTERO BASE
(%)

Proporción C:A:r	Relación a/c	Aditivo (%)	P. unitario Kg/cm ³	Exudación (%)
Mortero Base (Fluidoz 110-5%)				
1:1	0.43	0	100	100
1:2	0.59	0	100	100
Mortero fluido sin aditivo				
1:1	0.48	0	99	136
1:2	0.70	0	98.5	283

Nota:

El ensayo de tiempo de fragua se realizó mediante el método de la aguja Vicat

La dosificación cemento : arena es en peso

CUADRO 8.4.8

COMPARACION DEL TIEMPO DE FRAGUA DEL MORETRO FLUIDO CON ADITIVO RESPECTO AL MORTERO BASE (%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		TIEMPO DE FRAGUA VICAT	
		Sikament	Intraplast	Inicial	Final
Mortero Base (Fluidez 110+5%)					
1:1	0.43	0	0	100	100
1:2	0.59	0	0	100	100
Mortero Fluido con aditivo (Sikament e Intraplast)					
1:1	0.43	1.2	2.0	220	118
1:2	0.59	2.2	2.0	149	106

Nota:

El ensayo de tiempo de fragua se realizó mediante el método de la aguja de Vicat

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento:arena es en peso

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(950gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.4.9

COMPARACION DE LA EXUDACIÓN Y PESO UNITARIO DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO CON RESPECTO AL MORTERO BASE

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivos(%)		P.unitario Kg/cm ³	Exudación (%)
		Sikament	Intraplast		
Mortero Base (fluidéz 110+5%)					
1:1	0.43	0	0	100	100
1:2	0.59	0	0	100	100
Mortero Fluido con aditivo Sikament e Intraplast					
1:1	0.43	1.2	2.0	82	0
1:2	0.59	2.2	2.0	89	0

Nota:

El ensayo de exudación se realizó según la norma para morteros de inyección

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento:arena es en peso

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.5.1

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO BASE

Norma ITINTEC 334.051

(Kg/cm²)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)		
			7 días	14 días	28 días
1:1	0.43	0	572	580	655
1:2	0.59	0	379	410	494

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento/arena es en peso

CUADRO N° 8.5.2

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Norma ITINTEC 334.051

(Kg/cm²)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)		
			7 días	14 días	28 días
1:1	0.48	0	304	336	447
1:2	0.70	0	191	232	271

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento/arena es en peso

M.F. = 2.06 para el agregado fino

Tiempo de curado de la muestra (7,14,28 días)

CUADRO N° 8.5.3

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Norma ITINTEC 334.051

(Kg/cm²)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)		
		Sikament	Intraplast	7 días	14 días	28 días
1:1	0.43	1.2	2.0	354	378	446
1:2	0.59	2.2	2.0	322	339	371

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento:arena es en peso

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.5.4

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO BASE

Norma ITINTEC 334.051

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
			7 días	14 días	28 días
1:1	0.43	0	87	89	100
1:2	0.59	0	77	83	100

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento/arena es en peso

M.F.= 2.06 para el agregado fino

Tiempo de curado de la muestra (7,14,28 días)

CUADRO N° 8.5.5

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Norma ITINTEC 334.051

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
			7 días	14 días	28 días
1:1	0.48	0	68	75	100
1:2	0.70	0	71	86	100

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento/arena es en peso

M.F.= 2.06 para el agregado fino

Tiempo de curado de la muestra (7,14,28 días)

CUADRO N° 8.5.6

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Norma ITINTEC 334.051

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
		Sikament	Intraplast	7 días	14 días	28 días
1:1	0.43	1.2	2.0	79	85	100
1:2	0.59	2.2	2.0	87	91	100

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento:arena es en peso

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.5.7

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO CON RESPECTO AL MORTERO BASE (%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
			7 días	14 días	28 días
Mortero Base (Fluidez 110+5%)					
1:1	0.43	0	100	100	100
1:2	0.59	0	100	100	100
Mortero Fluido sin aditivo					
1:1	0.48	0	53	58	69
1:2	0.70	0	50	57	55

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento/arena es en peso

M.F. = 2.06 para el agregado fino

Tiempo de curado de la muestra (7,14,28 días)

CUADRO N° 8.5.8

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO ADITIVO CON ADITIVO CON RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma ITINTEC 334.051

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
		Sikament	Intraplast	7 días	14 días	28 días
Mortero Base (Fluidez 110+5%)						
1:1	0.43	0	0	100	100	100
1:2	0.59	0	0	100	100	100
Mortero Fluido con aditivo Sikament e Intraplast						
1:1	0.43	1.2	2.0	62	65	63
1:2	0.59	2.2	2.0	85	83	75

Nota:

Las muestras del mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento:arena es en peso

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.6.1

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO FABRICANDO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 339.034

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)				
			3 días	7 días	14 días	28 días	42 días
1:1	0.48	0	131	144	158	163	167
1:2	0.70	0	80	91	102	114	127

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

CUADRO N° 8.6.2

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO FABRICANDO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO CON ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 339.034

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)				
		Sikament	Intraplast	3 días	7 días	14 días	28 días	42 días
1:1	0.43	1.2	2.0	183	206	226	239	224
1:2	0.59	2.2	2.0	132	139	143	188	167

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.6.3

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO FABRICANDO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 339.034

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)				
			3 días	7 días	14 días	28 días	42 días
1:1	0.48	0	80	88	97	100	102
1:2	0.70	0	70	80	90	100	111

Nota:

Los especimenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

CUADRO N° 8.6.4

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO FABRICANDO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO CON ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma INTTEC 339.034

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)				
		Sikament	Intraplast	3 días	7 días	14 días	28 días	42 días
1:1	0.43	1.2	2.0	77	86	95	100	94
1:2	0.59	2.2	2.0	70	74	76	100	89

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.6.5

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FABRICADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO CON RESPECTO AL MORTERO BASE

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)		
			7 días	14 días	28 días
Mortero Base (Fluidez 110+5%)					
1:1	0.43	0	100	100	100
1:2	0.59	0	100	100	100
Mortero Fluido sin aditivo					
1:1	0.48	0	25	27	25
1:2	0.70	0	24	25	23

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

CUADRO N° 8.6.6

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FABRICADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO CON ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO CON RESPECTO AL MORTERO BASE

(%)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
		Sikament	Intraplast	7 días	14 días	28 días
Mortero Base (Fluidez 110+5%)						
1:1	0.43	0	0	100	100	100
1:2	0.59	0	0	100	100	100
Mortero Fluido con aditivo Sikament e Intraplast						
1:1	0.43	1.2	2.0	36	39	37
1:2	0.59	2.2	2.0	37	35	38

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.
La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

0

CUADRO N° 8.7.1

MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

CALCULO DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS METODO DE LOS NIVELES OPTICOS

Proporción Cemento:arena	:1:1
Relación agua/cemento	:0.43
Aditivo SIKAMENT	:1.2%
Aditivo INTRAPLAST	:2.0%
Area promedio de la probeta	:177 cm ²
Edad de la muestra	:28 días

Pto.	Carga	Esfuerzo	Lectura Izquierda	Lectura Derecha	Promedio	Deformación Unitaria
	Kg	Kg/cm ²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
1	0	0	0,10	0,10	0,10	0,00
2	2000	11,30	0,30	0,10	0,20	0,10
3	4000	22,60	0,40	0,20	0,30	0,20
4	6000	33,90	0,60	0,40	0,50	0,40
5	8000	45,20	0,90	0,80	0,85	0,75
6	10000	56,50	1,30	1,30	1,30	1,20
7	12000	67,80	1,80	2,00	1,90	1,80
8	14000	79,10	2,50	2,60	2,55	2,45
9	16000	90,40	3,20	3,40	3,30	3,20
10	18000	101,69	4,00	4,20	4,10	4,00
11	20000	112,99	5,00	5,20	5,10	5,00
12	22000	124,29	6,00	6,40	6,20	6,10
13	24000	135,59	7,40	7,90	7,65	7,55
14	26000	146,89	9,10	9,60	9,35	9,25
15	28000	158,19	11,50	11,80	11,65	11,55
16	30000	169,49	15,90	15,60	15,75	15,65

Nota:

La dosificación cemento:arena es en peso

El aditivo está dado en porcentaje del peso de cemento

Los valores presentados son el promedio de seis (6) ensayos

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42,5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cuboisa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 ca/bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.7.2

MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

CALCULO DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS METODO DE LOS NIVELES OPTICOS

Proporción Cemento:arena	:1:2
Relación agua/cemento	:0.59
Aditivo SIKAMENT	:2.2%
Aditivo INTRAPLAST	:2.0%
Area promedio de la probeta	:177 cm ²
Edad de la muestra	:28 días

Pto.	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Lectura Izquierda 10 ⁻⁴	Lectura Derecha 10 ⁻⁴	Promedio 10 ⁻⁴	Deformacion Unitaria 10 ⁻⁴
1	0	0	0,10	0,10	0,10	0,00
2	2000	11,30	0,20	0,20	0,20	0,10
3	4000	22,60	0,40	0,20	0,30	0,20
4	6000	33,90	0,60	0,40	0,50	0,40
5	8000	45,20	0,90	0,80	0,85	0,75
6	10000	56,50	1,50	1,40	1,45	1,35
7	12000	67,80	2,20	2,00	2,10	2,00
8	14000	79,10	2,90	2,70	2,80	2,70
9	16000	90,40	3,80	3,60	3,70	3,60
10	18000	101,69	4,80	4,90	4,85	4,75
11	20000	112,99	6,20	6,40	6,30	6,20
12	22000	124,29	8,00	8,30	8,15	8,05
13	24000	135,59	10,20	11,20	10,70	10,60
14	26000	146,89	14,50	16,50	15,50	15,40

Nota:

La dosificación cemento:arena es en peso

El aditivo está dado en porcentaje del peso de cemento

Los valores presentados son el promedio de seis (6) ensayos

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.7.3

MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

CALCULO DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS METODO DE LOS NIVELES OPTICOS

Proporción Cemento:arena	:1:1
Relación agua/cemento	:0.48
Aditivo SIKAMENT	:0%
Aditivo INTRAPLAST	:0%
Area promedio de la probeta	:177 cm ²
Edad de la muestra	:28 días

Pto.	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Lectura Izquierda 10 ⁻⁴	Lectura Derecha 10 ⁻⁴	Promedio 10 ⁻⁴	Deformación Unitaria 10 ⁻⁴
1	0	0	0,10	0,20	0,15	0,00
2	2000	11,63	0,20	0,40	0,30	0,15
3	4000	23,26	0,50	0,60	0,55	0,40
4	6000	34,88	0,80	1,10	0,95	0,80
5	8000	46,51	1,40	1,70	1,55	1,40
6	10000	58,14	1,50	2,80	2,15	2,00
7	12000	69,77	2,80	3,10	2,95	2,80
8	14000	81,40	3,70	4,10	3,90	3,75
9	16000	93,02	4,90	5,40	5,15	5,00
10	18000	104,65	6,40	6,90	6,65	6,50
11	20000	116,28	8,40	8,90	8,65	8,50
12	22000	127,91	11,20	11,70	11,45	11,30
13	24000	139,53	15,20	15,30	15,25	15,10
14	26000	151,16	22,30	21,00	21,65	21,50

Nota:

La dosificación cemento:arena es en peso

El aditivo está dado en porcentaje del peso de cemento

Los valores presentados son el promedio de seis (6) ensayos

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.7.4

MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

CALCULO DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS METODO DE LOS NIVELES OPTICOS

Proporción Cemento:arena	:1:2
Relación agua/cemento	:0.70
Aditivo SIKAMENT	:0%
Aditivo INTRAPLAST	:0%
Area promedio de la probeta	:177 cm ²
Edad de la muestra	:28 dias

Pto.	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Lectura Izquierda 10 ⁴	Lectura Derecha 10 ⁴	Promedio 10 ⁴	Deformación Unitaria 10 ⁴
1	0	0	0,10	0,10	0,10	0,00
2	2000	11,63	0,30	0,20	0,25	0,15
3	4000	23,26	0,40	0,40	0,40	0,30
4	6000	34,88	0,90	0,50	0,70	0,60
5	8000	46,51	2,00	1,20	1,60	1,50
6	10000	58,14	4,30	2,40	3,35	3,25
7	12000	69,77	6,50	5,10	5,80	5,70
8	14000	81,40	9,60	9,00	9,30	9,20
9	16000	93,02	18,20	10,80	14,50	14,40
10	18000	104,65	21,30	20,90	21,10	21,00

Nota:

La dosificación cemento:arena es en peso

El aditivo está dado en porcentaje del peso de cemento

Los valores presentados son el promedio de seis (6) ensayos

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42,5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

CUADRO N° 8.7.5

RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL DEL CONCRETO ELABORADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 339.084

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (Kg/cm ²)
1:1	0.48	0	19.22
1:2	0.70	0	17.56

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Los valores mostrados son resultado del promedio de 6 ensayos

CUADRO N° 8.7.6

RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL DEL CONCRETO ELABORADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO CON ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITNTEC 339.084

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (Kg/cm ²)
		Sikament	Intraplast	
1:1	0.43	1.2	2.0	25.10
1:2	0.59	2.2	2.0	18.10

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (650gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(650gr./bolsa de cemento)

Los valores mostrados son resultado del promedio de 6 ensayos

CUADRO N° 8.7.7

MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ELABORADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

METODO DE NIVELES OPTICOS

(Espejos MARTENS)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Ad. (%)	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (Kg/cm ²)
1:1	0.48	0	261,847.33
1:2	0.70	0	318,881.12

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Los valores mostrados son resultado del promedio de 6 ensayos

CUADRO N° 8.7.8

MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO DEL CONCRETO ELABORADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO CON ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

METODO DE NIVELES OPTICOS
(Espejos MARTENS)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (Kg/cm ²)
		Sikament	Intraplast	
1:1	0.43	1.2	2.0	269,295.77
1:2	0.59	2.2	2.0	305,691.06

Nota:

Los especímenes de prueba fueron probetas cilíndricas de D=15 cm. y h=30 cm.

La dosificación de Aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

Condiciones de Inyección:

Condición del agregado grueso: Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)

Modo de inyectar el mortero: A Presión manual

Cemento Portland Sol Tipo I (42.5 Kg)

Aditivo: Sikament (en líquido) e Intraplast (en polvo)

1:1 Aditivo: Sikament (425 cc/bolsa de cemento) e Intraplast (850gr./bolsa de cemento)

1:2 Aditivo: Sikament (779 cc/ bolsa de cemento) e Intraplast(850gr./bolsa de cemento)

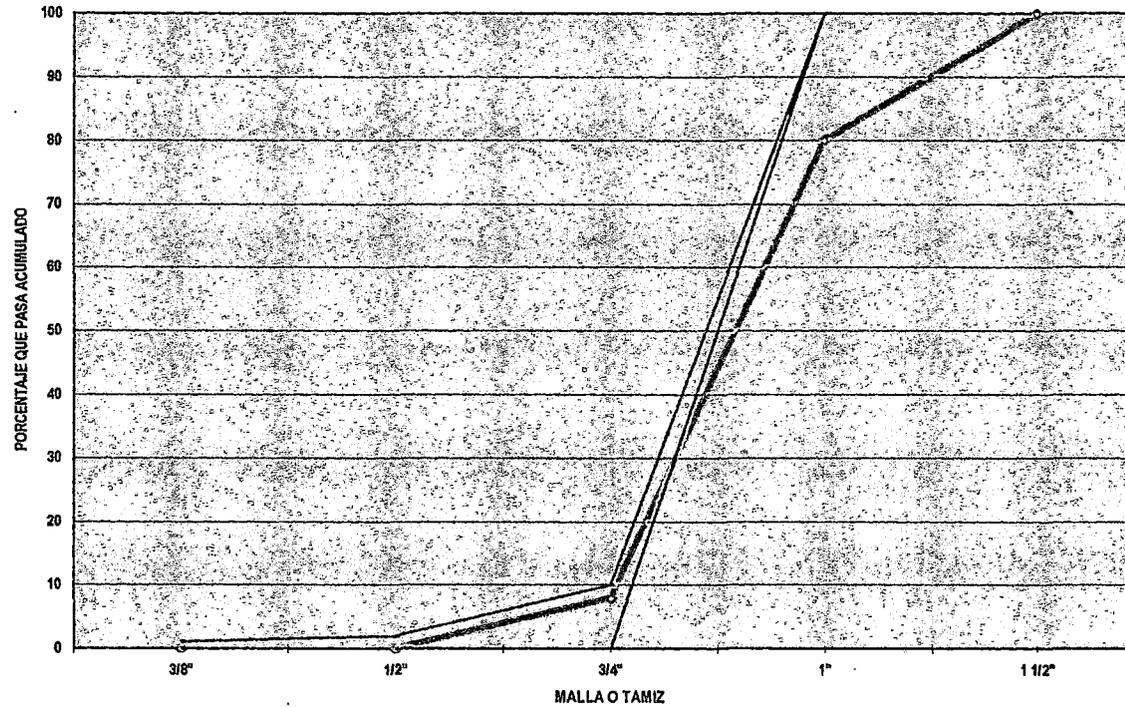
Los valores mostrados son resultado del promedio de 6 ensayos

VIII.3 GRAFICOS DE RESULTADOS

GRAFICO N° 8.2.1

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 400.012



NOTA:

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales-UNI

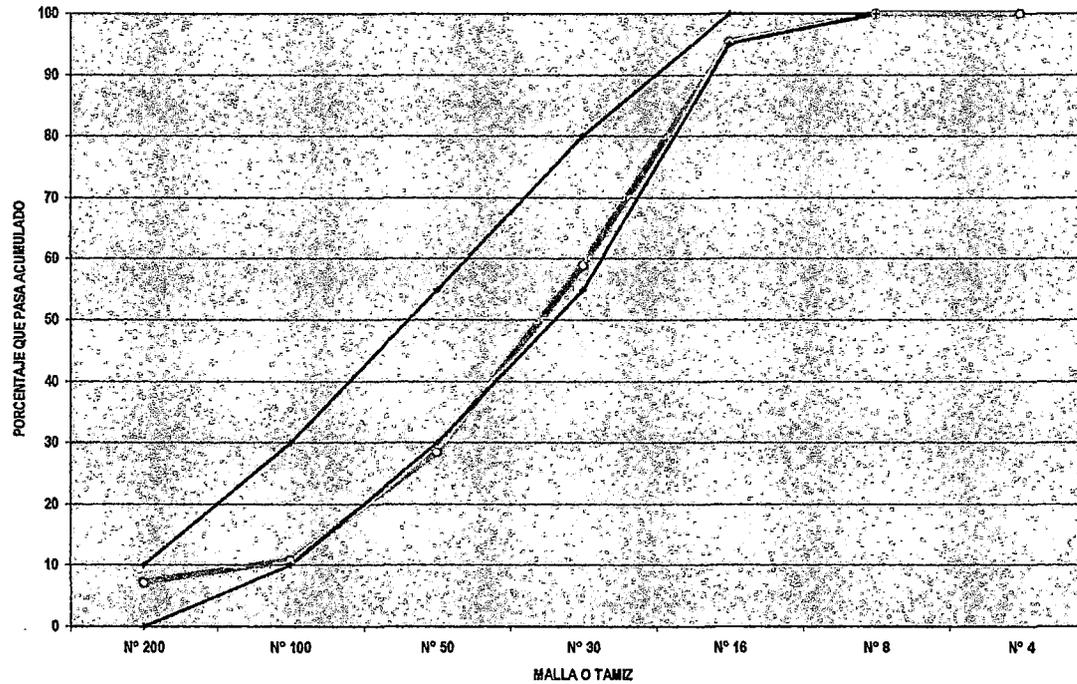
Los valores obtenidos son el resultado del promedio de dos ensayos

La línea gruesa representa la curva granulométrica del agregado grueso

GRAFICO N° 8.2.2

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

Norma ITINTEC 400.012



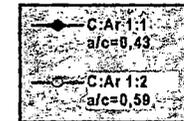
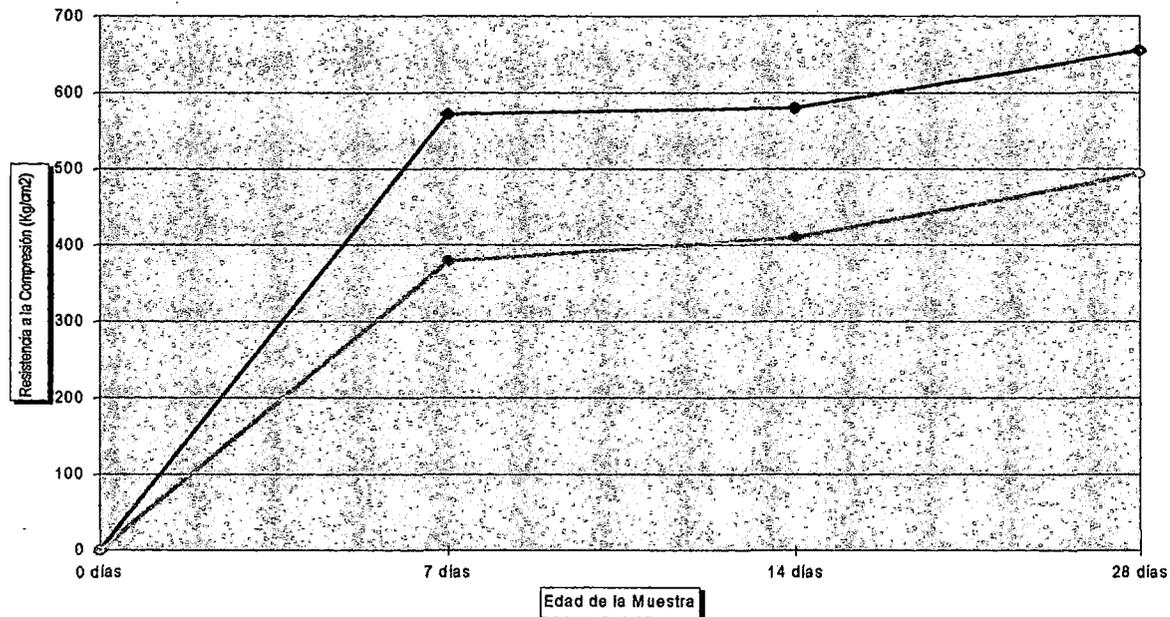
NOTA:

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales-UNI
Los valores obtenidos son el resultado del promedio de dos ensayos
La línea gruesa representa la curva granulométrica del agregado grueso

GRAFICO N° 8.5.1

Norma ITINTEC 334.051

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO BASE



Nota:

La Fluidez del mortero es de 110+5%

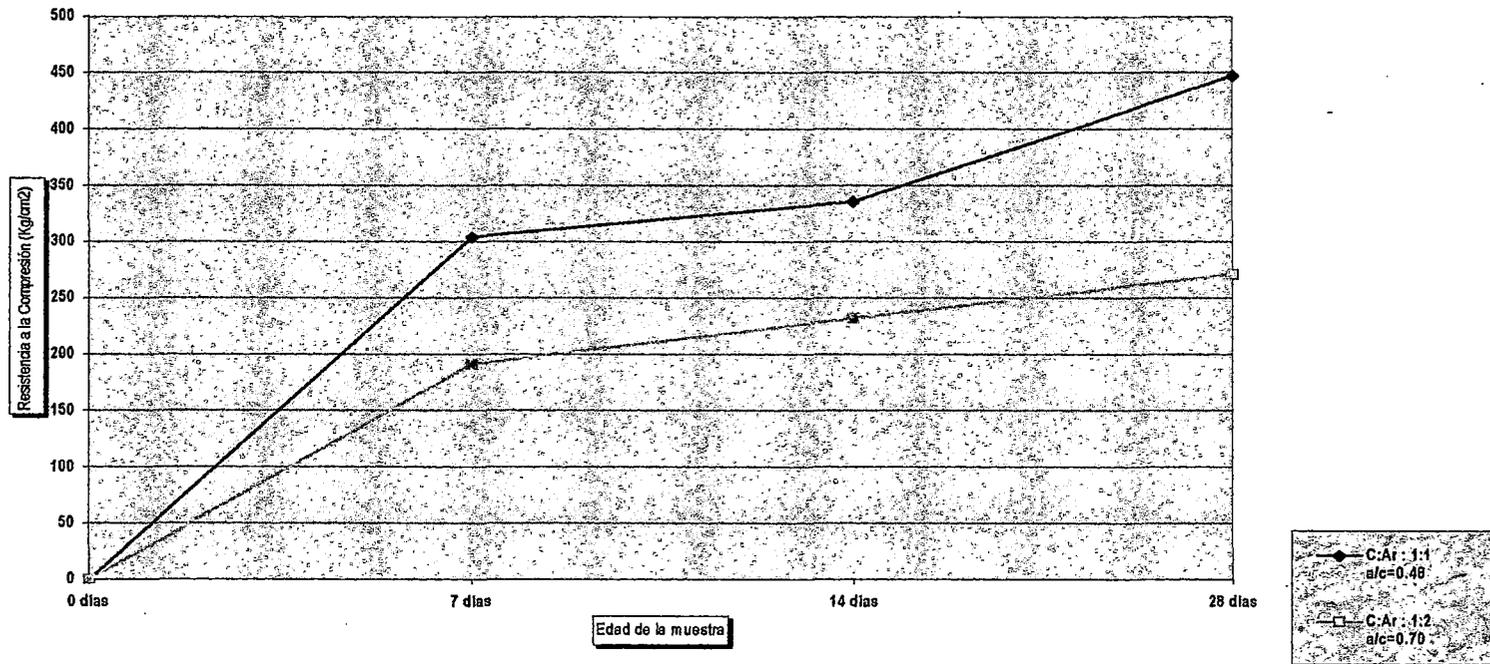
Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento: arena es en peso

GRAFICO N° 8.5.2

Norma ITINTEC 334.051

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO



Nota:

La fluidez del mortero es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de March)

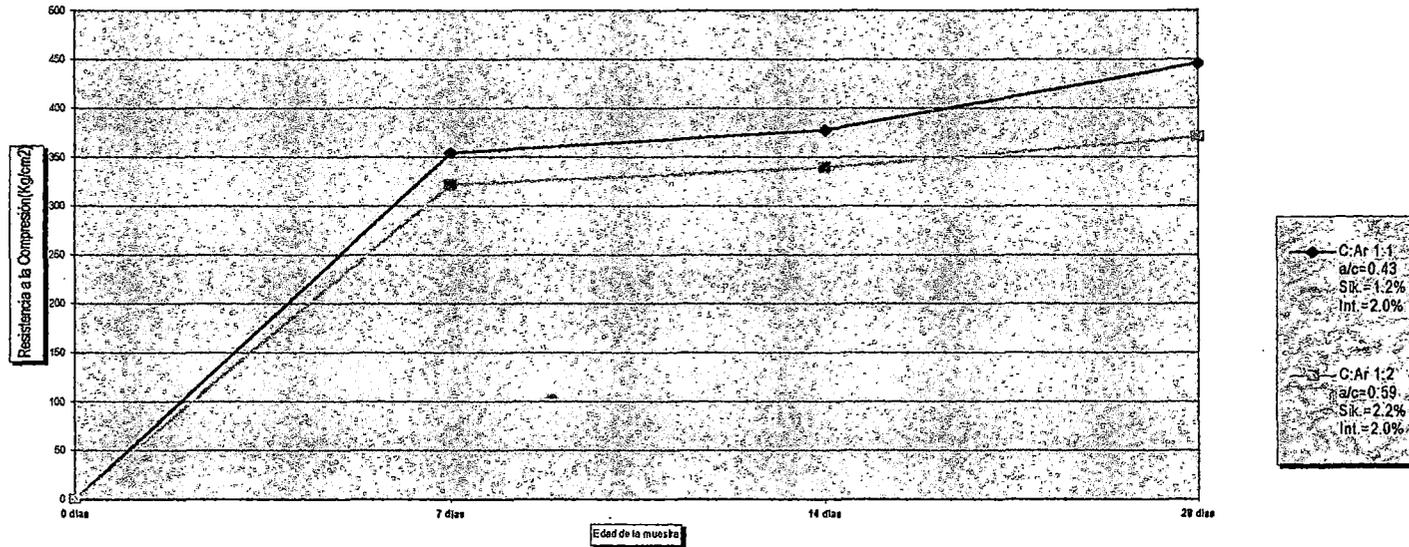
Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. De arista

La dosificación cemento : arena es en peso

GRAFICO 8.5.3

Norma ITINTEG 334.051

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO



Nota:

La Fluidéz es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de March $t_s=22$ seg.)

Los especímenes de mortero ensayadas fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento : arena es en peso

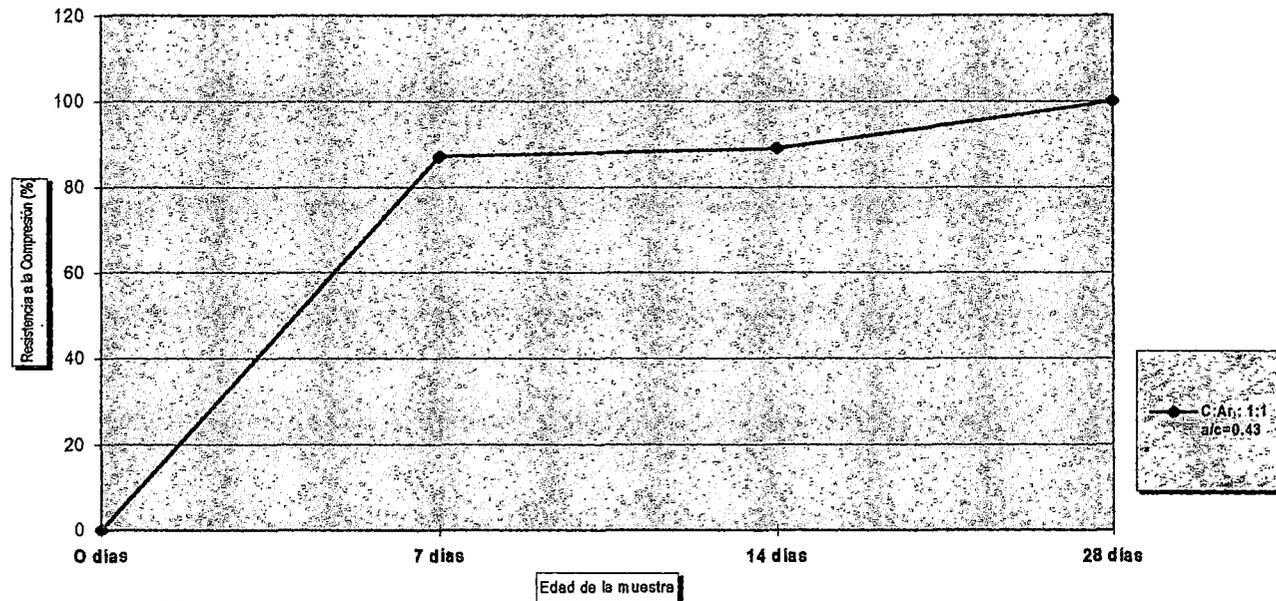
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (Sik.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.5.4

RESISTENCIA LA COMPRESION DEL MORTERO BASE

Norma INTINTEC 334:051.



Nota:

La Fluidez del mortero es de 110+5%

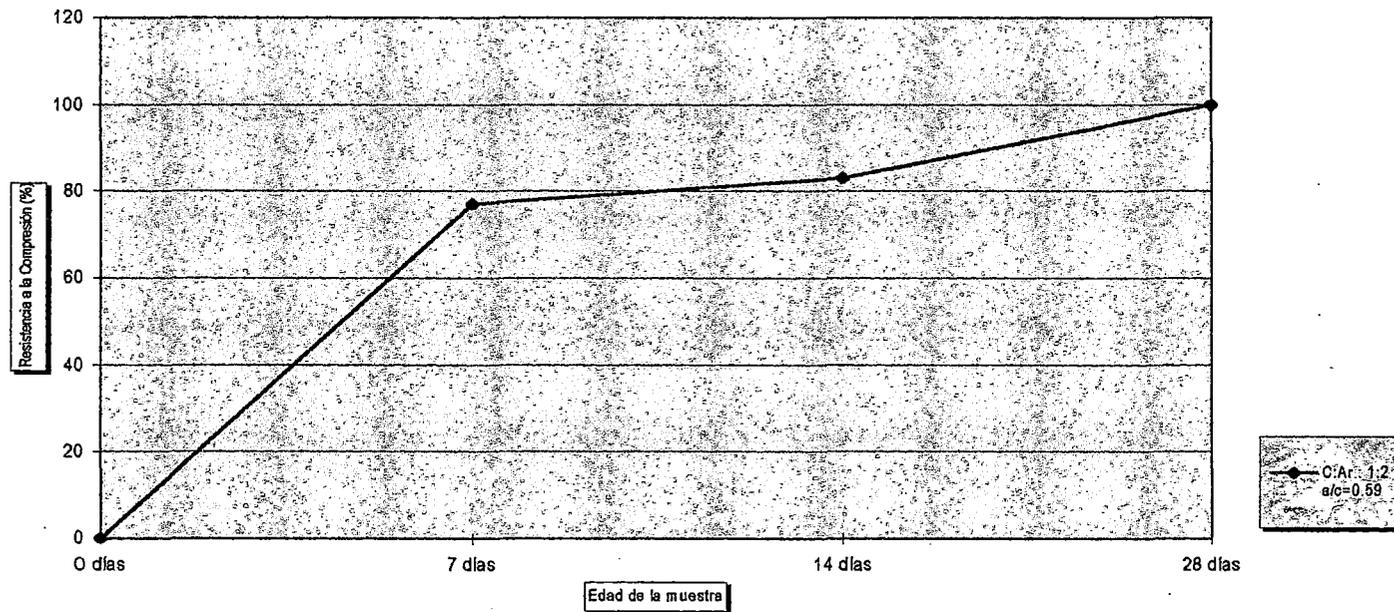
Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento: arena es en peso

GRAFICO N° 8.5.4.1

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO BASE

Norma INTINTEC 334.051



Nota:

La Fluidez del mortero es de 110+5%

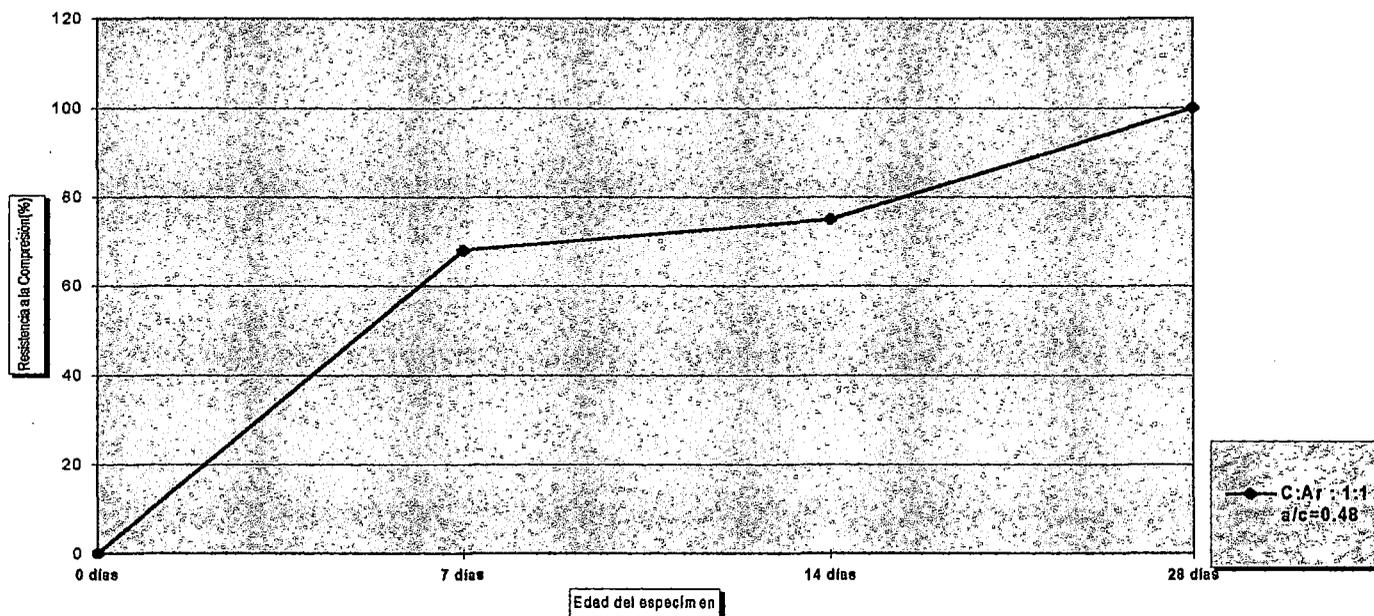
Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento: arena es en peso

GRAFICO N° 8.5.4.2

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Norma ITINTEC 334.051



Nota:

La fluidez del mortero es determinada según la Norma ASTM C939 (Cono de March $t_2=22$ seg.)

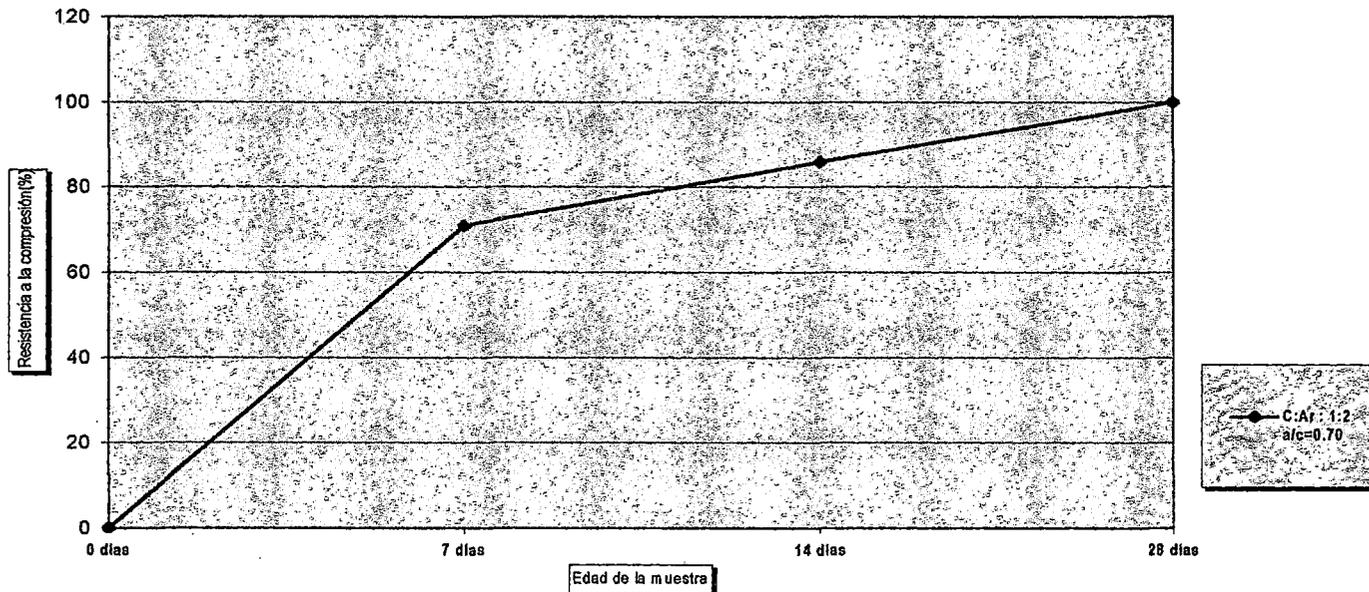
Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista.

La dosificación cemento: arena es en peso.

GRAFICO N° 8.5.4.2.a

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO

Norma ITINTEC.334.061



Nota:

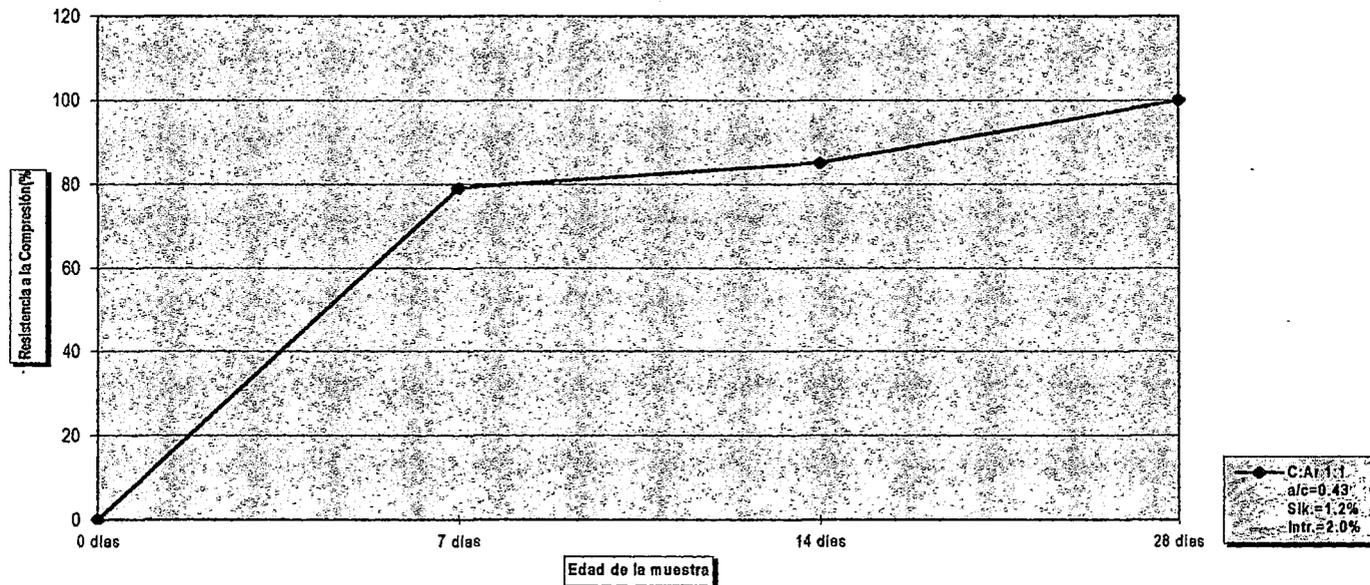
La fluidez del mortero es determinada según la Norma ASTM C939 (Cono de March $t_s=22$ seg.)

Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento: arena es en peso

GRAFICO N° 8.5.4.3

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO Norma ITINTEC 334.051



Nota:

La fluidez es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de March ts=22 seg.)

Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento : arena es en peso

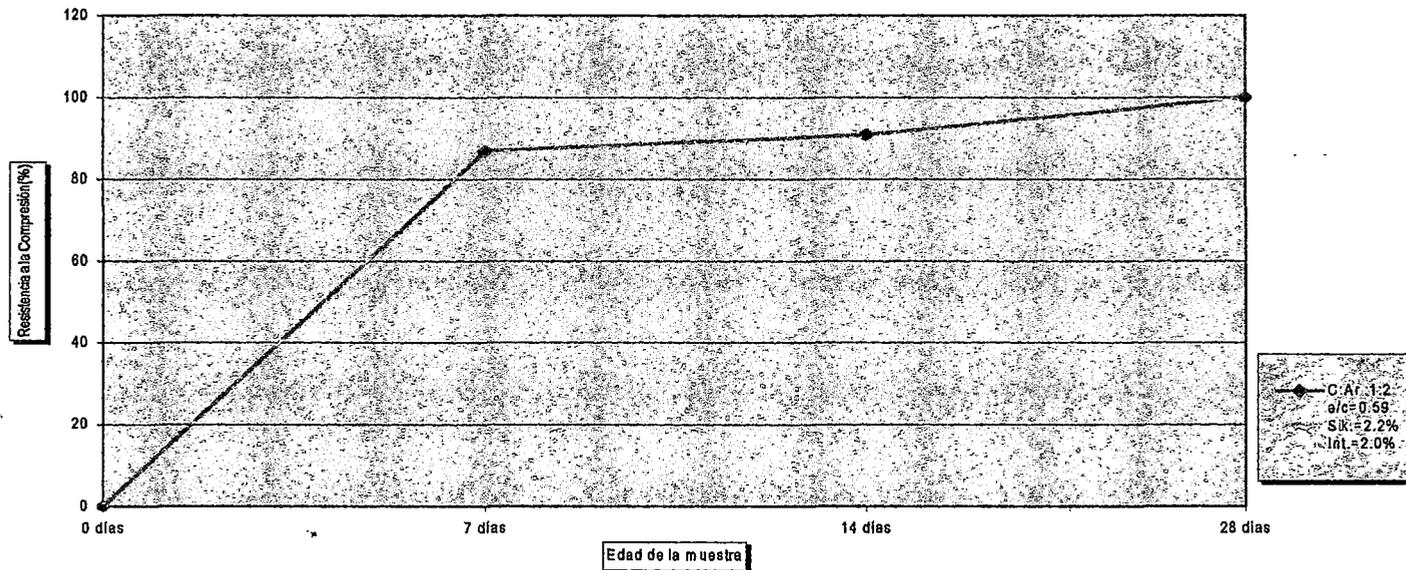
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (Sik.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

*SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.5.4.3.a

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO

Norma INTETEC-334.051



Nota:

La Fluidoz es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de March ts=22 seg.)

Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento : arena es en peso

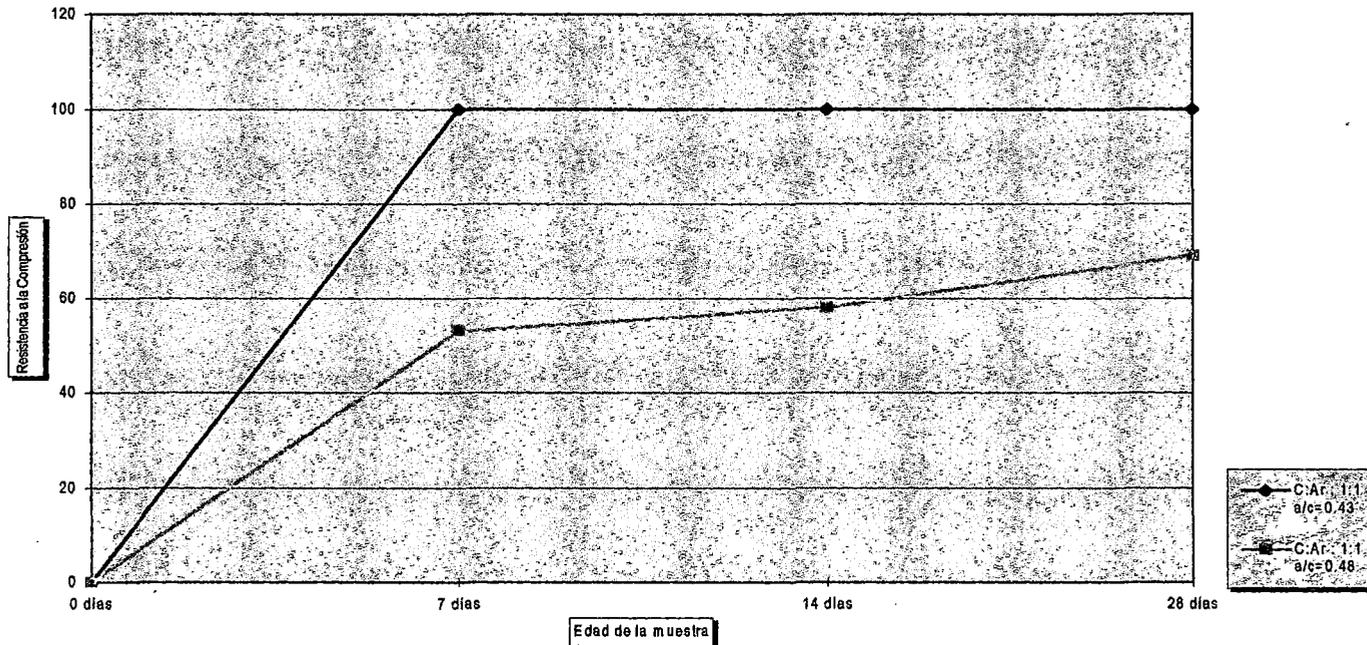
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (SK.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.5.5.1

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma ITINTEC 334.051



Nota:

La Fluidez es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de March $t_s=22$ seg.)

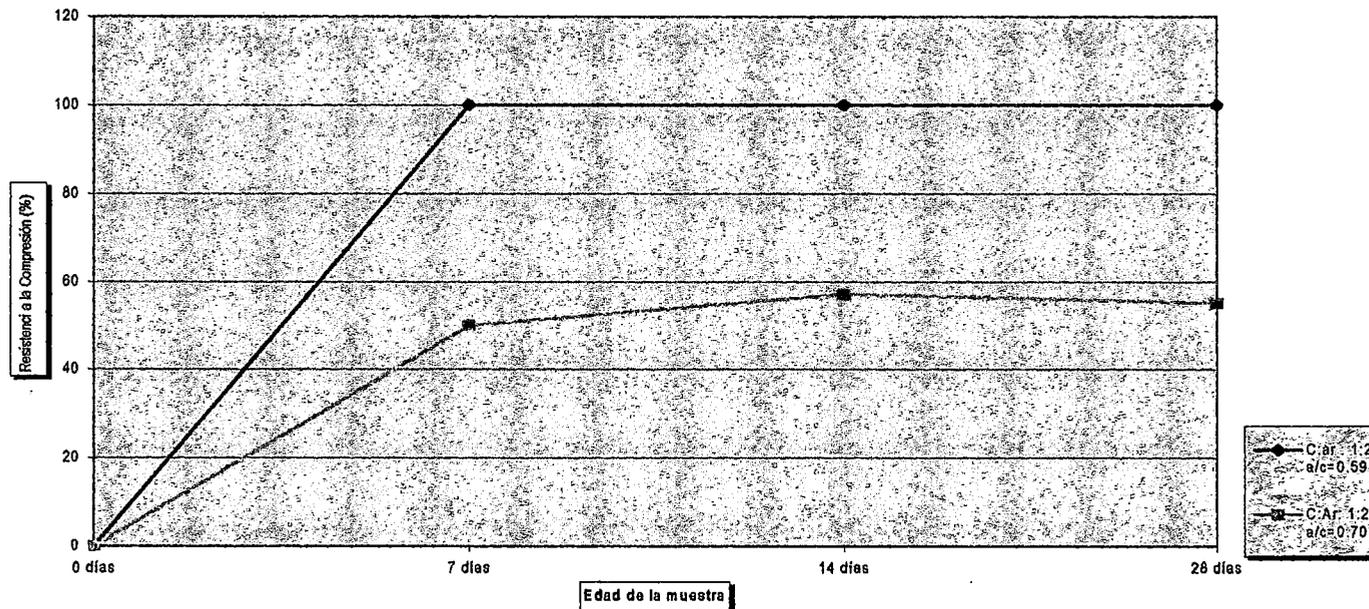
Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento : arena es en peso

GRAFICO N° 8.5.5.2

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma ITINTEC 334.051



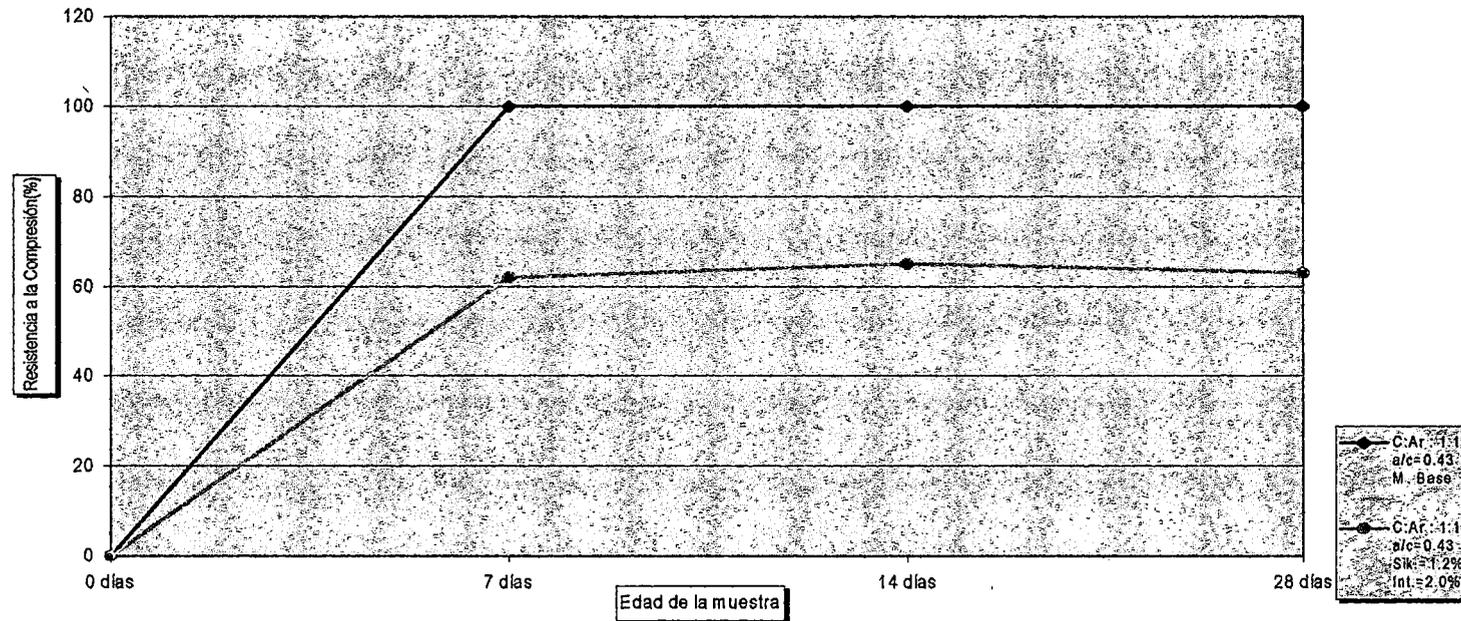
Nota:

La Fluidez es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de Marsh ts=22 seg.) y la del mortero base de acuerdo a la Norma ITINTEC 334.057
Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista
La dosificación cemento : arena es en peso

GRAFICO N° 8.5.5.3

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma ITINTEC 334.051



Nota:

La Fluidéz es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de March Is=22 seg.) y la del mortero base de acuerdo a la Norma ITINTEC 334.057

Los especímenes de mortero ensayadas fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento : arena es en peso

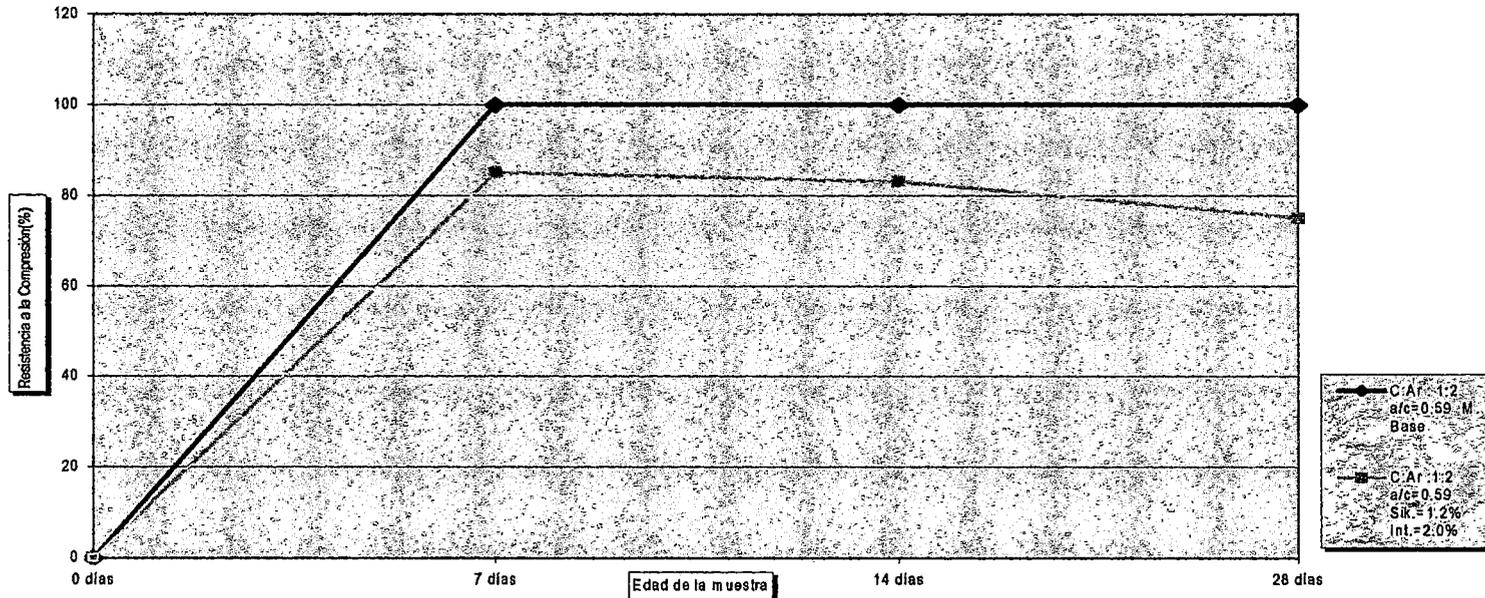
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (SIK.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.5.5.4

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO FLUIDO CON ADITIVO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma ITINTEC 334.051



Nota:

La Fluidez es determinada de acuerdo a la Norma ASTM C939 (Cono de March 1s=22 seg.) y la del mortero base de acuerdo a la Norma ITINTEC 334.057

Los especímenes de mortero ensayados fueron cubos de 5 cm. de arista

La dosificación cemento : arena es en peso

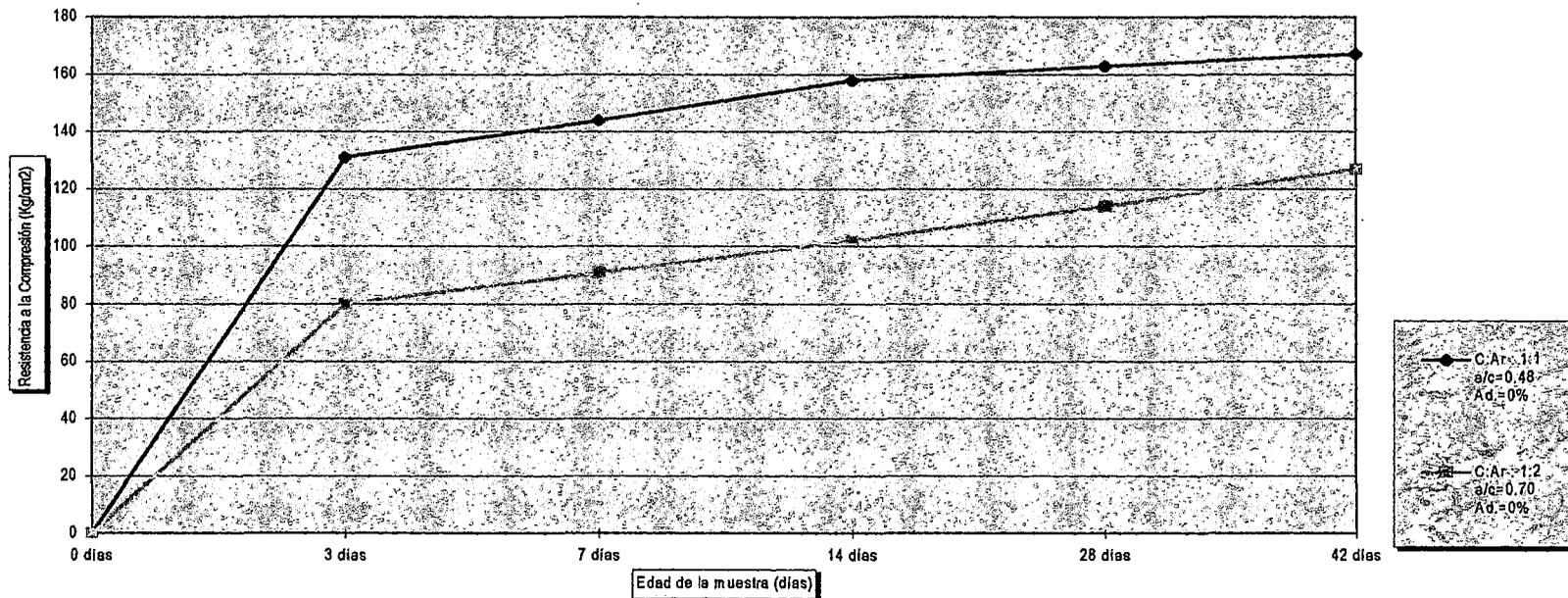
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (Sik.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.6.1

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC-399.034



Nota:

Los especímenes de ensayo fueron probetas cilíndricas de D=15 cm y h=30 cm

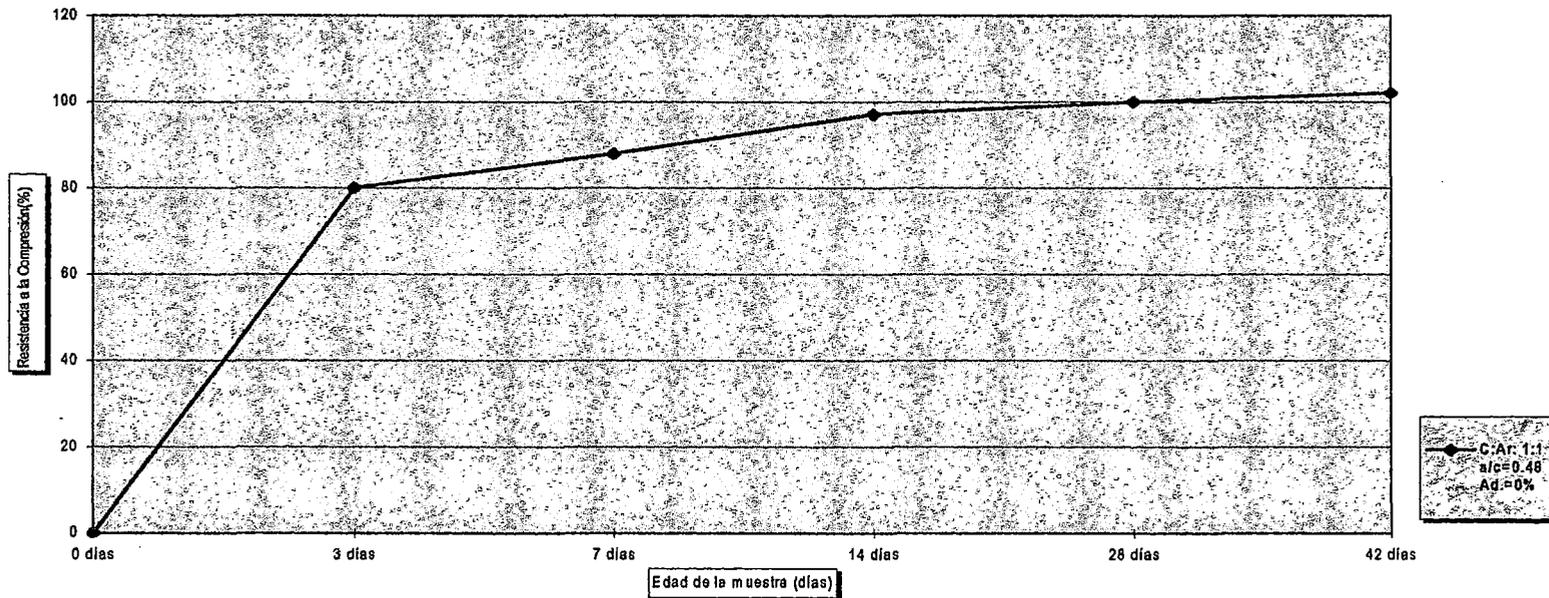
La dosificación cemento: arena es en peso

Ad.= aditivo

GRAFICO N° 8.6.2

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma: ITINTEC 839.034



Nota:

Los especímenes de ensayo fueron probetas cilíndricas de D=15 cm y h=30 cm

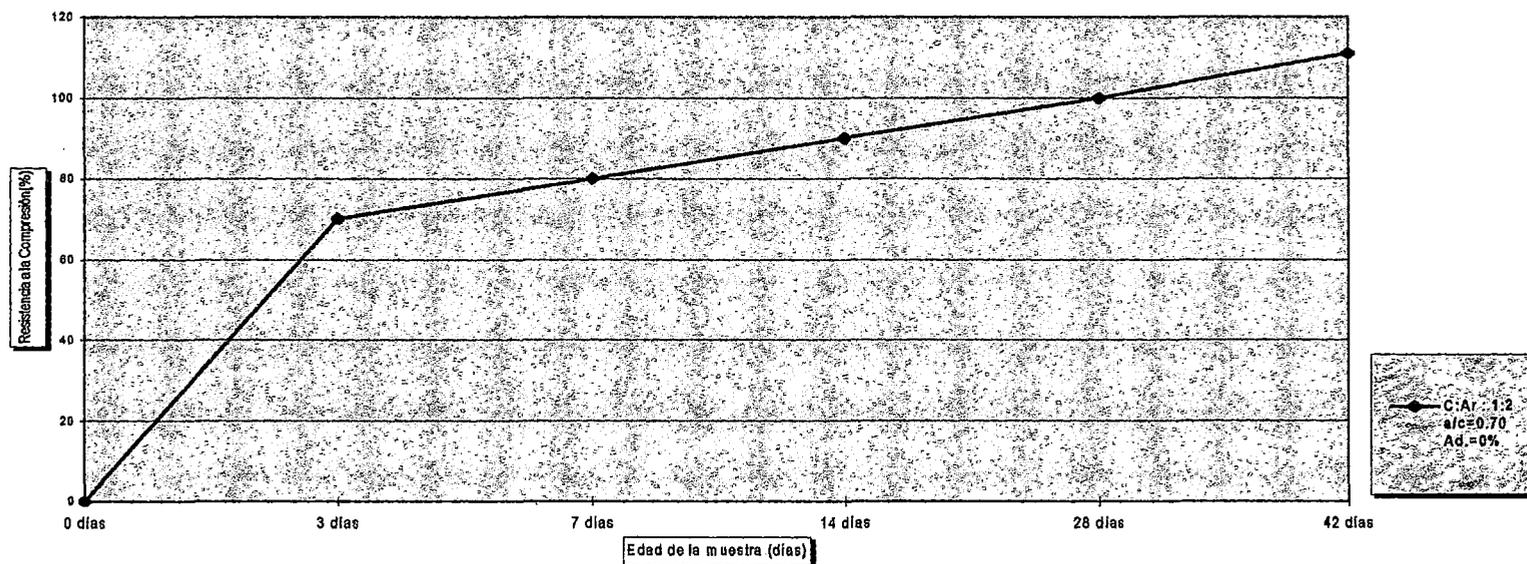
La dosificación cemento: arena es en peso

Ad.= aditivo

GRAFICO N° 8.6.2.2

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 339.034



Nota:

Los especímenes de ensayo fueron probetas cilíndricas de D=15 cm y h=30 cm

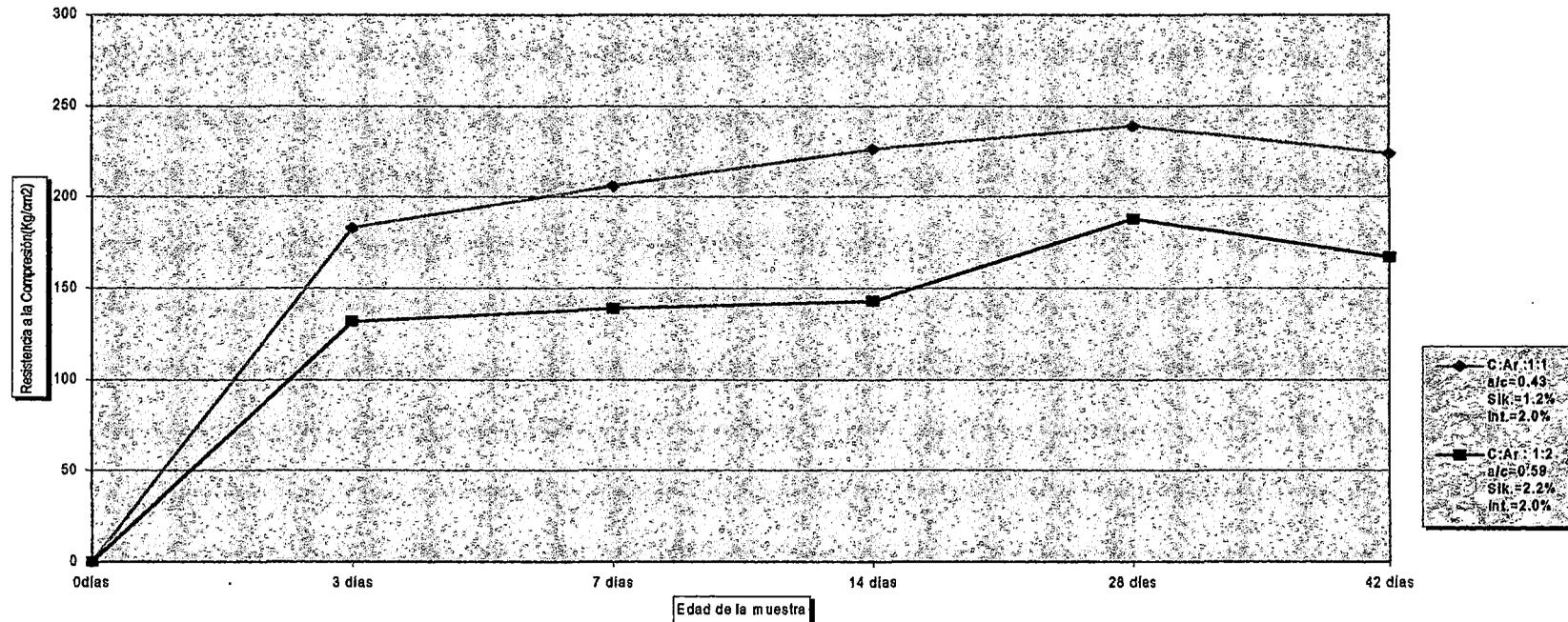
La dosificación cemento: arena es en peso

Ad.= aditivo

GRAFICO N° 8.6.3

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO CON ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 339.034



Nota:

Las muestras fueron probetas cilíndricas de D=15cm y h=30 cm

La dosificación cemento : arena es en peso

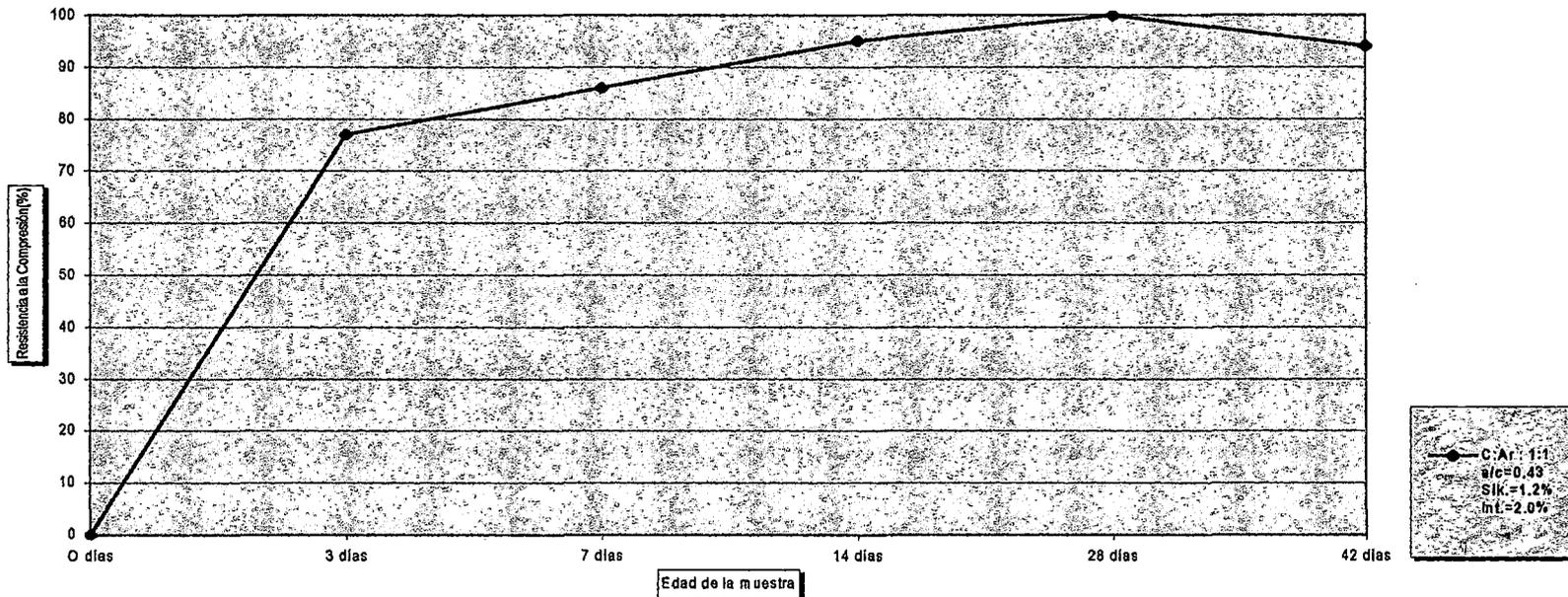
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (Sik.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.6.3.1

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO CON ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma ITINTEC 339/034



Nota:

Las muestras fueron probetas cilíndricas de D=15cm y h=30 cm

La dosificación cemento : arena es en peso

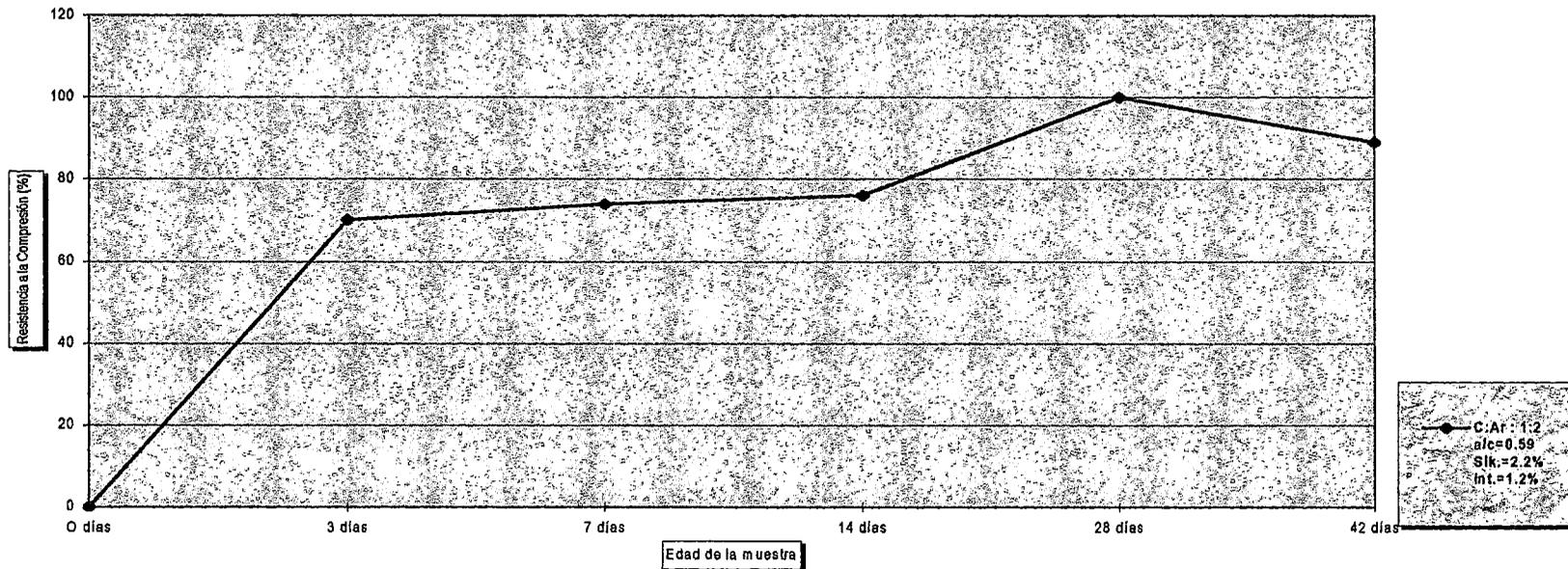
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (Sik.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.6.3.2

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO CON ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

Norma: INT-EC-339:034



Nota:

Las muestras fueron probetas cilíndricas de D=15cm y h=30 cm

La dosificación cemento : arena es en peso

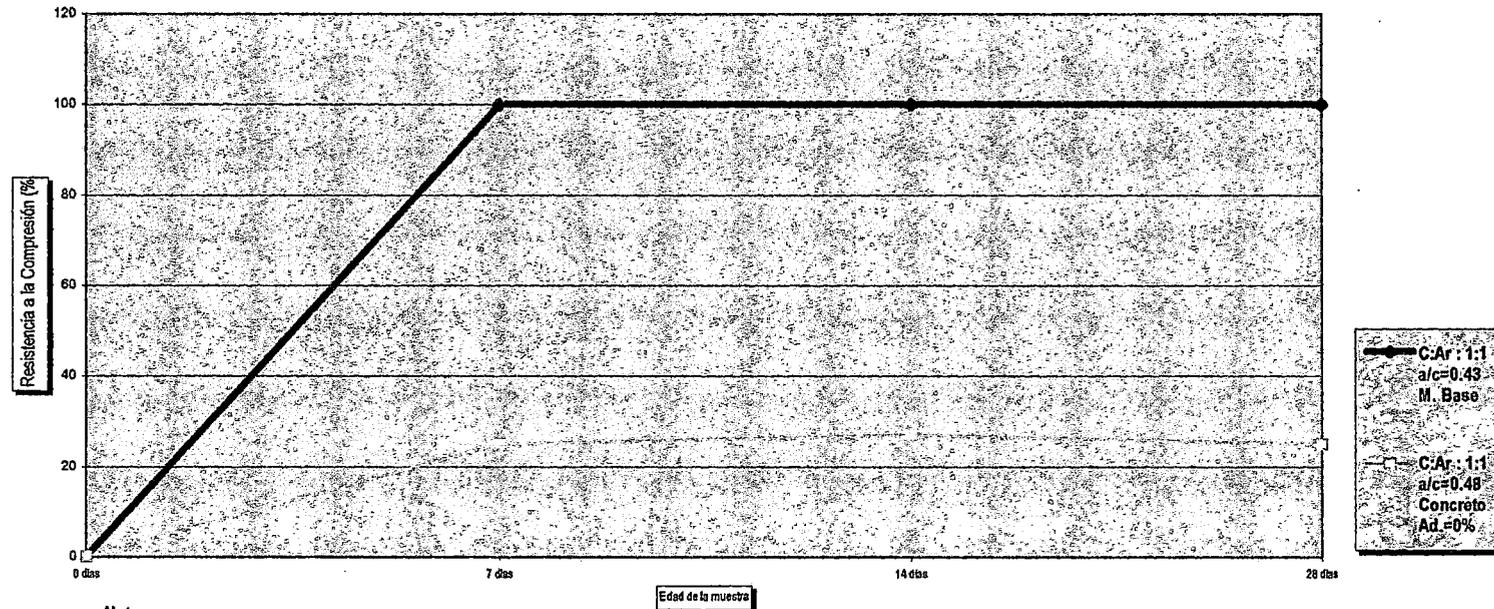
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (SIK.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.6.3.3

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma: ITINTEC 339.034



Nota:

Los especímenes de ensayo fueron probetas cilíndricas de D=15 cm y h=30 cm

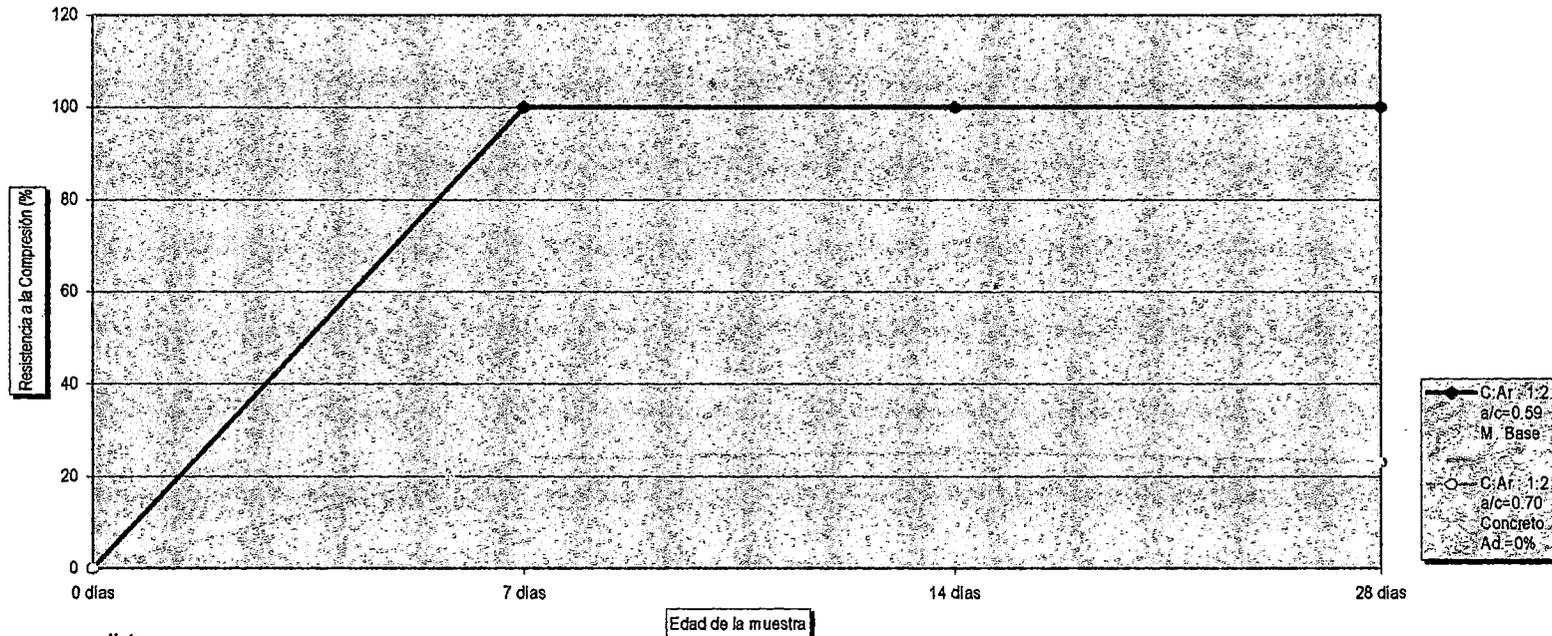
La dosificación cemento: arena es en peso

Ad.= aditivo

GRAFICO N° 8.6.3.4

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma INTJTEC.339.034



Nota:

Las muestras fueron probetas cilíndricas de D=15cm y h=30 cm

-La dosificación cemento : arena es en peso

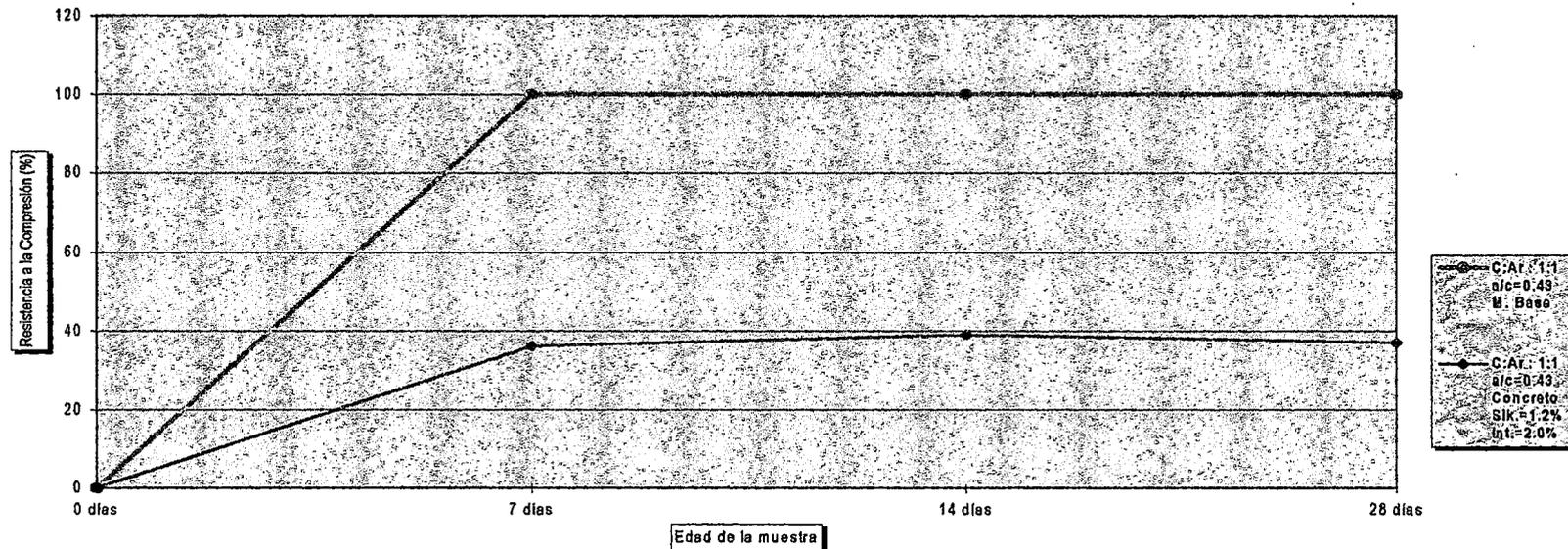
La dosificación de aditivo está en porcentaje de peso del cemento (Sk.=SIKAMENT e Int.=INTRAPLAST)

SIKAMENT : 1:1 : 425 cc/bolsa y en 1:2 : 779cc/bolsa ; INTRAPLAST : 1:1 Y 1:2 : 850gr./bolsa

GRAFICO N° 8.6.4.1

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO CON ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma: ITINTEC 339.034



Nota:

Los especímenes de ensayo fueron probetas cilíndricas de D=15 cm y h=30 cm

La dosificación de aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento arena es en peso

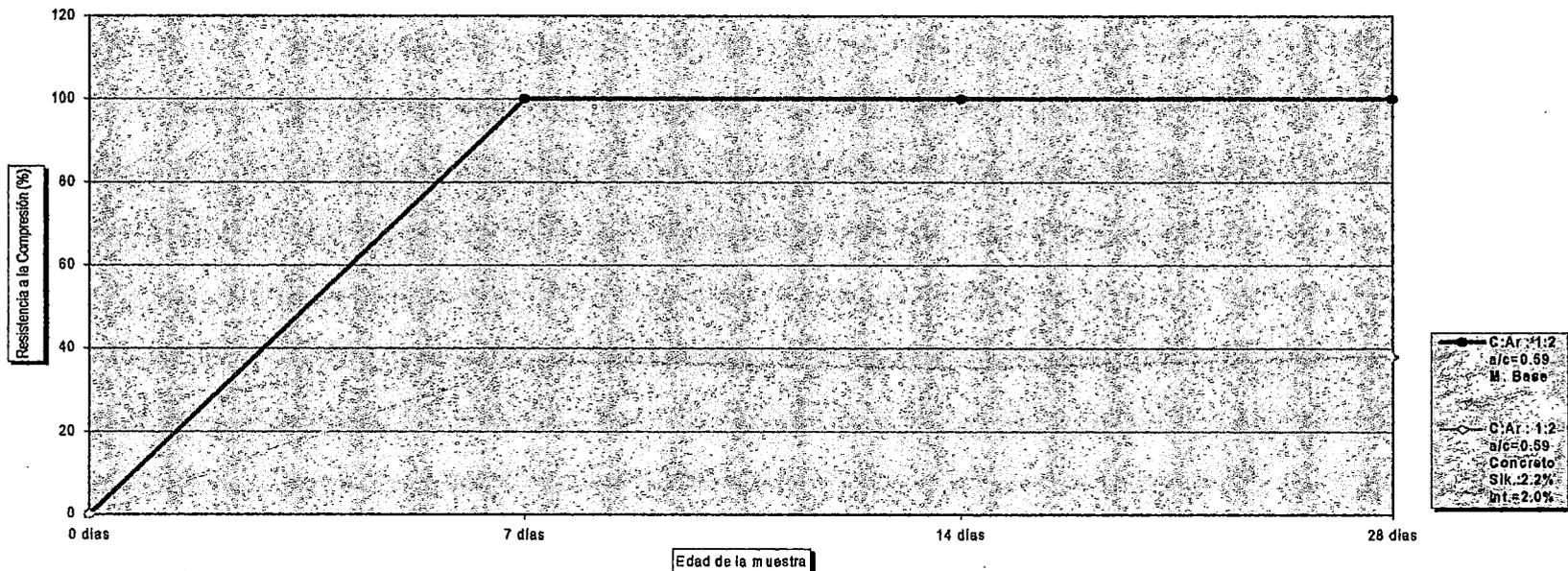
Sik.: Sikament FF-88, Int.: Intraplast

Sikament : 426 cc/bolsa y 779 cc/bolsa, en la prop. 1:1 y 1:2 respectivamente, e Intraplast : 850 gr/bolsa para 1:1 y 1:2

GRAFICO N° 8.6.4.2

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO CON ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO RESPECTO AL MORTERO BASE

Norma INTETEC 339.034



Nota:

Los especímenes de ensayo fueron probetas cilíndricas de $D=15$ cm y $h=30$ cm

La dosificación de aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento arena es en peso

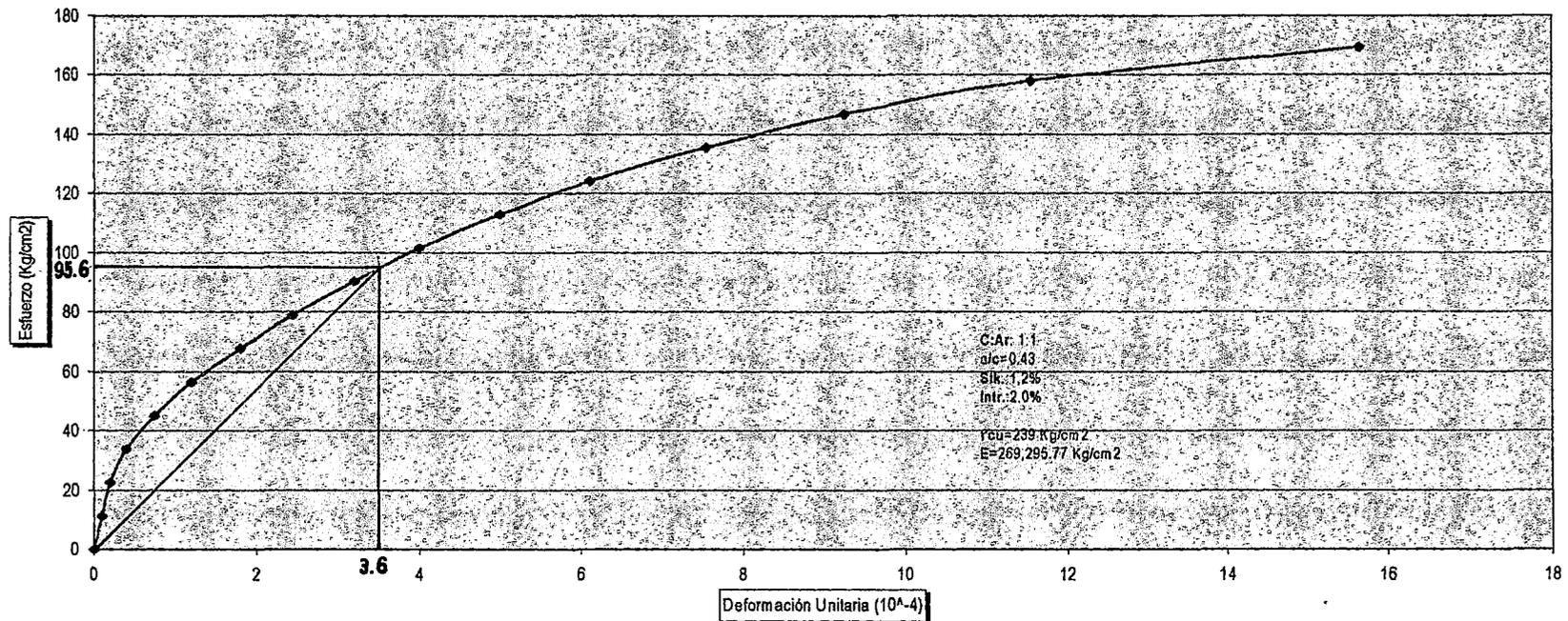
Sik.: Sikament FF-86, Int.: Intraplast

Sikament : 425 cc/bolsa y 779 cc/bolsa, en la prop. 1:1 y 1:2 respectivamente, e Intraplast : 850 gr/bolsa para 1:1 y 1:2

GRAFICO N° 8.7.1

MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO CON ADITIVOS INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

METODO DE NIVELES OPTICOS
(Espejo de MARTENS)



NOTS:

Edad de la muestra es 28 días

La dosificación del aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación cemento : arena es en peso

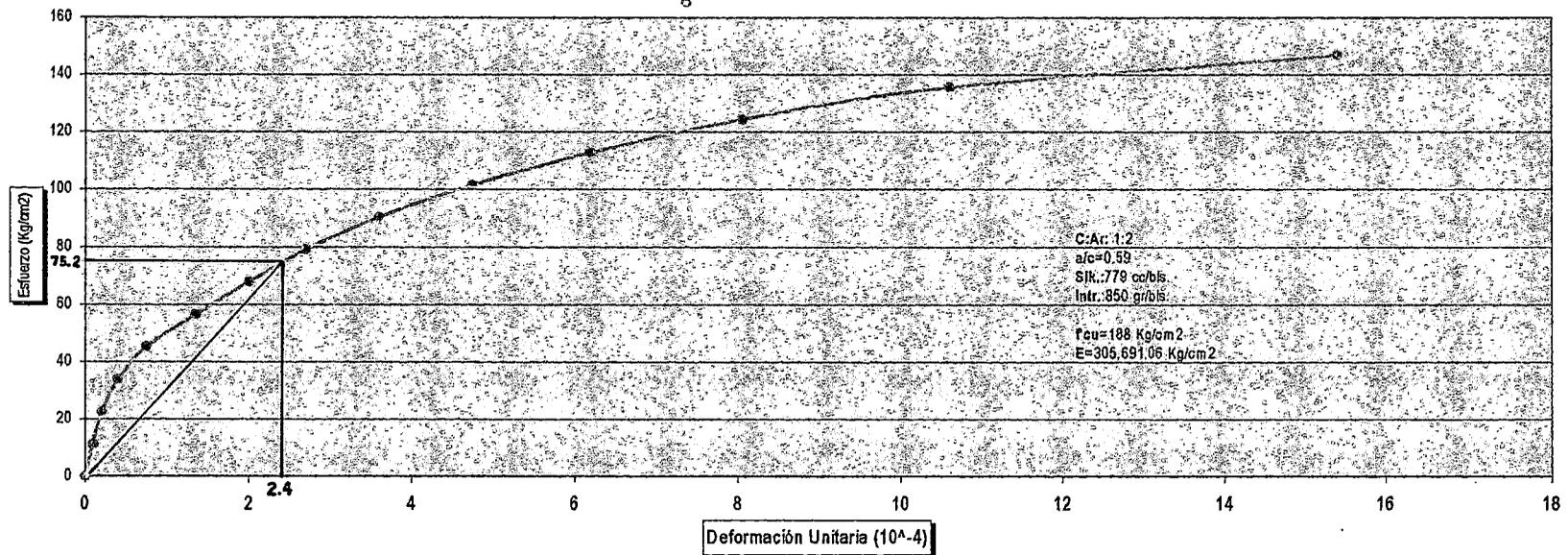
Los valores mostrados son el promedio de seis ensayos

—●— Curva Esf. Vs. Def. Unitaria

GRAFICO N° 8.7.2

MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO CON ADITIVOS INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

MÉTODO DE NIVELES OPTICOS
(Espejo MARTENS)



NOTA:

Edad de la muestra es 28 días

La dosificación del aditivo está en porcentaje del peso de cemento

La dosificación de cemento : arena es en peso

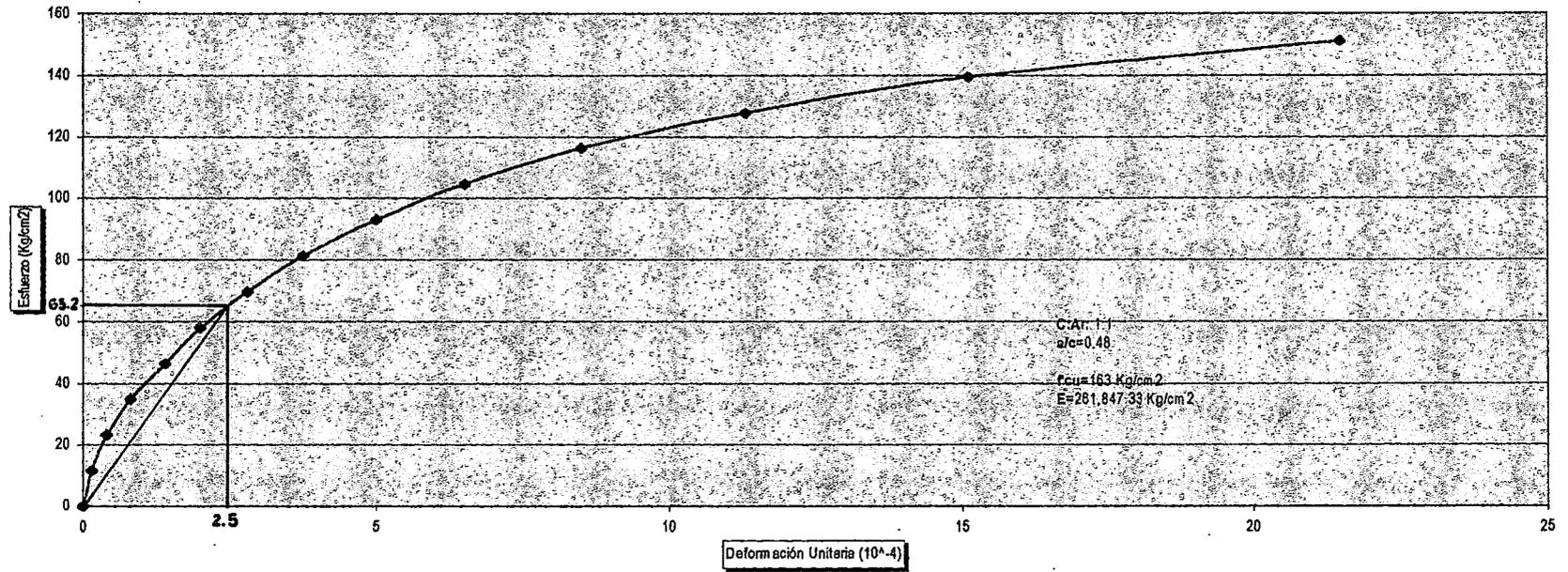
Los valores mostrados son el promedio de seis ensayos

—○— Curva Est. Vs. Def. Unitaria

GRAFICO N° 8.7.3

MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

METODO DE NIVELES OPTICOS
(Espejo Martens)



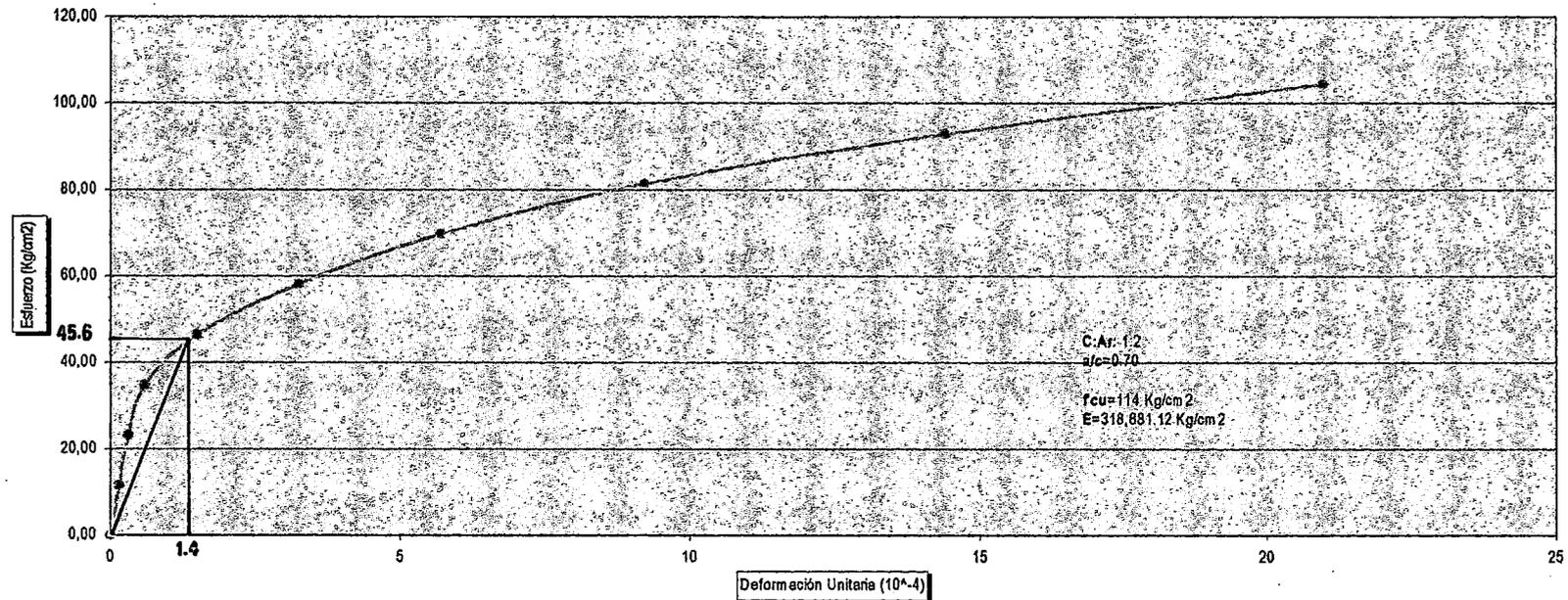
NOTA:
Edad de la muestra es 28 días
La dosificación cemento : arena es en peso
Los valores mostrados son el promedio de seis ensayos

—●— Curva Eef. Vs. Def. Unitaria

GRAFICO N° 8.7.4

MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO FLUIDO SIN ADITIVO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO

METODO DE NIVELES OPTICOS
(Espejo de MARTENS)



NOTA:
Edad de la muestra es 28 días
La dosificación cemento : arena es en peso
Los valores mostrados son el promedio de seis ensayos

—●— Curva Esf. Vs. Def. Unitaria

CAPITULO IX

CAPITULO IX

EVALUACION DE LOS RESULTADOS

IX.1 GENERALIDADES

1) TESIS:

CARACTERISTICAS DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO Y UN ADITIVO QUE MEJORA LA ADHERENCIA MORTERO-AGREGADO

2) CEMENTO:

Cemento PORTLAND SOL Tipo I

3) AGREGADOS:

Agregado Grueso (M.F.=8.12) y

Agregado Fino (M.F.=2.06)

4) METODO DE INYECCION DEL MORTERO:

INYECCION MANUAL

5) PROPORCIONES EMPLEADAS:

Las Proporciones cemento y arena empleadas fueron 1:1 y 1:2

6) ENSAYOS:

Los ensayos realizados en laboratorio fueron:

(a) En los Agregados:

Peso específico y Porcentaje de Absorción (Norma ITINTEC 400.022)

Peso unitario (Norma ITINTEC 400.017)

Contenido de Humedad (Norma ASTM C-566)

Granulometría (Norma ITINTEC 400.012)

(b) En el Mortero Base (Fluidez $110\pm 5\%$)

Fluidez: Mesa de flujo (Norma ITINTEC 334.057)

Exudación

Peso Unitario.

Resistencia a la compresión (Norma ITINTEC 334.051)

(c) En el mortero fluido sin aditivo y mortero fluido con aditivo

Fluidez : Cono de Consistencia o Cono de March (Norma ASTM C939)

Norma en la cual se toma en referencia el tiempo de salida de (t_s) de 1725 cc de volumen de mortero a través de una boquilla de $\frac{1}{2}$ " de diámetro. El tiempo de salida debe oscilar de 18 a 26 segundos.

Exudación

Peso Unitario

Resistencia a la compresión (Norma ITINTEC 334.051)

(d) En el Concreto resultante :

Resistencia a la Compresión (Norma ITINTEC 339.034)

Tracción por compresión diametral (Norma ITINTEC 339.084-ASTM 496-66)

Módulo de elasticidad Estático (Método de los Niveles ópticos – Espejo de Martens).

7) EQUIPO:

A) *inyector pre - fabricado* compuesto de tres partes:

Un casco: donde es colocado el mortero fluido para ser inyectado, es una plancha de aluminio confeccionado de forma cilíndrica con 0.10 m de diámetro y 0.40m de altura y un extremo de forma cónica de 0.10 m de altura donde se empalmará con el tubo de inserción.

Un pistón: empleado para inyectar el mortero mediante presión manual, tiene 0.65 m de longitud, es una varilla de ½” de diámetro, soldado en un extremo con una plancha de 3/16” de espesor de forma circular, y otra varilla del mismo diámetro en el otro extremo.

Tubo de Inserción: es un tubo de fierro galvanizado de ¾” de diámetro y 0.35 m de longitud.

B) Mezcladora : de paleta vertical y alta velocidad.

8) ADITIVOS:

Los aditivos empleados fueron:

1. SIKAMENT FF-86, aditivo fluidificante cuya densidad es 1.2 Kg/lt.
2. INTRAPLAST, aditivo expansor para mezclas de cemento. Densidad igual a 0.98 Kg/lt.

IX.2 DE LOS AGREGADOS

El ensayo de granulometría se realizó de acuerdo a la Norma ITINTEC 400.012.

Se efectuó previamente el tamizado del agregado grueso para poder lograr ajustar la curva granulométrica a los límites recomendados, asimismo también del agregado fino para poder conseguir el Módulo de finura requerido, con el objeto de inyectar mortero en la estructura del agregado grueso y obtener concreto.

El peso específico nominal

El peso específico nominal obtenido en el agregado grueso fue de 2763 Kg/m^3 y en el agregado fino es 2730 Kg/m^3 , valores que indican que son materiales que tendrán un buen comportamiento para la elaboración del concreto.

El peso Unitario Suelto:

El Peso Unitario Suelto para el agregado grueso fue de 1273 Kg/m^3 y para el agregado fino fue de 1465 Kg/m^3 . De acuerdo a los valores obtenidos, para el caso del agregado grueso el valor es bajo debido a la uniformidad de tamaño de las partículas del agregado grueso predominando el de $\frac{3}{4}$ " (19 mm.) no existiendo partículas de tamaño menores a $\frac{1}{2}$ " (12.5mm); en el caso del agregado fino es por el exceso de partículas pequeñas predominando el de la malla N° 30 (600 microns).

El peso Unitario Compactado:

En el caso del agregado grueso, el valor del Peso Unitario Compactado fue de 1440 Kg/m^3 , valor que no está dentro de los límites normales y que es bajo debido a la uniformidad de los tamaños de las partículas del agregado grueso y que originan pese a la compactación se deje un buen volumen de vacíos. En el

caso del agregado fino se obtuvo 1767 Kg/m^3 , valor que se encuentra dentro de los rangos recomendados.

Contenido de Humedad:

En el caso del agregado grueso el valor que se obtuvo fue de 0.58%, debido a la exposición al medio ambiente por un tiempo largo y a la elevada temperatura promedio de trabajo.

En lo que se refiere al agregado fino, el valor hallado fue de 0.22%, que es bajo, producto también a la exposición a temperatura ambiente por tiempo largo, a que estuvo sujeto el agregado.

Porcentaje de absorción:

El valor que se obtuvo para el agregado grueso fue de 1.13% y el agregado fino alcanzó un valor bastante bajo tomando como referencia el calculado para el agregado grueso.

Granulometría:

En el caso del agregado grueso el módulo de finura fue de 8.12, debido a los tamaños participantes de las partículas del agregado grueso como son el de 1", $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ". Algunos valores salieron de los límites granulométricos recomendados para la elaboración de concreto con mortero inyectado, a consecuencia del tamizado manual con una sola malla (19.0 mm). Para el caso del agregado fino se determinó un módulo de finura igual a 2.06, que es bajo debido a la presencia de partículas pequeñas (menores que el de la malla N°8). Ajustándose la curva granulométrica a los límites recomendados por el ACI.

IX.3 DEL MORTERO

Propiedades físicas del agregado fino:

- 1) MF= 2.06
- 2) % Abs=0.46
- 3) % CH = 0.22

El mortero base se obtuvo por la variación de la relación a/c hasta obtener una fluidez de $110\pm 5\%$, así tenemos para la proporción cemento: arena 1:1 se obtuvo una relación $a/c=0.43$ y para la proporción 1:2 se obtienen un $a/c=0.59$.

Para el mortero base se tiene que el tiempo de fraguado Inicial para la proporción 1:1 fue de $2^h 35^{min}$ y para la proporción 1:2 el TFI fue de $2^h 40^{min}$ y el T.F.F. para la proporción 1:1 fue $6^h 39^{min}$ y para la proporción 1:2 $6^h 42^{min}$.

Según el cuadro N° 8.4.4 para la proporción 1:1 se obtuvo un peso unitario igual a 2.14 Kg/cm^3 y para la proporción 1:2 fue de 2.10 Kg/cm^3 2% menos que el de la proporción 1:1. En cuanto a la exudación para la proporción 1:1 obtuvimos un valor igual a 1.10% y para la proporción 1:2 fue de 1.00% es decir 9% menos que el de la proporción más rica (1:1).

Para el ensayo de resistencia a la compresión según el cuadro 8.5.1 se obtuvo lo siguiente:

<i>Tiempo</i>	<i>1:1</i>	<i>1:2</i>
7 días	572 Kg/cm^2	379 Kg/cm^2 , 66% menos que la proporción 1:1
14 días	580 Kg/cm^2	410 Kg/cm^2 , 71% menos que la proporción 1:1
28 días	655 Kg/cm^2	494 Kg/cm^2 , 75% menos que la proporción 1:1.

IX.3.1 Mortero fluido sin aditivo:

Mortero de elevada fluidez, alcanzada con el incremento de la relación agua/cemento así tenemos:

Para la proporción 1:1 se halló una relación $a/c=0.48$, se incrementó el volumen del agua en 12%, con respecto al mortero base.

Para la proporción 1:2 se determinó una relación $a/c=0.70$, incrementándose el volumen de agua en 19%, respecto al mortero base.

La fluidez se determinó de acuerdo a la Norma ASTM C939 (ensayo del cono de Consistencia o cono de March), norma en la cual se toma en referencia el tiempo de salida de (t_s) de 1725 cc de volumen de mortero a través de una boquilla de $\frac{1}{2}$ " de diámetro. El tiempo de salida debe oscilar de 18 a 22 segundos (para este trabajo) aunque puede variar de 18 a 26 segundos.

Para la proporción 1:1 se determinó un $t_s=20$ seg.

Para la proporción 1:2 se determinó un $t_s=22$ seg.

De acuerdo al cuadro 8.4.2 para los tiempos de fragua tenemos:

Proporción 1:1 se obtuvo un T.F.I. de $3^h 19^{min}$, es decir se retardó 44 minutos en referencia al T.F.I. del mortero base de la misma proporción. En la proporción 1:2 se obtuvo un T.F.I. igual a $3^h 30^{min}$, es decir tardó 50 minutos en iniciar el fraguado de la mezcla, en comparación del TFI del mortero base.

Respecto al tiempo de fragua final para la proporción 1:1 se tuvo un tiempo de $6^h 54^{min}$ retardando 15 minutos y el T.F.F. fue de $7^h 32^{min}$ demorando 50 minutos ambos respecto al T.F.F. del mortero base.

Peso unitario y Exudación:

Según el cuadro 8.4.5 para la proporción 1:1 se alcanzó un P.U. igual a 2.12 Kg/cm^3 representando este valor un 99% al obtenido por el mortero base. En cuanto la exudación aumenta en un 36%.

Para la proporción 1:2 el peso unitario disminuyó en 1.5% y la exudación aumentó en 183%.

Resistencia a la compresión:

Los valores obtenidos de acuerdo al cuadro 8.5.7 los podemos expresar como sigue:

Para la proporción 1:1 a los 7 días el valor de la resistencia a la compresión disminuyó en 47% a los 14 días disminuyó en 42% y a los 28 días en 31%. Para la proporción 1:2 a los 7 días el valor de la resistencia a la compresión disminuyó en 50% a los 14 días en 43% y los 28 días en 45%, respecto al mortero base.

IX.3.2 Mortero fluido con aditivo:

Mortero cuya elevada fluidez es alcanzada con la adición de aditivos.

Los aditivos que se emplearon para el mortero fluido de inyección fueron:

SIKAMENT FF-86, aditivo fluidificante cuya densidad es 1.2 Kg/lit .

INTRAPLAST, aditivo expansor para mezclas de cemento. Densidad igual a 0.98 Kg/lit .

Un aditivo fluidificante y un aditivo en polvo que actúa sobre la mezcla como expansor (propiedad requerida para Inyectar mortero en la estructura del agregado grueso y obtener concreto).

Fluidéz:

Para la proporción 1:1 se empleó 0.425 lt de SIKAMENT FF-86 y 0.85 Kg de INTRAPLAST por bolsa de cemento. El tiempo de salida fue de 21 segundos sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla. En la proporción 1:2 se empleó 0.779 lt de SIKAMENT FF-86 y 0.85 Kg de INTRAPLAST por bolsa de cemento. El tiempo de salida fue de 22 segundos.

Tiempo de Fraguado:

De acuerdo al cuadro 8.4.1 y el cuadro 8.4.3, para la proporción 1:1 el tiempo de fraguado inicial demoró en promedio de 3^h 06^{min} y el T.F.F. demoró 1^h 23^{min} ambos respecto al T.F.F. mortero base.

Para la proporción 1:2 tardó en iniciar el fraguado 1^h 18^{min} y en llegar al T.F.F. 23 minutos, ambos tiempos respecto a los valores obtenidos por el mortero base.

Exudación y Peso Unitario:

Según el cuadro 8.4.4 y 8.4.5 para la proporción 1:1 el peso unitario disminuyó en 18 % y para la proporción 1:2 se redujo en 11%, respecto a los valores obtenidos por el mortero base. La disminución del peso unitario en ambas proporciones es debida al empleo del aditivo

expansor para mezclas. Respecto a los valores de la exudación diremos que en ambas proporciones no presentaron capas de agua sobre la superficie, es decir que la exudación se redujo totalmente.

Resistencia a la compresión:

Según el cuadro 8.5.1 y 8.5.3 para la proporción 1:1 la resistencia a la compresión a los 7 días disminuyó en promedio 38% a los 14 días en 35% y a los 28 días en 32%. En lo que se refiere a la proporción 1:2 la resistencia a la compresión a los 7 días disminuyó en 15% a los 14 días en 17% y a los 28 días en 25%, respecto a los valores obtenidos por el mortero base.

IX.4 DEL CONCRETO RESULTANTE

Se obtuvieron dos tipos de concreto que son:

- ◆ Concreto elaborado con mortero sin aditivo inyectado en la estructura del agregado grueso.
- ◆ Concreto elaborado con mortero con aditivo inyectado en la estructura del agregado grueso.

IX.4.1 Concreto elaborado con Mortero sin aditivo inyectado en la estructura del agregado grueso:

Este concreto resultante es obtenido a partir de un mortero fluido sin aditivo (mortero de inyección).

El agregado grueso se encuentra en la condición de saturada superficialmente seca (S.S.S.), tamaño en su mayoría de las partículas del

agregado grueso la de $\frac{3}{4}$ " y textura rugosa. El concreto es elaborado a partir de dos proporciones 1:1 y 1:2.

El concreto elaborado con el mortero de inyección (proporción 1:1) alcanza un valor de 163 Kg/cm^2 a los 28 días y de 167 Kg/cm^2 a los 42 días. El mortero de inyección con la proporción 1:2 alcanza un valor de 114 Kg/cm^2 a los 28 días y de 127 Kg/cm^2 a los 42 días, mostrando un incremento del 11 % con el transcurso del tiempo.

Si tomamos como referencia el cuadro 8.6.3 diremos que a los 3 días logra alcanzar el 80% a los 7 días el 88% y a los 14 días el 97% de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días. Asimismo al obtener el concreto con el mortero de inyección (proporción 1:2) se obtuvo que a los 3 días alcanzó el 70% a los 7 días el 80% y a los 14 días el 90% de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días.

Como podemos apreciar en el cuadro 8.6.5 el valor que alcanza el concreto con el mortero inyectado sin aditivo en la proporción 1:1 es el 25% y con la proporción 1:2 el 23% de la que alcanzó el mortero base a los 28 días.

Tracción por compresión diametral:

Para el concreto con mortero inyectado sin aditivo se obtuvo para la tracción por compresión diametral en la proporción 1:1 el valor de 19.22 Kg/cm^2 y para la proporción 1:2 el valor de 17.56 Kg/cm^2 , ambos valores bajos.

Módulo de Elasticidad Estático:

Los valores obtenidos en el concreto con mortero inyectado con aditivo para la proporción 1:1 fue de 261,847.33 Kg/cm² y para la proporción 1:2 fue de 318,881.12 Kg/cm², donde podremos señalar que conforme se incrementa rápidamente el esfuerzo, la deformación unitaria es lenta al inicio.

.IX.4.2 Concreto elaborado con mortero con aditivo inyectado en la estructura del agregado grueso

Este concreto es obtenido a partir de un mortero fluido con aditivo (mortero de inyección).

El agregado grueso se encuentra en la condición de saturada superficialmente seca (S.S.S.). Tamaño: en su mayoría las partículas del agregado grueso son de ¾" y poseen una textura rugosa. El concreto es elaborado a partir de dos proporciones 1:1 y 1:2.

El concreto elaborado con el mortero de inyección (proporción 1:1) alcanza un valor de 239 Kg/cm² a los 28 días, y para la proporción 1:2 se obtuvo 188 Kg/cm² reduciendo en 6% y 11% respectivamente a los 42 días. De estos valores mencionaremos que para la proporción 1:1 el valor de la resistencia a la compresión aumentó en un 32% y en la proporción 1:2 en 39 %, respecto concreto resultante de la inyección del mortero fluido sin aditivo en la estructura del agregado grueso.

Observando el cuadro 8.6.4 diremos que a los 3 días logra alcanzar el 77% a los 7 días el 86% y a los 14 días el 95% y para la proporción 1:2

el concreto alcanzó a los 3 días el 70% a los 7 días el 74% y a los 14 días el 76% de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días.

En la proporción 1:1 el concreto alcanza el 36% a los 7 días, el 39% a los 14 días y el 37% a los 28 días y en la proporción 1:2 el concreto resultante logró el 37% a los 7 días, 35% a los 14 días y el 38% a los 28 días de lo que alcanzó el mortero base.

Tracción por compresión diametral:

Para el concreto con mortero inyectado con aditivo se obtuvo para la tracción por compresión diametral en la proporción 1:1 el valor de la proporción 1:1 25.1 Kg/cm² y 18.10 Kg/cm² para la proporción 1:2, de éstos valores podemos notar que para la proporción 1:1 el valor que se obtuvo es aceptable cosa que no ocurre con el valor obtenido en la proporción 1:2, que es relativamente bajo. Asimismo de los resultados podemos notar que en la proporción 1:1 el valor de la tracción por compresión diametral aumenta en 23% y en la proporción 1:2 también aumenta en 3%, respecto al mortero inyectado sin aditivo en el agregado grueso.

Módulo de Elasticidad Estático:

Los valores obtenidos en el concreto con mortero inyectado con aditivo para la proporción 1:1 fue de 269,295.77 Kg/cm² y para la proporción 1:2 fue de 305,691.06 Kg/cm² valores que oscilan dentro de los valores normales. De éstos valores podemos indicar que el módulo de Elasticidad Estático en la proporción 1:1 aumentó en un 3%, mientras

que en la proporción 1:2 disminuyó en 4%, respecto al mortero fluido sin aditivo inyectado en la estructura del agregado grueso. Podemos mencionar que mientras la deformación unitaria es muy lenta, el esfuerzo se incrementa rápidamente al inicio de aplicación de la carga de rotura.

Como análisis final podemos indicar que el mortero de inyección es uno de los factores más importantes en la elaboración de concreto con mortero inyectado en la estructura del agregado grueso, es por ello que el mortero deberá tener propiedades importantes como: una elevada fluidez y la de expandirse una vez inyectado la mezcla, que generará entre el mortero y agregado una propiedad de adherencia, factor que contribuye a alcanzar un valor aceptable en la resistencia a la compresión. Estas propiedades deben tenerse en cuenta para estudios posteriores. Otro de los factores que es importante en la elaboración de éste tipo de concreto, es el control permanente de la presión de inyección. En lo que se refiere a los agregados la curva granulométrica de ellos deben ajustarse a los recomendados.

CAPITULO X

CAPITULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

X.1 GENERALIDADES

1) TESIS:

CARACTERISTICAS DEL CONCRETO ELABORADO CON MORTERO INYECTADO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO Y UN ADITIVO QUE MEJORA LA ADHERENCIA MORTERO-AGREGADO

2) CEMENTO:

Cemento PORTLAND SOL Tipo I

3) AGREGADOS:

Agregado Grueso (M.F.=8.12) y

Agregado Fino (M.F.=2.06)

4) METODO DE INYECCION DEL MORTERO:

INYECCION MANUAL

5) PROPORCIONES EMPLEADAS:

Las Proporciones cemento y arena empleadas fueron 1:1 y 1:2

6) ENSAYOS:

Los ensayos realizados en laboratorio fueron:

(a) En los Agregados:

Peso específico y Porcentaje de Absorción (Norma ITINTEC 400.022)

Peso unitario (Norma ITINTEC 400.017)

Contenido de Humedad (Norma ASTM C-566)

Granulometría (Norma ITINTEC 400.012)

(b) En el Mortero Base (Fluidez $110\pm 5\%$)

Fluidez: Mesa de flujo (Norma ITINTEC 334.057)

Exudación

Peso Unitario.

Resistencia a la compresión (Norma ITINTEC 334.051)

(c) En el mortero fluido sin aditivo y mortero fluido con aditivo

Fluidez : Cono de Consistencia o Cono de March (Norma ASTM C939)

Norma en la cual se toma en referencia el tiempo de salida de (t_s) de 1725 cc de volumen de mortero a través de una boquilla de $\frac{1}{2}$ " de diámetro. El tiempo de salida debe oscilar de 18 a 26 segundos.

Exudación

Peso Unitario

Resistencia a la compresión (Norma ITINTEC 334.051)

(d) En el Concreto resultante :

Resistencia a la Compresión (Norma ITINTEC 339.034)

Tracción por compresión diametral (Norma ITINTEC 339.084-ASTM 496-66)

Módulo de elasticidad Estático (Método de los Niveles ópticos – Espejo de Martens).

7) EQUIPO: *Inyector pre - fabricado* compuesto de tres partes:

Un casco: donde es colocado el mortero fluido para ser inyectado, es una plancha de aluminio confeccionado de forma cilíndrica con 0.10 m de diámetro y 0.40m de altura y un extremo de forma cónica de 0.10 m de altura donde se empalmará con el tubo de inserción.

Un pistón: empleado para inyectar el mortero mediante presión manual, tiene 0.65 m de longitud, es una varilla de ½” de diámetro, soldado en un extremo con una plancha de 3/16” de espesor de forma circular, y otra varilla del mismo diámetro en el otro extremo.

Tubo de Inserción: es un tubo de fierro galvanizado de ¾” de diámetro y 0.35 m de longitud.

Mezcladora: Mezcladora de paleta vertical y alta velocidad.

8) ADITIVOS:

Los aditivos empleados fueron:

1. SIKAMENT FF-86, aditivo fluidificante cuya densidad es 1.2 Kg/lit.
2. INTRAPLAST, aditivo expansor para mezclas de cemento. Densidad igual a 0.98 Kg/lit.

9) MUESTRAS ENSAYADAS:

Mortero Patrón : MP

Mortero fluido sin aditivo: MFSA

Mortero fluido con aditivos Intraplast más Sikament FF-86: MFCAIS

Concreto con mortero inyectado sin aditivo : CMISA

Concreto con mortero inyectado con aditivos Intraplast más Sikament FF-86: CMICAIS

Concreto elaborado en mezcladora: CMZ

X.2 CONCLUSIONES

1. La resistencia a la Compresión del MFSA (Fluidez determinada según Norma ASTM C939), disminuye respecto al MP (Fluidez $110 \pm 5\%$), según se indica en el cuadro siguiente:

MP (Fluidez determinada en la Mesa de flujo)				
Prop.	a/c	Fluidez (t _s)	Fluidez (%)	Resistencia a la compresión (%)
1:1	0.43	-	110	100%
1:2	0.59	-	108	100%
MFSA (Fluidez determinada en el Cono de Consistencia)				
1:1	0.48	20	-	Alcanza el 68% del f _c del MP
1:2	0.70	22	-	Alcanza el 55% del f _c del MP

t_s: tiempo de salida de 1725 cc de mortero en el cono de Consistencia.

2. La resistencia a la Compresión del MFCAIS disminuye respecto al MP (Fluidez $110 \pm 5\%$), según cuadro adjunto:

MP (Fluidez determinada en la mesa de Flujo)						
Prop.	a/c	Fluidez tiempo(seg)	Fluidez %	SIK. cc/bls.	INT. gr./bls.	Resistencia a la Compresión (%)
1:1	0.43	-	110	-	-	100%
1:2	0.59	-	108	-	-	100%
MFCAIS (Fluidez determinada en el cono de Consistencia)						
1:1	0.43	21	-	425	850	Alcanzan el 68% del f _c del MP
1:2	0.59	22	-	779	850	Alcanzan el 75% del f _c del MP

3. Las propiedades del MFSA se modificaron respecto al MP según se indica a continuación:

Para la proporción 1:1, de a/c=0.43 a un a/c=0.48, se obtuvo que:

- Se retardó la fragua Inicial en 44 minutos, así como también la fragua final en 15 minutos.
- La exudación se incrementa en 36% .
- El valor del peso unitario disminuye en 1.0%.

En la proporción 1:2, de $a/c=0.59$ a un $a/c=0.70$, se tiene que:

- Se retarda la fragua inicial y final en 50 minutos.
- Se incrementa el valor de la exudación en 183%.
- El valor del peso unitario disminuye en 1.5%.

4. Las propiedades del MFCAIS se modificaron respecto al MP según se detalla a continuación:

Para la proporción 1:1, $a/c=0.43$, SIK: 425 cc/bls. de cemento más INT: 850 gr/bls. de cemento, se tiene que:

- a) La fragua Inicial se retarda en 3 horas 6 minutos, así como también la fragua final en 1 hora 23 minutos.
- b) No hubo presencia de exudación.
- c) El valor del peso unitario disminuye en 18%.

Para la proporción 1:2, $a/c=0.59$, SIK: 779 cc/bls. de cemento más INT: 850 gr/bls. de cemento, se tiene observó que:

- a) La fragua inicial se retarda en 1 hora 18 minutos y la fragua final en 23 minutos.
- b) No hubo presencia de exudación.
- c) El valor del peso unitario disminuye en 11%.

5. La variación de la resistencia a la Compresión del CMCAIS con un agregado de 2" (tamaño mínimo del agregado grueso) en condición S.S.S. es indiferente (menos del

1%), respecto a un CMICAIS con el mismo tamaño del agregado con su humedad natural.

6. La resistencia a la compresión del CMICAIS disminuye respecto al CMZ como se indica a continuación:

a) Para la proporción 1:1, la resistencia a la compresión del CMICAIS disminuye en 1%, respecto al CMZ.

b) Para la proporción 1:2 la resistencia a la compresión del CMICAIS disminuye en 9%, respecto al CMZ.

En el CMZ se mantuvo las mismas dosificaciones de CMICAIS.

7. La resistencia a la Compresión del CMICAIS en la proporción 1:1, aumenta en un 32% respecto al CMISA.

8. La resistencia a la Compresión del CMICAIS en la proporción 1:2 aumenta en un 39% respecto al CMISA.

9. La resistencia a la compresión del CMISA aumenta a los 42 días, de la manera siguiente:

Prop.	CMISA Resistencia a la Compresión
1:1	aumenta el 2% respecto al f'c a los 28 días
1:2	aumenta el 11% respecto al f'c a los 28 días

10. La resistencia a la compresión del CMICAIS disminuye a los 42 días, según se indica:

Prop.	CMICAIS Resistencia a la Compresión
1:1	disminuye el 6%, respecto al f'c a los 28 días
1:2	disminuye el 11% respecto al f'c a los 28 días

X.3 RECOMENDACIONES

1. Se deben realizar mezclas de prueba de mortero con diferentes dosificaciones de aditivos para obtener morteros fluidos de altas resistencias. Debido a que un concreto elaborado con mortero inyectado (con aditivo), disminuirá su resistencia a la compresión en un promedio del 38%.
2. Es recomendable trabajar con morteros cuya elevada fluidez es lograda con la adición de aditivos, en razón de que el incremento de la relación agua – cemento origina una disminución considerable de la resistencia a la compresión, y ello originará un concreto resultante de bajas resistencias mecánicas.
3. El uso de un aditivo reductor de agua es necesario para obtener la total seguridad de que el mortero inyectado en la estructura del agregado grueso se distribuirá en forma homogénea por los vacíos que deje el agregado grueso. El mortero de inyección sin la fluidez necesaria no es recomendable. La fluidez debe ser medida con el Cono de consistencia de acuerdo a la Norma ASTM C939. Emplear un mortero sin la fluidez necesaria dificultará el proceso de inyección y causará una distribución inadecuada del material inyectado en la estructura del agregado grueso, originando por consiguiente cangrejeras, que ocasionaría la disminución de la resistencia a la compresión del concreto resultante.
4. Es necesario acompañar conjuntamente con el aditivo reductor de agua con otro aditivo expansor de mezclas, debido a que ésta propiedad de expansión aumentará la adherencia entre el mortero y agregado además de lograr una mejor penetración del mortero inyectado en lugares donde pese a la fluidez no se logre llegar.
5. El agregado grueso puede encontrarse en la condición de saturado superficialmente seco o al menos con su humedad natural, para fabricar concreto con mortero

inyectado. Debido a que la variación de la resistencia a la compresión para ambas condiciones es mínima.

6. El método de inyección del mortero fluido para fabricar testigos de concreto es por capas horizontales, debe empezarse desde el punto más bajo dentro del molde, y para la capa siguiente será necesario subir el tubo de inserción hasta el punto en que su extremo inferior quede introducida por debajo del nivel del mortero inyectado, siguiendo sucesivamente esta operación hasta cubrir todo el agregado grueso colocado en el molde. Para cada capa es necesario el vibrado externo.
7. Debe realizarse un tamizado previo de los agregados fino y grueso. Debido a que los límites granulométricos requeridos para éste tipo de concreto son diferentes a los convencionales y exigen una cantidad mínima de partículas menores a $\frac{1}{2}$ ".
8. Para el método de concreto con mortero inyectado, el agregado grueso debe ser colocado en forma cuidadosa, debido a que un agregado de partículas de mayor tamaño generará por el impacto la fisura de las otras y consecuentemente el debilitamiento del conjunto de partículas de agregado grueso.
9. Para estudios posteriores es recomendable el uso de un equipo de bombeo. Debido a que ello nos permitirá establecer la influencia de la presión de inyección en un concreto elaborado con mortero inyectado.

CAPITULO XI

ANEXO N° 01

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CONVENCIONALMENTE (Con Mezcladora)

(Norma ITINTEC 339.034)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
		Sikament	Intraplast	
1:1	0.43	1.20	2.0	241
1:2	0.59	2.20	2.0	206

ANEXO N° 02

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CONVENCIONALMENTE RESPECTO AL CONCRETO CON MORTERO INYECTADO CON ADITIVO INTRAPLAST Y SIKAMENT FF-86(CMICAIS)

(Norma ITINTEC 339.034)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)
		Sikament	Intraplast	28 días
CONCRETO ELABORADO CONVENCIONALMENTE(Con mezcladora)				
1:1	0.43	1.20	2.0	100
1:2	0.59	2.20	2.0	100
CMICAIS				
1:1	0.43	1.20	2.0	99
1:2	0.59	2.20	2.0	91

ANEXO N° 03

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO CON ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO DE 2" EN ESTADO S.S.S. (Saturado Superficialmente Seco)

(Norma ITINTEC 339.034)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
		Sikament	Intraplast	
1:1	0.43	0.96	2.0	201
1:2	0.59	1.20	2.0	132

ANEXO N° 04

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO INYECTANDO UN MORTERO FLUIDO CON ADITIVO EN LA ESTRUCTURA DEL AGREGADO GRUESO DE 2" CON SU HUMEDAD NATURAL

(Norma ITINTEC 339.034)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
		Sikament	Intraplast	
1:1	0.43	0.96	2.0	200
1:2	0.59	1.20	2.0	131

ANEXO N° 05

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CMIC AIS EMPLEANDO AGREGADO GRUESO DE HUMEDAD NATURAL RESPECTO AL CMIC AIS UTILIZANDO AGREGADO EN CONDICION S.S.S.

(Norma ITINTEC 339.034)

Proporción C:Ar	Relación a/c	Aditivo(%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)
		Sikament	Intraplast	28 días
CONCRETO CON AGREGADO GRUESO S.S.S.				
1:1	0.43	0.96	2.0	100
1:2	0.59	1.20	2.0	100
CONCRETO DE AGREGADO GRUESO CON SU HUMEDAD NATURAL				
1:1	0.43	0.96	2.0	99.50
1:2	0.59	1.20	2.0	99.20

Guide for the Use of Preplaced Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete Applications

Reported by ACI Committee 304

Paul R. Stodola*
Chairman

David J. Akers
James E. Bennett, Jr.
Arthur C. Cheff
Thomas R. Clapp
James L. Cope
Henri Jean deCarbonel
Robert M. Eshbach
James R. Florey
Clifford Gordon

Donald E. Graham
Daniel J. Green
Neil R. Guptill*
Terence C. Holland*
James Hubbard
Thomas A. Johnson
Robert A. Kelsey
John C. King*
William C. Krell'

Gary R. Mas
Richard W. :
Dipak T. Par
James S. Pie:
Kenneth L. S
Donald L. Se
William X. S
Robert E. To

*Members of the Subcommittee who prepared this guide.

'Subcommittee Chairman.

Committee 304 expresses its appreciation to John C. King for his work as the Principal Author of this document. Beginning in 1947 he stated data, prepared specifications, and guided the conversion of repair procedures into those more suitable for new construction with preplaced aggregate concrete.

The preplaced-aggregate (PA) method for concrete construction is explained, special properties described, and materials requirements are given where they differ from those used in normal concrete. A brief history of the development of the procedure is covered. Short descriptions of several typical applications are included.

Keywords: fluidizing; grout; heavyweight concretes; inserts; preplaced-aggregate concrete; underwater construction.

CONTENTS

Chapter 1—Introduction, pg. 304.1R-2

- 1.1—History
- 1.2—General considerations
- 1.3—Special properties
- 1.4—Strength
- 1.5—Bond
- 1.6—Durability
- 1.7—Heat of hydration control
- 1.8—Closely spaced reinforcement
- 1.9—Heavyweight (high-density) concrete
- 1.10—Monolithic placements
- 1.11—Exposed aggregate surfaces

Chapter 2—Materials and proportioning, pg. 304.1R-5

- 2.1—Coarse aggregate

- 2.2—Fine aggregate
- 2.3—Cement
- 2.4—Pozzolan
- 2.5—Admixtures
- 2.6—Prepackaged grout products
- 2.7—Resinous grout
- 2.8—Grout mixture proportioning

Chapter 3—Equipment, pg. 304.1R-8

- 3.1—Aggregate handling
- 3.2—Grout mixers and pumps
- 3.3—Grouting systems

Chapter 4—Construction procedure, pg. 304.1R-11

- 4.1—General considerations
- 4.2—Preparation of concrete surfaces
- 4.3—Grout inserts, sounding wells, and vent pipes
- 4.4—Forms
- 4.5—Coarse aggregate placement
- 4.6—Contamination
- 4.7—Grout injection
- 4.8—Joint construction
- 4.9—Finishing
- 4.10—Curing

ACI Committee Reports, Guides, Standard Practices, and Commentaries are intended for guidance in designing, planning, executing, or inspecting construction and in preparing specifications. Reference to these documents shall not be made in the Project Documents. If items found in these documents are desired to be part of the Project Documents, they should be phrased in mandatory language and incorporated into the Project Documents.

This report replaces ACI 304.1R-69, which was removed from the 1977 edition of *Concrete Practice* in 1982.

Copyright © 1991, American Concrete Institute.

All rights reserved including the rights of reproduction and use in any form by any means, including the making of copies by any photo process, or electronic or mechanical device, printed, written, or oral, or recording for visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or for any other purpose unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.

Chapter 5—Temperature control, pg. 304.1R-16

- 5.1—Grout mixture proportioning
- 5.2—Chilling coarse aggregate in place
- 5.3—Chilling aggregate before placement
- 5.4—Chilling the grout
- 5.5—Cold weather placement

Chapter 6—Quality assurance and control, pg. 304.1R-17

- 6.1—Quality assurance
- 6.2—Quality control

Chapter 7—Conclusion, pg. 304.1R-18

- 7.1—Economics
- 7.2—Closure

Chapter 8—References, pg. 304.1R-19

- 8.1—Specified and/or recommended references
- 8.2—Cited references

1—INTRODUCTION

This report on preplaced aggregate (PA) concrete for structural and mass concrete applications describes practices as developed over many years by engineers and contractors in the successful use of the method; defines the reasons for material requirements that are different from those usually specified for ordinary concrete; and provides information on equipment, forms, aggregate handling, and grouting procedures. A brief history of the development of the method is given. Photographs with short descriptions for a few major applications are used to illustrate techniques.

Preplaced-aggregate concrete, the finished product, is defined in ACI 116R as "Concrete produced by placing coarse aggregate in a form and later injecting a portland cement-sand grout, usually with admixtures, to fill the voids." Other terms describing the method, used both in America and internationally, include grouted-aggregate, injected-aggregate, Prepakt, Colcrete, Naturbeton, and Arbeton. PA concrete is particularly useful for underwater construction, placement in areas with closely spaced reinforcement and in cavities where overhead contact is necessary, repairs to concrete and masonry where the replacement is to participate in stress distribution, heavyweight (high-density) concrete, high-lift monolithic sections and, in general, where concrete of low volume change is required.

1.1—History

The preplaced-aggregate method of producing concrete was conceived circa 1937 by Lee Turzillo and Louis S. Wertz during rehabilitation work in a Santa Fe railroad tunnel near Martinez, California. When grouting voids in the concrete at crown areas, the grouting crew began filling larger spaces with coarse aggregate prior to grouting to reduce the consumption of grout. The next logical step was to form over the areas where concrete was to be replaced, place a graded aggregate into the forms, and grout the aggregate. The resulting "concrete" showed such promise that Professor Raymond E. Davis was engaged to develop grout mixtures and basic procedures to make the method viable. In the course of this work, Davis also determined most of the

unique properties of preplaced-aggregate concrete which are cited elsewhere in this guide. A patent was granted on the method (trade-named Prepakt) in 1940. Patents, mainly grout fluidifier, were applied for and granted about 1940. All patents have expired except a possible exception of some on admixture retarders.

Initially, in view of the lack of any performance data, the use of PA concrete was limited to repairs of bridges and tunnel linings to extend their life. After extensive laboratory testing, the Bureau of Reclamation backfilled a large eroded area in the spillway tunnel at Hoover Dam.^{1,2} The replacement was 11 ft (3.4 m) long by 33 ft (10 m) wide and up to 36 ft (11 m) high, as shown in Fig. 1. The next major project was the resurfacing of the upstream face to Barker Dam, Colorado, in 1946. This resurfacing of a (52 m) high dam involved anchoring precast concrete slabs some 6 ft (1.8 m) in front of the dam in Fig. 2, and backfilling the space with coarse aggregate during the winter when the reservoir was empty. The aggregate was grouted in late spring in a continuous pumping operation with the reservoir empty. This work proved the method usable for underwater construction. In 1951, the U. S. Army Corps of Engineers began to permit its use for the embedment of steel scroll cases, as illustrated in Fig. 3, and for repairs. During 1954 and 1955, approximately

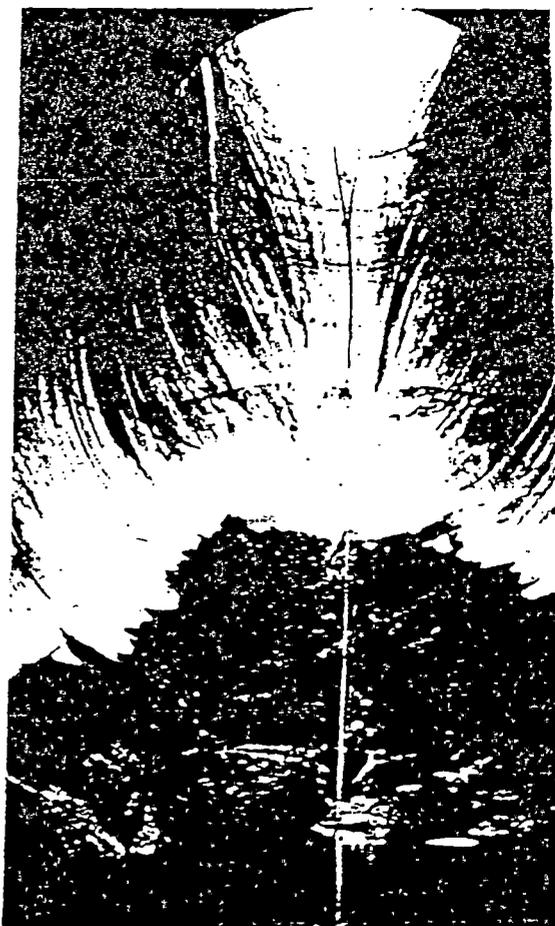


Fig. 1—Eroded area in spillway tunnel at Hoover Dam, 500 ft below crest, before repair with PA concrete.

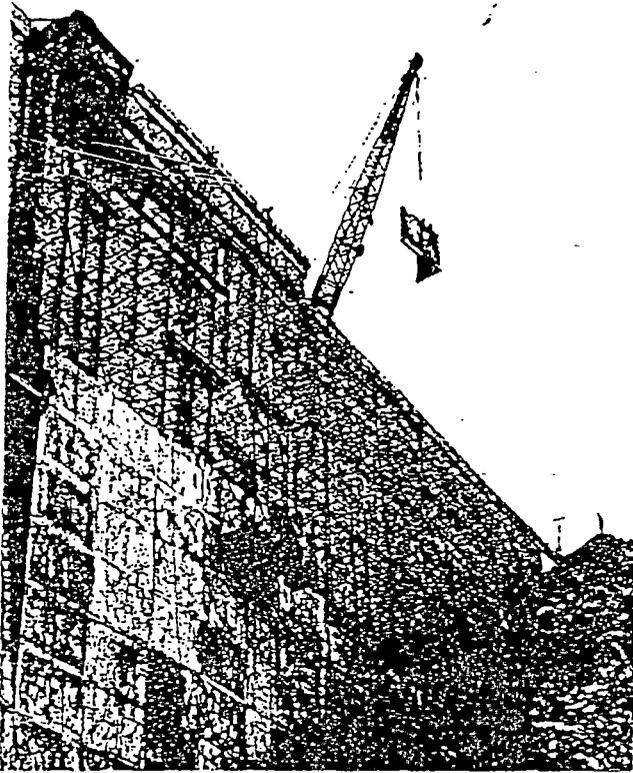


Fig. 2—Barker Dam, Colorado, during refacing in 1946. Coarse aggregate placed behind precast concrete slab forms over the entire upstream face of the dam (170 ft high by 1300 ft long at crest). Grout was placed in one continuous, 10-day pumping operation after the reservoir had been refilled to load the dam and cool the aggregate. Behind the form concrete, the new face has no joints of any kind

yd³ (380,000 m³) of PA concrete were used in construction of the 34 piers of the Mackinac Bridge.⁴ In construction companies in Japan bought rights method and built several bridge piers. During 1970s, the Honshu-Shikoku Bridge Authority engaged in extensive research culminating in the construction of a large bridge complex. The Snowy Mountains Authority, Australia, used PA concrete for embedding turbine scroll cases and draft tubes in their hydroelectric projects. The method also found wide use in providing biological shields around nuclear reactors and equipment. B. A. Lamberton and H. L. Davidson were largely responsible for the development of heavy (high-density) PA concrete.

1.2—General considerations

The design of structures using PA concrete must follow the same requirements as conventionally placed concrete. The designer may take advantage of the favorable physical properties and placement procedures summarized in the following sections.

1.3—Special properties

PA concrete differs from conventional concrete in that it contains a higher percentage of coarse aggregate because coarse aggregate is deposited directly in the forms with point-to-point contact rather than contained in a flowable plastic mixture. Therefore, the properties of PA concrete are more dependent upon the coarse aggregate. The modulus of elasticity has

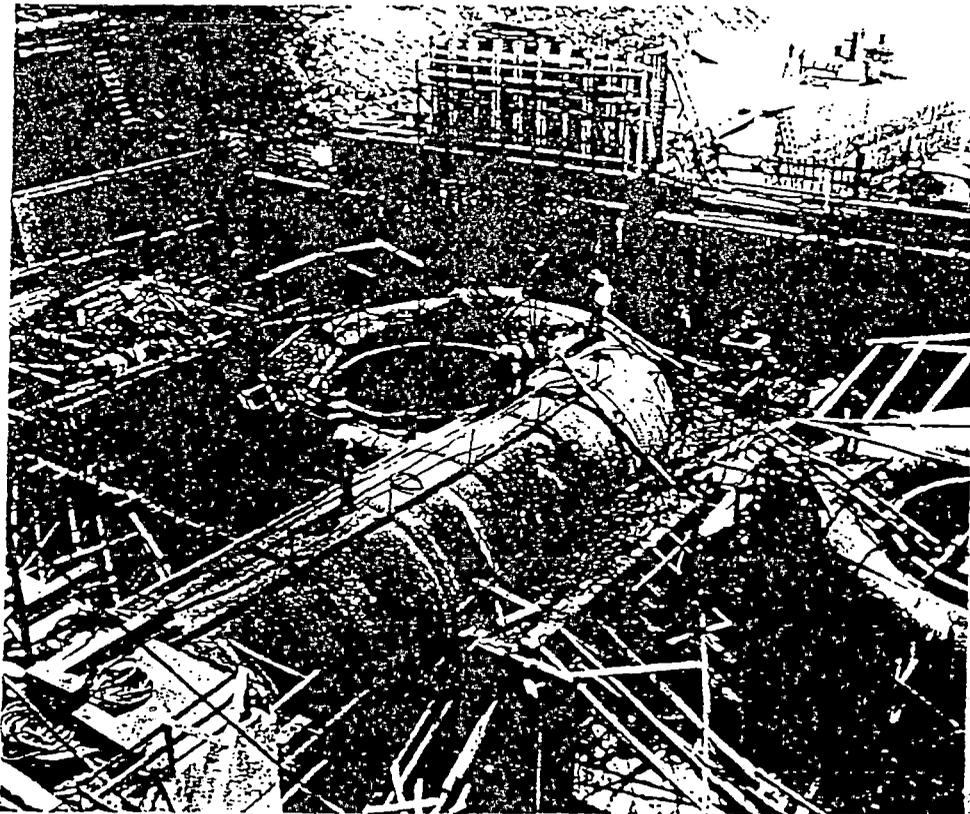


Fig. 3—Turbine scroll case at Bull Shoals Dam powerhouse at completion of the first (10 ft) lift of PA concrete. A second lift completed the embedment

found to be slightly higher and the drying shrinkage less than half that of conventional concrete.^{5,6,7}

1.4—Strength

The strength of PA concrete depends on the quality, proportioning, and handling of the materials as discussed throughout this report. Compressive strengths up to 6000 lb/in.² (41 MPa) at 28 or 90 days, depending on water-cementitious material ratio, are readily attainable. Strengths of 9000 lb/in.² (62 MPa) at 90 days and 13,000 lb/in.² (90 MPa) at 1 year have been reported.^{3,8} It would appear that strength could be increased through the use of high-range water-reducing admixtures, silica fume, and/or other admixtures, but neither research nor performance data are available.

1.5—Bond

The bond of PA concrete added to existing roughened concrete is excellent. There are two reasons for this: (1) the grout used to consolidate the preplaced aggregate penetrates surface irregularities and pores to establish initial bond, and (2) the low drying shrinkage of PA concrete, where drying can occur, minimizes stress at the interface. Unpublished test data on beams in which PA concrete was placed against conventional concrete showed a modulus of rupture of over 80 percent of that of a monolithic beam of the older concrete, and numerous cores taken from one concrete bonded to another and tested in bending nearly always break on one side of the interface or the other, but not at the bonded surface.

1.6—Durability

PA concrete was produced for many years without air entrainment other than that contributed by the lignin and the grout fluidifier. Nevertheless, PA concrete used for repairs which are normally exposed to severe weathering has shown excellent durability. A typical example is illustrated in Fig. 4, which shows the condition of a column in the West 6th Street Viaduct, Erie, Pennsylvania, before repair and of the same column 26 years after repair. Another example is noted in Reference 9. In this instance, the PA concrete refacing of a lock wall on the Monongahela River above Pittsburgh, Pennsylvania, from far below low pool level to the top of the lock walls, was found to be in visibly sound condition at age 35 years. However, a series of tests conducted at the U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station laboratory¹⁰ on PA concrete shows that air entrainment is necessary to provide durability comparable to that of air-entrained conventional concrete. Currently, Corps of Engineers Specifications for PA Concrete¹¹ require that PA concrete contain 9 ± 1 percent air entrainment measured in accordance with ASTM C 231 15 min after completion of mixing of the grout.

1.7—Heat of hydration control

Where heat of hydration must be considered, the PA concrete method makes it feasible to cool the aggregate

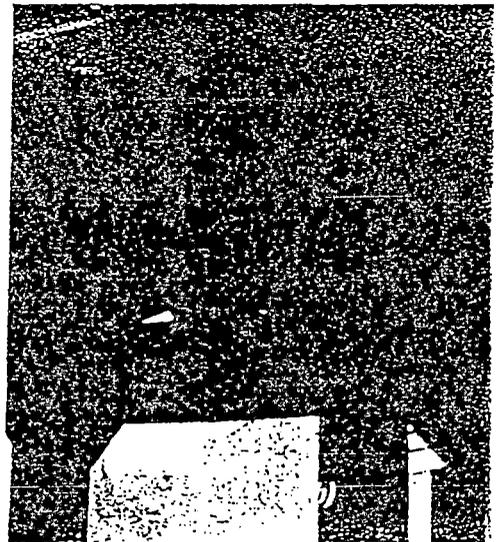


Fig. 4—Viaduct column and beams (a) before and (b) 26 years after repair with PA concrete.

in the forms. Then, by intruding chilled grout, initial temperatures as low as 40 to 45 F (4 to 7 C) are readily obtainable. Temperature control procedures are given in this report in Chapter 5.

1.8—Closely spaced reinforcement

The PA procedure is particularly applicable where reinforcement is too closely spaced to permit the use of conventional vibrators, which would be necessary even if range water-reducing admixtures are used in the concrete. Because the coarse aggregate may be placed as forms are erected around the reinforcement while access is still possible, the member may be grouted monolithic unit of PA concrete.

1.9—Heavyweight (high-density) concrete

By preplacing heavyweight coarse aggregate, the problem of segregation can be avoided. As shown in Fig. 5, heavyweight fine aggregate may be used in the grout. Work and materials are described by Tirpak,¹² Davis,¹³ and also ACI 304.3R.

Table 1 — Grading limits coarse and fine aggregates for preplaced aggregate concrete

Sieve size	Percentage passing		
	Grading 1 For 1/2 in. (12.5 mm) <i>minimum size</i> coarse aggregate	Grading 2 For 3/4 in. (19 mm) <i>minimum size</i> coarse aggregate	Grading 3 For 1-1/2 in. (38 mm) <i>minimum size</i> coarse aggregate
Coarse aggregate			
1-1/2 in. (37.5 mm)	95-100	—	0.5
1 in. (25.0 mm)	40-80	•	—
3/4 in. (19.0 mm)	20-45	0-10	—
1/2 in. (12.5 mm)	0-10	0-2	—
3/8 in. (9.5 mm)	0-2	0-1	—
Fine aggregate			
No. 4 (4.75 mm)	—	—	100
No. 8 (2.36 mm)	—	—	90-100
No. 16 (1.18 mm)	95-100	—	80-90
No. 30 (600 microns)	55-80	—	55-70
No. 50 (300 microns)	30-55	—	25-50
No. 100 (150 microns)	10-30	—	5-30
No. 200 (75 microns)	0-10	—	0-10
Fineness modulus	1.30-2.10	—	1.60-2.45

*Grade for minimum void content in fractions above 3/4 in. (19 mm).



Fig. 5—Hand placing high-density aggregate (barite) for biological shield at Materials Testing Reactor, Arco, Idaho

1.10—Monolithic placements

The only limits to height of a monolithic placement are the strength of forms required to contain the preplaced aggregate and the need to mix and pump grout continuously from start to finish of the grouting operation.

1.11—Exposed aggregate surfaces

With PA concrete, the forms are filled with coarse aggregate. The percentage of coarse aggregate in the resulting concrete is significantly greater than the roughly 70 percent coarse aggregate in conventionally placed concrete. If the surface grout is green cut or sandblasted after removal of the forms, approximately 25 percent more aggregate will be exposed. This proce-

dures has been used to provide an attractive natural finish.

2—MATERIALS AND PROPORTIONING

2.1—Coarse aggregate

Coarse aggregate should be clean crushed or natural gravel, free of surface dust and fines and should conform to the requirements of ASTM except that grading limits should be those shown in Table 1. A screening and washing operation is shown in Fig. 6. For economy and minimal temperature, the void content of the aggregate should be as low as possible. In general, minimum void content is achieved when the coarse aggregate is graded from the allowable particle size to the largest, consistent with usual limitations established for thickness of slab and spacing of reinforcement. In mass concrete, the only limitation on the maximum size of coarse aggregate is that which can be handled economically. The minimum size of coarse aggregate determines the maximum dimensions through which the grout must pass. The minimum coarse aggregate size and maximum aggregate size are related. Grading 1 or 2 from Table 1 is normally used in the Americas and the Orient. Generally, not more than 10 percent should pass the 3/4 in. (19 mm) sieve with 0 to 2 percent passing a 1/2 in. (12.5 mm) sieve (Grading 2). Where there is a large amount of closely spaced reinforcement, or where the placement is in relatively shallow patches, the minimum aggregate size should include up to 10 percent passing the 1/2 in. sieve and not more than 2 percent smaller than 3/8 in. (9.5 mm) (Grading 1). These gradings may not always be available; special processing may be required.

Void content will range between approximately 25 percent for aggregate well graded between 3/4 in. (19 mm) and 6 to 8 in. (150 to 200 mm), to high void content for uniformly sized aggregate. Void content as low as 25 percent have been attained experimentally.

deliberate gap grading, in which half of the aggregate was $\frac{1}{2}$ to $1\frac{1}{2}$ in. (12 to 38 mm) and half was 8 to 10 in. (200 to 250 mm).

In some European countries, it is common practice to use coarse aggregate having a minimum size of $1\frac{1}{2}$ in. (37.5 mm) or larger to employ fine aggregate more closely approaching that used with conventional concrete. There are also occasions where labor is so inexpensive that hand selection and placement is feasible. For these situations, Grading 3, Table 1 is acceptable.

2.2—Fine aggregate

Either manufactured or natural sand may be used. The sand should be hard, dense, durable, uncoated rock particles. It should conform to ASTM C 33 except the grading should be as shown in Table 1. Fine aggregate that does not fall within these grading limits is useable provided results fall within the requirements of Section 2.8.1.

2.3—Cement

Grout can be made with any of the non-air-entraining types of cement that comply with ASTM C 150 or ASTM C 595. Use of air-entrained cement combined with a gas-forming fluidifier can result in excessive quantities of entrained air resulting in reduced strength. Where air entrainment is required for added freeze-thaw durability, air-entraining admixture should be added separately. Dosage should be determined by laboratory tests and verified by actual tests to determine air content of the grout in the field. Data on the use of blended hydraulic cement are not available.

2.4—Pozzolan

Both fly ash and natural pozzolans conforming to ASTM C 618, Class F or N, may be used. Class F fly ash has been used in the great majority of installations since it improves the pumpability of the fluid grout and extends grout handling time. It provides the same properties to PA concrete as conventional concrete.¹⁴ Class C fly ash and blast furnace slag have been employed to a limited extent, but data on grout mixture proportions, properties, and in-place experience are lacking. There are no known data on the application of silica fume in grout for PA concrete.

2.5—Admixtures

2.5.1 Grout fluidifier—A grout fluidifier meeting the requirements of ASTM C 937 is commonly incorporated in the grout mixture to offset the effect of bleed water that normally tends to collect on the underside of coarse aggregate particles. It also reduces the water-cementitious material ratio to provide a given fluidity, and retards stiffening to provide added handling time in the mixing-pumping cycle and in the penetration of the voids in the coarse aggregate mass. A grout fluidifier is customarily a preblended material obtained commercially. It normally consists of a water-reducing admixture, a suspending agent, aluminum powder, and a chemical buffer to assure a properly timed reaction of



Fig. 6—Rotary screen is used to wash coarse aggregate and remove undersize particles

the aluminum powder with the alkalis in the cement. Reaction of the aluminum powder produces hydrogen gas, which causes expansion of the fluid, and leaves minute bubbles in the hardened grout. The aluminum powder is consumed in the reaction, leaving little or no residual metallic aluminum. The dosage of grout fluidifier is 1 percent by weight of total cementitious material (cement or pozzolan) in the grout mixture.

In the laboratory, 1 percent fluidifier shows a maximum expansion, as indicated in ASTM C 937, of as much as 7 to 14 percent with cements containing 1 percent or more Na_2O equivalent, to as little as 1 percent with cements having 0.3 percent Na_2O equivalent. The grade and type of aluminum powder fluidifier should be selected to produce approximately all of the expansion within 4 hr. For field-mixed grouts that do not have the same aggregate-cementitious materials ratios as those used for qualifying the fluidifier may produce a different expansion. The amount of bleeding must not be exceeded by the amount of expansion. Bleeding should be determined in accordance with ASTM C 940, using job materials.

The expansion of grout caused by the grout fluidifier ceases at temperatures below 40 F. In major placements enclosed by timber forms, the temperature created by the hydrating cement normally rises to a temperature sufficiently for the grout to perform properly. Grout should be placed in an environment where the temperature will rise at

2.5.2 Air-entraining admixtures—Air-en-

mixtures must meet the requirements of ASTM C 260 to provide freezing and thawing resistance.¹⁰ The user must remember, however, that the total air in the hardened grout will be the sum of that contributed by the air-entraining admixture and by the hydrogen generated by the aluminum powder in the grout fluidifier. If the total is sufficient to affect strength adversely, mixture proportions may have to be adjusted, but the air content must be adequate to insure durability.

2.5.3 Calcium chloride—Calcium chloride must meet the requirements of ASTM D 98 and has been used occasionally to promote early strength development. When used in excess of 1 percent, however, this admixture depresses the expansive action of grout fluidifier. Pretesting of the grout for expansion, bleeding, and rate of hardening (ASTM C 953) and testing of the grout in PA concrete at job placing temperatures is advisable.

Where reinforcement is present, the limitations on amounts of calcium chloride and other materials that promote corrosion of steel shall be limited, as advised in ACI 201.2R and 318.

2.5.4 Chemical admixtures—Chemical admixtures (ASTM C 494), may be considered for special situations. A Type D, water-reducing and retarding admixture (calcium lignosulfonate) has been used successfully, for example, with a factory-blended "non-shrink" grout to increase fluid stiffening time from 15 min to nearly 60 min. Thorough pretesting of materials to be used in the work is advisable.

2.5.5 High-range water-reducing admixtures—High-range water-reducing admixtures (superplasticizers), ASTM C 494 Types F and G, appear to be potentially useful, but no data are available on their use in grout for PA concrete.

2.6—Prepackaged grout products

Prepackaged "non-shrink" grouts of the type used under machine base plates may be used, provided:

1. They can be mixed to the consistency and perform as called for in Section 2.8 of this guide, Grout Mixture Proportioning.

2. The grout remains at suitable consistency for a sufficient period of time to permit proper intrusion into the preplaced aggregate.

3. The maximum size of fine aggregate in the pre-blended material meets the requirements of Table 1.

Some machine base grouts tend to stiffen rapidly. Others are amenable to retardation. Because little data are available on the compatibility of retarders with the ingredients in premixed grouts, premixed grouts not formulated for PA concrete should be used with caution.

2.7—Resinous grout

Two-component epoxy resin grout may be used where high early strength is needed, and where, if cast against concrete, bond strength equal to the strength of the concrete is desired. The optimum formula should be one having a low exothermal potential, low viscosity,

and a pot life of at least 30 min. Epoxies produce large amounts of heat as they harden. To prevent curing shrinkage, the preplaced aggregate must be dry. Other thermal effects may be alleviated to a greater or lesser extent by limiting thickness of face patches, to approximately 2 in. (50 mm). Stalling piping in massive sections through which grout can be circulated to remove heat as it is cooling the aggregate in place with a cooling liquid gas, such as nitrogen, may also be helpful.

2.8—Grout mixture proportioning

Grout mixture proportions should be determined in accordance with ASTM C 938 and specific project requirements. All weighing and measuring equipment should be calibrated for accuracy and operated within tolerances allowable for conventional practice (ACI 304).

A partial exception to complete weight batching has become accepted trade practice for geographically isolated projects. When the nature of the work preclude the use of on-site batching equipment, volumetric batching may be used. On such projects, mixture proportions are rounded off to whole bags of cement and cubic feet of sand (damp and loose) measured in foot boxes, and gallons of water. A typical example of a small routine bridge pier repair job, for example, would be 2:1:3, signifying a mixture containing 2 parts of cement, 1 part of sand, and 3 parts of water. A typical example of a small routine bridge pier repair job, for example, would be 2:1:3, signifying a mixture containing at 94 lb (43 kg) of cement, 1 bag (70 lb (32 kg) of ash (pozzolan), and 3 ft³ (0.085 m³) of damp sand. The initial mixture is made using 5 gal. (0.019 m³) of water per sack of cementitious material. The mixture is checked by flow cone, and the water is later adjusted to obtain the desired flow consistency of 22 ± 2 sec. As the work continues, the flow cone is used to monitor the mixture and control the cementitious materials ratio, which may vary to compensate for changing moisture content of the sand. Where bleed water differs from those commonly used in the United States, a similar procedure is followed, after making appropriate adjustments to accommodate whole batching materials.

2.8.1 Proportioning requirements—Materials should be proportioned in accordance with ASTM C 938 to produce a grout of required consistency, as specified elsewhere in this report, which will provide the required strength after injection into PA concrete (ASTM C 943). For optimal results, bleeding should be less than 0.5 percent, but, in any event, it should not exceed bleeding at the in-place temperature. Testing of the grout alone in cubes or cylinders is not recommended because such testing does not reveal the weak spots of bleeding. Such testing, however, may provide useful information on the potential of grout.

2.8.2 Fine aggregate—Compressive strength and void penetrability requirements should be used to determine the amount of fine aggregate (sand) that can be used in the grout. For PA concrete for use in beams, columns, and thin sections, the ratio of cementitious material

will usually be in the ratio of 1:1 by weight (Grading 1). For massive placements where the minimum nominal size of coarse aggregate is $\frac{3}{4}$ in. (19 mm), the cement-sand ratio may be increased to 1:1.5. With Grading 3 aggregates and appropriate equipment for pumping the grout, the ratio of cementitious materials to sand may be increased to approximately 1:3.

2.8.3 Cementitious material—The proportion of pozzolan to portland cement is usually in the range of 20 to 30 percent by weight. The richer mixtures provide strengths of PA concrete comparable to those obtained with conventional concrete of the same proportions of cementitious materials. The leaner mixtures usually provide strengths in 60 to 90 days equal to those obtained at 28 days for conventional concrete with the same proportions of cementitious materials. Pozzolan-to-portland cement ratios have been used which are as high as 40 percent for lean mass concrete and low heat of hydration, and as low as 10 percent for extra high strength concrete. Occasionally, the pozzolan has been omitted entirely.

2.8.4 Consistency of grout—The flow cone, shown in Fig. 7, is used to determine grout consistency when using fine aggregate with 100 percent passing the No. 8 (2.36 mm) sieve, such as Grading 1 or 2, Table 1. The method of test is given in ASTM C 939. This test consists of pouring 1725 ml of grout into a funnel having a $\frac{1}{2}$ in. (12.7 mm) discharge tube and observing the time of efflux of the grout. The time of efflux for wa-

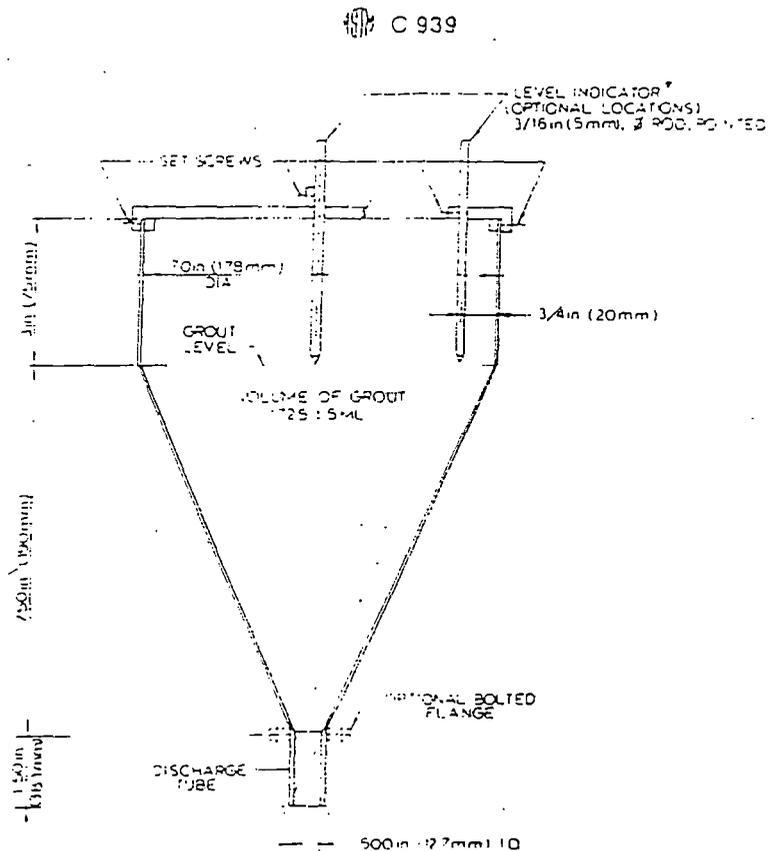
ter is 8.0 ± 0.2 sec. For most work, such as structural repairs, grout with a time of efflux of 2 sec is usually satisfactory. For massive underwater work where the top size of coarse aggregate is larger, it is practical to use consistent grout of efflux ranging from 18 to 26 sec. When taken in the execution of the work (see Construction Procedure) and higher strengths are required, grout with times of efflux as high as 30 sec have been used.

When Grading 3 fine aggregate is used, the discharge tube must be replaced by the flow table orifice to determine a suitable consistency. To determine if grout will flow adequately through the discharge tube with coarse aggregate, the flow table orifice of ASTM C 230 is used, a flow of approximately 100 percent, measured after 5 drops in 3 sec, is desirable to produce a grout which will flow through the voids in the PA.

CHAPTER 3—EQUIPMENT

3.1—Aggregate handling

Coarse aggregate may be handled by any type of equipment that will not cause it to degrade or segregate excessively as it is being placed. Means that have been used successfully in various situations are described in Section 3.2—Aggregate Placement.



NOTE—Other means of indicating grout level may be used as long as accurate indication of grout level on volume is obtained.

Fig. 7—Cross section of flow cone (as given in ASTM C 939)

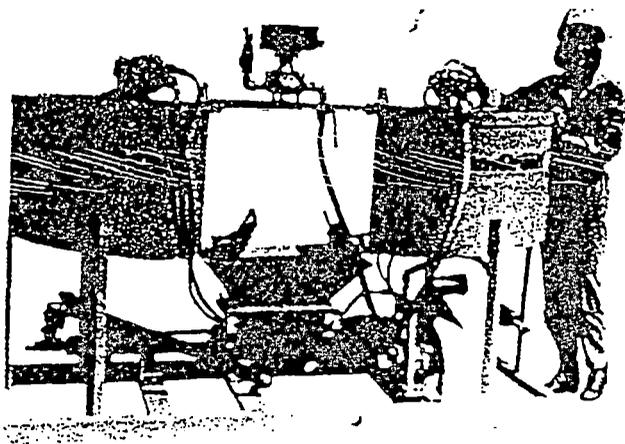


Fig. 8—Double-tub grout mixer and progressive cavity pump, compressed air driven

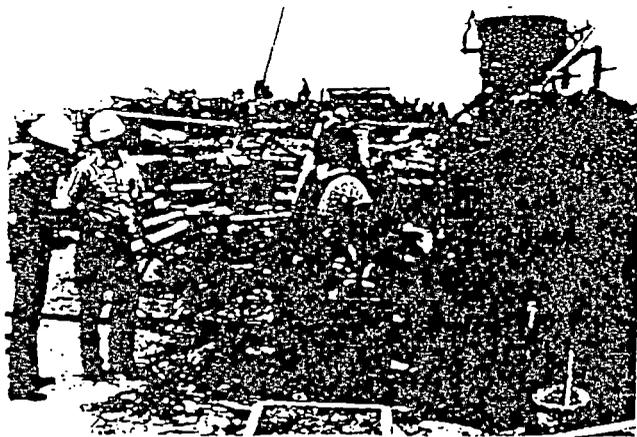


Fig. 9—Double-tub mixer and Simplex pump in operation. Inspector, left, holds flow cone for checking fluidity of grout

3.2—Grout mixers and pumps

3.2.1 *Mixers*—Vertical-shaft paddle-type, double-tub mixers are commonly used for preparing grout on small jobs. Mixer tubs range in capacity from 6 to 12 ft³ (0.2 to 0.4 m³) or more, and operate at 60 to 120 rpm. One tub serves as a mixer while the other acts as an agitator to feed the grout pump until its load is consumed. Although both mixers can be driven from a common shaft using gasoline, electricity, or compressed-air as the power source, individual air motors for each tub are preferable, because this type of power offers simple, separate speed control for each mixer. Commercially available double-tub mixers are shown in Fig. 8 and 9. These combinations have a rated maximum grout output of 2.7 ft³/min (0.077 m³/min). For large-volume grout output, horizontal-shaft mixers discharging by gravity into a third agitating mixer have been found suitable. One such plant is shown in Fig. 10. In this instance, cement, fly ash, and fine aggregate were batched at the project's concrete plant and fed to the hoppers over the mixers. Mixer power requirements range from ¼ to ½ hp per ft³ (0.03 m³) of capacity.

The pan or turbine-type concrete mixers are well suited for mixing grout, although maintenance of a sufficiently tight seal at the discharge gate can cause

problems. Conventional revolving-drum coers are also useable if the mixing is sufficlonged to assure thorough mixing. The so loidal, or shear mixer, provides extremely first stage mixing of cement and water in a ance centrifugal pump followed by mixing ment slurry with sand with an open impu This type of mixer provides a relatively ble ture, but because of the high energy input, must be very short to avoid heating up the ;

Ready-mixed concrete plants are anothe grout, especially where large quantities ; provided that transit time to the work site 30 min for a grout mixture that has an ac life of over 2 hr. Upon arrival, the grout is into an agitator and the transit-mix truck return for another batch.

Mixed grout must be passed through a so it enters the pump(s). This removes lump objectionable material which can cause pu culty and line blockage and interfere with p flow in the voids in the preplaced aggreg openings should be approximately ¼ to ⅜ mm). A screen is normally laid over the pu Retained lumps are raked off frequently. mixed grout is fed to the agitator throu screen which automatically drops tramp material over the end of the agitator. P shaker screens have also been used.

3.2.2 *Pumps*—Grout pumps must be of displacement type such as piston, progressiv diaphragm. Centrifugal pumps have been b isfactory except for rapid, low-pressure d: from a high-speed "colloidal" mixer. The ; should be equipped with a bypass connect charge with the pump hopper or agitato continuous or, at least, frequent pump op ing interruptions in grouting. By throttling it is also possible to exercise a measure of the quantity of grout going to the work. gage on the grout line in full view of the p tor is necessary to indicate grouting resistan sible line blockage.

3.3—Grouting systems

The most reliable grout delivery system c single line from the grout pump directly t (grout) pipe extending into the preplaced ag provide for continuous grout flow while a c changed from one insert to another, a wye be used in the immediate vicinity of the r wye should be provided with valves at the the two outlets. Grout should be injected th one leg of the wye at a time. Manifold s tended to supply two or more inserts sim are not advisable, because flow of grout coarse aggregate will vary appreciably fro insert, resulting in uncertain grout distri plugged inserts.

It is a good practice to keep the length c

ery line from the grout pump to the insert area as short as practicable. The line should be of sufficient diameter to maintain grout velocity in the range of 2 to 4 ft/sec (0.6 to 1.2 m/sec). Velocities that are too low may result in segregation or stiffening of grout, and in line blockage. Velocities that are too high will raise pumping pressure unnecessarily, increase wear, and waste energy.

High-pressure grout hose, having a capacity of 400 lb/in.² (2.8 MPa) or higher, is commonly used for transmission lines from the pump to the point of use. For small work, a 1 in. (25 mm) inside diameter line is sometimes used, but 1¼ or 1½ in. (30 or 40 mm) diameter lines are preferred for distances up to 500 ft

(150 m). For longer distances, up to and over 1000 ft (300 m), a 2 in. (50 mm) diameter is preferred. Relay agitator-pump combinations are preferred for longer distances. It is essential that all connections be completely watertight, because leakage of water from grout will cause thickening and blockage at the point of leakage. Quick couplings are preferred to facilitate rapid disconnection. Pipes should be cleaned out at 1 to 2 days depending upon the temperature and conditions of operation.

All valves in the system should be of the type that provide for straight-through, undisturbed flow when open. It is also desirable that they be quick opening.

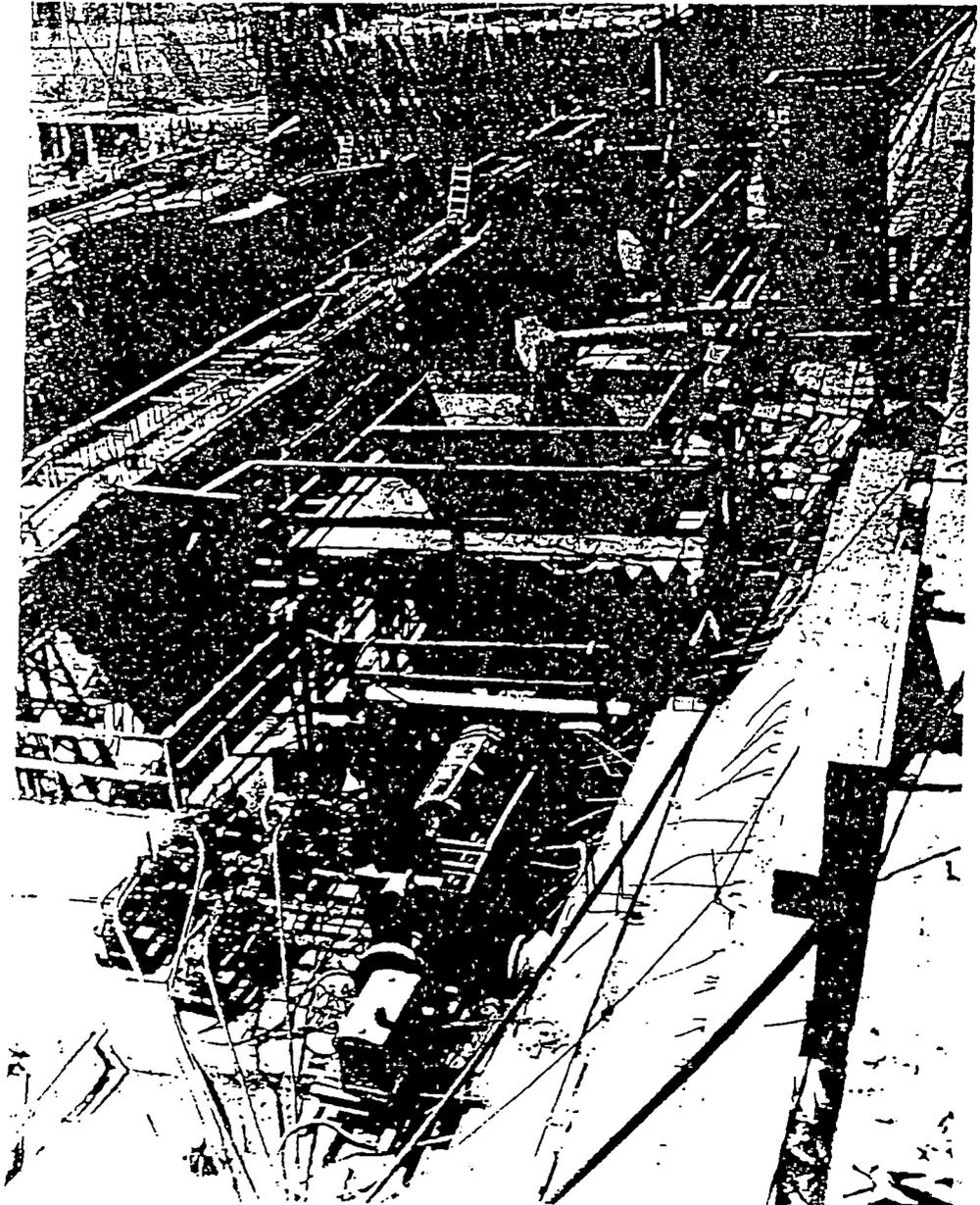


Fig. 10—Mixing and pumping plant at Bull Shoals Dam. Grout materials were dry batched into 4 yd³ concrete buckets at the conventional concrete plant for transfer to this mixing plant located at rear of powerhouse substructure. Water batcher is above and to the right. Note rotary grout screen and agitator (in lower foreground) from which the battery of four pumps draws the grout

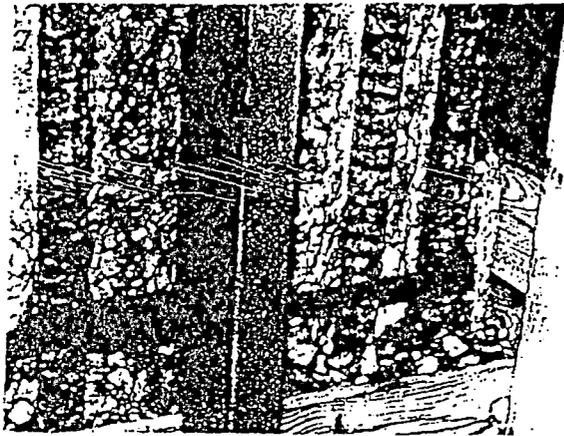


Fig. 11—After damaged concrete has been removed, coarse aggregate is placed as timber forms are erected



Fig. 12—Concrete preparation of an arch rib before removal of deteriorated concrete, McArthur Bridge, Detroit, Michigan

easily disassembled for cleaning. Plug or ball valves, stem-lubricated when over 1 in. (25 mm) diameter, are preferred. Gate valves have been used in emergencies, but their service life is short because grout soon fills and hardens in the lower portion of the gate slot. Globe valves are not recommended in grout lines.

CHAPTER 4—CONSTRUCTION PROCEDURE

4.1—General considerations

Steps to be taken, in the order of execution, for placing PA concrete are as follows:

1. Prepare existing surfaces against which the PA concrete is to be placed.
2. Place reinforcement and install grout (insert) pipes as required.
3. Erect forms.
4. Place coarse aggregate. This step may be coincident with the preceding Steps 2 and 3. Where reinforcement is closely spaced, or placing conditions are difficult for other reasons, or where high lifts of joint-free in-place concrete are desired, it may be advantageous to place the aggregate while access is available.
5. Mix and pump grout into the voids of the preplaced aggregate.
6. Finish and cure as required.



Fig. 13—Concrete of an arch rib ready for forms and placement of coarse aggregate, McArthur Bridge, Detroit, Michigan

4.2—Preparation of concrete surfaces

Existing concrete surfaces to which PA concrete is to be placed must be thoroughly cleaned. Deteriorated or honeycombed concrete removed shows a properly prepared surface after honeycomb from a newly placed column stand. Note that coarse aggregate is being placed as timber forms are erected.

To repair surface defects, the concrete is removed to reach sound concrete. In addition, not less than four times the maximum size of aggregate should be provided behind any existing steel, or where new reinforcing is to be placed. Figures 11 and 13 show concrete removed from an arch rib on the McArthur Bridge in Detroit, meeting all the above conditions.

4.3—Grout inserts, sounding wells, and pipes

4.3.1 Grout insert pipes—For the use of preplaced aggregate, pipes used for injecting grout into the concrete are normally $\frac{3}{4}$ to 1 $\frac{1}{2}$ in. (19 to 38 mm) diameter, Schedule 40 pipe. For maximum diameter up to 1 $\frac{1}{2}$ in. (40 mm) diameter, Schedule 40 pipe. The grout insert pipes should extend vertically at least 6 in. (150 mm) above the top of the preplaced aggregate or they may extend horizontally through the concrete work at different elevations. Occasionally, they may be placed at an angle to permit injection of grout around embedded items or into restricted areas. Insert pipes should be withdrawn during injection in such a way that they remain at all times a minimum of 1 ft (300 mm) above the grout surface. Where inserts are required for depths of aggregate exceeding approximately 10 ft (3 m), flush-coupled Schedule 120 pipe or casing is recommended. For very deep placements, such as caissons in deep water, additional pipe may be required. For example, a 1 in. (25 mm) diameter pipe placed within a 2 in. (50 mm) pipe to grout depths of 100 to 50 ft (30 to 15 m) and 50 to 0 ft (15 to 0 m) respectively. A pipe extending to a depth of 100 ft or more in preplaced aggregate may be difficult to

draw because of the friction. To alleviate this on the Mackinac Straits Bridge piers, a 1 in. pipe was placed to the full depth, then a larger pipe was slipped over it to about half the depth.

The spacing of insert pipes will range from 4 to 12 ft (1.2 to 3.7 m) with 5 or 6 ft (1.5 or 1.8 m) spacing commonly used. As a conservative guide for the layout of insert pipes, it can be assumed that the grout surface will take a 1:4 slope in dry locations and 1:6 under water. On work being served by several pumps, inserts should be tagged with a number or other code to identify the insert being served by each pump.

Insert pipes are normally located and supported to permit withdrawal during grout injection and extraction from the aggregate after injection is complete. Straight pipes are preferable since they may be cleaned by rodding if they become obstructed. If it is necessary to place nonremovable grout pipes such as those curved beneath an embedment, extra pipes should be placed in the event that some become obstructed. These pipes may also serve as vent pipes (see Section 4.3.3).

The grouting of surface repairs and thin walls up to about 18 in. (460 mm) thick may also be accomplished through pipe nipples screwed into holes in the forms or into flanges attached to the forms over the holes. Spacing of these injection points will vary from as little as 2 to 3 ft (0.5 to 0.9 m) for sections as thin as 4 in. (100 mm) to 3 to 4 ft (0.9 to 1.5 m) for thicker sections.

4.3.2 Sounding wells—When grout is to be injected through vertical insert pipes, sounding wells are installed to provide a means to locate the grout surface. The ratio of sounding wells to insert pipes normally ranges from 1:4 up to 1:10. Sounding wells usually consist of 2 in. (50 mm) thin-wall steel pipe provided with milled (not burned) 1/2 in. (12 mm) open slots 6 in. long with 12 in. between slots at frequent intervals. Partially rolled, unwelded steel tubing providing a continuous slot has also been used successfully.

4.3.3 Vent pipes—Vent pipes must reach into areas that are likely to trap air and water as the grout rises in the coarse aggregate. These may be placed before or concurrently with the reinforcement.

4.4—Forms

Forms should be designed and erected in accordance with ACI 347R, keeping in mind that the pressure exerted by the grout is the static head of the grout, which weighs approximately 130 lb/ft³ (2080 kg/m³). Grout pumping pressure is not a factor provided that forms are open at the top, because grout moves through the in-place coarse aggregate so freely that pressure in grout pipes is dissipated within a few pipe diameters of the end of the insert.

For most projects, it has been found conservative to use standard form design tables and assume 10 lb/in.² (0.07 MPa) minimum static grout pressure, approximately equivalent to a 10 ft (3 m) head of grout. For deep, massive placements, such as bridge piers, additional allowance is made for lateral load from the superimposed, ungrouted coarse aggregate. When placing

heavyweight concrete, the constant 150 lb/kg/m³) in the formulas in ACI 347R should be with the actual anticipated unit weight of the crete.

Form workmanship must be of high quality to prevent leakage. Grout can stop water seepage to be depended upon to stop flow through openings less than 1/16 in. (1.5 mm). Joints between forms that do not match perfectly are usually sealed inside with self-adhesive tape. Anchor bolts penetrations may be tightly fitted through the form or sealed with a ring of mortar applied. Where forms lap over concrete or other surfacing has been effected by placing a strip of polyethylene or triple-folded cloth, or a strip of mastic. The use of mastics that do not harden is found inadvisable because they tend to blow out as grout rises behind the forms.

Forms constructed of tongue and groove plywood are shown in Fig. 11. Plywood cut to fit at the joints is frequently employed on small jobs and where caulking is necessary. Preassembled steel angle anchor systems have been used successfully on large forms. Precast forms of air-entrained concrete with embedded steel anchor dowels tied or welded to reinforcement have been used successfully for large concrete dams.⁷ Steel forms, either permanent or temporary, have been used on projects involving clear shields.

For underwater pier construction, including encasement of existing pier bases, steel sheet piling is frequently used. For deep-water piers where the use of coarse aggregate may be by the intermittent load while grout mixing and pumping is occurring, care must be taken to provide adequate storage for the sheet piling. The reason for this is that after a day or more of pumping, fresh grout injected into aggregate well above hardened concrete will lower down in the structure. Without sufficient storage, the static pressure of the fresh grout will cause deflection of the sheeting. This will permit grout to flow down between the piling and hardened concrete, resulting in further deflection and bulging or breaching of the forms.

4.5—Coarse aggregate placement

4.5.1 Preparation for placement—Coarse aggregate should be washed and screened to remove dust and to eliminate coatings and undersized particles immediately before placement. Washing in water should never be attempted because fines will settle at the bottom. No amount of flushing will remove such fines which, if present, will produce honeycombed concrete, an unbonded joint, or a porous surface¹⁴; see ACI 309.2R. If more than one aggregate is being used, the sizes may be batched and mixed before final washing and screening, or they may be discharged at proportional rates onto vibrating or revolving wash screens.

4.5.2 Aggregate placement—Coarse aggregate

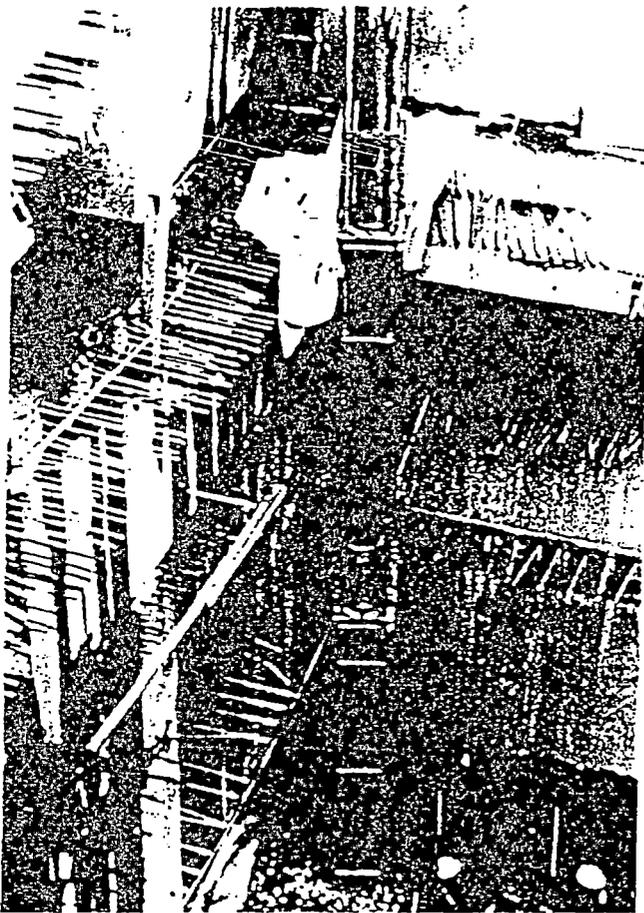


Fig. 14—Flow of coarse aggregate through tremie pipe for embedment of draft tubes was controlled by keeping lower end slightly below surface of stone already deposited. Placing was controlled by cables attached to the pipe. Washed aggregate was delivered by 10-ton dump trucks into a hopper attached to a pipe at an accessible deck level 50 ft (15 m) above deposition level, Tumut III Pumped Storage Hydro Plant, Snowy Mountains Project, Australia

commonly conveyed to the forms in concrete dump trucks, and/or conveyors. Where the drop is 5 ft, tremies or other means should be used to minimize segregation and breakage. A steel pipe diameter at least four times the maximum aggregate size has been used for lowering aggregate from 1000 ft (300 m) at mano penstock.¹⁶ In Fig. 14, with the bottom of the floor, the pipe was filled with aggregate maintained full as it was slowly raised. The aggregate flow was controlled by keeping the lower end slightly into the mound of discharged material. Horizontal movement of the pipe was effected by cables attached to the pipe. Where it is impractical to work the pipe, as at Kemano, sections may be burned to permit the aggregate to flow. Aggregate also has been blown into place. Aggregate for tunnel has been blown into place with large volumes using a pipe 6 in. (150 mm) or larger. A turbine blow pipe provided air at approximately 3 psi (0.02 MPa).

Where coarse aggregate is being placed directly, as in bridge piers, it may be dropped directly from the water from self-unloading ships or clamshells, as shown in Fig. 15 and 16, or from bottom barges. The terminal velocity of aggregate through water is low enough to avoid particle breakage, and segregation from differential falling is negligible for the size ranges used.

There is little to be gained from attempts to consolidate the coarse aggregate in place by rodding or vibration. However, rodding and compressed air lance frequently used to place aggregate in congested areas. Lances are typically 1/2 in. (13 mm) pipes attached to air lines, as illustrated in Fig. 18. Expanded metal mesh can be used to retain aggregate above some 3 in. (75 mm) from the surface; the remaining space is filled with aggregate.

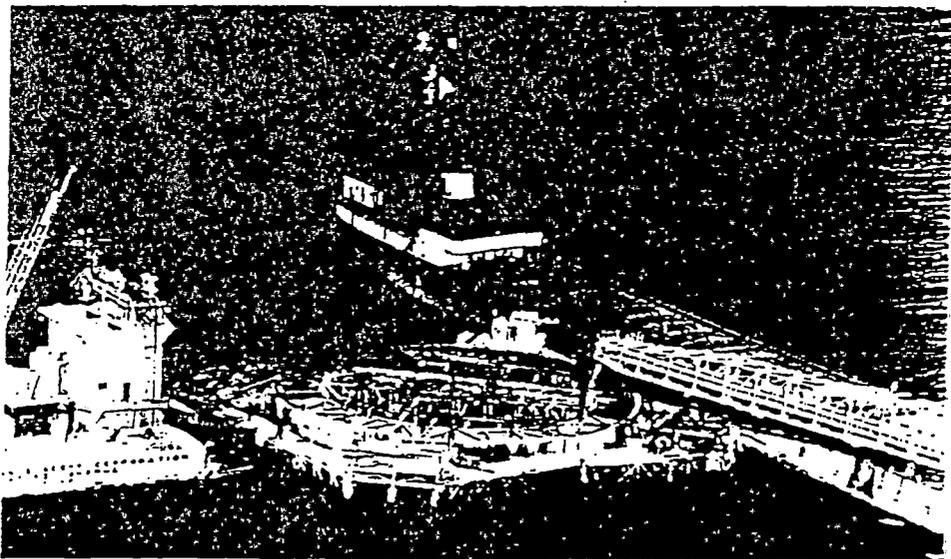


Fig. 15—Most of the coarse aggregate for 500,000 yd³ (383,000 m³) of P.A. concrete in 34 piers of the Mackinac Bridge was placed from self-unloading boats at approximately 2000 t/hr (1815 Mg/hr). Water as much as 200 ft (60 m) deep in the forms cushioned the fall and chilled the stone to 40 to 45 F (4.4 to 7.2 C). Grout was mixed and pumped from semi-automatic plant on left

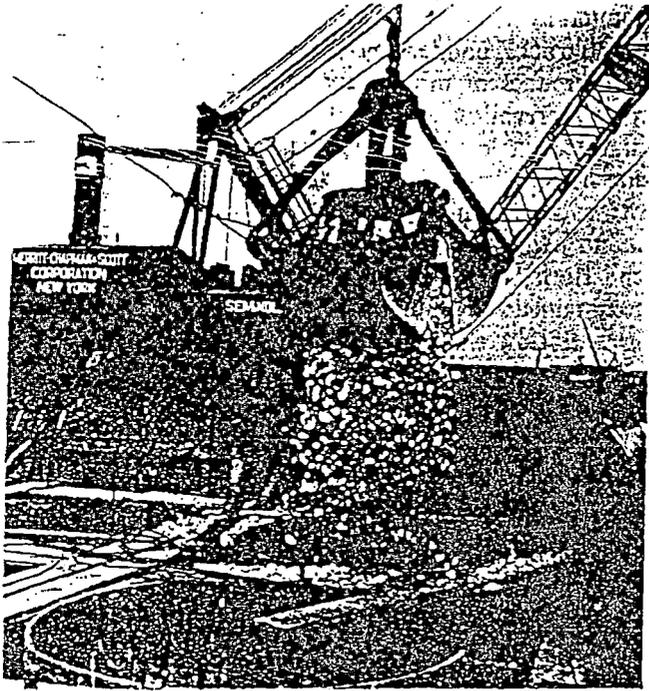


Fig. 16—Coarse aggregate being deposited by clamshell from barge for Mackinac Bridge pier located in shallow water. Grout pipes with upper ends protected are supported by short sleeves welded to the caisson shells

forms are erected. Around closely spaced piping, reinforcement, and penetrations, as in some nuclear shielding situations,^{12,13} hand placement of coarse aggregate may be required (Fig. 5).

4.6—Contamination

In underwater construction where organic contamination is known or suspected to exist, the water should be sampled and tested to determine the rate of sludge buildup on immersed aggregate and its possible influence on the quality of the concrete. Normally, where unexpected pollution is present, the aggregate may be safely grouted within a day or two after placement. If contaminants are present in such quantity or of such character that the harmful effects cannot be eliminated or controlled, or if the construction schedule imposes a long delay between aggregate placement and grout injection, the PA concrete process should not be used. In clean water, coarse aggregate has been allowed to remain in situ for approximately 6 months before the grouting operation without apparent adverse results.¹⁷

4.7—Grout injection

4.7.1 Mixing procedure—The standard batching order of grout materials into the mixer is water, grout fluidifier, cementitious materials, and fine aggregate as stated in the Standard Practice for Concrete, Department of the Army.³ The fluidifier should be added with the water to help achieve good distribution of the grout ingredients. If additional retardation is desired, as in some hot weather situations, the fluidifier may be added after the cementitious materials have been mixing for a few minutes.

4.7.2 Preparation—At the time the coarse aggregate is grouted, it and any existing concrete surfaces must be

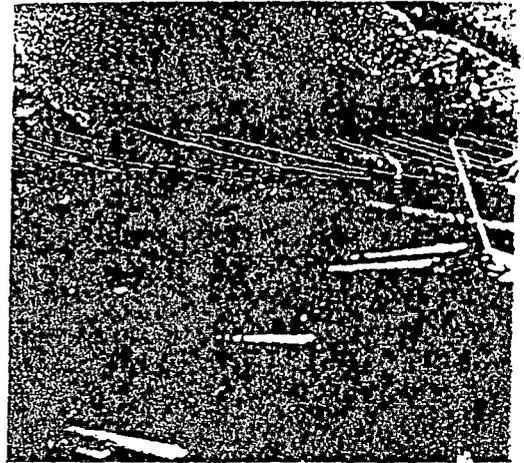


Fig. 17—Space over an equipment hatch, containment structure. Cable ducts are shown. Additional reinforcement will be added

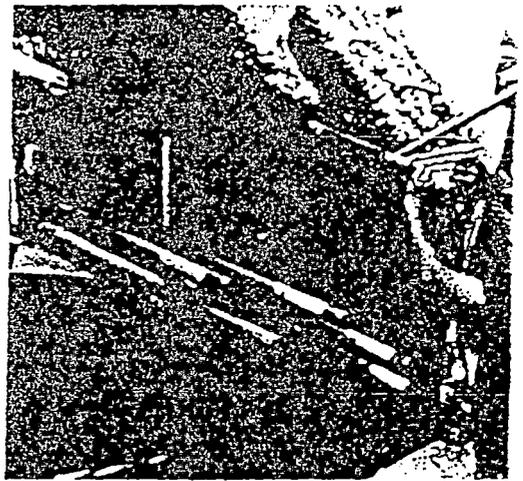


Fig. 18—Using air lance to place aggregate in cavity and behind cable ducts

in a saturated condition. If the placement water, it is a good practice to insure saturation of aggregate, as well as to check the forms for leakage, by filling the forms with water before concrete is placed. The water should rise gently through the aggregate. If the concrete is internally dry, it is advisable to ponding for at least 12 hr. After saturation may be drained by pumping from insert holes near the bottom of the forms. If it was saturated and surface wet at time of placement, only the upper 12 in. (300 mm) or so of this area may be dampened by application of fog spray. Before starting to mix and pump, it is advisable to disconnect grout hoses from inlet points and flush the grout lines. Grout pumped through a dry hose or pipe will clog as mixture water is absorbed from the dry surface. Excess water should be cleared from pumps and lines to the extent feasible.

At the start of grouting, with the grout lines connected at the insert ends, grout should be

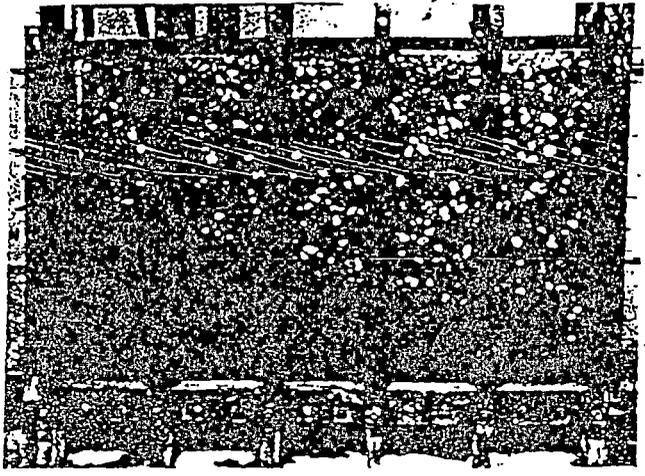


Fig. 19—Grout displaces water cleanly in glass-faced form and takes natural slope of approximately 1:5 in $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) minimum size aggregate

wasted until grout exiting the line is the same uniform consistency as that being discharged from the mixer. Connection may then be made to the insert and injection into the preplaced aggregate started. The rate of pumping should be slow for the first few minutes to allow buildup of a mound of grout at the discharge point in the aggregate.

4.7.3 Grouting procedure—There are essentially two basic patterns for grout injection, the horizontal layer and the advancing slope. With both systems, grouting should start from the lowest point in the form.

In the horizontal layer method, grout is injected through an insert pipe to raise the grout until it flows from the next insert hole 3 to 4 ft (0.9 to 1.25 m) above the point of injection. Grout is then introduced into the next horizontally adjacent hole, 4 to 5 ft (1.25 to 1.5 m) away, and the procedure repeated sequentially until a layer of coarse aggregate is grouted. This procedure is repeated in successive layers of aggregate until all of the aggregate in the form has been grouted. After each injection, the insert is withdrawn until the lower end of the insert is a minimum of 1 ft (0.3 m) below the grout surface. When injecting through ports in the forms or through horizontal inserts, grouting should be continuous through the injection point until grout flows from the second higher injection point above. For the next lift of grout, injection should be into the next injection point above that just completed, i.e., well below the actual grout surface.

When the layer procedure is not practical, as in the construction of a thick slab having plan dimensions relatively large compared to depth, the advancing slope method of grout injection is used. In this procedure, intrusion is started at one end of the form and pumping continued through the first row of inserts until grout appears at the surface or is at least 1 ft (0.3 m) deep at the next row of inserts. The slope is advanced by pumping successive rows of inserts until the entire slab has been grouted. The natural slope of 22 sec (flow cone) grout in $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) nominal minimum size coarse aggregate will be approximately 1:10 in a sub-

merged slab and may be as steep as 1:5 in a "V" form. The grout displaces water cleanly. Fig. 19 shows a glass-faced form filled with $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) minimum size aggregate.

When the grout contains pozzolan, the time of the grout will usually be long enough to allow insert pipes to stand full between injections several hours, depending on mixture proportions and temperatures. It has been found desirable to use insert pipes that have been idle for some time before being used for grout injection. Insert pipes must not be flushed with water through them, especially when the end of the pipe is below the grout surface, as this will cause severe segregation of sand and an unacceptably high water-cementitious material ratio in the vicinity of the pipe.

It is important that the rate of grout rise through the aggregate be controlled to eliminate cascading and to avoid form pressures greater than those for which the forms were designed. Normally, a grout rise of 2 ft/min (0.6 m/min) or less is recommended to avoid cascading. As noted in Section 4.4, the design pressure from grout is that of the fluid grout above the point under consideration. A contrary rule used by some field engineers is that at 21°C, grout in preplaced aggregate still remains sufficiently fluid in 4 hr to resist superimposed pressure of 5 lb/in.² (0.03 MPa), which is approximately equivalent to 5 ft (1.5 m) of fluid grout.

Normal injection rates through a given insert pipe should be less than 1 ft³/min (0.03 m³/min) for a 2 in. (50 mm) diameter and 1 ft³/min (0.11 m³/min) for a 3 in. (75 mm) diameter. For a particular application, the injection rate will depend on form configuration, aggregate grading, and grout fluidity. When grouting around embedded items, particularly under horizontal surfaces or under recessed areas, it is essential that attention be made for venting entrapped air during grouting. Grouting should be continued until good quality grout is returned from the vent pipes, thereby indicating the completeness of grout injection. Low-frequency, low-amplitude external vibration of forms at or near the grout surface will permit grout to cover the aggregate-to-form contacts, thereby providing a smooth surface appearance. Excessive form vibration will encourage bleeding, and usually cause surface streaking from the upward movement of bleed water. Internal vibration serves no useful purpose and should be avoided except for short bursts to level the grout between inserts for topping out purposes.

4.7.4 Grout surface determination—The grout surface within a mass of preplaced aggregate is indicated by observing seepage of milky-appearing grout from cracks, joints, small drilled holes, or other void points in forms.

Where the aggregate is being grouted through vertical insert pipes, sounding wells (described in Section 4.3.2) are used. The sounding line is usually made of a 1 in. (25 mm) diameter float so weight will sink through water yet float on the grout surface. In an electronic system, replacing the sounding line an

ing grout locations continuously on graphs at the pumping plant, was devised for the Honshu-Shikoku bridge piers in Japan. Details for this system are not available.

4.8—Joint construction

Cold joints are formed within the mass of preplaced aggregate when pumping is stopped for longer than the time it takes the grout to harden. When delays occur, the insert pipes should be pulled just above the grout surface before the grout stiffens, and then rodded clear. To resume pumping, the pipes should be worked back to near contact with the hardened grout surface and then the pumping resumed slowly for a few minutes to create a mound of grout around the end of the pipe. Because the coarse aggregate pieces cross this joint, bond and shear strengths in most cases will be unaffected. However, if the grout bleeds excessively, some laitance may collect on the grout surface portion of the joint and weaken tensile bond.

Construction joints may be formed in the same manner by stopping the grout rise approximately 12 in. (300 mm) below the aggregate surface. Dirt and debris must be prevented from collecting on the exposed aggregate surface or filtering down to the grout surface.

If construction joints are made by bringing the grout up to the surface of the coarse aggregate, the surface should be green-cut (i.e., water- or sandblasted after the grout has set but not appreciably hardened) to provide a clean, rough surface for the grout in the next lift.

4.9—Finishing

The grout injection rate is usually slowed down when topping out to avoid lifting or dislodging the surface aggregate.³ Coarse aggregate at or near the surface that tends to float on the upward moving grout may be restrained by a wire screen held in place with a few light beams or weights. The screen is removed before finishing.

When a screened or trowelled finish is required, grout should be brought up to flood the aggregate surface. Diluted grout should be removed. A thin layer of pea gravel or $\frac{3}{8}$ to $\frac{1}{2}$ in. (9 to 13 mm) crushed aggregate is then worked into the surface by raking and tamping. When the surface has stiffened sufficiently, it may be screened, floated, and/or trowelled as required. Occasionally, a PA concrete surface has been left 3 to 6 in. (7.5 to 15 cm) below grade and later topped off with conventional concrete.

4.10—Curing

PA concrete should be cured in the same manner as conventional concrete, i.e., in accordance with ACI 308. Where the cementitious material includes pozzolan, impermeability and strength will be improved if curing time is extended.

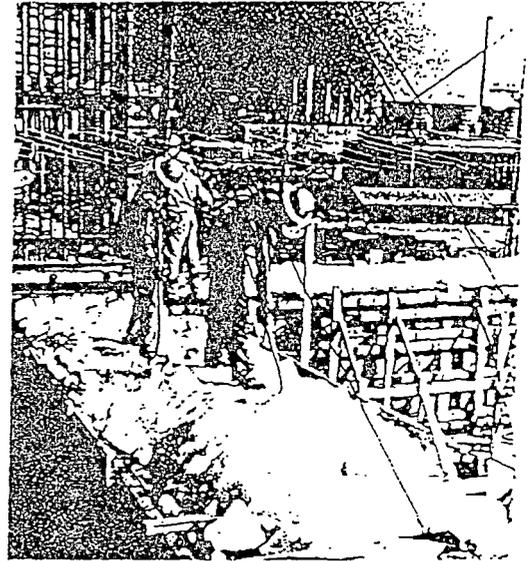


Fig. 20—Cooling of in-place coarse aggregate by spreading shaved ice prior to grouting

heat of hydration, and the peak temperature of the concrete in place may be limited by the procedures described in the following. Some information on temperature control is also found in ACI 207.4R.

5.1—Grout mixture proportioning

As with conventional concrete, heat of hydration related to the type and amount of portland cement and other cementitious materials in the mixture. Temperature rise depends upon the amount and rate of heat released. The amount of heat can be minimized by using a moderate or low heat of hydration cement and a mixture as lean as possible consistent with design requirements. If early strength is required, as in many massive structures where strength results are acceptable, high proportions of fly ash or pozzolan may be considered. The slow strength gain results in slower heat release and a longer time for heat dissipation.

5.2—Chilling coarse aggregate in place

Chilling occurs whenever the aggregate is placed in cold water, as in bridge piers and other structures below water. For structures above water, the aggregate may be cooled by circulating chilled water through the forms and around the aggregate, or by introducing chilled water at the bottom of the forms and allowing it to rise to the top, until the desired aggregate temperature is attained. In-place aggregate may also be cooled by spreading crushed or shaved ice on top of the aggregate. Fig. 20. This procedure, which allows cold water to trickle down through the voids in the aggregate mass and to trickle down from the melting ice, has been found to be effective but time consuming.¹⁴ Cooling of aggregate with liquid nitrogen has been reported to be successful, but no details of such use are available.

5.3—Chilling aggregate before placement

Because of the time delay between aggregate

CHAPTER 5—TEMPERATURE CONTROL

Temperature rise in PA concrete resulting from the

ment and grout injection, cooling of the aggregate before placement in the forms is not recommended.

5.4—Chilling the grout

Cold mixing water may be used to reduce the temperature of grout, but this method is relatively ineffective unless the dry materials have also been cooled by low temperature storage.

An effective procedure, especially during warm weather, is the substitution of shaved ice for a portion of the mix water. It takes 1 BTU to raise 1 lb of water 1 F (1 cal/g/C), while 143 BTU are absorbed by 1 lb of ice (80 cal/g) in melting. Using shaved ice, grout temperatures of 40 F (4.5 C) have been obtained. Precaution should be exercised when using ice to insure that mixing continues until all ice particles are melted before the grout is pumped. This is important when minimum grout temperatures are being sought and especially so if crushed ice is substituted for shaved ice. Trial mixtures to determine the amount of ice substitution and the extension of mixing time, if any, are advisable. Chilling may also increase the fluidity of the grout sufficiently to permit some reduction in total mixing water.

5.5—Cold weather placement

The precautions and limiting conditions stated in ACI 306R should be observed. There are a few additional precautions peculiar to PA concrete. For the grout fluidifier to expand properly, the temperature of the grout should not fall below 40 F (4.4 C). If the coarse aggregate or concrete substrate is cold but not below 32 F (0 C), the grout may be heated by using warmed ingredients. Grout temperatures above 50 F (10 C) in monolithic PA concrete, or 60 F (15 C) in patches where cold base concrete will act as a heat sink, may be used to provide a suitable in-place temperature without causing an undue rise in temperature from the heat of hydration. Occasionally, where repair work had to proceed in severely cold weather, entire piers or structures have been enclosed and heated to insure that base concrete temperatures were above the freezing point. This practice also protects the new PA concrete after placement.

CHAPTER 6—QUALITY ASSURANCE AND CONTROL

6.1—Quality assurance

To assure quality work:

1. Determine that the contractor has had experience in making PA concrete. If not, he should demonstrate capability by making two or three small test sections or blocks. The laboratory should practice their procedures at the same time.
2. Check materials reports for acceptability as is done for conventional concrete.
3. Check mixing and pumping equipment. Outlet gates should be watertight to prevent leakage of batch water during the batching process. It is advisable to insure that both mixers and pumps are in good working condition before starting the first batch. Where cold

joints must be avoided, standby equipment working condition should be provided at the ready for hook up within 15 to 30 min. A skilled operator can usually tell when pressures are rising, a pressure gage at the pump recommended.

4. See that quality control is being exercised the course of the work.

6.2—Quality control

Quality control of both materials and work should be exercised in accordance with appropriate and ASTM standards.

6.2.1 *Prior to placement*—Selection of meeting specification requirements should be in advance of the start of placement. It is advisable to prepare and test grout mixtures for consistency, and expansion. When time permits, strength of cubes (ASTM C 942) may be made for a preliminary indication of performance. However, it should be noted that the strength of grout determined from cubes may bear little relationship to the strength of concrete made with the same grout. The reason is that cube or cylinder testing does not show the weakening effect of excessive bleeding of grout within the preplaced aggregate, nor does it show the restraining effect on the expansion of the grout. The next step is the preparation of pressure cylinders (ASTM C 943). Usually six test specimens are made for testing, three each at 7 and 28 day work where materials savings are a factor or leanest practicable mixture is desired to minimize temperature rise, a series of mixtures may be prepared and tested simultaneously.

6.2.2 *During placement*—Particular attention should be given to the following items:

6.2.2.1 *Coarse aggregates*—This material should be checked frequently as it is being placed in the forms to assure that it is free of undersize particles and that the use of dirty aggregate to which grout can be added will result in weakened concrete.

6.2.2.2 *Fine aggregate*—Fine aggregate that is graded as specified in Table 1 may cause bleeding which, in turn, will reduce strength. Excessive particles can cause problems with the valving of most piston pumps as well as clog the void space filled in the preplaced aggregate. Occasional tramp material will be retained on the grout surface. Excessive quantities lead to wasted material.

The free moisture content of the fine aggregate should be determined before the start and adjustments made to the amount of water required to satisfy the specified water to cement material ratio.

6.2.2.3 *Grout mixture control*—The accuracy of job-site batching of grout materials is checked by use of the flow cone described in ASTM C 939. Flow cone measurements should be made on successive batches of grout from each mixer to insure that consistency is consistent within allowable limits, us

or minus 2 sec. Thereafter, random flow testing at 5 to 10 batch intervals is generally considered adequate. Consistency adjustments, when necessary, are made in two steps; first, by varying the amount of mixture water within allowable water-cementitious material ratios, then by adjusting the cementitious materials.

6.2.2.4 Strength tests—Strengths should be determined from PA concrete cylinders made at the work site, preferably in the vicinity of the grout mixing and pumping plant, using grout diverted from the pump(s). The procedure is similar to that description in ASTM C 943 (a laboratory practice), except for the following: (1) casting temperatures are those at the work site, and (2) the cylinders are protected and left undisturbed where cast for at least 24 hr before stripping (longer where strength gain is retarded by low temperatures or the pozzolan content of the grout). After stripping, the cylinders are carefully transported to a laboratory for completion of curing and testing, or protected and cured in situ if the effects of job-curing conditions are to be measured. On occasion, grout has been withdrawn from the mixer or agitator as it is being fed to the pumps and taken in containers to a field laboratory for the preparation of cylinders. In such cases, the grout should be pumped into the cylinders within about 15 min of the time when it is withdrawn.

If cores are desired for strength testing, they should be taken and tested in accordance with ASTM C 42. It has been shown that properly made PA cylinders bear a close relationship to cores taken from the PA concrete in place, as indicated in Fig. 7.11 of ACI 304R.

CHAPTER 7—CONCLUSION

7.1—Economics

Whether PA concrete construction costs more or less than concrete that is conventionally mixed and placed depends on each situation; however, some general comments can be made. For PA concrete, some 60 percent of the material—the coarse aggregate—is placed directly in the forms. Only 40 percent—the cementitious material, fine aggregate, admixtures, and water—goes through a mixing and pumping procedure. Therefore, PA concrete has or may have a cost advantage where coarse aggregate is readily placeable in the forms. Favorable situations include open-water structures accessible to self-unloading craft, clamshell unloading from barges, or bottom-dump barges. The same applies to land-based structures into which the aggregate may be deposited by bulk handling equipment.

Since coarse aggregate grading is not critical, except for the minimum particle size, it is occasionally feasible to process aggregate as it is being excavated, and place it in the forms immediately. Then the grout can be mixed and pumped from a convenient location. In deep mines in South Africa, for example, forms for lining pump chambers were filled with hand selected rock from a nearby heading. Grout was mixed at the top of a nearby shaft, dropped 2500 to 3000 ft (760 to 915 m) through a 1½ in. (38 mm) pipe into an agitator, and

then pumped varying distances to the form. This method was an economical solution which did not interfere with the elevators that were needed for mine operations. In bridge pier encasements, it is difficult and/or expensive to dewater or maintain a dewatered condition within the form or cofferdam. Dewatering is required for inspection and prevention of inward water leakage during concrete placement. Whether from the bottom or through the forms, damage to the concrete. When the PA concrete is employed, the forms may be flooded on completion of the preparatory work and filled with coarse aggregate. Then, when the grout is pumped, any water that does occur will be outward.

For column, beam, and surface repairs, the PA concrete method is commonly more expensive than conventionally or pneumatically placed concrete. PA forms must be tighter and because PA concrete placement requires two operations. It is up to the contractor and the owner to decide whether the bond, strength, or other properties of the PA concrete justify the added cost.

With respect to heavyweight concrete for biological shielding, the Oak Ridge National Laboratory has stated that wherever there is adequate space for placing low-slump concrete, conventionally placed concrete should generally be used. For embedded items require higher slump which is prone to segregation, the PA method should be considered. The reader should refer to ACI 304.3R when comparing costs.

In the case of large monolithic placements, economics will depend largely on the location of the work with respect to the supply of concrete and other considerations. Where large, thick slabs are to be placed and an adequate supply of conventional concrete is available, standard placement will normally be used. If ready-mixed concrete is not available, the PA method may be less costly than constructing a plant to produce concrete on site. Moreover, if the slab is heavily reinforced on top and bottom, positioning the reinforcing bars with coarse aggregate as it is placed may be more economical than supporting the bars above the ground. Placements of PA concrete such as those at the Hoover Dam (mentioned earlier in this report) may be particularly economical and the only practical method for accomplishing the work.

There are placement situations where factors other than cost may dictate the PA construction method. Such a situation was where the steel reinforcing bars were so closely spaced that vibrators could not be used and withdrawn. This precluded the use of high-slump concrete. PA concrete or non-shrink grout were used as alternatives. In addition, the non-shrink grout avoided the heat of hydration problem that was unacceptable for PA concrete. PA concrete was selected as the method used.

7.2—Closure

The PA method of placing concrete has been used in a wide variety of applications over the past 4

some places, the method was by far the most economical. In others, favorable properties were the principal reasons for its use.

CHAPTER 8—REFERENCES

8.1—Specified and/or recommended references

The documents of the various standards-producing organizations referred to in this document are listed with their serial designation.

American Concrete Institute

- 116R Cement and Concrete Terminology
- 201.2R Guide to Durable Concrete
- 207.4R Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete
- 304R Guide for Measuring, Mixing, Transporting and Placing Concrete
- 304.3R Heavyweight Concrete: Measuring, Mixing, Transporting and Placing
- 306R Cold Weather Concreting
- 308 Standard Practice for Curing Concrete
- 309.2R Identification and Control of Consolidation-Related Defects in Formed Concrete
- 318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete
- 347R Guide for Formwork for Concrete

ASTM

- C 33 Specification for Concrete Aggregate
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C 150 Specification for Portland Cement
- C 230 Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement
- C 260 Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete
- C 494 Specification for Chemical Admixtures for Concrete
- C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements
- C 618 Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete
- C 937 Specification for Grout Fluidifier for Preplaced-Aggregate Concrete
- C 938 Practice for Proportioning Grout Mixtures for Preplaced-Aggregate Concrete
- C 939 Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)
- C 940 Test Method for Expansion and Bleeding of Freshly Mixed Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
- C 942 Test Method for Compressive Strength of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
- C 943 Practice for Making Test Cylinders and Prisms for Determining Strength and Density of Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
- C 953 Test Method for Time of Setting of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory

D 98 Specification for Calcium Chloride

These publications may be obtained from the following organizations:

American Concrete Institute
P.O. Box 19150
Detroit, MI 48219

ASTM
1916 Race Street
Philadelphia, PA 19103

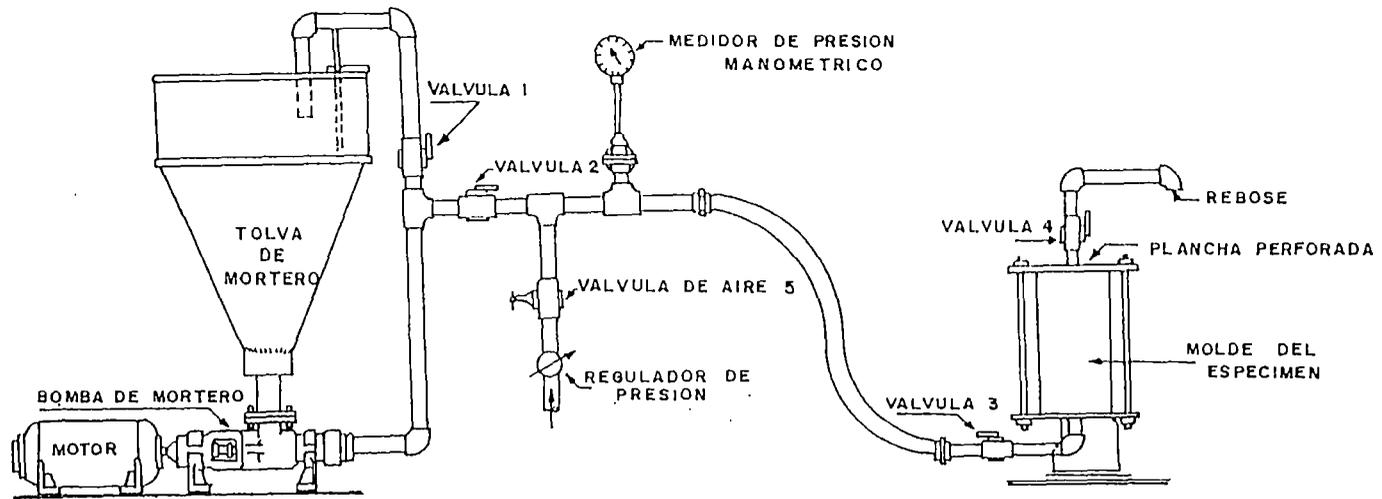
8.2—Cited references

1. *Concrete Manual*, Eight Edition, U. S. Bureau of Reclamation, Denver, Revised 1981.
2. Keener, Kenneth B., "Erosion Causes Invert Break Dam Spillway Tunnel," *Engineering News-Record*, Nov.
3. "Standard Practice for Concrete (EM 1110-2-2000) Department of the Army, Office of Chief of Engineers, Washington, November 1971.
4. Davis, R. E., Jr., and Haltenhoff, C. E., "Mackinac Construction," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 53, No. 6, pp. 581-595.
5. "Investigation of the Suitability of Prepack for Mass Concrete Structures," *Technical Memorandum* U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, 1954.
6. Davis, Harold E., "High-Density Concrete for Shield Energy Plants," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 54, No. 1, 1958, pp. 965-977.
7. Davis, Raymond E., "Prepack Method of Concrete," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 57, No. 2, Aug. 1960, pp. 111-114.
8. Klein, Alden M., and Crockett, J. H. A., "Design and Construction of a Fully Vibration-Controlled Forging Hammer," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 49, No. 29, Jan. 1952, pp. 444.
9. "Evaluation and Repair of Concrete Structures," *Report* 2002, 25 July 1986, Office, Chief of Engineers, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, D.C.
10. Tynes, W. O., and McDonald, J. E., "Investigation of Preplaced-Aggregate Concrete to Freezing and Thawing," *Miscellaneous Paper C-68-6*, U.S. Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, 1968.
11. *Civil Works Construction Guide Specification CW 1983, "Preplaced Aggregate Concrete,"* Department of Engineers, Office of the Chief of Engineers.
12. Tirpak, Edward G., "ORNL-1739, Report on Placement Techniques of Barite Concrete for Reactor Shields," *United States Atomic Energy Commission, Information Service*, Oak Ridge, May 1954.
13. Narrow, Lewis, "Barite Aggregate and Grout Intended for Use in Shield for Materials Testing Reactor," *Civil Engineering*, May 1954.
14. Tuthill, L. H., "Mineral Admixtures," *Significance and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials*, 169B, ASTM, Philadelphia, 1978, Chapter 46.
15. King, John C., "Special Concretes and Mortars of Heavy Construction, Second Edition," McGraw-Hill Company, New York, 1971, Section 22, pp. 22-1-22-30.
16. Davis, R. E., Jr.; Johnson, G. D.; and Johnson, E., "Kemano Penstock Tunnel Liner Backfilled With Concrete," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 52, No. 3, March 1955, pp. 287-308.
17. Ciccolella, LCDR J. A., and Gault, Ralph D., "Light Established," *Engineer's Digest*, United States Army, Jan.-Feb. 1949.
18. "Shrinkage Control for Massive Beams, Cast Through Preplaced Aggregate," *Engineering News-Record*, 1955.

ACI 304.1R-92 was submitted to letter ballot of the committee according to Institute procedures.

ESQUEMA DE OBTENCION DE MUESTRAS DE CONCRETO CON AGREGADO PRECOLOCADO

(ASTM C-943.)



BIBLIOGRAFIA

1. Título : Estudio del mortero fluido y concreto fluido
Autor : Quispe Mora Luis Alberto
Edición : Lima – Perú 1994
Biblioteca : UNI – FIC
Contenido : Estudio del mortero fluido, componentes, propiedades, características del mortero con y sin aditivo.

2. Título : Boletines técnicos
Autor : ASOCEM
Edición : Lima – Perú 1992
Biblioteca : PERSONAL
Contenido : Cemento: Historia, tipos, características , etc./ agregados: características. Propiedades, granulometría, etc./Concreto: propiedades, tipos de curado, etc.

3. Título : Manual de productos SIKA
Autor : SIKA
Edición : Lima – Perú 1980
Biblioteca : Química Suiza; productos SIKA
Contenido : Usos y ventajas del Intraplast.

4. Título : Tópicos de Tecnología del concreto
Autor : Pasquel Carbajal Enrique

- Edición : Lima – Perú 1992
- Biblioteca : Departamento de hidráulica
- Contenido : Cemento: tipos, características, propiedades/ agregados: características, Propiedades, granulometría, etc./ Tipos de Concreto, clasificación de los aditivos.
5. Título : Guide for the use of preplaced aggregate concrete for structural and mass concrete applications.
- Autor : ACI- Comité 304.1R92
- Edición : ACI – 1992
- Biblioteca : ASOCEM
- Contenido : Concreto de agregado precolocado: historia, durabilidad, materiales, proporciones, equipos, procedimientos de construcción, control de calidad, conclusiones.
6. Título : Aditivos para concreto
- Autor : IMCYM – Instituto Mexicano del cemento y concreto
- Edición : México – 1990
- Biblioteca : ASOCEM
- Contenido : Aditivos: tipos, propiedades, proporciones, etc.
7. Título : Morteros de Inyección
- Autor : Escudero Whu Ching Julio Rodolfo
- Edición : Lima – Perú, 1974, tesis

Biblioteca : UNI – FIC

Contenido : Mortero, proporciones, características, fluidez, resistencia a la compresión.

8. **Título** : Cementos especiales Aditivos

Autor : Casas Pasquel

Edición : Lima – Perú

Biblioteca : UNI – FIC

Contenido : Formas de actuar del aditivo.

9. **Título** : Efectos del tamaño máximo del agregado

Autor : Alberto Meza

Edición : Lima – Perú 1972, tesis N° 1498

Biblioteca : UNI – FIC

Contenido : Efectos del tamaño máximo del agregado, agregado en el concreto, Propiedades del concreto afectadas por los agregados.