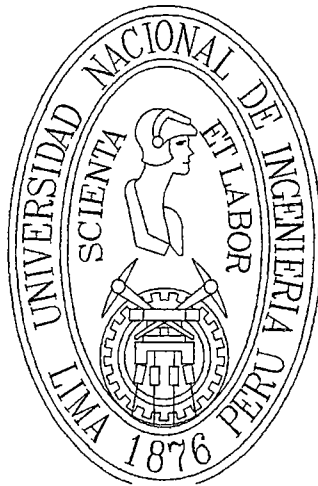


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**“ ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON
CEMENTO PORTLAND TIPO V Y UN ADITIVO RETARDADOR
DE FRAGUADO Y REDUCTOR DE AGUA”**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL**

MARIANELLA PEREDO ROMERO

**LIMA - PERU
2000**

Digitalizado por:

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

A Nelly y Adolfo:

Mis Padres; cuyo apoyo eternamente incondicional y comprensión, me ayudaron a culminar este propósito.

A Patty y Pepe:

Hermanos que me incentivaron a culminar esta meta.

Un Eterno Agradecimiento al Ing. Carlos Barzola Gastelú;
quién me enseñó el camino para conseguir este
propósito.

Un especial agradecimiento a UNICON Concreto Premezclado S.A., y QUIMICA SUIZA, por las facilidades brindadas para realizar la presente investigación.

Un sincero y eterno agradecimiento a las personas que me apoyaron en el desarrollo de la presente investigación: Ing. Jose Viacava, Sr Sirlopú, Genaro Ccopa.

INTRODUCCION

Nos encontramos en un proceso de cambios tecnológicos en la construcción, donde los Ingenieros Civiles tenemos que asumir un rol protagónico. El uso del concreto con cemento portland y agregados convencionales han sido de uso común en nuestro medio. Pese a que los concretos convencionales ofrecen soluciones prácticas y económicamente eficientes en la mayoría de los casos, también presentan ciertas desventajas, que a su vez, pueden ser mejoradas de modo de elevar la calidad técnica del material y/o reducir los costos de los materiales/métodos constructivos.

Como producto de estas necesidades nace el desarrollo de una serie de aditivos que mejorasen el comportamiento del concreto.

El hecho que las propiedades tanto del estado fresco como del endurecido puedan ser modificadas mediante la adición de ciertos materiales es responsable del gran crecimiento de la industria de los aditivos durante los últimos 40 años. Cientos de tipos de aditivos son vendidos actualmente, y no es inusual encontrar que 70 - 80% del concreto utilizado en ciertos países contiene uno o mas aditivos de alguna especie.

Adicionalmente, en la mayoría de los casos, el mejoramiento de la competitividad y la eficiencia de las empresas constructoras a través del uso del concreto se basa en la aplicación de uno de estos aditivos. Por esto es importante que nos familiaricemos con los mas comunes aditivos asi como sus aplicaciones típicas y sus limitaciones.

La presente investigación titulada "Estudio del Comportamiento del concreto con Cemento Portland tipo V y un aditivo Retardador de fraguado y Reductor de Agua", se basa en análisis de las propiedades del concreto con el aditivo EUCON 537 de la marca EUCO de The Euclid Chemical Company y el Cemento Portland Tipo V.

Esta investigación se basa en ensayar en laboratorio las propiedades de este concreto con el aditivo correspondiente, tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

Para nuestro análisis se obtuvieron 12 diseños de mezcla, 3 de los cuales corresponden al concreto patrón y el resto con diferentes dosificaciones de aditivo. El rango de asentamiento se mantuvo constante entre 3" y 4" para todos los ensayos. En todos los diseños de mezcla se realizaron ensayos en el concreto fresco como Asentamiento, peso unitario, tiempo de fraguado, exudación y contenido de aire y ensayos del concreto endurecido como resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por compresión diametral.

CONTENIDO

INTRODUCCION

CAPITULO 01

CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL CONCRETO

1.1	Definición	14
1.2	Composición	14
1.3	Importancia del Concreto	15
1.4	Propiedades	15
1.4.1	Propiedades Fundamentales	16
1.5	Estructura Interna	16
1.6	Hidratación y Curado del Concreto	17
1.7	Porosidad de la Pasta	17
1.7.1	Clasificación	17
1.7.2	Importancia de la Porosidad	20

CAPITULO 02

EI CEMENTO PORTLAND

2.1	Definición	23
2.2	Composición del Cemento Portland	23
2.3	Mecanismo de Hidratación del Cemento	25
2.3.1	Estados	25
2.4	Estructura del Cemento Hidratado	27
2.5	Tipos de Cemento y sus aplicaciones principales	28
2.6	Requisitos Fisicos y Quimicos para Cementos	29
2.7	Productores de Cemento	32
2.8	Manufactura	33

CAPITULO 03

AGREGADOS PARA EL CONCRETO

3.1	Clasificación	35
3.2	Funciones del Agregado en el Concreto	37
3.3	Interrelación Agregado-Concreto	38
3.4	Importancia de la porosidad del Agregado	38
3.5	Características Físicas	42
3.6	Análisis Granulométrico	45
3.7	Módulo de Finura	46
3.8	Evaluación de la Calidad y la Gradación de los Agregados	48
	a) Material más fino que la Malla #200	48
	b) Impurezas Orgánicas	49
	c) Partículas Ligeras, Partículas Blandas, Lentas de Arcilla	49
3.9	Características Químicas	63
	a) Reacción Alcali - Sílice	61
	b) Reacción Alcali - Carbonato	62

CAPITULO 04

EL AGUA EN EL CONCRETO

4.1	Introducción	65
4.2	El Agua de Mezcla	65
4.3	El Agua para Curado	68
4.4	Límites Permisibles para Agua de Mezcla y de Curado	70

CAPITULO 05

ADITIVOS PARA EL CONCRETO

5.1	Definición	72
5.2	Aditivos Controladores de Fragua	72
5.3	Aditivos Reductores de Agua	75

5.3.1	Clasificación	76
5.3.2	Agentes Químicos de los Reductores	76
5.3.3	Mecanismo de Acción de los Reductores	78
5.3.4	Efectos Principales de los Reductores de Agua	82
	Hoja Técnica del Eucon 537	85

CAPITULO 06

DISEÑO DE MEZCLAS

6.1	Introducción	88
6.2	Parámetros Básicos de los Métodos de Diseño de Mezclas	89
6.3	Pasos Generales en los Métodos de Diseño de Mezclas	91

CAPITULO 07

PROPIEDADES DEL CONCRETO

7.1	Propiedades mas Importaciones al Estado No Endurecido	
7.1.1	Trabajabilidad	108
7.1.2	Consistencia	110
7.1.3	Segregación	113
7.1.4	Exudación	113
7.1.5	Cohesividad	114
7.1.6	Contracción	115
7.1.7	Tiempo de Fraguado	115
7.1.8	Peso Unitario	116
7.1.9	Generación de Calor	117
7.2	Propiedades del Concreto al Estado Endurecido	
7.2.1	Resistencia	118
7.2.2	Durabilidad	121
7.2.3	Elasticidad	124
7.2.4	Escurrimiento Plastico	125

7.2.5 Dilatación Térmica	126
CAPITULO 08	
CUADROS DE RESULTADOS Y COMPARACIONES	127
CAPITULO 09	
ANALISIS DE RESULTADOS	232
CAPITULO 10	
COMPARACION DE COSTOS	246
CAPITULO 11	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	251
BIBLIOGRAFIA	259
ANEXO I : NORMAS ASTM UTILIZADAS	263
ANEXO II : FOTOGRAFIAS	

CAPITULO 01

CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL CONCRETO

1.1 DEFINICION

El concreto endurecido es un material artificial compuesto, el cual consiste en un medio ligante, denominado pasta, dentro del que se encuentran embebidas partículas de un medio denominado agregado.

La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua. Se le considera la fase continua del concreto, ya que siempre esta unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto.

El agregado es la fase discontinua del concreto, dado que sus diversas partículas no están unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto.

1.2 COMPOSICION

La Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. Otra manera más conveniente a nuestro parecer es dividirlo en Pasta y Agregado, pudiendo así entender con mayor facilidad las funciones de cada uno.

La Pasta separa y llena los vacíos entre las partículas de agregado y se adhieren fuertemente a ellas, también proporciona lubricación a la masa cuando esta aún no ha endurecido. Tiene cuatro elementos fundamentales:

- a) El gel, que es el producto resultante de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.
- b) Los poros incluidos en ella.
- c) El cemento hidratado.
- d) Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre, que puedan haberse formado durante la hidratación del cemento.

El Agregado es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están limitadas por normas. Son la fase discontinua del concreto. Los agregados son materiales embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78 % de la unidad cubica de concreto.

Un adecuado conocimiento de la naturaleza física y química del concreto, así como del comportamiento de este, implica necesariamente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, estudiados a la luz de la geología y, específicamente, de la petrología

*Proporciones Típicas en Volumen Absoluto
de los Componentes del Concreto*

Aire	=	1% a 3%
------	---	---------

Cemento	=	7% a 15%
---------	---	----------

Agua	=	15% a 22%
------	---	-----------

Agregados	=	60% a 75%
-----------	---	-----------

1.3 IMPORTANCIA DEL CONCRETO

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso. Sin embargo es desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección y mantenimiento de los elementos estructurales.

1.4 PROPIEDADES

Para cada caso particular de empleo se requiere en el concreto determinadas. Es por ello que el conocimiento de todas y cada una de las propiedades del concreto, así como de la interrelaciones entre ellas, se debe decidir, para cada caso particular el empleo del concreto.

Al analizar las propiedades del concreto, se debe recordar las limitaciones de las mismas en función de las múltiples variables que pueden actuar sobre el concreto, modificándolo.

Es importante recordar que el concreto, como cualquier material, puede experimentar adicionalmente modificaciones en el tiempo y que puede claudicar por fallas atribuidas a problemas de durabilidad, aun cuando su resistencia haya sido adecuada.

En el análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que ellas están íntimamente asociadas a las características y proporciones relativas de los materiales integrantes; de la calidad, cantidad y densidad de la pasta es determinante en las propiedades del concreto; y que la relación agua-cemento lo es sobre las características de la pasta.

1.4.1 Propiedades Fundamentales

- a. Las propiedades más importantes del concreto al estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, peso unitario, así como tiempo de fraguado.
- b. Las propiedades más importantes del concreto al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste y cavilación, propiedades térmicas y acústicas, apariencia.

1.5 ESTRUCTURA INTERNA

La estructura del concreto no es homogénea, y en consecuencia no es isotrópica, es decir no mantiene las mismas propiedades en diferentes direcciones.

Esto se debe principalmente a los diferentes materiales que intervienen, su variabilidad individual, así como al proceso mismo de elaboración, en que durante la etapa en que la pasta es plástica, se posibilita el acomodo aleatorio de los diferentes componentes hasta su ubicación definitiva al endurecer.

Un aspecto importante de la estructura del concreto endurecido reside en la porosidad o sistema de vacíos. Gran parte del agua que interviene en la mezcla, solo cumple la función de lubricante en el estado plástico, ubicándose en líneas de flujo y zonas de sedimentaron de los sólidos, de manera que al producirse el endurecimiento y

evaporarse, quedan los vacíos o poros, que condicionan el comportamiento posterior del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad o capacidad de flujo a través de él.

1.6 HIDRATACION Y CURADO DEL CONCRETO

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad, condiciones de curado favorables y tiempo.

Una hidratación lenta sería más favorable para el concreto. Parece como si la cristalización se hiciera mejor cuando la hidratación se realiza lentamente. Los cristales tienen tiempo de desarrollarse de modo completo y de ocupar todo el sitio disponible, mientras que en el caso de una hidratación rápida el crecimiento es un poco desordenado. Todo esto se halla confirmado por el estudio de RICHARTZ y LOCHER.

El tiempo de curado es el periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

1.7 POROSIDAD DE LA PASTA

Existen en la pasta cantidades variables, denominados poros, los cuales no contienen materia sólida aunque, bajo determinadas circunstancias, algunos de ellos podrían estar parcial o totalmente llenos de agua.

1.7.1 Clasificación

Los poros presentes en la pasta se clasifican en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño promedio o ubicación. No existe una línea clara de demarcación que separa un rango de otro. Los poros de estas cuatro categorías son:

- a) Poros por aire atrapado
- b) Poros por aire incorporado
- c) Poros capilares
- d) Poros gel

a). Poros por aire atrapado

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire, del orden del 1% es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa de concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación o compactación. Los espacios que éste aire forma en la masa de concreto se conocen como poros por aire atrapado. Son parte inevitable de toda pasta.

Los poros por aire atrapado varían en tamaño desde aquellos que no son perceptibles a simple vista hasta aquellos de un centímetro o más de diámetro. Su perfil suele ser irregular y no necesariamente están interconectados.

La presencia de los poros de aire atrapado es indeseable dado que contribuyen a la disminución de resistencia y durabilidad del concreto, pudiendo adicionalmente incrementar la permeabilidad.

En la misma categoría general los poros por aire atrapado, aunque estrictamente no lo son, algunos especialistas incluyen las fisuras u oquedades que en algunas oportunidades se observan debajo del agregado grueso. Ellos han sido formados por el agua que se almacena debajo de éste y posteriormente se ha secado.

b). Poros por aire incorporado

Por razones de incremento en la durabilidad del concreto, por incremento en la protección de la pasta contra los procesos de congelación del agua en el interior de la misma, se puede incorporar intencionalmente, mediante el empleo de aditivos químicos, minúsculas burbujas de aire las cuales se conocen como poros de aire incorporado.

Las burbujas de aire incorporado son generalmente de perfil esférico, con diámetros variables que corresponden a un valor promedio de 0.08 a 0.10 mm. Su volumen en la misma unidad cúbica del concreto puede ocupar hasta mas del 5% de la misma, pudiendo encontrarse en un concreto con 5% de aire incorporado valores del orden de 330 mil burbujas de aire por centímetro cúbico de pasta.

La razón principal del empleo de las burbujas de aire incorporado es que éste sistema de poros espaciado permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran numero de cámaras en las que se puede congelar el agua presente en

los poros capilares, evitando que la tensión generada por la expansión debido a la conversión de agua en hielo contribuya a agrietar el concreto.

Ventajas adicionales incluyen el que los poros de aire incorporado tienden a incrementar la trabajabilidad, plasticidad y fluidez de las mezclas; disminuyen la consistencia permitiendo la reducción de agua sin pérdida de la consistencia original; reducen la segregación del agregado y disminuyen la exudación de las mezclas.

El principal inconveniente de la presencia de burbujas de aire en la mezcla de concreto es que estas, al incrementar la porosidad tienden a disminuir las resistencias mecánicas en un 5% por cada 1% de aire incorporado. Esta disminución es más significativa en las mezclas ricas y tiende a disminuir conforme la mezcla es más pobre, ello principalmente debido a que al mejorar las propiedades al estado fresco permiten una reducción en el contenido de agua con la consiguiente reducción de la relación agua-cemento.

c). Poros Capilares

Se define como poros capilares a los espacios originalmente ocupados por el agua en el concreto fresco, los cuales en el proceso de hidratación del cemento no han sido ocupados por el gel.

El gel solo puede desarrollarse en los espacios originalmente llenos de agua. Por tanto si la relación agua-cemento es alta o el curado es pobre, la cantidad de espacios ocupables por el gel será alta y solo una parte de ello será ocupada por el gel durante el proceso de hidratación, quedando los espacios residuales en la condición de poros capilares.

Los poros capilares no pueden ser apreciados a simple vista, varían en perfil y forman un sistema, en muchos casos interconectados, distribuido al azar a través de la pasta.

En la pasta en proceso de formación los espacios llenos de agua son continuos. Conforme progresa la hidratación los capilares son separados por el gel al comenzar a ocupar éstos los espacios originalmente llenos de agua, pudiéndose llegar a un sistema parcialmente discontinuo, el cual definitivamente se presenta en relaciones agua-cemento bajas. En la práctica nunca se llega a un sistema totalmente discontinuo aun en relaciones agua-cemento tan bajas como 0.45.

La importancia de los poros capilares radica en que conforme aumenta su numero:

- Disminuyen las resistencias mecánicas de la pasta endurecida
- Aumentan la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta.
- Aumenta la vulnerabilidad de la pasta al ataque por acción de las bajas temperaturas sobre el concreto.

Este último punto es de gran importancia dado que los poros capilares son los principales responsables de la vulnerabilidad de la pasta al ataque de las heladas. Debido a que están en capacidad de contener agua que puede congelarse. Esta agua al pasar al estado sólido debido a las bajas temperaturas incrementa su volumen en un 9%, originando esfuerzos de tensión que el concreto no esta en capacidad de soportar, aumentando con ello las posibilidades de deterioro del mismo.

d). Poros gel

Durante el proceso de formación del gel quedan atrapados dentro de éste, totalmente aislados unos de otros, así como el exterior, un conjunto de vacíos al cual se le conoce con el nombre de poros gel.

Estos poros se presentan en el gel independientemente de la relación agua-cemento y el grado de hidratación de la pasta, ocupando aproximadamente el 28% de la misma.

Los poros gel tienen un diámetro muy pequeño del orden de aproximadamente 0.0000018. equivalente al de las moléculas de agua. Debido a su muy pequeño diámetro el agua no congela en ellos. Estos poros no están interconectados.

La imposibilidad que tiene el agua para congelar en los poros gel es debida fundamentalmente, a que no hay espacio suficiente para que se pueda producir la nucleización del hielo. Las partículas que conforman el gel son cuatro o cinco veces mayores que los poros gel.

1.7.2 IMPORTANCIA DE LA POROSIDAD

a) En el caso de los poros gel, el agua presente en ellos esta tan firmemente unida que no se evapora bajo condiciones de secado que eliminaría casi toda el agua de los poros mayores. Esta agua puede ser considerada para efectos prácticos como agua químicamente combinada.

- b) En el caso de los poros por aire atrapado, estos tienen tan baja propensión a retener el agua que pueden virtualmente considerarse vacíos.
- c) Los poros con aire incorporados, cuyo rango de diámetros esta entre los poros capilares y los poros gel, no retienen agua interconectados, pudiéndoseles considerar como virtualmente vacíos.
- d) El contenido de agua en los poros capilares se incrementa o disminuye por humedecimiento o secado del concreto, siendo el agua mas fácilmente removible por secado conforme el capilar aumenta de diámetro.
- e) La porosidad característica del gel, nominalmente no inferior al 28%, es el limite inferior de la porosidad total que puede ser alcanzada por la pasta en aquellos casos en que, gracias a una combinación de una relación agua-cemento inicial muy baja y un curado muy prolongado, la porosidad capilar podría ser reducida a un mínimo. En la práctica, la porosidad de la pasta es siempre mayor del 28%, variando en un buen concreto entre 30% y 40% con lo que la permeabilidad de tales pastas generalmente será varias veces la del gel en si mismo.
- f) Adicionalmente debe tenerse en consideración que en el proceso de secado del concreto endurecido, los poros mayores que contienen agua tenderán a vaciarse mas rápidamente que los menores. En cambio en el proceso de humedecimiento, de un concreto seco, la alta capilaridad de los poros muy pequeños produce una gran fuerza de impulso para el movimiento del agua, el mismo que trata de ser impedido por la baja permeabilidad del sistema adyacente compuesto de poros muy pequeños, dando como resultado que los poros menores tienden a llenarse muy lentamente. Los macroporos tienen muy pequeña capilaridad, y por lo tanto dan origen a una pequeña fuerza de impulso para el movimiento del agua. Adicionalmente, como suelen estar rodeados de un sistema poroso de permeabilidad restringida, ello se une a lo anterior para reducir la velocidad de movimiento del agua en los macroporos, excepto aquellos que se encuentran muy cerca de la superficie. Finalmente es importante indicar que los macroporos de un elemento de concreto, incluyendo los poros por aire incorporado, permanecen sin llenar aun en concretos sumergidos en agua. Los poros de tamaño intermedio tienden a llenarse mas fácilmente que los poros de diámetro muy grande o muy pequeño.

CAPITULO 02

EL CEMENTO PORTLAND

2.1 DEFINICION

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

2.2 COMPOSICION DEL CEMENTO PORTLAND

El clinker es un producto artificial obtenido por calcinación a temperatura elevada de mezclas, adecuadamente dosificadas y molidas, de materias primas materiales calizas y arcillosas. Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado.

- a) Silicato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{Alita}$). - Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.
- b) Silicato Dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S} \rightarrow \text{Belita}$).- Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.
- c) Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$).- 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. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.
- d) Alumino-Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF} \rightarrow \text{Celita}$).- Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
- e) Oxido de Magnesio (MgO).- Pese a ser un componente menor tiene importancia, para contenidos mayores del 5 %, trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.
- f) Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O , $\text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Alcalis}$).- Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS CEMENTOS PERUANOS

CUADRO N° 2.2.1

ELEMENTO		SOL TIPO I (*)	SOL TIPO IP (*)	ANDINO TIPO I (*)	ANDINO TIPO II (*)	ANDINO TIPO V (*)	YURA TIPO I (*)	YURA TIPO IP (*)	YURA TIPO IPM (*)	PACASM. TIPO I (*)	PACASM. TIPO V (*)	RUMI TIPO I (**)	REQUISITOS ASTM C-150 IIINTEC	REQUISITOS ASTM C-595 IIINTEC
CAO	(%)	62.3	53.65	64.18	63.83	64.6	63.3	43.44	56.45	63.02	69.92	44.19	----	----
SiO2	(%)	19.79	26.28	21.86	22.54	22.51	21.12	45.29	31.85	19.50	20.5	21.67	----	----
Al2O3	(%)	6.15	6.44	4.81	4.21	3.04	5.34	4.03	4.15	6.20	4.07	1.56	----	----
Fe2O3	(%)	2.82	4.84	3.23	3.11	4.28	2.43	1.68	1.91	3.30	5.14	5.01	----	----
K2O	(%)	0.96	1.07	0.65	0.54	0.56				0.70	0.68	0.72	----	----
Na2O	(%)	0.28	0.37	0.15	0.12	0.13				0.26	0.22	1.69	----	----
SO3	(%)	2.58	2.84	2.41	2.38	2.36	1.89	1.12	1.14	2.50	1.83	1.09	2,30 a 3,50	4.00
MgO	(%)	3.16	2.76	0.96	0.97	0.92	3.05	2.26	2.32	2.13	2.10	1.06	Maximo 6,00	Max. 5,00
Cal Libre	(%)	0.52	0.29	0.59	0.4	0.55				1.20	1.10		----	----
P. Ignicion	(%)	0.8	1.63				0.54	1.23	1.01	2.30	1.93	2.85	Maximo 3.00	Max. 5,00
R. Insolubles	(%)	0.62	10.21	0.42	0.59	0.57	0.74	30.35	12.35	0.50	0.68	2.99	Maximo 3,50	----
C3S	(%)	54.18		51.33	48.73	58.64	52.44			54.85	60.44	(9.21)	----	----
C2S	(%)	15.86		23.95	27.97	20.3	20.99			14.53	13.18	69.08	----	----
C3A	(%)	11.53		7.28	5.89	0.81	10.04			10.85	2.09	(4.34)	Max 8%.5%(II,V)	----
C4AF	(%)	8.58		9.83	9.46	13.02	07:39			10.04	15.64	15.25	----	----
P. Especifico	(gr/cm3)	3.11	3.03	3.11	3.11	3.18							----	----
Fineza Malla 100	(%)	0.04	0.03	0.34	0.1	0.2							----	----
Fineza Malla 200	(%)	1.14	0.38	5.66	4.71	2.58							----	----
S. Especific. Blaine	(cm²/gr)	3.477	4.472	3.300	3.400	3.400				3.400	3.300		Min. 2,800	
Contenido Aire	(%)	9.99	9.82	6.5	5.35	5.22				10.5	10.1		Max 12%	Max 12%
Exp. Autoclave	(%)	0.18	0.15	0.02	0.01	0.01				0.22	0.14		Max 0.80%	Max 0.50%
Fraguado Inic. Vicat	(Hr.Min)	01:49	01:59	02:50	03:15	02:15				02:59	02:40		Min 0:45	Min 0:45
Fraguado Fin. Vicat	(Hr.Min)	03:29	03:41	03:45	04:30	03:45				05:10	05:20		Max 5:45	Max 7:00
f c a 3 Dias	(kg/cm²)	254	235	204	160	184				168	154		Min 98, 105, 84(I,II,V)	Min 126, 102 (IP, IPM)
f c a 7 Dias	(kg/cm²)	301	289	289	205	243				210	196		Min 196, 175, 154(I,II,V)	Min 196, 158 (IP, IPM)
f c a 28 Dias	(kg/cm²)	357	349	392	320	362				273	258		Min 210 (V), Opcional. Min. 280 (I,II)	Min 245, 196 (IP, IPM)
Calor Hidrat. 7 Dias	(cal/gr)	70.56	60.5	64.93	63.89	59:02:00							Opcional max. 70, 60 (II,V)	
Calor Hidrat. 28 Dias	(cal/gr)	84.3											Opcional max. 70(V)	

(*) informacion suministrada por el fabricante

(**) analisis particular del Ing. Pasquel

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

g) Óxidos de Manganeso Y Titanio (Mn_2O_6 , TiO_2).- El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser mayor si se tienen contenidos mayores del 3 %. Se ha observado que en casos que el contenido superan el 5% se obtiene disminución de resistencias a largo plazo

De los componentes mencionados, los silicatos y aluminatos constituyen los componentes mayores, pero no necesariamente los mas trascendentes, pues como veremos posteriormente algunos de los componentes menores tienen mucha importancia para ciertas condiciones de uso de los cementos.

2.3 MECANISMO DE HIDRATACION DEL CEMENTO

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. Los componentes ya mencionados anteriormente, al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de Calcio complejos.

La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener.

Contrariamente a lo que se creía hace años, la reacción con el agua no une las partículas de cemento sino que cada partícula se dispersa en millones de partículas de productos de hidratación desapareciendo los constituyentes iniciales. El proceso es exotérmico generando un flujo de calor hacia el exterior denominado calor de hidratación.

Dependiendo de la temperatura, el tiempo, y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación.

a) Plástico

Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable. Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la

pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación es mucho mas resistente.

El primer elemento en reaccionar es el C_3A , y posteriormente los silicatos y el C_4AF , caracterizándose el proceso por la dispersión de cada grano de cemento en millones de partículas. La acción del yeso contrarresta la velocidad de las reacciones y en éste estado se produce lo que se denomina el periodo latente o de reposo en que las reacciones se atenúan, y dura entre 40 y 120 minutos dependiendo de la temperatura ambiente y el cemento en particular. En este estado se forma hidróxido de calcio que contribuye a incrementar notablemente al alcalinidad de la pasta que alcanza un Ph del orden de 13.

b) Fraguado Inicial

Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la perdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas.

Se forma una estructura porosa llamada gel de Hidratos de Silicatos de Calcio (CHS ó Torbemorita), con consistencia coloidal intermedia entre sólido y liquido que va rigidizándose cada vez mas en la medida que se siguen hidratando los silicatos.

Este periodo dura alrededor de tres horas y se produce una serie de reacciones químicas que van haciendo al gel CHS mas estable con el tiempo.

En esta etapa la pasta puede remezclarse sin producirse deformaciones permanentes ni alteraciones en la estructura que aun esta en formación.

c) Fraguado Final

Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel esta constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.

d) Endurecimiento

Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo con el tiempo las características resistentes.

La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continua de manera indefinida.

Es el estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento. Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo agua.

Hay dos fenómenos de fraguado, que son diferentes a los descritos; el primero corresponde al llamado “Fraguado Falso” que se produce en algunos cementos debido al calentamiento durante la molienda del clinker con el yeso, produciéndose la deshidratación parcial del producto resultante, por lo que al mezclarse el cemento con el agua, ocurre una cristalización y endurecimiento aparente durante los 2 primeros minutos de mezclado, pero remezclando el material, se recupera la plasticidad, no generándose calor de hidratación ni ocasionando consecuencias negativas. El segundo fenómeno es el del “Fraguado Violento” que ocurre cuando durante la fabricación no se ha añadido la suficiente cantidad de yeso, lo que produce un endurecimiento inmediato, desarrollo violento del calor de hidratación y pérdida permanente de la plasticidad, sin embargo es muy improbable en la actualidad que se produzca este fenómeno, ya que con la tecnología moderna el yeso adicionado se controla con mucha precisión.

2.4 ESTRUCTURA DEL CEMENTO HIDRATADO

Durante el proceso de hidratación, el volumen externo de la pasta se mantiene relativamente constante, sin embargo, internamente el volumen de sólidos se incrementa constantemente con el tiempo, causando la reducción permanente de la porosidad, que esta relacionada de manera inversa con la resistencia de la pasta endurecida y en forma directa con la permeabilidad.

Para que se produzca la hidratación completa se necesita la suficiente cantidad de agua para la reacción química y proveer la estructura de vacíos o espacio para los productos de hidratación, la temperatura adecuada y tiempo, desprendiéndose de aquí el concepto fundamental del curado, que consiste en esencia en procurar estos tres elementos para que el proceso se complete.

Un concepto básico que nos permitirá entender el comportamiento del concreto, reside en que el volumen de los productos de hidratación siempre es menor que la suma de los volúmenes de agua y cemento que los originan debido a que por combinación química

el volumen de agua disminuye en alrededor de un 25%, lo que trae como consecuencia la contracción de la pasta endurecida. Los productos de hidratación necesitan un espacio del orden del doble del volumen de sólidos de cemento para que se produzca la hidratación completa

Otro concepto importante que hay que tomar en cuenta es que está demostrado que la *relación Agua/Cemento mínima para que se produzca la hidratación completa es del orden de 0.35 a 0.40 en peso para condiciones normales de mezclado y sin aditivos*, dependiendo la relación precisa de cada caso particular.

2.5 TIPOS DE CEMENTO Y SUS APLICACIONES PRINCIPALES

Los tipos de cemento Portland que se pueden calificar de standard, ya que su fabricación está normada por requisitos específicos son:

TIPO I .- De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.

TIPO II .-De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o vaciados masivos.

TIPO III.- Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras

TIPO IV .- De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.

TIPO V.- Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

Cuando a los tres primeros tipos de cemento se les adiciona el sufijo A (p.e Tipo IA) significa que son cementos a los que se les ha añadido incorporadores de aire en su composición, manteniendo las propiedades originales.

Es interesante destacar los cementos denominados “mezclados o adicionados” dado que algunos de ellos se usan en nuestro medio.

TIPO IS.- Cemento al que se ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.

TIPO ISM.- Cemento al que se ha añadido menos de 25 % de escoria de altos hornos referido al peso total.

TIPO IP.- Cemento al que se ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total.

TIPO IPM.- Cemento al que se ha añadido puzolana en un porcentaje hasta el 15% del peso total.

Todos estos cementos tienen variantes en que se les añade aire incorporado (sufijo A), se induce resistencia moderada a los sulfatos (sufijo M), o se modera el calor de hidratación (sufijo H).

Las puzolanas son materiales inertes silíceos y/o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas y al reaccionar con hidróxidos de calcio y agua adquieren propiedades aglomerantes. Las puzolanas se obtienen por lo general de arcillas calcinadas, tierras diatomáceas, tufos y cenizas volcánicas y de residuos industriales como cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc.

La particularidad de reemplazar parte del cemento por estos materiales, es que cambia algunas de sus propiedades, como son el aumentar los tiempos de duración de los estados mencionados, anteriormente, retrasar y/o disminuir el desarrollo de resistencia en el tiempo, incrementar la permeabilidad, mayor capacidad para retener agua, mayor cohesividad, incremento de los requerimientos de agua para formar la pasta, menor calor de hidratación y mejor comportamiento frente a la agresividad química.

Hay que tener muy presente que la variación de estas propiedades no siempre será conveniente dependiendo del caso particular, por lo que no se puede tomar a los cementos puzolánicos o la inclusión de puzolana como una panacea, ya que son muy sensibles a las variaciones de temperatura los procesos constructivos y los procesos de curado.

Para fines de diseño de mezcla hay que tener en cuenta que los cementos standard tienen un peso específico del orden de $3,150 \text{ kg/m}^3$ y los cementos puzolánicos son más livianos con pesos específicos entre $2,850$ y $3,000 \text{ kg/m}^3$.

En la siguiente tabla se puede observar las características físicas y químicas de los cementos de fabricación nacional suministrada por los fabricantes, con excepción del Cemento Rumi, el cual fue analizado en la Universidad Católica del Perú.

2.6 REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA CEMENTOS

Los requerimientos Físicos y Químicos de los cementos se observan a continuación en el cuadro N°2.6

REQUISITOS FISICOS STANDARD ASTM C-150 PARA CEMENTOS

CUADRO 2.6.1

DESCRIPCION	TIPO I	TIPO IA	TIPOII	TIPO IIA	TIPO III	TIPO IIIA	TIPO IV	TIPO V
Contenido de aire en % (max,min)	(12, N/A)	(22,16)	(12, N/A)	(22,16)	(12, N/A)	(22,16)	(12, N/A)	(12, N/A)
Fineza con Turbidimetro en m2/kg, mínimo	160	160	160	160			160	160
Fineza por permeabilidad de aire m2/kg,min	280	280	280	280			280	280
Expansión en autoclave	0.8	0.8	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia en compresión en Mpa								
A 1 día					12.40	10.00		
A 3 días	12.40	10.00	10.30	8.30	24.10	19.30		6.30
A 7 días	19.30	15.50	17.20	13.80			6.60	15.20
A 28 días								20.70
Fraguado inicial (Gilmore) mínimo en min.	60	60	60	60	60	60	60	60
Fraguado Final (Gilmore) máximo en min.	600	600	600	600	600	600	600	600
Fraguado inicial (Vicat) mínimo en min.	45	45	45	45	45	45	45	45
Fraguado final (Vicat) máximo en minutos	375	375	375	375	375	375	375	375
REQUISITOS FISICOS OPCIONALES								
Fraguado falso (penetración final), % min.	50	50	50	50	50	50	50	50
Calor de hidratación max. a 7 días en cal/g			70	70				
Calor de hidratación max. a 28 días en cal/g			58	58				
Resistencia en compresión min. A 28 días en Mpa	27.60	22.10	27.60	22.10				
Expansión con sulfatos a 14 días, % máximo								0.04

LEYENDA

Tesis : " Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

REQUISITOS QUIMICOS STANDARD DE ASTM C- 150 PARA CEMENTOS

CUADRO 2.6.2

DESCRIPCION	TIPO I	TIPO IA	TIPO II	TIPO IIA	TIPO III	TIPO IIIA	TIPO IV	TIPO V
SiO ₂ , % mínimo			20.00	20.00				
Al ₂ O ₃ , % máximo			6.00	6.00				
Fe ₂ O ₃ , % máximo			6.00	6.00			6.50	
MgO, % máximo	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
SO ₃ , % máximo								
Cuando C3A es < ó = 8%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.50	3.50	2.30	2.30
Cuando C3A es > 8%	3.50	3.50	N/A	N/A	4.50	4.50	N/A	N/A
Perd. Por Ignición, % max.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.50	3.00
R. Insolubles, % máximo	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C ₃ S, % máximo							35.00	
C ₂ S, % máximo							40.00	
C ₃ A, % máximo		8.00	8.00	8.00	15.00	15.00	7.00	5.00
[C ₄ AF + 2(C ₃ A)] ? {C ₄ AF + C ₂ F}								25.00
REQUISITOS QUIMICOS OPCIONALES								
C ₃ A, % máximo, para mediana resistencia a sulfatos					8.00	8.00		
C ₃ A, % máximo, para alta resistencia a sulfatos					5.00	8.00		
(C ₃ S + C ₃ A), % máximo			58.00	58.00				
Alcalis, (Na ₂ O + 0.658K ₂ O), % max	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

LEYENDA

Tesis : " Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

2.7 PRODUCTORES DE CEMENTO

- Cementos Lima
- Cemento Andino
- Cemento Norte Pacasmayo
- Cemento Yura S.A.
- Cemento Sur.

Las empresas cementeras de Perú, producen los siguientes tipos de cemento:

CEMENTO ANDINO S.A.

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V

CEMENTOS LIMA S.A.

- Cemento Portland Tipo I; Marca “Sol”
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP; Marca “Super Cemento Atlas”

CEMENTOS NORTE PACASMAYO S.A.

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP
- Cemento Portland MS-ASTM C-1157

CEMENTO YURA S.A.

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IPM
- Cemento de Albañilería; Marca “Estuco Flex”

CEMENTO SUR S.A.

- Cemento Portland Tipo I; Marca “Rumi”
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IPM; Marca “Inti”
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V

2.8 MANUFACTURA

El cemento en general es una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio. Se obtiene a partir de la fusión parcial y combinación en proporciones convenientes de materias primas que sean ricas de cal, sílice y alúmina. Estos materiales se encuentran en su estado natural bajo la forma de calizas y arcillas que se explotan de canteras. El principio de la fabricación del cemento consiste en cocer los componentes antes citados manteniendo una proporción aproximadamente constante:

Existen dos procedimientos de Fabricación:

1. Fabricación por Vía Húmeda
2. Fabricación por Vía Seca

El procedimiento mas usado es el por Vía Seca:

Esquemáticamente, después de que las materias primas han sido trituradas, molidas y homogeneizadas, pasan a un Horno rotativo con temperaturas que llegan aproximadamente, a los 1400 grados centígrados con el fin de poder obtener el clinker. Posteriormente, el clinker debe reposar por lo menos 10 a 15 días con el fin de que se hidrate libremente la cal libre para cortar la expansión posterior en el cemento.

CAPITULO 03

AGREGADOS PARA CONCRETO

3.1 CLASIFICACION

La clasificación de los agregados son variadas, pero las que describiremos a continuación son de practica usual en Tecnología del Concreto.

a) *Por su procedencia*

1.- Agregados Naturales

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto.

MINERALES	ROCAS IGNEAS	ROCAS METAMORFICAS
SILICE	Granito	Marmol
Cuarzo	Sienita	Metacuarcita
Opalo	Diorita	Pizarra
Calcedonita	Gabro	Filita
Tridinita	Pendotita	Esguisto
Cristobalita	Pagmatita	Anfibolita
SILICATO	Vidrio Volcánico	Serpentina
Feldespatos	Obsidiana	
Ferromagnesianos	Pumicita	
Homblenda	Tufo	
Augita	Escoria	
Arcillas	Perlita	
Montmorillonita	Felsita	
Mica	Basalto	
Zeolita	ROCAS SEDIMENTARIAS	
CARBONATOS	Conglomerados	
Calcita	Arenas	
Dolomita	Cuarcita	
SULFATOS	Arenisca	
Yeso	Piedra Arcillosa	
Anhidrita	Piedra Aluvional	
SULFUROS DE HIERRO	Argillita y Pizarra	
Pirita	Carbonatos	
Marcasita	Calizas	
Pirolita	Dolomita	
	Marga	

ÓXIDOS DE FIERRO	Tiza	
Magnetita	Horsteno	
Hematita		
Geotita		
Limenita		
Limonita		

2).- Agregados Artificiales

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que provienen de productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

Algunos agregados de este tipo les constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsilice, etc. El potencial de uso de estos materiales es muy amplio, en la medida que se van investigando y desarrollando otros materiales y sus aplicaciones en concreto, por lo que en el ámbito mundial hay una tendencia muy marcada hacia progresar en este sentido. En nuestro país, existen zonas como por ejemplo en la Selva donde no se dispone de agregados normales para hacer concreto y la mayor parte de las veces se tienen que improvisar soluciones que no garantizan el material resultante, por lo que es imprescindible el empezar a ahondar en las posibilidades de desarrollar materiales artificiales en aquellas regiones.

b) *Por su gradación*

La gradación es la distribución volumétrica de las partículas y tiene suma importancia en el concreto.

Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y menores de 4.75 mm. (Malla Standard ASTM #4).

Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su comportamiento y empleo. Existe además el agregado integral comúnmente conocido como hormigón.

Agregado fino.- Es aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el Tamiz N°200. El mas usual de los agregados finos es la arena, definida como el resultante de la desintegración natural de las rocas.

Agregado grueso.- Es aquel que queda retenido en el Tamiz N°4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la desintegración y abrasión natural de los materiales pétreos. Se le encuentra generalmente en cantera y en lechos de ríos depositada en forma natural. La piedra chancada o piedra triturada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de las rocas o gravas.

Hormigón.- Es llamado también agregado integral, es un material conformado por la mezcla dosificada en proporciones arbitrarias, de grava y arena. Este material se da en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal como se extrae de la cantera.

c) *Por su densidad*

Entendiendo densidad como la Gravedad Especifica , es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en Normales con $G_e=2.5$ a 2.75 , Ligeros con $G_e<2.5$, y Pesados con $G_e>2.75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

3.2 FUNCIONES DEL AGREGADO EN EL CONCRETO

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- a) Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad cúbica de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cubica de concreto.
- b) Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

- c) Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

3.3 INTERRELACION AGREGADO - CONCRETO

Las propiedades del concreto resultantes del empleo de un agregado determinado dependen de:

- a) La composición mineral de las partículas del agregado, la cual influye fundamentalmente sobre la resistencia, durabilidad y elasticidad del concreto.

- b) Las características superficiales de las partículas, las cuales influye especialmente sobre la trabajabilidad, fluidez y consistencia del concreto; así como sobre la adherencia entre la pasta y el agregado.

- c) La granulometría de los agregados fino y grueso, definida por si misma, así como por la superficie específica, modulo de fineza y tamaño máximo del agregado grueso. Estas propiedades influyen fundamentalmente sobre las propiedades del concreto al estado no endurecido, sobre su densidad y sobre la economía de la mezcla.

- d) El volumen del agregado por unidad de volumen de concreto, el cual influye especialmente en los cambios de volumen debido a los procesos de humedecimiento y secado; a los procesos de calentamiento y enfriamiento; así como en el costo de la unidad cubica de concreto.

- e) La porosidad y absorción del agregado, las cuales influyen sobre la relación agua-cemento afectiva, así como sobre las propiedades del concreto al estado no endurecido.

3.4 IMPORTANCIA DE LA POROSIDAD EN EL AGREGADO

- a) Las cuatro clases de poros que pueden estar presentes en la pastas corresponden a espacios que están en el concreto fuera de los limites de los agregados. Sin embargo,

normalmente este es poroso y permeable pudiendo variar total de poros, de acuerdo a los diferentes tipos de rocas, entre 0.3% y 20%.

- b) Algunas rocas, presentan macroporos, los cuales se definen como poros lo suficientemente grandes como para que los efectos de la capilaridad en ellos sean muy pequeños o despreciables. Los macroporos presentes en la superficie de la roca, o el concreto, o en el cuerpo de la roca pero conectados a la superficie por otros macroporos, pueden ser llenados fácilmente por inmersión de la roca en el agua. Sin embargo, si tales macroporos están dentro del cuerpo de la roca y se encuentran separados de la superficie por una fina estructura porosa que no es fácilmente permeable, no deberán llenarse rápidamente por un proceso ordinario tal como una prolongada inmersión en agua.
- c) La dimensión promedio de los poros en las diversas rocas comprende de un amplio rango de tamaños. Usualmente las rocas que presentan un alta porosidad y poros relativamente grandes, tienen una alta permeabilidad al agua. Sin embargo, esta regla presenta excepciones encontrándose rocas, por ejemplo al Horsteno, las cuales tienen una porosidad moderada a alta pero baja permeabilidad, lo que indica poros de tamaño promedio pequeño. En este tipo de rocas el tamaño promedio de los poros podría estar en el rango del diámetro de los poros capilares presentes en la pasta.
- d) La porosidad de los agregados naturales generalmente empleados en la preparación de concretos de peso normal, se encuentran usualmente por debajo del 10% y casi siempre por debajo del 3% en contraste con el 30% o mas de la porosidad total de las pastas. Se podría esperar, a partir de estos valores, que la permeabilidad de los agregados usualmente empleados debería ser mucho menor que la de la pasta. Sin embargo, a nivel de laboratorio que ello no es siempre así, habiéndose encontrado que muchas rocas empleadas como agregados en el concreto, pueden tener valores de permeabilidad en el orden de, o mas altos que, aquellos que se encuentran en pastas preparadas con relaciones agua-cemento en los rangos de 0.40 - 0.70. La explicación a esta aparente anomalía se encuentra en el hecho de que los capilares o espacios porosos en el agregado puede fluir, son en promedio considerablemente

mayores que los existentes en la pasta aun cuando aquellos se presentan en mucho menor proporción.

- e) Los pequeños vacíos presentes en el agregado, en forma similar a los poros capilares de la pasta, pueden bajo determinadas circunstancias ser parcial o totalmente llenados de agua. Esta puede congelarse a las temperaturas que usualmente se dan en climas fríos.

CARACTERISTICAS Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES : Normas ASTM

CUADRO 3.4.1

Característica	Significado	Prueba Designada	Requerimiento
Resistencia a la abrasión y degradación	Índice de la calidad del agregado, resistencia al desgaste de pisos, pavimentos	ASTM C 197 ASTM C 535 ASTM C 779	Máximo porcentaje de pérdida de peso. Profundidad de uso (desgaste) y tiempo.
Resistencia al congelamiento	Superficie escamada, rugosidad, pérdida de sección y deformidad	ASTM C 666 ASTM C 882	Número máximo de ciclos o periodos de inmunidad al helamiento factor de durabilidad.
Resistencia a la desintegración por sulfatos	Estabilidad frente a la acción del clima	ASTM C 88	Pérdida de peso, exhibición de partículas
Forma de las partículas y textura superficial	Trabajabilidad del concreto fresco.	ASTM C 295 ASTM C 3398	Máximo porcentaje de piezas planas y elongadas
Granulometría	Trabajabilidad del concreto fresco, economía	ASTM C 117 ASTM C 136	Máximo y mínimo porcentaje que pasa el tamiz standard
Peso Unitario Bulk o Densidad Bulk	Cálculo de la mezcla de diseño, clasificación	ASTM C 29	Peso compactado y pérdida de peso
Gravedad Específica	Cálculo de la mezcla de diseño.	ASTM C 127 Agreg. Fino ASTM C 128 Agreg. Grueso	
Absorción y Superficie húmeda	Control de la calidad del concreto	ASTM C 70 ASTM C 127 ASTM C 128 ASTM C 566	
Resistencia a la compresión y flexión	Aceptabilidad del agregado fino, dejando otras pruebas	ASTM C 39 ASTM C 78	Resistencia a exceder 95% de la resistencia lograda con arena limpiada.
Definición de constituyentes	Claro entendimiento y comunicación	ASTM C 125 ASTM C 294	
Constituyentes del agregado	Determinar la cantidad de materia orgánica y deleterea	ASTM C 40 ASTM C 87 ASTM C 117 ASTM C 123 ASTM C 142 ASTM C 295	Máximo porcentaje de constituyentes individuales.
Resistencia a la reactividad y cambio de volumen	Invariabilidad contra el cambio de volumen	ASTM C 227 ASTM C 289 ASTM C 295 ASTM C 342 ASTM C 566	Máxima longitud de cambio, constitución y cantidad de sílice y alcalinidad.

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

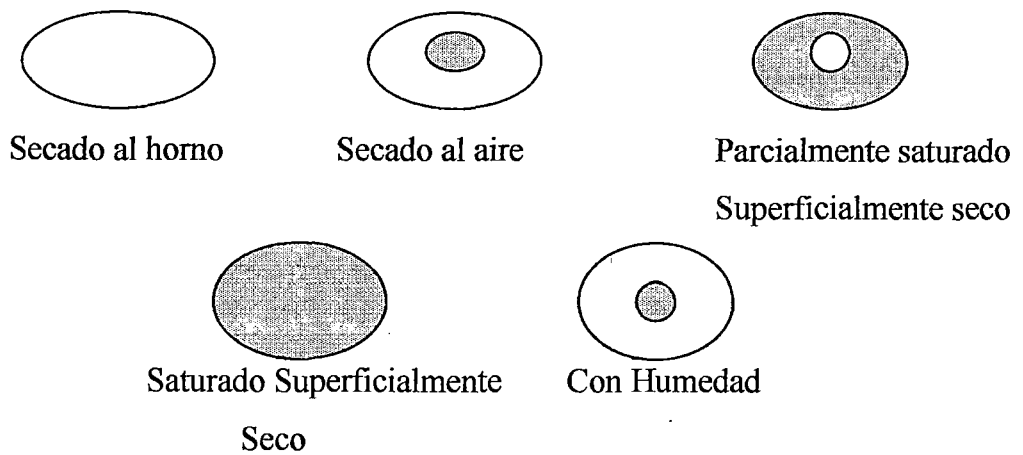
Aditivo : EUCON 537

3.5 CARACTERISTICAS FISICAS

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociada a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

a) Condiciones de Saturación



b) **Peso específico.**- Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. La Normas ASTM C-127 y C-128, establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. En la siguiente figura se muestra gráficamente la distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno, estableciéndose las expresiones para la determinación en laboratorio y calculo del peso específico. Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. SU valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2750 kg/m³.

c) **Peso Unitario.**- Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, esta influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.

La Norma ASTM C-29 define el método standard para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8” en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas. Algunos aplican el mismo ensayo pero sin compactar el agregado para determinar el “peso unitario suelto”, sin embargo este valor tampoco es necesariamente el del material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones de diseños en peso a volumen.

La mejor recomendación para reducir el error aludido, es hacer por lo menos 5 determinaciones de peso unitario suelto en porciones de muestras de agregados que representen varios niveles de las pilas de almacenaje para reflejar las probables variaciones por segregación.

El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 kg/m³.

d) **Porcentaje de Vacíos.**- Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

La misma norma ASTM C-29 establece la formula para calcularlo, empleando los valores de peso específico y peso unitario estándar:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{[S_B \times Da - Pu \times Da]}{S_B} \times 100$$

Donde:

SB: = Peso específico de masa

Da = Densidad del Agua

Pu = Peso unitario compactado seco

e) **Absorción.**- Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia, pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerlas siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Las normas ASTM C-127 y 128 establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso S.S.S.} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}}$$

f) **Porosidad.**- Es el espacio dentro de las partículas de agregado.

Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas.

No hay método estándar en ASTM para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa.

Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da una orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que nunca llegaran a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%.

En agregados ligeros, se pueden tener porosidad del orden del 30 al 50%.

g) **Humedad.-** Es la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para que se cumplan las hipótesis asumidas.

La humedad se expresa de la siguiente manera según ASTM C-566

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}}$$

3.6 ANALISIS GRANULOMETRICO

Teniendo en cuenta la geometría irregular de las partículas de agregados, no es simple establecer un criterio numérico individual para definir el tamaño de cada partícula midiendo sus dimensiones.

Como sería sumamente difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas, se usa una manera indirecta, cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos en % con respecto al peso total. A esto es lo que se denomina Análisis Granulométrico o Granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Los valores hallados se representan en un sistema coordinado semi-logaritmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulometrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración de concreto.

La serie de tamices ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene una abertura igual a la mitad de la anterior. A partir de la malla 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del numero de aberturas por pulgada cuadrada.

Otro concepto importante es el del Tamaño máximo, que en términos generales significa el menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado. Se define operativamente como Tamaño Máximo nominal el correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

El significado practico del análisis granulométrico de los agregados escriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto fresco, así como en algunas del concreto endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable, en todos los métodos de diseños de mezclas.

3.7 MODULO DE FINURA

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representan la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el Modulo de Fineza.

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz N° 100 y esta cantidad se divide entre 100.

El sustento matemático del Modulo de Fineza reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse muy claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURAS EN PULGADAS	ABERTURAS EN MILIMETROS
3"	3.00	75.00
1 1/2"	1.50	37.50
3/4"	0.75	19.00
3/8"	0.375	9.50
Nº4	0.187	4.75
Nº8	0.0937	2.36
Nº16	0.0469	1.18
Nº30	0.0234	0.59
Nº50	0.0117	0.295
Nº100	0.0059	0.1475
Nº200	0.0029	0.0737

La base experimental que apoya al concepto de Modulo de fineza es que granulometrias que tengan M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia, lo que lo convierte en un parámetro ideal para el diseño y control de mezclas.

3.8 EVALUACION DE LA CALIDAD Y LA GRADACION DE AGREGADOS

En el caso de las granulometrias, se definen los llamados husos granulometricos que representan los rangos dentro de los cuales debe encuadrarse determinada gradación para obtener la distribución de las partículas mas adecuadas para concreto y que en teoría producen las mezclas mas densas y mejor graduadas.

Esto es cierto solo hasta cierto punto, ya que si bien al evaluarse individualmente la piedra y la arena con esos husos, se obtienen los denominados agregados bien graduados, la proporción en que se mezclen es en definitiva la que condiciona el resultado en la mezcla.

Lo importante pues en cuanto a la granulometría es la gradación total por lo que puede darse el caso de agregados que no entren y que sin embargo mezclándolos adecuadamente, suministren una distribución de partículas eficiente. La misma norma C-33 admite esto ya que indica que se podrán emplear agregados que no cumplan los requerimientos, si se demuestra que con ellos se obtienen concretos que satisfacen las especificaciones técnicas del proyecto que se trate.

La Norma ASTM C-33 para las llamadas sustancias perjudiciales, comenta lo siguiente:

a) Material mas fino que la Malla #200

Tiene trascendencia en la adherencia entre el agregado y la pasta, afectando la resistencia. Por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra limitarlos entre el 3% a 5%, aunque valores superiores hasta el orden del 7% no necesariamente causaran un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación Agua/Cemento y/o optimizando granulometría.

b) Impurezas Orgánicas

Influyen primordialmente en modificar los tiempos de endurecimiento y desarrollo de resistencia, pudiendo provocar además manchas o afectar la durabilidad si se encuentran en grandes cantidades, lo cual no es usual.

c) Partículas Ligeras, Partículas Blandas, Lentes de Arcilla

Si están presentes en cantidades apreciables , provocan localización de zonas débiles y pueden interferir con la durabilidad.

REQUISITOS GRANULOMETRICOS ASTM C-33 PARA AGREGADO GRUESO

CUADRO 3.8.1

TAMAÑO	TAM. NOM. EN PULG. (ABERT. CUADR.)	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90 mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (37.5 mm)	2" (25 mm)	1 1/2" (19 mm)	1" (12.5 mm)	3/4" (19 mm)	1/2" (4.75 mm)	3/8" (9.5 mm)	Nº4 (4.75 mm)	Nº8 (2.36 mm)	Nº16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100		26 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a Nº4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" a 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5	10 a 30		
457	1 1/2" a Nº4					100	95 a 100	40 a 85	35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" a 1/2"						100		20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" a Nº4						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
8	3/4" a 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
87	3/4" a Nº4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" a Nº4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8" a Nº8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

**REQUISITOS GRANULOMETRICOS PARA AGREGADO FINO Y LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES
EN AGREGADO FINO Y GRUESO SEGÚN ASTM C-33**

CUADRO N°3.8.2

REQUISITOS GRANULOMETRICOS		LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN AGREGADO GRUESO Y FINO.		
TAMIZ ESTANDAR (ABERT. CUADR.)	LIMITES TOTALES % PASANTE	DESCRIPCION	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
		1) Lentas de Arcilla y Particulas Desmenuzable	3.00%	© 2.0% a 10.0
3/8"	100	2) Material menor que la Malla N° 200	(a) 3.0% a 5.0	(*) 1.0%
N° 4	95 a 100	3) Carbon y Lignito	(b) 0.5% a 1.0	(d) 0.5% a 1.0
N° 8	80 a 100	4) Particulas Ligeras (G<2.4)	-----	(e) 3.0% a 8.0
N° 16	50 a 85	5) Suma de 1), 3) y 4)	-----	(f) 3.0% a 10.0
N° 30	25 a 80	6) Abrasion	-----	50.00%
N° 50	10 a 30	7) Desgaste con Sulfato de Sodio	10%	12.00%
N° 100	2 a 10	8) Desgaste con Sulfato de Magnesio	15%	18.00%

Observaciones:

(a) 3% para concretos sujetos a Abrasion y 5% para los demas

(b) 1% para elementos interiores, 0.5% para los demas

(c) 2% y 3% para concreto estructural en clima severo y moderado, 3% para losas y pavimentos expuestos a humedecimiento, 5% en estructuras interiores y 10% en zapatas y columnas interiores

(d) 0.5% en concreto exterior, 1% en el resto.

(e) 3% en concreto arquitectonico, 5% en concreto a la intemperie, 8% en el resto

(f) 3% y 5% para concreto estructural en clima severo y moderado, 7% en concreto a la intemperie, 10% en el resto

(*) Este limite puede incrementarse a 1.5 % si el material < Malla 200 no es arcilla o si el agregado fino tiene un % < Malla 200 inferior al limite permisible, en cuyo caso, el limite para el agregado grueso se calculara con la formula $L = 1 + [(P)/(100-P)] \times (t - A)$ donde L es el nuevo limite, P es el % de arena con respecto al total de agregados, T es el limite de la Tabla para la arena y A es el % de Material < Malla 200 existente en la arena.

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO
CUADRO 3.8.6

	M-1	M-2	M-3
Peso de la piedra S.S.S. (gr) Ps.s.s.	5,000.00	5,000.00	5,000.00
Peso aparente en agua (gr) Papar.	3,172.60	3,178.20	3,181.40
Peso seco al horno (gr) Pseco	4,973.10	4,978.60	4,976.20
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³) <u>Pseco</u> (Ps.s.s. - Papar.)	2.72	2.73	2.74
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S. (gr/cm ³) <u>Pmuestra</u> (Ps.s.s. - Papar.)	2.74	2.74	2.75
PESO ESPECIFICO APARENTE (gr/cm ³) <u>Pseco</u> (Pseco - Papar.)	2.76	2.77	2.77

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO
CUADRO 3.8.7

	M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra (gr) P1	500.00	500.00	500.00
Peso arena + Peso balon (gr) P2	672.00	672.30	674.00
Peso arena + Peso balon + Peso agua (gr) P3	988.30	989.10	987.80
Peso seco al horno (gr) Peso seco	495.20	497.00	491.90
Volumen de la muestra (Vs.s.s.) (cm ³) P1-(P2+P3)	183.70	183.20	186.20
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³) <u>Pseco</u> Vs.s.s.	2.70	2.71	2.64
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S.(gr/cm ³) <u>Ps.s.s.</u> Vs.s.s.	2.72	2.73	2.69
PESO ESPECIFICO APARENTE (gr/cm ³) <u>Pseco</u> [Vs.s.s.-(500 - Pseco)]	2.77	2.76	2.76

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
Aditivo : EUCON 537

ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO
CUADRO 3.8.8

	M-1	M-2	M-3
Peso saturado superficialmente seco (gr) Ps.s.s.	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la piedra (gr) Pseco	496.90	497.10	497.00
ABSORCION (%) $(P_{sss} - P_{seco}) * 100$ Pseco	0.62%	0.58%	0.60%

ABSORCION DEL AGREGADO FINO
CUADRO 3.8.9

	M-1	M-2	M-3
Peso saturado superficialmente seco (gr) Ps.s.s.	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la arena (gr) Pseco	496.00	495.90	496.00
ABSORCION (%) $(P_{sss} - P_{seco}) * 100$ Pseco	0.81%	0.83%	0.81%

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

CUADRO 3.8.10

	M-1	M-2	M-3
Peso Humedo (gr) PH	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la piedra (gr) Pseco	497.30	497.20	497.20
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) $(PH - Pseco) * 100$ Pseco	0.54%	0.56%	0.56%

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

CUADRO 3.8.11

	M-1	M-2	M-3
Peso Humedo (gr) PH	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la arena (gr) Pseco	496.70	496.75	496.70
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) $(PH - Pseco) * 100$ Pseco	0.66%	0.65%	0.66%

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO
CUADRO 3.8.12

	M-1	M-2	M3
Peso de la piedra (gr) Ppiedra	12,884.00	12,909.00	12,894.00
Peso del balde (gr) P1	8,113.00	8,113.00	8,113.00
Peso balde + Peso de agua (gr) P2	17,085.00	17,085.00	17,085.00
Volumen del balde (cm ³) P1 - P2	8.97	8.97	8.97
PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³) Ppiedra Vbalde	1,436.02	1,438.81	1,437.14

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO
CUADRO 3.8.13

	M-1	M-2	M3
Peso de la arena (gr) Parena	15,080.00	15,018.00	15,196.00
Peso del balde (gr) P1	8,113.00	8,113.00	8,113.00
Peso balde + Peso de agua (gr) P2	17,098.00	17,085.00	17,085.00
Volumen del balde (cm ³) P2 - P1	8.99	8.97	8.97
PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³) Ppiedra Vbalde	1,678.35	1,673.87	1,693.71

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 Aditivo : EUCON 537

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO
CUADRO 3.8.14

	M-1	M-2	M3
Peso de la piedra (gr) Ppiedra	14,203.00	14,200.30	14,351.00
Peso del balde (gr) P1	8,113.00	8,113.00	8,113.00
Peso balde + Peso de agua (gr) P2	17,085.00	17,085.00	17,085.00
Volumen del balde (cm ³) P1 - P2	8.97	10.00	8.97
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³) Ppiedra Vbalde	1,583.04	1,420.03	1,599.53

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO
CUADRO 3.8.15

	M-1	M-2	M3
Peso de la arena (gr) Parena	16,659.00	16,810.00	16,672.00
Peso del balde (gr) P1	8,113.00	8,113.00	8,113.00
Peso balde + Peso de agua (gr) P2	17,085.00	17,085.00	17,085.00
Volumen del balde (cm ³) P1 - P2	8.97	8.97	8.97
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³) Ppiedra Vbalde	1,856.78	1,873.61	1,858.23

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS
CUADRO 3.8.16

	AGREG. FINO	AGREG. GRUESO
Tamaño Máximo		1"
Tamaño Máximo Nominal		3/4"
Módulo de Finura	2.75	6.78
Peso Específico de Masa (gr/cm ³)	2.68	2.73
Peso Específico de Masa S.S.S. (gr/cm ³)	2.71	2.75
Peso Específico Aparente (gr/cm ³)	2.76	2.77
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1,574.50	1,437.40
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1,754.70	1,480.00
Contenido de Humedad (%)	0.66	0.55
Porcentaje de Absorción (%)	0.82	0.60
Porcentaje que pasa la malla N° 200 (%)	4.61	< 1

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 Aditivo: EUCON 537

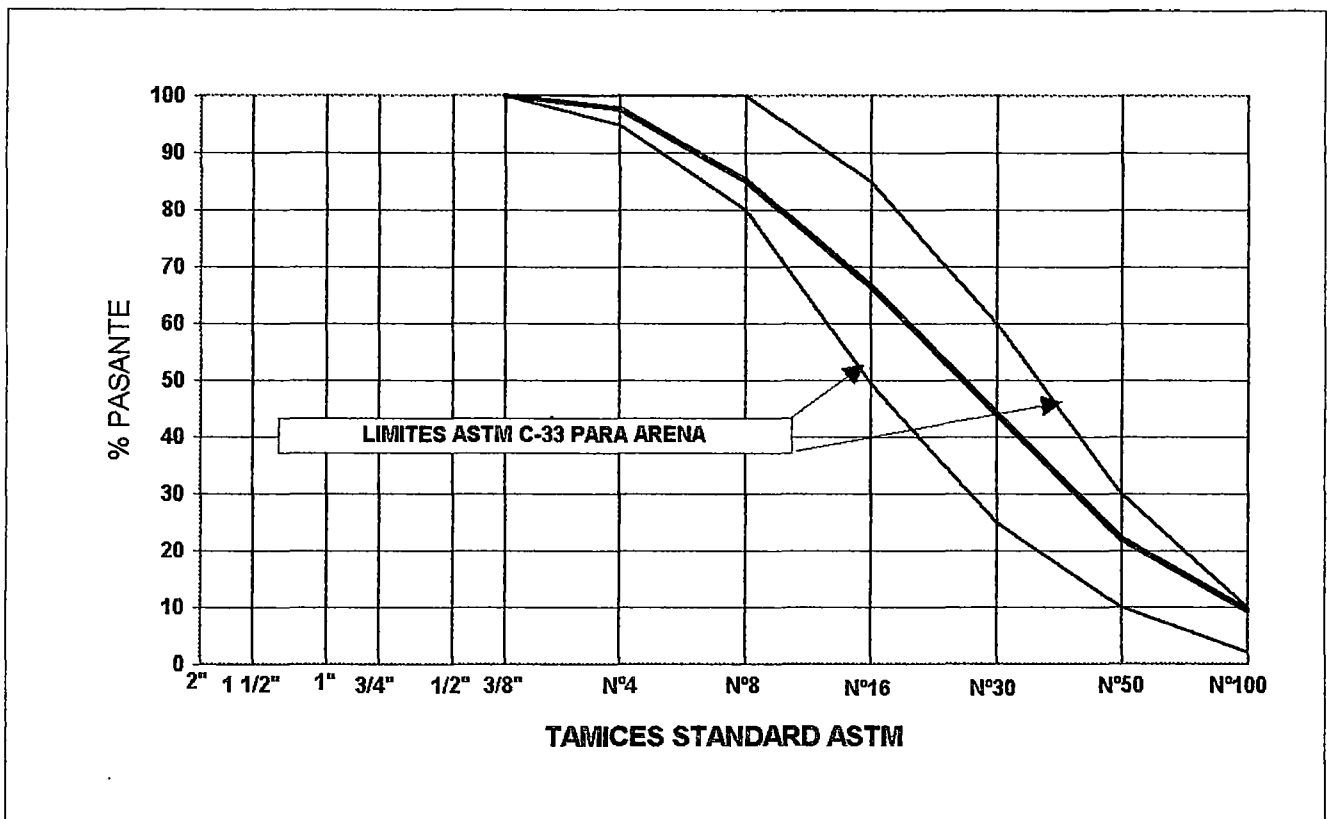
CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y GRANULOMETRICAS DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO

CUADRO N° 3.17

MUESTRA : Arena para concreto
 PROCEDENCIA : Cantera JICAMARCA

FECHA : Nov-97

GRANULOMETRIA					CARACTERISTICAS FISICAS			
MALLA	PESO RET. gr.	% RETENIDO	% RETEN. ACUMUL.	% PASA ACUMUL.	ASTM - (C-33)		MODULO DE FINURA	2.75
					Inf.	Sup		
2"					100.00	100.00	TAMAÑO MAXIMO	3/8"
1 1/2"					95.00	100.00	PESO ESPECIFICO	2.68
1"					80.00	100.00	% HUMEDAD	0.66
3/4"					49.50	85.00	% ABSORCION	0.82
1/2"					25.00	60.00	% MATERIAL < MALLA 200	4.61
3/8					10.00	30.00	OTROS:	
#4	11.50	2.32	2.32	97.68	2.00	10.00	PESO UNITARIO SUELTO	1,574.50
#8	62.10	12.53	14.85	85.15	0.00	0.00	PESO UNITARIO COMPACTADO	1,754.70
#16	92.00	18.56	33.41	66.59				
#30	111.40	22.48	55.89	44.11				
#50	109.60	22.11	78.01	21.99				
#100	62.50	12.61	90.62	9.38				
<#100	46.50	9.38	100.00	0.00				
TOTAL	495.60	100.0	MODULO DE FINURA	2.75				



LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

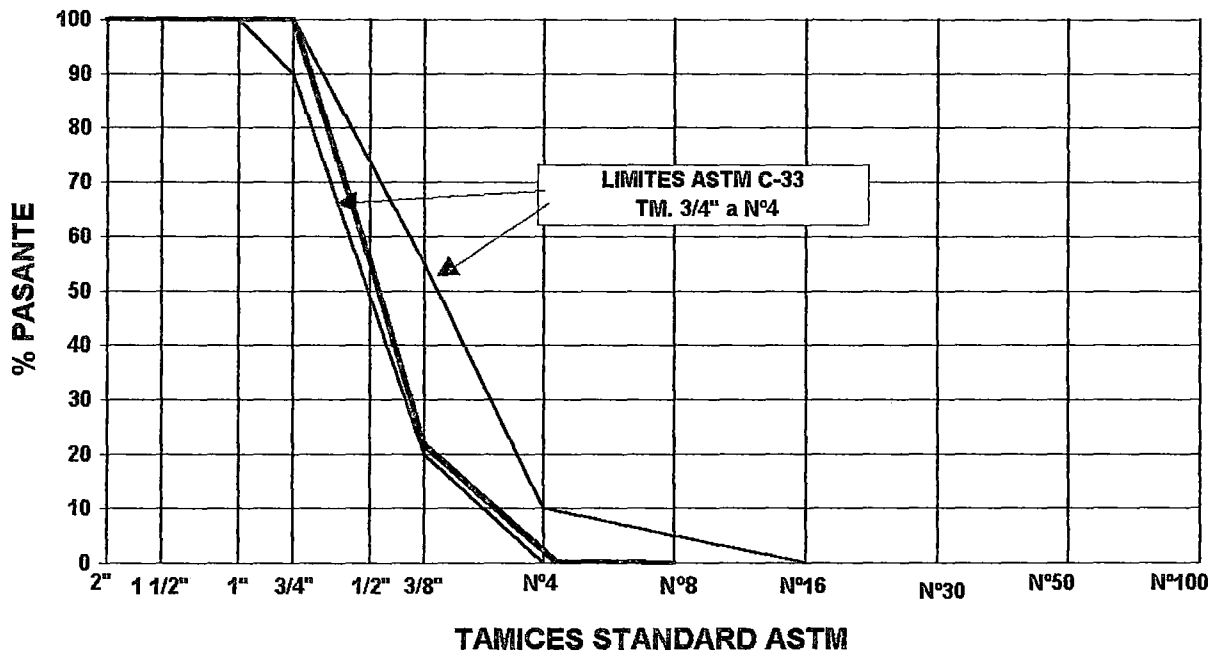
Aditivo : EUCON 537

CARACTERISTICAS FISICAS Y GRANULOMETRICAS DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO
CUADRO N° 8.18

MUESTRA : Piedra Chancada para concreto
 PROCEDENCIA : Cantera LA GLORIA

FECHA Nov-97

NULOMETRIA					CARACTERISTICAS FISICAS		
MALLA	PESO RET. gr.	% RETENIDO	% RETEN. ACUMUL.	% PASA ACUMUL.	HUSO 67 3/4" a N°4	MODULO DE FINURA	
2"						6.80	
1 1/2"							3/4"
1"					100		PESO ESPECIFICO 2.73
3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	90 a 100		% HUMEDAD 0.55
1/2"	2665.50	44.51	44.51	55.49			% ABSORCION 0.60
3/8"	2022.00	33.77	78.28	21.72	20 a 55		% MATERIAL < MALLA 200 < 1%
#4	1273.00	21.26	99.54	0.46	0 a 10		OTROS:
#8	27.60	0.46	100.00	0.00	0 a 15		PESO UNITARIO SUELTO 1,437.40
#16							PESO UNITARIO COMPACTADO 1,480.00
#30							
#50							
#100							
#200							
<#200							
TOTAL	5988.10	100.0		6.78			



LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

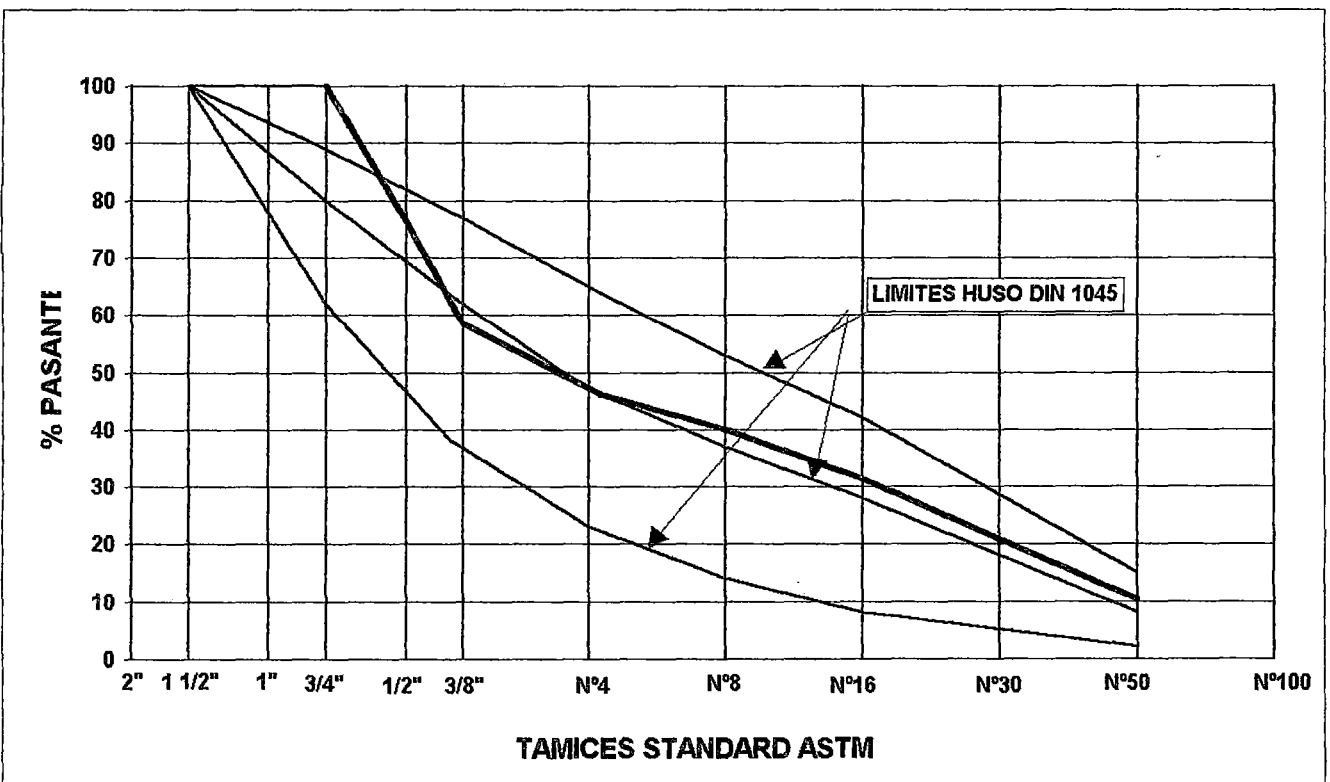
Aditivo : EUCON 537

CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DEL AGREGADO GLOBAL PARA CONCRETO
CUADRO Nº 8.19

MUESTRA : Piedra Chancada y arena para concreto FECHA Nov-97
 PROCEDENCIA : Planta de Concreto de UNICON en Ansieta

GRANULOMETRIA

MALLA	PIEDRA	ARENA	RETEN. PIEDRA	RETEN. ARENA	ACUM.RET PIEDRA	ACUM.RET ARENA	53% PIEDRA	47% ARENA	% RETEN. GLOBAL	% A.R. GLOBAL
2"										
1 1/2"										
1"										
3/4"	1.00		0.02							
1/2"	2665.50		44.51		44.51		23.59		23.59	23.59
3/8"	2022.00		33.76		78.27		17.89		17.89	41.48
#4	1273.00	11.50	21.26	2.32	99.52	2.32	11.27	1.09	12.36	53.84
#8	27.60	62.10	0.46	12.53	99.98	14.85	0.24	5.89	6.13	59.97
#16		92.0		18.56		33.41	0.00	8.72	8.72	68.70
#30		111.4		22.48		55.89		10.56	10.56	79.26
#50		109.6		22.11		78.01		10.39	10.39	89.65
#100		62.5		12.61		90.62		5.93	5.93	95.58
#200		46.5		9.38		100.00		4.41	4.41	99.99
<#200										
TOTAL	5989.10	495.6	MODULO DE FINURA	4.88						



LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

CARACTERISTICAS QUIMICAS

Los agregados, también llamados inertes, son en general sumamente resistentes al ataque de agentes químicos, siendo importante establecer que cualquier agresión de este tipo debe ser en forma de solución para que tenga la posibilidad de surtir algún efecto.

Existe una forma de ataque químico sobre los agregados, que es la mas importante desde el punto de vista de sus consecuencias en la durabilidad del concreto y que es producida por la reacción de ciertos agregados con los álcalis del cemento produciendo compuestos expansivos.

a) **Reacción Alkali - Sílice**

El oxido de Sodio y Oxido de Potasio que contribuyen los álcalis en el cemento, en ciertas cantidades y en presencia de condiciones particulares de temperatura y humedad, pueden reaccionar con ciertos minerales definidos en la Cuadro 3.9.1 produciendo un gel expansivo.

Normalmente se requieren contenidos de álcalis evaluados como $(Na + 0.658 K_2O)$ que sean superiores a 0.6%, temperaturas ambiente del orden de 30°C, humedades relativas alrededor del 80% y un tiempo por lo general no menor de 5 años para que se evidencie la reacción.

Existen varias maneras de evaluar la posibilidad de que determinado agregado pueda ser relativo, pero el primer paso consiste en obtener la mayor cantidad de información sobre su uso anterior en concreto, inspeccionando las estructuras que tengan mas de 5 o 10 años de antigüedad para observar si se han producido fisuraciones sistemáticas.

Existen tres pruebas de laboratorio definidas en ASTM C-289, ASTM C-227 y ASTM C-295 que permiten obtener información para calificar el agregado desde el punto de vista de la reactividad.

La primera es química y consiste en someter una muestra de agregado chancado y tamizado, a la acción de una solución de Hidróxido de Sodio durante un periodo de

24 horas a una temperatura de 80 °C dentro de una cápsula de platino, para medir luego el Sílice disuelto.

b) Reacción Alkali-Carbonatos

Este tipo de reacción es similar a la anterior, y se puede producir cuando se emplean los agregados de la Tabla 3.9.1 donde reaccionan los carbonatos generando sustancias expansivas.

Existe el ensayo estándar ASTM C-586 para evaluar la reactividad potencial, consiste en someter un testigo cilíndrico de la roza en cuestión, de 10 mm de diámetro y 35 mm de altura, a la agresión de una solución de Hidróxido de Sodio a temperatura ambiente durante 24 horas, midiéndose el cambio en longitud durante este periodo con una precisión de 0.0025 mm. Si las expansiones superan el 0.10 % es indicativo de reactividad.

No se tiene antecedentes de ocurrencia de este tipo en el Perú, ni de haberse ejecutado alguna vez la prueba indicada, sin embargo no tendría la menor dificultad de ejecución en nuestro medio si así se requiriera.

**MINERALES, ROCAS Y MATERIALES SINTETICOS QUE PUEDEN SER
POTENCIALMENTE REACTIVOS CON LOS ALCALIS DEL CEMENTO**

CUADRO 3.9.1

REACCION ALCALI - SILICE		REACCION ALCALI - CARBONATO
Andesitas	Opalo	Dolomitas Calciticas
Argillitas	Pizarras Opaliticcas	Calizas Dolomitas
Ciertas Calizas y Dolomitas	Filitas	Dolomitas de grano fino
Calcedonia	Cuarcita	
Cristobalita	Cuarzosa	
Dacita	Riolitas	
Vidrio Volcánico	Esquistos	
Gneiss Granítico	Pizarras Silicias y otras formas de cuarzo	

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

CAPITULO 04

EL AGUA EN EL CONCRETO

4.1 INTRODUCCION

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar el concreto. Complementariamente, al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento se concluye que añadiendo agua adicional mediante el curado se produce hidratación adicional del cemento, luego esta agua debe cumplir algunas condiciones para poder emplearse en el concreto.

4.2 EL AGUA DE MEZCLA

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

1. Reaccionar con el cemento para hidratarlo
2. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y
3. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor que la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que si no daña al hombre no daña al concreto.

En éste sentido, es interesante distinguir el agua potable en términos de los requerimientos nominales establecidos por los organismos que regulan su producción y uso, y el agua apta para consumo humano, a que los requerimientos aludidos normalmente son mucho más exigentes de lo necesario.

Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas “aguas potables” cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de establecer especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica.

No existe un patrón definitivo en cuanto a las limitaciones en composición química que debe tener el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5000 ppm ocasiona reducción de resistencias hasta del orden de 30% con relación a concretos con agua pura.

Los Carbonatos y Bicarbonatos de Sodio y Potasio pueden acelerar o retardar el fraguado cuando la suma de sales tiene concentraciones sobre 1000 ppm, por lo que es recomendable en estos casos hacer pruebas de tiempo de fraguado. Hay evidencias que en estas condiciones pueden incrementar las reacciones alcali-silice en los agregados.

Los carbonatos de Calcio y Magnesio no son muy solubles en contenidos hasta de 25,000 ppm no han ocasionado efectos negativos en investigaciones llevadas a cabo llevadas a cabo en USA, pero sales de Zinc, Cobre y Plomo como las que pueden tener las aguas contaminadas con relaves mineros, en cantidades superiores a 500 ppm. Tienen efectos tanto en el fraguado como en las resistencias.

La materia orgánica por encima de las 1000 ppm, reduce resistencias por lo que es recomendable e incorpora aire.

El criterio que establece la Norma Itintec 339.088 y el Comité ACI-318 para evaluar la habilidad de determinada agua para emplearse en concreto, consiste en preparar cubos de mortero de acuerdo con la norma ASTM C-109 usando el agua dudosa y compararlos con cubos similares elaborados con agua potable. Si la resistencia en

compresión a 7 y 28 días de los cubos con el agua en prueba no es menor del 90% de la de los cubos de control, se acepta el agua apta para su uso en concreto.

Un caso particular lo constituye el agua de mar, con la que normalmente se puede preparar concreto no reforzado ya que con contenidos de sales disueltas hasta de 35,000 ppm, los efectos que podrían esperarse serían aceleración del fraguado y probable reducción de resistencias a largo plazo, que puede compensarse reduciendo la relación Agua/Cemento, sin embargo pueden producirse eflorescencias y manchas, por lo que es recomendable utilizarla solo en concretos simples en que los efectos mencionados no tengan importancia. En el concreto armado, la alta cantidad de cloruros propicia la corrosión del acero de refuerzo, por lo que está proscrito su empleo en estos casos.

La Norma ASTM C-94 para Concreto Pretensado establece la siguiente tabla, donde fija los requisitos del agua de lavado de mixers o mezcladoras, para reusarse como agua de mezcla de concreto, lo cual no es una práctica usual en nuestro medio, pero está permitido y podría ser útil en alguna ocasión.

Cloruros (Ion Cl)	
a) En concreto pretensado o losas para puentes.	500 ppm max (b)
b) Cualquier otro concreto armado en ambiente húmedo o con elementos embutidos de aluminio o metales diferentes o con insertos galvanizados.	1000 ppm max(b)
Sulfatos (Ion SO ₄)	3000 ppm max
Alcalis (NaO + 0.658 K ₂ O)	600 ppm max
Sólidos Totales	500 ppm max
<p>Notas:</p> <p>a) El agua de lavado puede superar los límites de cloruros y sulfatos si se demuestra que la concentración calculada en el agua de mezcla total, incluyendo el agua de mezcla en los agregados y otras fuentes, no excede los límites establecidos.</p> <p>b) Para proyectos en que se permite el empleo de cloruro de calcio como acelerante, los límites de cloruros pueden ser obviados por el propietario</p>	

Podemos concluir en que salvo casos especiales de aguas contaminadas en exceso (residuos industriales) o que los agregados o aditivos contribuyan notablemente a incrementar las sustancias nocivas, siempre es posible usar aguas con ciertas impurezas afrontando las consecuencias ya indicadas que en la mayoría de casos son manejables.

4.3 EL AGUA PARA CURADO

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas de curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la

misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto.

No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte del volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos.

Otro factor que incide en esta consideración es que el agua de curado permanece relativamente poco tiempo en contacto con el concreto, pues en la mayoría de especificaciones el tiempo máximo exigido para el curado con agua no supera los 28 días.

Una precaución con relación al curado con agua en obra empleando el método usual de las “arroceras”, es decir creando estancamientos de agua colocando arena o tierra en los bordes del elemento horizontal, consiste en que hay que asegurarse que estos materiales no tengan contaminaciones importantes de sales agresivas como cloruros y sulfatos, que entrarían en solución y podrían ocasionar efectos locales perjudiciales, si por falta de precaución o descuido permanecen en contacto con el concreto durante mucho tiempo.

El agua de lavado de mixers o mezcladoras, pueden emplearse normalmente sin problemas en el curado del concreto, siempre que no tengan muchos sólidos en suspensión, ya que en algunos casos se crean costras de cemento sobre las superficies curadas, sobre todo cuando el agua proviene del lavado de equipo donde se han preparado mezclas ricas en cemento y se ha empleado poca agua en esta labor.

4.4 LIMITES PERMISIBLES PARA AGUA DE MEZCLA Y DE CURADO

Curiosamente, ni el ACI ni el ASTM establecen requisitos para el agua de mezcla para concreto, sin embargo en una iniciativa realmente importante, la norma nacional Itintec 339.088 si establece requisitos para agua de mezcla y curado y que se detallan en la tabla siguiente:

Según norma ITINTEC 339,088

Sólidos en suspensión	(p.p.m.)	5000	max.
Materia Orgánica	(p.p.m.)	3	max.
Alcalinidad (NaHCO ₃)	(p.p.m.)	1000	max.
Sulfato	(p.p.m.)	600	max.
Cloruros	(p.p.m.)	1000	max.
pH		5 a 8	

CAPITULO 05

ADITIVOS PARA EL CONCRETO

5.1 DEFINICION

Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales de concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades.

Los aditivos son utilizados principalmente para mejorar una o varias de las características del concreto

La clasificación de los aditivos de acuerdo a las especificaciones de los aditivos químicos para concreto según la Norma ASTM C-494 – 92 es:

TIPO A	: Reductor de Agua
TIPO B	: Retardante
TIPO C	: Acelerante
TIPO D	: Reductor de Agua y Retardante
TIPO E	: Reductor de Agua y Acelerante
TIPO F	: Super Reductor de Agua
TIPO G	: Super Reductor de Agua y Retardante

5.2 ADITIVOS CONTROLADORES DE FRAGUA

Aparte de ciertos tipos de “surfactantes” o “químicos activos de superficie”, existen un gran número de químicos que pueden ser utilizados como retardadores de fragua; por otra parte, existen otros químicos que pueden acelerar el tiempo de fraguado y la tasa de desarrollo de la resistencia a la compresión a temprana edad. Es interesante notar que algunos químicos actúan como retardadores cuando son utilizados en bajas concentraciones (por ejemplo 0.3 % del peso de cemento), pero en altas concentraciones (por ejemplo, 1 por ciento por peso de cemento) pueden comportarse como aceleradores.

Para entender el mecanismo mediante el cual se acelera o se retarda la fragua del concreto es necesario considerar que los productos de hidratación de la pasta de cemento están compuestos por iones (silicatos y aluminatos) y cationes (calcio), y que la solubilidad de estos depende del tipo y de la concentración de

REQUISITOS FISICOS DE LOS ADITIVOS

CUADRO 5.1

Requisitos	Unidad	Reductor de agua	Retardador	Acelerador	Reduct. de agua Retardador	Reduct. de agua Acelerador	Reduct. De agua de alto rango	Reduct. De agua alto rango y retard.
		TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	TIPO E	TIPO F	TIPO G
Agua (máximo)	%	95	-	-	95	95	88	88
Tiempo de fraguado								
Inicial								
máximo	h	01:30	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00
mínimo	h	01:00	03:00	03:30	03:30	03:30	01:30	03:30
Final								
máximo	h	01:30		01:00		01:00	01:00	
mínimo	h	01:00	03:30		03:30			03:30
Resistencia a la compresión (min) a los:								
1 día	%	-	-	-	-	-	140	125
3 días	%	110	90	125	110	125	125	125
7 días	%	110	90	100	110	100	115	115
28 días	%	110	90	100	110	100	110	110
6 meses	%	100	90	90	100	90	100	100
1 año	%	100	90	90	100	90	100	100
Resistencia a la Tracción por compresión diametral (min a los:								
3 días	%	100	90	110	100	110	110	110
7 días	%	100	90	100	100	100	100	100
28 días	%	100	90	90	100	90	100	100
Resistencia a la flexión (min) a los:								
3 días	%	100	90	110	100	110		
7 días	%	100	90	100	100	100		
28 días	%	100	90	90	100	100		
Adherencia al acero (min) a los 28 días	%	100	100	100	100	100		
Contracción por secado (incremento max. referido al concreto de referencia	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Exudación (max)	%	-	-	-	-			

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

los iones ácidos y básicos presentes en la solución. Como gran parte de los aditivos químicos se ioniza en el agua, su adición al sistema cemento-agua podrá alterar el tipo y concentración de estos en la solución, con lo que se afecta el coeficiente de disolución de los componentes del cemento mediante los siguientes mecanismos:

- (i) Los aceleradores deberán promover la disolución de los cationes (iones calcio) y de los aniones provenientes de la reacción del cemento con el agua. Como existen diversos aniones a ser disueltos, el acelerador deberá promover la disolución de los constituyentes que tienen los más bajos coeficientes de disolución durante el periodo de hidratación (por ejemplo, iones silicato).
- (ii) Los retardadores de fragua deberán impedir la disolución de los cationes de cemento (iones calcio) y la de los aniones, preferentemente dichos aniones con los mayores coeficientes de disolución durante los periodos tempranos de hidratación (por ejemplo, iones aluminato).
- (iii) La presencia de cationes monovalentes en solución (por ejemplo, K^+ o Na^+) reduce la solubilidad de iones Ca^{+2} pero tiende a promover la solubilidad de los iones silicatos y aluminatos. En pequeñas concentraciones, el primer efecto es predominante; en altas concentraciones, el segundo efecto es predominante.
- (iv) La presencia de ciertos aniones monovalentes en solución (por ejemplo, Cl^- , NO_3^- , o SO_4^-) reduce la solubilidad de los silicatos y los aluminatos pero tiende a promover la solubilidad de los iones calcio. En pequeñas concentraciones, el primer efecto es predominante; en altas concentraciones el segundo efecto es predominante.

De lo anterior se puede concluir que el resultado general de la adición del aditivo químico al sistema cemento-agua será determinado por un número de efectos complementarios, que dependerán del tipo y concentración de los iones incorporados

mediante la adición del químico al sistema. Con pequeñas concentraciones de sales básicas débiles, el proceso mediante el cual se reduce la solubilidad de los iones calcio y aluminatos del cemento será dominante, en lugar de acelerar la solubilidad de los iones silicato; por tanto, el resultado final será que se retarde la fragua.

Con mayores concentraciones de estas sales, los efectos de aceleración de los iones en solución sobre los iones silicatos y aluminatos del cemento será dominante sobre los efectos retardadores; por tanto es posible que con la misma sal se puedan lograr los dos efectos.

Aplicaciones de Acelerantes: (i) Reducir tiempo de comienzo y termino de operaciones; (ii) Reducir el tiempo de curado y protección del concreto; (iii) Incrementar el desarrollo de resistencias de modo de permitir que los encofrados sean retirados en menos tiempo y que la estructura sea puesta en operación antes.

Aplicaciones de Retardadores: (i) Incrementar el tiempo de reacción del cemento de modo de contrarrestar los efectos del medio ambiente, particularmente en climas con temperaturas muy altas, las cuales generan aceleración de la fragua; (ii) Control de fragua en unidades estructurales de dimensiones considerables de modo de mantener el concreto trabajable durante las operaciones.

Químicos frecuentemente utilizados:

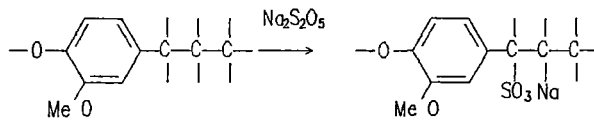
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; CaCl_2 ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; K_2CO_3 ; NaCO_3 ; NaSiO_3 ; etc.

5.3 ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA

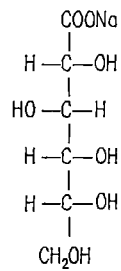
Estos aditivos permiten una reducción en la relación agua/cemento, para una trabajabilidad dada, donde algunas veces afecta el fraguado normal del concreto.

MAXIMOS AVANCES DE LA QUIMICA DE LOS ADITIVOS CON BASE EN POLIMEROS

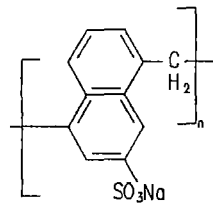
1930 LIGNOSULFATOS



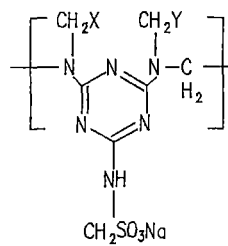
1940 GLUCONATOS



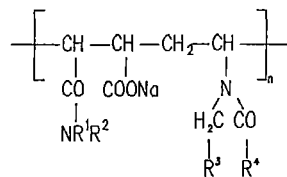
1970 NAFTALENOS SULFONADOS



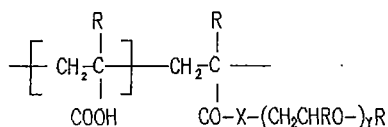
1980 MELAMINA SULFONADA



1990 COPOLIMEROS VINILICOS



2000 POLICARBOXILADOS MODIFICADOS



5.3.1 Clasificación de los Aditivos Reductores de Agua.

Se clasifican en 5 tipos:

1. Aditivos Reductores de agua normales
2. Aditivos reductores de agua acelerantes
3. Aditivos reductores de agua retardantes
4. Aditivos reductores de agua aireantes
5. Aditivos Superplastificantes

5.3.2 Agentes Químicos de los Aditivos Reductores

Existen 5 grupos de materiales químicos que forman la base de todos los aditivos reductores:

5.3.2.1 Los Lignosulfatos

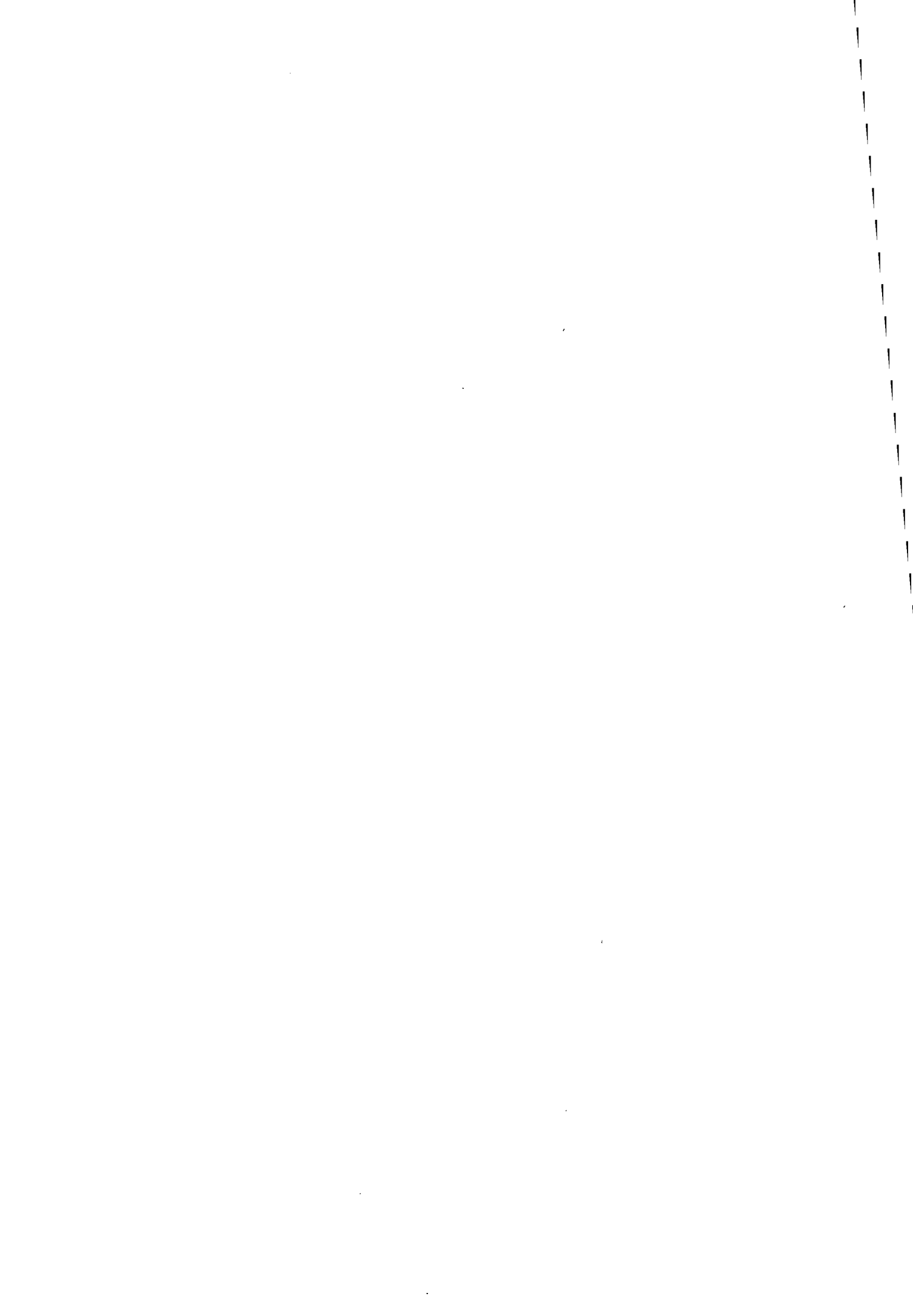
Se producen a partir de la lignina, que forma parte de la composición de las maderas, durante el proceso de fabricación de la pulpa de papel. Los lignosulfatos usados en aditivos son predominantemente cálcicos o sodicos, con un contenido de azúcar entre 1% y 30%.

5.3.2.2 Los Acidos Hidroxicarboxilicos

Son productos químicos que tienen en sus moléculas grupos de hidroxilos y carboxilos. Se producen a partir de materias primas puras de la madera, ya sea por medios químicos o bioquímicos, presentando alta pureza. Se usan para fabricar aditivos reductores de agua normales (a bajas dosificaciones) y aditivos reductores de agua retardantes (a altas dosificaciones)

5.3.2.3 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.



5.3.2.4 Las Sales de Formaldehído – Melamina Sulfonato

Estos productos fueron desarrollados por su aplicación en diversas industrias y posteriores en su aplicación en concretos. Son usados en a mayoría de los casos como único componente en los superplastificantes, ya que cumplen con los requisitos tales como no retardar excesivamente el fraguado u ocluir aire a altos niveles de dosificación.

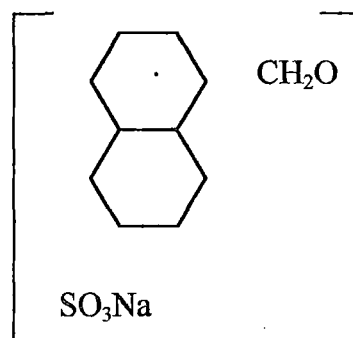
5.3.2.5 Las sales de Acidos Formaldehído Naftaleno Sulfonicos

Esta materia prima fue una de las primeras que se indicaron como agentes reductores de agua, son producidos a partir del naftaleno por sulfonación con trióxidos de azufre. Se usan principalmente en la elaboración de los superplastificantes, 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.

Los superplastificantes disponibles comercialmente con estas sales contienen menos de 2.5 wt% de sulfato de sodio libre, gravedad especifica de 1.2 y un total de sólidos contenidos del 42% del peso.

El aditivo usado en este estudio contiene estas sales según el fabricante.

Representación Química: Naftaleno Sulfonato de Sodio



NFS-Na

Estructura Química sus Principales Componentes

5.3.3 Mecanismos de Acción de los Reductores de Agua

Los efectos físicos-químicos que tienen lugar en los concretos que contienen un aditivo reductor de agua, son:

5.3.3.1 Reducción de Agua

Son principalmente agentes químicos de actividad superficial, que inducen en los siguientes procesos.

- Una reducción de la tensión interfase
- Un incremento en el potencial electro-cinético
- Una capa protectora

Estos procesos son originados por las reacciones químicas de los grupos funcionales ácidos e hidróxidos fundamentales del aditivo con los productos de hidratación inicial del cemento de la fase del Aluminato Tricálcico C_3A principalmente, y en alguna extensión con los de la fase de Silicato Tricálcico C_3S . Como resultado de ello, se forma una capa monomolecular de aditivo en la interfase agua/cemento que asociada con moléculas de agua forman una barrera que prevendría una cercana proximidad entre las partículas hidratadas de cemento y reduciría el efecto de las fuerzas de atracción de Van der Waals, que son las causantes en gran medida, de la tendencia natural de floculación (formación de gránulos) de las partículas de cemento, permitiendo así que una cantidad de agua este libre de la influencia de un sistema altamente floculado y pueda lubricar la mezcla.

5.3.3.2 Absorción del Superplastificante en el cemento.

El cemento portland es una mezcla compleja de cuatro principales componentes: Aluminato Tricalcico (C_3A), Alumino-Ferrito Tetracalcico (C_4AF), Silicato Tricalcico (C_3S) y Silicato Dicalcico (C_2S). Todos estos constituyentes reaccionan con el agua, sin embargo la proporción de hidratación disminuye aproximadamente en el orden siguiente: $C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S$. El Silicato Dicalcico reacciona lentamente tomando semanas para conseguir una hidratación apreciable. La hidratación de C_3S es el principal responsable de la

resistencia temprana del sistema agua-cemento, es un compuesto más reactivo que C_2S . Porque reacciona rápidamente con el agua, la hidratación de C_3A también juega un rol importante en el comportamiento de la acción del cemento.

La absorción del superplastificante en el C_3A ocurre en cantidades sustanciales después de unos segundos del mezclado. La prueba de absorción del C_3S muestra que inmediatamente después del mezclado solo una pequeña cantidad de superplastificante es absorbido. Sin embargo la absorción llega a ser significativa aproximadamente cinco horas después del mezclado.

Otros estudios en la absorción del Sulfonato Naftaleno Formaldehído han demostrado que la cantidad de absorción del superplastificante depende del volumen de C_3A . Por lo tanto para obtener la misma trabajabilidad, se requiere una dosificación más alta de superplastificante para el Cemento Tipo I que para el Cemento Tipo V, porque como se sabe la cantidad de C_3A en el Cemento Tipo V es menor que el Cemento Tipo I.

ALCANCES DE LA ACTIVIDAD DE UN ADITIVO QUIMICO SUPERPLASTIFICANTE EN PASTAS DE CEMENTO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE C_3A (Del estudio realizado por el Ing. Manuel González de la Cotera)

Se estudio la interrelación de un aditivo superplastificante, del tipo condensado de formaldehído naftaleno sulfonato, con cementos de diferente composición de C_3A .

Los superplastificantes reciben varias denominaciones (superplastificantes o superfluidificantes) y en nuestro medio se adopta la prescrita por la especificación ASTM de “ Aditivos reductores de agua de alto rango “ cuya sigla en ingles es WRHR.

Todos los productos son polímeros de muy alto peso molecular y actúan al ser absorbidos en la superficie de las partículas hidratantes de cemento, eliminando la aglomeración y la fricción entre ellas, de manera de reducir el requerimiento de agua de la mezcla.

La actividad del aditivo es función del contenido de extractos secos. Generalmente en los SNF se encuentra en valores entre 30 y 45%. Sin embargo, también influye la longitud de las cadenas moleculares y el contenido de impurezas.

Las partículas de cemento presentan cargas eléctricas superficiales que producen su floculación cuando se encuentran en contacto con un líquido polar como el agua. Los aditivos en base a naftaleno crean fuerzas de repulsión suficientes entre los gránulos del cemento impidiendo su aglomeración.

Cuando se produce la mezcla se inicia la formación de productos de hidratación con los componentes más activos del cemento, el ferroaluminato tetracalcico C4AF y el Aluminato Tricalcico C3A, fenómeno potenciado por la finura del cemento.

De acuerdo a trabajos recientes los aditivos naftaleno sulfonato (SNF) disminuyen la velocidad de formación de etringita. Los sulfoaluminatos hidratados absorben cantidades considerables del aditivo, lo que causa modificaciones morfológicas en los cristales de etringita. Esta diferencia de morfología puede contribuir a explicar la acción del plastificante sobre la reología de las pastas de cemento, al retardar la hidratación del Aluminato Tricalcico.

La experiencia ha demostrado el fenómeno de incompatibilidad entre algunos cementos y aditivos, en especial en concretos de alta performance, por su bajo contenido de agua y alta dosificación de cemento. En efecto, los WRHR

modifican la actividad C3A del cemento al inicio de su hidratación de acuerdo con el tipo y cantidad de yeso que se agrega al culminar la fabricación del cemento portland.

Cuando los iones de sulfato contenidos en el yeso no se sueltan rápidamente para reaccionar con el C3A, el aditivo se fija al C3A y no actúa para mejorar la trabajabilidad. En estos casos se produce una incompatibilidad entre el cemento y el aditivo. Lo mismo ocurre cuando el sulfato soluble disponible es reducido, porque los sulfonatos del aditivo quedan fijos y no se mejora la trabajabilidad de la mezcla.

Algunos de los resultados obtenidos de los ensayos del Ing. Gonzales de la Cotera, determinan que los cementos con mayor contenido de C3A requieren la mayor dosificación del aditivo, pero observan un aceptable decrecimiento de la fluidez entre los 30 y 60 minutos. En bajas relaciones de C3A la pérdida de fluidez es acusada en bajas dosificaciones del aditivo.

Cuando se utiliza la mayor dosificación de aditivo se asegura el mantenimiento de la fluidez a los 60 minutos.

En armonía con las observaciones efectuadas, el Aluminato Tricalcico también afecta el tiempo en que se desarrolla el fraguado inicial y final. Los cementos con bajo contenido de C3A en dosificaciones altas de aditivo dilatan el tiempo de fraguado final en forma significativa.

5.3.3.2 Retardo de Fraguado

El retardo de fraguado se debe principalmente a:

1. La presencia del aditivo en la superficie del cemento, dependiendo de las fuerzas entre el aditivo y la superficie.
2. Los grandes iones y moléculas del aditivo que son absorbidos en la superficie de las partículas de cemento.

A consecuencia de estos procesos, se impondrá una barrera adicional a la difusión de los productos de la hidratación, y por lo tanto, el proceso de endurecimiento se hace mas lento.

5.3.4 EFECTOS PRINCIPALES DE LOS ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA.

1.3.4.1 Reducción de Agua

Los aditivos reductores de agua, reducen el agua requerida, para el mismo revenimiento del concreto, hasta en 10% o mas. Los concretos que contienen aditivos de lignosulfatos, generalmente requieren de 5 a 10 % que concretos sin aditivos. Las sales del ácido carboxilico hidroxilado reducen el contenido de agua de 5% a 8%, ya sea en concreto con o sin aire incluido. La disminución de agua reduce la relación agua/cemento para un contenido dado de cemento, o permite una reducción del contenido de cemento manteniendo la misma relación.

5.3.4.2 Resistencia

La disminución en la relación agua/cemento causa un incremento en la resistencia. Se observa un incremento adicional en la resistencia debido al uso del aditivo reductor de agua, debido a la modificación de la reacción de hidratación. Los tipos de aditivos neutros incrementan la resistencia muy temprana. Las resistencias mas tardías pueden incrementarse hasta mas del 25%, con el mismo contenido de cemento, sin disminuir la resistencia a los 28 días. Los incrementos en las resistencias a la flexión de concreto no son proporcionalmente tan grandes como los incrementos a la resistencia a la compresión.

5.3.4.3 Tiempo de Fraguado

Los lignosulfatos y los ácidos carboxilicos hidroxilados retardan los tiempos de fraguado de 1 a 3 horas, cuando se los emplea en temperaturas entre los 18 y

38°C. Los azúcares y sus ácidos, los carbohidratos, las sales de zinc, los boratos y fosfatos en forma no modificada retardan el fraguado del cemento Portland en diversos grados. La mayoría de otros materiales dentro de la clase 5 de los aditivos reductores de agua no muestran efecto retardante apreciable.

5.3.4.4 Inclusión de Aire

Los lignosulfatos son inclusores de aire en diversos grados, generalmente en proporciones de 2 a 6%, aunque se sabe del empleo de dosis más elevadas. Las propiedades inclusoras de aire pueden controlarse modificando las fórmulas.

Los materiales en las clases 3,4,5 de los aditivos reductores de agua, generalmente no son inclusoras de aire, pero las cinco clases refuerzan la capacidad inclusora de aire, tanto de cementos como de aditivos inclusores de aire.

5.3.4.5 Trabajabilidad

Cuando se comparan concretos con y sin aditivos reductores de agua con el mismo revenimiento y contenido de aire y otros aspectos, es difícil descubrir diferencias de trabajabilidad, puesto que no existe prueba alguna de trabajabilidad en sí. Al vibrarlos, los trabajadores observan mayor fluidez del concreto que contiene el aditivo.

5.3.4.6 Sangrado

Los aditivos de la clase 3 tienden a incrementar la capacidad de sangrado en diversos grados, aunque ciertos aditivos de la clase 4 no lo hacen. Los aditivos de las clases 2 y 2 reducen el sangrado y la segregación en concretos recién mezclados, en parte debido al aire incluido.

5.3.4.7 Calor de Hidratación y Elevación de Temperatura

La elevación de temperatura adiabática y el calor de hidratación no se reducen con el mismo contenido de cemento. La aceleración o el efecto retardante pueden alterar la velocidad de generación de calor, estas características pueden

cambiar la velocidad temprana de elevación de temperatura en condiciones de trabajo. Si el empleo del aditivo permite una reducción en el contenido de cemento, la elevación de temperatura se reducirá proporcionalmente.

5.3.4.8 Perdida de Revenimiento

La pérdida de revenimiento puede no reducirse y a veces se incrementa.

5.3.4.9 Contracción y Fluencia

Existe incompatibilidad sobre la información que existe acerca de los efectos de estos aditivos sobre la contracción y fluencia. Ellas pueden ser mayores o menores, dependiendo de diversos factores, como la composición del aditivo, del cemento. Los cambios en las proporciones de la mezcla de concreto con aditivo de las mezclas de control, generalmente actúan reduciendo cualquier efecto perjudicial de los aditivos sobre la contracción y fluencia.

5.3.4.10 Durabilidad

El efecto de estos aditivos sobre la resistencia a la congelación y al deshielo, incluyendo la escamación por deshielo, es casi totalmente una función del sistema de cavidades de aire en el concreto endurecido. Se logra una mejora con la reducción de la relación agua/cemento y con incrementos en la resistencia. De la reducción de agua, de la permeabilidad y del aumento de la resistencia resulta un pequeño incremento de resistencias en agua y terrenos agresivos.

EUCON 537 ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO - RETARDANTE TIPO G

El presente estudio ha tomado como muestra un aditivo que actualmente es muy usado en el mercado de la Construcción, perteneciente a la familia de aditivos EUCO, de origen Colombiano. A continuación se muestra la Hoja Técnica del Fabricante.

EUCON 537

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO - RETARDANTE TIPO G

Eucon 537 es un aditivo reductor de agua de alto rango formulado específicamente para prolongar el tiempo de trabajabilidad del concreto fluido a temperaturas de hasta 54°C.

208 litros (55 gal) y cubetas de 18.9 litros (5 gal)

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto reforzado
- Concreto de alta resistencia
- Losas industriales
- Concreto ligero
- Concreto Pretensado
- Estructuras de estacionamiento
- Concreto a prueba de agua

INFORMACION TECNICA

Resultados Típicos de Ingeniería

Resistencias a la compresión vs. Testigo

1 día	hasta un 140 %
3 días	140 - 160 %
7 días	130 - 150 %
28 días	125 - 135 %

Durabilidad Relativa

Resistencia al congelamiento /deshielo
....98.7 %

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

- Produce concreto “fluido” con un intervalo controlado de pérdida de revenimiento y trabajabilidad.
- Reduce en gran medida la demanda de agua.
- Reduce la segregación y exudado en el concreto plástico
- Reduce fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido.
- Cuando se utiliza para producir concreto “fluido” se reduce significativamente el tiempo y costo de colocación.

DIRECCION PARA SU USO

Cantidad - EUCON 537 se usa a razón de 375 - 875 ml por cada 100 kg. de cemento.

Cuando se agrega EUCON 537 a razón de 750 ml por cada 100 kg. de cemento a 25 - 76 mm de revenimiento va a producir concreto fluido con un revenimiento de 178 - 254 mm.

La pérdida de revenimiento será gradual hasta por seis (6) horas a una temperatura de 22 °C y hasta por tres (3) horas a una temperatura de 49°C cuando se usan las cantidades correctas de EUCON 537. Las variaciones de pérdida de revenimiento y las características de fraguado están en función de la cantidad de aditivo que se utiliza, las características del cemento y el diseño de mezcla que se seleccionen.

ESPECIFICACIONES/NORMAS

EUCON 537 cumple o excede las siguientes normas:

- ASTM C-494, Tipo G
- ACI 201 - contenido mínimo de cloruro
- ACI 318 - contenido mínimo de cloruro

ENVASE

EUCON 537 se ofrece a granel, en lotes de 1041 litros (275 gal), tambores de

Un aumento de la temperatura del concreto va a causar un incremento en la pérdida de revenimiento y una

disminución del tiempo inicial de fraguado.

Cuando se están diseñando mezclas para usarlas con EUCON 537, se deben seguir las recomendaciones de ACI211.1 y ACI 211.2. Una vez que se ha establecido la mezcla inicial, se puede regular la proporción de arena a agregado grueso para mantener la homogeneidad de la mezcla de concreto "fluido". Para hacer concreto "fluido" cargue todos los materiales en la mezcladora y mezcle por cinco minutos o 70 revoluciones al revenimiento inicial especificado. Agregue EUCON 537 y mezcle por otros tres minutos.

Se sugieren las siguientes cantidades por cada 100 kg. de cemento a 76 mm de revenimiento vs. Temperatura Ambiental.

27 °C	625 -
1000 ml	
32 °C	625 -
1125 ml	
38 °C	750 -
1250 ml	
43 °C	750 -
1500 ml	
49 °C	1000 -
2000 ml	
54 °C	1250 -
2000 ml	

Cimbras.- Las cimbras para paredes y secciones angostas deben ser a prueba de agua, resistentes y estar bien afianzadas.

Durante el "periodo de fluidez" cuando el concreto tiene un revenimiento de 178 - 254 mm. EL CONCRETO VA A EJERCER UNA PRESION MAS ALTA EN LA BASE DE LA CIMBRA QUE EL CONCRETO

CONVENCIONAL. Las cimbras para losas son las mismas que se usan para concreto convencional.

PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- El uso de EUCON 537 varia en cada aplicación. Por lo tanto se debe consultar con el Departamento o Servicio Técnico de la Compañía Euclid Chemical siempre que haya una pregunta sobre su uso y compatibilidad con otros aditivos. Muchos y exitosos diseños de mezcla se encuentran archivados y pueden ser un excelente material de referencia al preparar un proyecto de diseño de mezcla
- Para minimizar los problemas del concreto cuando su temperatura es mayor a 24 °C o en condiciones de mucho viento examine el reporte de recomendaciones hechas por el ACI 305 - 89 "Hot Weather Concreting: ("Trabajando con Concreto en Climas Cálidos")
- No permita que EUCON 537 se congele
- Agregue a la mezcla independiente de otros aditivos

CAPITULO 06

DISEÑOS DE MEZCLA

6.1 INTRODUCCION

En la Tecnología del Concreto moderna es una premisa básica, el que no se puede separar el diseño de mezclas del proceso constructivo en su integridad, ya que entre ambos existe una correspondencia biunivoca, pues para cada obra existen condiciones ambientales, de diseño estructural, de materiales, mano de obra, equipo, etc. que necesariamente requieren una solución original en lo que a diseño de mezclas se refiere.

La etapa de diseño de mezclas de concreto antes que el fin de un proceso, representa solo el inicio de la búsqueda de la mezcla mas adecuada para el caso particular que se aborde y ningún método que se trate teóricamente puede soslayar la prueba definitiva que supone el empleo de los diseños en condiciones reales y su optimización en obra.

Como es sabido la granulometría ideal no es factible en obra, por eso de lo que se trata es de estudiar la mejor relación de agregados finos y gruesos que nos de los máximos beneficios de las propiedades del concreto. Teniendo una mejor distribución granulometrica se reducen el porcentaje de vacíos y obtenemos un concreto mas compacto.

El proporcionamiento de los agregados finos y gruesos para producir mezcla de la mas alta compacidad, y den como resultados concretos mas resistentes y económicos dio origen a la propuesta técnica de numerosas curvas prototipo o ideales.

El método utilizado en el presente estudio es eminentemente practico, pues para determinar la máxima compacidad del agregado global nos remitimos al ensayo de Peso Unitario Compactado Máximo, el cual se logra cuando hay una adecuada distribución granulometrica.

6.2 PARAMETROS BASICOS DE LOS METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

- a) El Principio de los Volúmenes Absolutos.- Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar en el calculo, los volúmenes de los componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con el aire que atrapa el concreto suministren la unidad de medida que se este adoptando, que usualmente es 1 m³. En consecuencia se trabaja en los cálculos con el peso específico de los sólidos, también llamada gravedad específica o peso específico de masa, sea en condición seca o saturada superficialmente seca, para obtener los volúmenes sólidos de los componentes de modo de dosificarlos adecuadamente para obtener la unidad volumétrica de medida.
- b) La Resistencia en Compresión y la Relación A/C.- Dado que por lo general la resistencia a la compresión es un requisito fundamental del proyecto estructural, o en algunas ocasiones el proyectista exige consideraciones especiales de durabilidad, un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación Agua/Cemento, pues como ya hemos visto al evaluar los conceptos sobre los materiales en el concreto, este parámetro regula dicho comportamiento. En ocasiones, las condiciones de durabilidad de las estructuras de concreto por circunstancias de exposición y agresividad extrema al medio ambiente y las características de operatividad o uso, motivan que independientemente del f_{cr} (resistencia promedio requerida en obra), se deba asumir una relación Agua/Cemento muy baja que optimice la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión y el desgaste, la resistencia a la agresión química etc., y que estará asociada consecuentemente a una resistencia en compresión generalmente superior a la necesaria por requerimientos estructurales.
- c) La granulometria de los agregados y el Tamaño Máximo de la piedra.- Esta generalizado mundialmente el criterio de utilizar las granulometrias o gradaciones de agregados que proveen el mejor acomodo entre las partículas

creando una estructura muy resistente e impermeable y favoreciendo la trabajabilidad. En este sentido existen una gran variedad de opciones en cuanto a como evaluar dichas gradaciones y como combinarlas, que dependen de la mayor o menor confiabilidad que se le asigne al sustento técnico de cada una, por lo que esta etapa es la que diferencia un método de diseño de otro.

No se pueden establecer pues criterios absolutos en este aspecto, pero sin embargo casi todos usan de alguna manera el concepto de Modulo de Fineza por sustento teórico y experimental.

Dentro de la granulometria, un factor importante, es el Tamaño Máximo del agregado y su forma. Esta justificado experimentalmente que este factor influye en la cantidad de agua que requiere la mezcla para satisfacer condiciones de trabajabilidad, y así cuanto mayor sea el Tamaño del agregado y mas redondeado, menor será el requerimiento de agua.

Esto se explica con mayor claridad con el concepto de la Superficie Especifica, que representa el área superficial promedio de las partículas de agregado. Cuanto mas fino y anguloso es el agregado supone mayor cantidad de partículas y una mayor área a ser cubierta por el agua para fines de trabajabilidad, y cuanto mas grueso y redondeado, se reduce a consecuentemente la cantidad de partículas y el área involucrada. No obstante esta confirmado científicamente que el criterio tradicional referido a que las mezclas con el mayor tamaño máximos entre 3/4" a 1 1/2", pero para mezclas ricas, las mayores resistencias se logran con tamaños máximos del orden de 1/2" a 3/8", concluyéndose en que el agregado grueso mayor de 1 1/2"unicamente contribuirá a mejorar resistencias cuando se trata de mezclas pobres.

- d) La trabajabilidad y su trascendencia.- La trabajabilidad constituye el parámetro mas manejado por los que diseñan, producen y colocan concreto, sin embargo es el mas difícil de definir, evaluar y cuantificar en términos absolutos.

Se define como el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto fresco en los diferentes procesos de fabricación, transporte, colocación, compactación y acabado. Usualmente recurrimos al slump como evaluación de esta característica, pero la experiencia demuestra que es una manera sumamente

limitada de evaluarla pues solo resulta un indicador de la cantidad de agua en la mezcla.

6.3 PASOS GENERALES EN LOS METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS

Asumiendo que se conocen todas las características de los materiales : Cemento elegido y sus propiedades, los agregados y sus pesos específicos secos y pesos unitarios secos, granulometrias, humedades, absorciones y las condiciones particulares de la obra a ejecutar, todos los métodos aplican los siguientes pasos:

1. Establecimiento de la cantidad de agua por m³ de concreto en función de las condiciones de trabajabilidad, el Tamaño Máximo de los agregados y ocasionalmente el Tipo de Cemento.
2. Definición de la relación Agua/Cemento en peso en base a la resistencia en compresión solicitada o requisitos de durabilidad
3. Calculo de la cantidad de cemento en peso en función de la Relación Agua/Cemento y la cantidad de agua definidas en (1) y (2):

$$\text{Cemento (Kg.)} = \frac{\text{Peso del Agua (Kg)}}{\text{Relación A/C}}$$

4. Calculo de los volúmenes absolutos del agua y el cemento:

$$\text{Vol. Abs. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del Cemento (Kg)}}{\text{Peso Esp. Cemento (Kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Vol. Abs. Agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del Agua (Kg)}}{\text{Peso Esp. Agua (Kg/m}^3\text{)}}$$

5. Estimación del porcentaje de aire por m³ y el volumen absoluto que atraparé el concreto en función de las características granulométricas de los agregados.
6. Obtención del volumen absoluto que ocuparán los agregados, restando de 1 m³ los volúmenes hallados de cemento, agua y aire.

$$\text{Vol. Abs. Agregados} = 1\text{m}^3 - \text{Vol. Abs. Cemento (m}^3) - \text{Vol. Abs. Agua (m}^3) - \text{Vol. Aire (m}^3)$$

7. Definición de la proporción en volumen absoluto en que intervendrán el agregado grueso y el fino de la mezcla.

K = Porcentaje en que interviene la piedra

K-1 = Porcentaje en que interviene la arena

8. Distribución del volumen obtenido en (6) en la proporción definida en (7)

$$\text{Vol. Abs. Piedra (m}^3) = K \times \text{Vol. Abs. Agregados (m}^3)$$

$$\text{Vol. Abs. Arena (m}^3) = K-1 \times \text{Vol. Abs. Agregados (m}^3)$$

9. Cálculo de los pesos que corresponden a los volúmenes de agregados obtenidos en (8).

$$\text{Peso Piedra (Kg)} = \text{Vol. Abs. Piedra (m}^3) \times \text{Peso Esp. Piedra (kg/m}^3)$$

$$\text{Peso Arena (Kg)} = \text{Vol. Abs. Arena (m}^3) \times \text{Peso Esp. Arena (kg/m}^3)$$

10. Corrección por humedad y absorción del diseño.

a) $\text{Peso Húmedo Piedra (Kg)} = \text{Peso Piedra (kg)} \times (1 + \text{Humedad Piedra})$

b) $\text{Peso Húmedo Arena (Kg)} = \text{Peso Arena (kg)} \times (1 + \text{Humedad Arena})$

c) $\text{Balance Agua en la Piedra (\%)} = \text{Humedad Piedra} - \text{Absorción Piedra}$

d) $\text{Balance Agua en la Arena (\%)} = \text{Humedad Arena} - \text{Absorción Arena}$

e) $\text{Contribución Agua Piedra (Kg)} = \text{Balance Piedra (\%)} \times \text{Peso Húmedo Piedra (Kg)}$

f) Contribución Agua Arena (Kg) = Balance Arena(%) x Peso Húmedo Arena (Kg)

g) Agua Final = Agua (kg) - Contr. Agua Piedra (Kg) - Contr. Agua Arena (kg)

11. Diseño Final:

Agua Final (Kg), Peso Húmedo Piedra (Kg), Peso Húmedo Arena (Kg), Peso Cemento (Kg)

12. Elaboración y verificación practica de sus propiedades.

Generalmente los diseños se calculan inicialmente en base a los pesos secos de los agregados para después ser corregidos en base a su condición de humedad real, sin embargo aun así la experiencia nos demuestra que hay que corregir en forma practica al realizar las muestras de prueba. Al usar aditivos es necesario incluir su intervención cuantificándolos como parte del agua de mezcla en el calculo de la relación Agua/Cemento.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

CUADRO 6.1

P. Balde : 8.122 Kg
 P. Balde + P. agua : 17.098 Kg
 P. Agua : 0.008976 m³

	Ar. 40%	Pd. 60%	45%	55%	50%	50%	55%	45%	60%	40%
P. balde + P. Suelto	24.00		24.85		25.40		25.10		24.40	
Peso Suelto	15.878		16.728		17.278		16.928		16.278	
P.U.S (A.G.) (kg/m ³)	1,769		1,864		1,925		1,886		1,814	
P. balde + P. Compactado	25.80		26.45		26.80		26.60		26.50	
Peso Compactado	17.685		18.335		18.398		18.225		18.131	
P.U.C. (A.G.) (kg/m ³)	1,970		2,043		2,050		2,030		2,020	

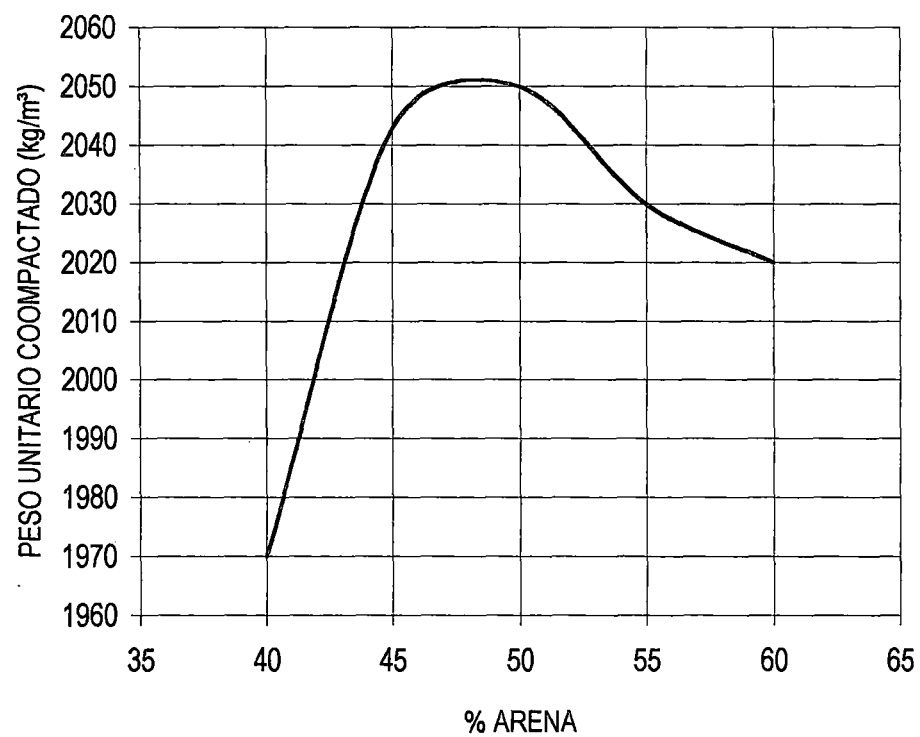
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE MAXIMA COMPACTACION DEL AGREGADO GLOBAL

GRAFICO 6.1



A/C = 0.55

Arena %	P.U.C.Global (kg/cm³)
40	1970
45	2043
50	2050
55	2030
60	2020

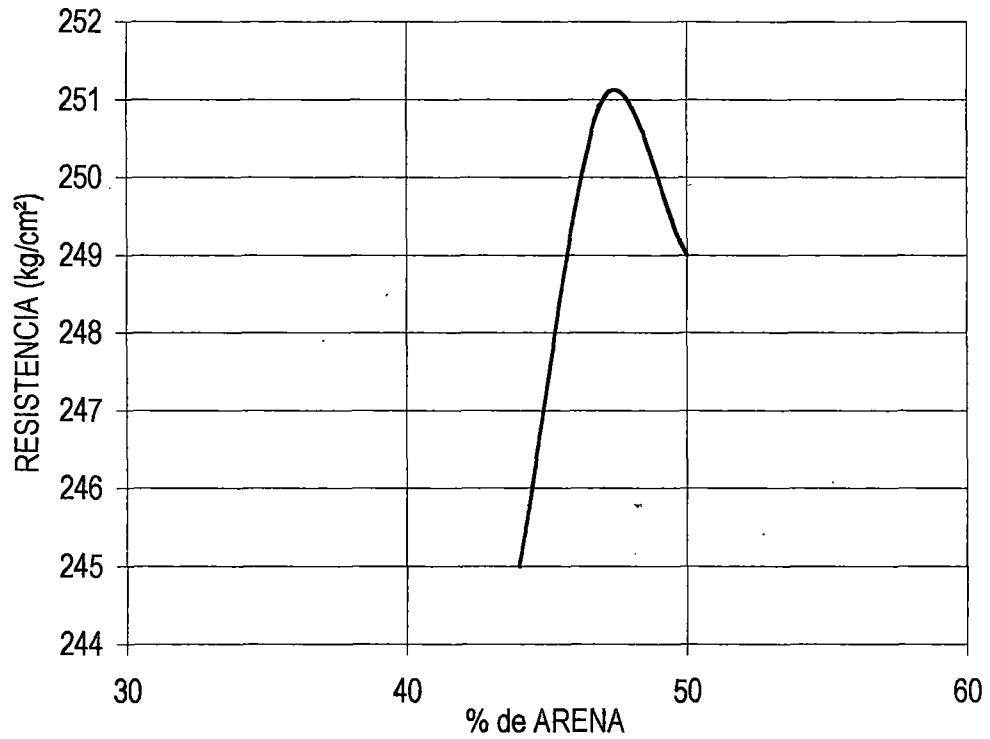
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

MAXIMA RESISTENCIA A LA EDAD DE 7 DIAS PARA DETERMINAR EL % DE ARENA

GRAFICO 6.2



A/C = 0.55

Arena %	F'c a 7 dias
44	245
47	251
50	249

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

CANTIDAD DE AGUA PARA DISEÑO DE MEZCLA

A/C = 0.50

CUADRO N° 6.2

Mezcla de Prueba	Material	Dosificación para 1 m ³ de concreto					Tanda de Prueba 98 kg
		D.S.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Volumen Absoluto	
a/c = 0.50 rf = 0.47 Agua = 220 lt	Cemento	444	1.00	444	1.00	0.141	18.113
	Agua	222	0.50	224	0.50	0.224	9.128
	Arena	802	1.81	808	1.82	0.301	32.951
	Piedra	922	2.08	927	2.09	0.339	37.809
		2390	5.39	2403	5.41	1.0	Slump = 2 3/4"
a/c = 0.51 rf = 0.47 Agua = 230 lt	Cemento	460	1.00	460	1.00	0.146	18.857
	Agua	230	0.50	232	0.50	0.232	9.499
	Arena	786	1.71	791	1.72	0.295	32.431
	Piedra	903	1.96	908	1.97	0.333	37.213
		2379	5.17	2391	5.19	1.0	Slump = 4 3/4"
a/c = 0.50 rf = 0.47 Agua = 225 lt	Cemento	450	1.00	450	1.00	0.143	18.391
	Agua	225	0.50	227	0.50	0.227	9.266
	Arena	796	1.77	802	1.78	0.299	32.757
	Piedra	915	2.03	920	2.04	0.337	37.586
		2386	5.3	2399	5.32	1.0	Slump = 3 3/4"

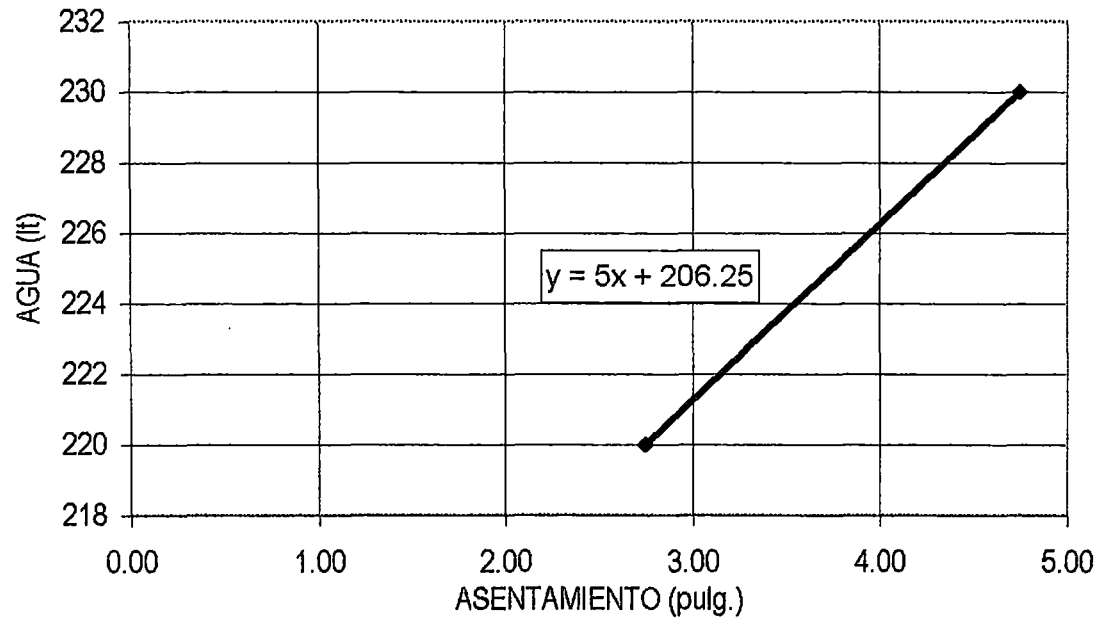
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

PRUEBA DE AGUA
A/C = 0.50

GRAFICO N° 6.3



Slump (pulg)	Agua (lt)
2.75	220
4.75	230
3.75	y

$y = 225$

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

CANTIDAD DE AGUA PARA DISEÑO DE MEZCLA

A/C = 0.55

CUADRO N° 6.3

Mezcla de Prueba	Material	Dosificación para 1 m³ de concreto					Tanda de Prueba 98 kg
		D.S.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Volumen Absoluto	
a/c = 0.55 rf = 0.47 Agua = 220 lt	Cemento	400	1.00	400	1.00	0.127	16.335
	Agua	220	0.55	222	0.55	0.222	9.057
	Arena	823	2.06	828	2.07	0.309	33.811
	Piedra	945	2.36	950	2.38	0.348	38.797
			2388	5.97	2400	6	1.0
a/c = 0.55 rf = 0.47 Agua = 230 lt	Cemento	418	1.00	418	1.00	0.133	17.183
	Agua	230	0.55	232	0.55	0.232	9.522
	Arena	803	1.92	808	1.93	0.301	33.2
	Piedra	922	2.20	927	2.22	0.34	38.095
			2373	5.67	2385	5.7	1.0
a/c = 0.55 rf = 0.47 Agua = 225 lt	Cemento	405	1.00	405	1.00	0.129	16.588
	Agua	223	0.55	225	0.55	0.225	9.196
	Arena	817	2.01	822	2.03	0.307	33.629
	Piedra	938	2.31	943	2.33	0.345	38.587
			2383	5.87	2395	5.91	1.0

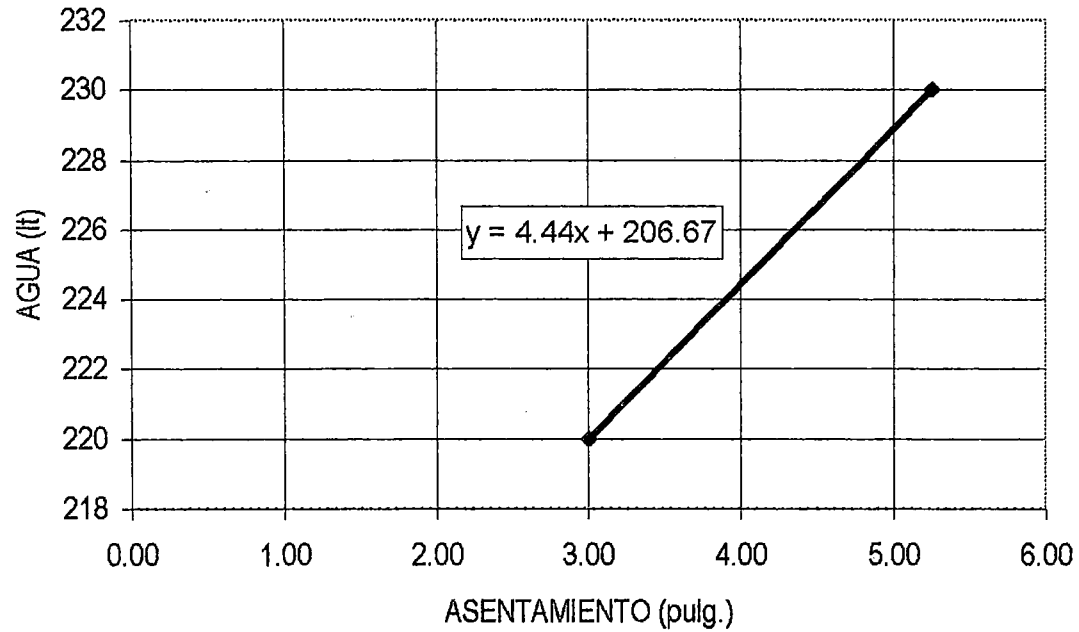
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

PRUEBA DE AGUA
A/C = 0.55

GRAFICO N° 6.4



Slump (pulg)	Agua (lt)
3.00	220
5.25	230
3.75	y

*
y = 223

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

CANTIDAD DE AGUA PARA DISEÑO DE MEZCLA

A/C = 0.60

CUADRO N° 6.4

Mezcla de Prueba	Material	Dosificación para 1 m³ de concreto					Tanda de Prueba 98 kg
		D.S.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Volumen Absoluto	
a/c = 0.60 rf = 0.47 Agua = 215 lt	Cemento	358	1.00	358	1.00	0.114	14.615
	Agua	215	0.60	217	0.60	0.217	8.844
	Arena	845	2.36	851	2.38	0.318	34.712
	Piedra	971	2.71	977	2.73	0.358	39.830
		2389	6.67	2403	6.71	1.0	Slump = 3 1/4"
a/c = 0.60 rf = 0.47 Agua = 225 lt	Cemento	375	1.00	375	1.00	0.119	15.391
	Agua	225	0.60	227	0.60	0.227	9.308
	Arena	826	2.20	832	2.22	0.310	34.134
	Piedra	949	2.53	954	2.54	0.350	39.167
		2375	6.33	2388	6.36	1.0	Slump = 5 1/4"
a/c = 0.60 rf = 0.47 Agua = 218 lt	Cemento	363	1.00	363	1.00	0.115	14.847
	Agua	218	0.60	220	0.60	0.220	8.983
	Arena	840	2.31	845	2.33	0.315	34.539
	Piedra	965	2.65	970	2.67	0.355	39.632
		2386	6.56	2398	6.6	1.0	Slump = 3 3/4"

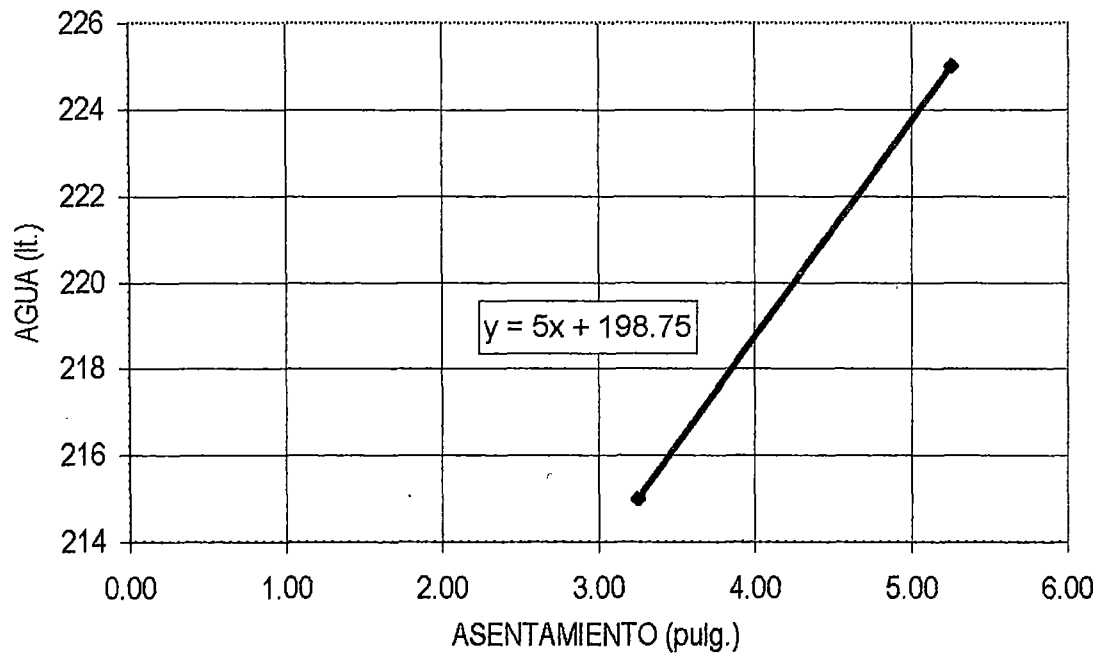
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

PRUEBA DE AGUA
A/C = 0.60

GRAFICO N° 6.5



Slump (pulg)	Agua (lt)
3.25	215
5.25	225
3.75	y

y = 218

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

DOSIFICACIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PATRON

CUADRO N° 6.5

A/C = 0.50

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra (kg/m ³)	Tanda (kg)
Cemento	kg	450	450	18.40
Agua	lt	225	227	9.30
Arena	kg	796	802	32.80
Piedra	kg	915	920	37.60

A/C = 0.55

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra (kg/m ³)	Tanda (kg)
Cemento	kg	405	405	16.60
Agua	lt	223	225	9.20
Arena	kg	817	822	33.60
Piedra	kg	938	943	38.60

A/C = 0.60

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra (kg/m ³)	Tanda (kg)
Cemento	kg	363	363	14.80
Agua	lt	218	220	9.00
Arena	kg	840	845	34.50
Piedra	kg	965	970	39.60

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

DOSIFICACIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON ADITIVO

A/C = 0.50

CUADRO N° 6.6

A/C = 0.50 + 0.80% de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	450	450	450	18.40	20.26%
Agua	lt	225	227	181	7.40	
Arena	kg	796	802	802	32.80	
Piedra	kg	915	920	920	37.60	
Aditivo	ml			3015	123.00	

A/C = 0.50 + 1.10 % de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	450	450	450	18.40	24.67%
Agua	lt	225	227	171	7.00	
Arena	kg	796	802	802	32.80	
Piedra	kg	915	920	920	37.60	
Aditivo	ml			4140	170.00	

A/C = 0.50 + 1.40 % de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	450	450	450	18.40	26.87%
Agua	lt	225	227	168	6.85	
Arena	kg	796	802	802	32.80	
Piedra	kg	915	920	920	37.60	
Aditivo	ml			5265	216.00	

LEYENDA

¹ Diseño de obra x m³ de concreto patron

² Diseño de obra x m³ de concreto con aditivo

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

DOSIFICACIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON ADITIVO A/C = 0.55

CUADRO Nº 6.7

A/C = 0.55 + 0.80% de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	405	405	405	16.60	19.56%
Agua	lt	223	225	181	7.40	
Arena	kg	817	822	822	33.60	
Piedra	kg	938	943	943	38.60	
Aditivo	ml			2717	111.00	

A/C = 0.55 + 1.10 % de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	405	405	405	16.60	24.00%
Agua	lt	223	225	171	7.00	
Arena	kg	817	822	822	33.60	
Piedra	kg	938	943	943	38.60	
Aditivo	ml			3730	153.00	

A/C = 0.55 + 1.40 % de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	405	405	405	16.60	26.22%
Agua	lt	223	225	166	6.80	
Arena	kg	817	822	822	33.60	
Piedra	kg	938	943	943	38.60	
Aditivo	ml			4744	194.00	

LEYENDA

¹ Diseño de obra x m³ de concreto patron

² Diseño de obra x m³ de concreto con aditivo

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

DOSIFICACIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON ADITIVO A/C = 0.60

CUADRO N° 6.8

A/C = 0.60 + 0.80% de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	363	363	363	14.80	17.73%
Agua	lt	218	220	181	7.40	
Arena	kg	840	845	845	34.50	
Piedra	kg	965	970	970	39.60	
Aditivo	ml			2434	100.00	

A/C = 0.60 + 1.10 % de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	363	363	363	14.80	22.27%
Agua	lt	218	220	171	7.00	
Arena	kg	840	845	845	34.50	
Piedra	kg	965	970	970	39.60	
Aditivo	ml			3343	137.00	

A/C = 0.60 + 1.40 % de aditivo/peso de cemento

Materiales	und	Diseño Seco (kg/m ³)	Diseño de Obra ¹ (kg/m ³)	Diseño de Obra ² (kg/m ³)	Tanda (kg)	Red. de Agua %
Cemento	kg	363	363	363	14.80	23.18%
Agua	lt	218	220	169	6.90	
Arena	kg	840	845	845	34.50	
Piedra	kg	965	970	970	39.60	
Aditivo	ml			4251	174.00	

LEYENDA

¹ Diseño de obra x m³ de concreto patron

² Diseño de obra x m³ de concreto con aditivo

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

CAPITULO 07

PROPIEDADES DEL CONCRETO

7.1 PROPIEDADES MAS IMPORTANTES AL ESTADO NO ENDURECIDO

7.1.1 Trabajabilidad

Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación.

Esta definición involucra conceptos tales como capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación. Igualmente, la trabajabilidad involucra el concepto de fluidez, con énfasis en la plasticidad y uniformidad dado que ambas tienen marcada influencia en el comportamiento y apariencia final de la estructura.

La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que esta referida a las características y perfil del encofrado; a la cantidad y distribución del acero de refuerzo y elementos embebidos; y al procedimiento empleado para compactar el concreto.

Sin embargo, para facilidad de trabajo y de selección de las proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla; con las características, y proporción del agregado en la mezcla; con la presencia de aditivos; y con las condiciones ambientales.

Algunas de las consideraciones sobre la trabajabilidad que deben ser tenidas en consideración al diseñar la mezcla de concreto incluyen las siguientes:

- a) La fineza del cemento, determinada por su superficie específica, tiene influencia sobre la trabajabilidad. Los cementos de alta fineza la mejoran notablemente pero pueden causar agrietamiento superficial en el secado. Se considera que las finezas del orden de 3300 cm²/gr. son las mas recomendables.
- b) Tanto el contenido de cemento cuanto el volumen y granulometría de los agregados, así como las características de estos, son factores que regulan la cantidad de agua

requerida para producir un concreto trabajable. Es siempre recomendable trabajar con el mínimo contenido de agua, a fin de conseguir la trabajabilidad y resistencia adecuadas sin desmedro de la durabilidad.

- c) La presencia, en porcentajes adecuados, de las partículas mas finas del agregado tiende a mejorar la trabajabilidad del concreto. Se recomienda para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 50 del 10% al 30%; y para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 100 del 2 % al 10 %.
- d) La ausencia de las partículas finas en el agregado puede ser compensada por el empleo de cementos Tipo I o IP, o por la adición de arenas muy finas, cenizas volcánicas, puzolanas, o escoria de altos hornos finamente molida, siempre que se tenga en consideración la posible influencia de estas adiciones sobre la demanda de agua y las propiedades del concreto.
- e) La piedra partida, cuando se la compara con el agregado redondeado, requiere mas agregado fino para compensar por el perfil angular de las partículas en orden a obtener una mezcla comparable en trabajabilidad a aquellas en las que no se emplea agregado angular.
- f) Las partículas de agregado alargadas y chatas tienen efecto negativo sobre la trabajabilidad y obligan a diseñar mezclas mas ricas en agregado fino y por consiguiente a emplear mayores cantidades de cemento y agua.
- g) La presencia de altos porcentajes de agregado de 3/16" a 3/8" en el agregado grueso, trae como consecuencia un incremento en los vacíos entre las partículas de agregado. Si ello no es corregido por modificaciones en la dosificación de la mezcla puede dar como resultado una importante disminución de la trabajabilidad dado que el mortero presente resultaría insuficiente para llenar el exceso de espacios vacíos.

- h) La incorporación de aire a la mezcla mejora la trabajabilidad aún en aquellos casos en que el agregado fino no posee adecuado porcentaje en las mallas N° 50 y N°100. Igualmente el aire, al actuar como un agregado flexible que mejora la trabajabilidad, posibilita el empleo de agregado angular así como de agregado de granulometría irregular o discontinua. La reducción del contenido de agregado fino, que es necesario efectuar al incorporar aire, reduce la segregación y exudación y facilita las operaciones de colocación.

- i) La tendencia a la segregación y al afloramiento de la lechada disminuye la trabajabilidad. Dicha tendencia puede ser controlada incorporando a la mezcla ligantes hidráulicas, tales como la puzolana. Esta adición, especialmente cuando hay poco agregado fino, hace la mezcla mas trabajable, uniformiza la estructura interna y aumenta la impermeabilidad del concreto; sin embargo, debe combinarse en proporciones controladas dado que tiende a aumentar el periodo de endurecimiento.

Los procedimientos de selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto empleados, deben tomar en consideración, en la selección de la trabajabilidad los factores enunciados a fin de lograr una facilidad de colocación adecuada y económica.

Debido a la gran cantidad de factores que determinan la trabajabilidad del concreto, algunos de ellos propios de cada estructura, no se ha desarrollado un método adecuado para medirla y la determinación de la misma en cada caso depende principalmente de los conocimientos y experiencia del ingeniero encargado del diseño de la mezcla.

7.1.2 Consistencia

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto mas húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia esta relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en

tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.

Las normas Alemanas clasifican al concreto, de acuerdo a su consistencia, en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos.
- Concretos plásticos.
- Concretos fluidos.

Los concretos consistentes son definidos como aquellos los cuales tienen el grado de humedad necesario como para que el apretarlos con la mano quede adherida a esta la lechada de cemento. Este tipo de concretos solo contienen el agua necesaria para que su superficie, después de vibrados, quede blanda y unida.

Los concretos plásticos son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa.

Los concretos fluidos son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda. Este tipo de concreto solo debe ser empleado en aquellas estructuras en las que la disminución de la calidad originada por el excesivo contenido de agua carece de importancia.

Los norteamericanos clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla fresca. El método de determinación empleado es conocido como método del cono de asentamiento, método del cono de Abrams, o método de slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o en milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica.

Por consiguiente, se puede definir al asentamiento como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría.

En la actualidad se acepta una correlación entre la Norma Alemana y los criterios norteamericanos, considerándose que:

- A las consistencias secas corresponden asentamientos de 0" a 2" (0 mm a 50mm)
- A las consistencias plásticas corresponden asentamientos de 3" a 4" (75 mm a 100 mm)
- A las consistencias fluidas corresponden asentamientos de más de 5" (125 mm)

Al controlar el asentamiento en obra se controla directamente la uniformidad en la consistencia y trabajabilidad necesarias para una adecuada colocación; e indirectamente el volumen unitario de agua, la relación agua-cemento y las modificaciones en la humedad del agregado.

Por otra parte, si el contenido de los agregados es uniforme y se adicionan volúmenes constantes de agua a la mezcla, las variaciones en el asentamiento son un índice de modificaciones en la dosificación de la mezcla.

Las mezclas de concreto adecuadamente proporcionadas, el contenido unitario de agua necesario para obtener un asentamiento determinado depende de diversos factores. Así, para mencionar algunos de ellos, se tiene:

- a) En los cementos combinados, que se caracterizan por superficies específicas muy altas, puede presentarse un incremento excesivo en el contenido de agua para obtener un asentamiento determinado, con cemento y disminución en la resistencia.
- b) Los requisitos de agua en el concreto se incrementan conforme el perfil del agregado se hace más angular y la textura más rugosa. Esta desventaja puede ser parcialmente

compensada por el incremento en la capacidad de adherencia que se produce entre el agregado y la matriz cementante.

- c) Los requisitos de agua de la mezcla tienden a disminuir conforme se incrementa el tamaño máximo nominal de un agregado grueso cuya granulometría esté dentro de las indicadas en la Norma C 33 del ASTM.
- d) Los requisitos de agua de la mezcla pueden ser significativamente reducidos por el empleo de determinados aditivos, tales como los incorporadores de aire, los reductores de agua y los superplastificantes.

7.1.3 Segregación

Dado que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y pesos específicos, se generan fuerzas que tienden a separar estos materiales cuando la mezcla aun no ha endurecido.

La segregación es definida como la descomposición mecánica del concreto en sus partes constituyentes, cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

7.1.3.1 Formas de Segregación.- Existen dos formas de segregación:

1. Aquella en la cual las partículas mas gruesas tienden a separarse del mortero porque pueden rodar mas rápidamente o porque pueden asentarse a mayor velocidad que las partículas mas finas.
2. Aquellas en la cual la lechada se separa de la mezcla.

7.1.4 Exudación

Momentos después de que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados, comienza a producirse un asentamiento de las partículas sólidas (cemento y agregados) y una tendencia del agua a subir hacia la superficie. El proceso de asentamiento continua hasta que se inicie el proceso de fraguado, se obtiene máxima consolidación de los sólidos, o se produce ligazón de las partículas sólidas.

La exudación es el flujo de agua de la mezcla, generalmente como resultado de la sedimentación de los sólidos, produciéndose una elevación de una parte de sólida del agua de la mezcla hacia la superficie.

La exudación también puede presentarse como un drenaje lateral del agua, o como desplazamiento de la misma hacia la parte inferior del concreto.

El fenómeno esta gobernado por las leyes físicas del flujo de un liquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

7.1.5 Cohesividad

Se considera que una mezcla de concreto posee el grado apropiado de cohesividad si ella no es demasiado áspera ni demasiado viscosa, es plástica y no segrega.

Se define a la cohesividad como aquella propiedad gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de manejo de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación de concreto.

7.1.5.6 Importancia

La importancia de la cohesividad de una mezcla de concreto varia con las condiciones de colocación.

- Cuando es necesario transportar el concreto a una gran distancia, hacerlo circular por canaletas o hacerlo pasar a través de zonas de gran concentración de acero de refuerzo, es esencial que la mezcla sea cohesiva.
- Cuando la posibilidad de segregación disminuye, la cohesividad de la mezcla es menos importante sin que ello signifique que pueda o deba emplearse mezclas con mayor probabilidad de segregación.

7.1.6 Contracción

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de figuración que acarrea con frecuencia.

Ya hemos visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción de volumen original de agua por combinación química, y a esto se la llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de figuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

Este proceso no es irreversible, ya que si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida.

7.1.7 Tiempo de Fraguado

Depende no solo de las características de los elementos integrantes del material sino también de las necesidades de cada caso particular.

Sabemos que un concreto que tiene una resistencia apreciable evidentemente está fraguado. Igualmente sabemos que en la medida que un concreto mantiene un grado significativo de trabajabilidad es que no está fraguado. Es evidente que algún punto entre estos dos extremos ha de representar el tiempo de fraguado del concreto. Es probable que nunca sea posible definir el tiempo de fragua del concreto en términos que sean apreciables a todas las mezclas en todos los casos.

7.1.7.1 Factores que influyen:

Los siguientes son factores que influyen en el tiempo de fraguado del concreto:

- Variación en el cemento
- Temperatura de la mezcla

- Temperatura Ambiente
- Contenido de cemento en la mezcla
- Dimensiones del elemento de concreto.
- Consistencia y relación agua-cemento
- Características de Exudación
- Aditivos empleados

Cuando el concreto es empleado en losas o pavimentos, los siguientes factores también deben ser considerados:

- Humedad relativa
- Velocidad del Viento
- Radiación Solar
- Capacidad de absorción de la subrasante

7.1.8 Peso Unitario

Densidad: Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cubica. Puede igualmente entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido.

Peso Unitario: El peso unitario del concreto, es el peso variado de una muestra representativa del concreto. Se expresa en kilos por metro cubico.

Concordancias y diferencias: Del estudio de ambas definiciones se aprecia que las variaciones en las propiedades de los componentes del concreto pueden afectar la densidad y el peso unitario en forma diferente.

Así, modificaciones en el peso específico del agregado, incrementaran o disminuirán el peso unitario sin modificar la densidad. Por otra parte, incrementos en el contenido de aire disminuirán tanto el peso unitario como la densidad, igualmente ambos se incrementan al disminuir los poros de aire atrapado.

7.1.8.1 Importancia: El peso unitario del concreto se emplea para determinar el rendimiento de las mezclas, el contenido de cemento, así como el contenido de aire. El peso unitario del concreto es importante en el diseño de mezclas para concretos livianos o pesados.

Clasificación del Peso Unitario. Las modificaciones más importantes en el peso unitario de una mezcla de concreto son debidas generalmente al tipo de agregado empleado, lo que da lugar a que los concretos se clasifiquen en :

- Concretos de peso normal
- Concretos Livianos
- Concretos Pesados

El peso unitario de los concretos normales varia entre 2300 y 2400 kg/m³ dependiendo de las características y tamaño máximo del agregado grueso.

Los concretos livianos, preparados con agregado grueso de bajo peso especifico, natural o artificial, pueden estar en valores entre 480 y 1600 kg/m³

Los concretos pesados preparados con agregados grueso de alto peso especifico, natural o artificial, pueden estar en valores entre 3600 y 4500 kg/m³.

7.1.9 Generación de Calor

Un aspecto importante de la selección de las proporciones de los concretos masivos es el tamaño y perfil de la estructura en la cual ellos van a ser empleados. Ello es debido a que la colocación de grandes volúmenes de concreto puede obligar a tomar medidas para controlar la generación de calor debida al proceso de hidratación del cemento, con los resultantes cambios de volumen en el interior de la masa de concreto y el incremento en el peligro de figuración del mismo.

Como regla general para los cementos normales tipo I, la hidratación deberá generar una elevación de temperatura del concreto del orden de 6 °C A 11 °C por saco de cemento por metro cubico de concreto. Si la elevación de la temperatura de la masa de

concreto no es mantenida en un mínimo, o si no se permite que el calor se disipe a una velocidad razonable, o si se permite que el concreto se enfríe rápidamente, puede presentarse agrietamiento.

Las medidas para controlar las temperaturas del concreto pueden incluir una temperatura de colocación del concreto relativamente baja; empleo de cementos de bajo contenido de aluminato tricálcico y silicato tricálcico, empleo de cantidades reducidas de materiales cementantes, la circulación de agua de enfriamiento a través de tuberías, y en algunos casos, el aislamiento de la superficie del concreto a fin de adecuarlo a las diferentes condiciones de exposición y diversas características del mismo.

En el diseño de mezcla debe recordarse que un concreto masivo no es necesariamente aquel en el cual el agregado grueso tenga un agregado nominal máximo alto, así como que la posibilidad de una excesiva generación de calor no esta limitada a presas o cimentación de estructuras. Muchos elementos estructurales pueden ser lo suficientemente masivos como para tener en cuenta la posibilidad de altas temperaturas internas especialmente si las dimensiones mínimas exceden de 60 a 90 cm. , o cuando el contenido de cemento es mayor de 350 kg/m³

7.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

7.2.1 Resistencia

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto esta destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o el rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras

propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste pueden ser tanto o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra.

En general, prácticamente todas las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia y, en muchos casos, es en función del valor de ella que se las cuantifica o cualifica. Sin embargo, debe siempre recordarse al diseñar una mezcla de concreto que muchos factores ajenos a la resistencia pueden afectar otras propiedades.

De acuerdo a la teoría de Abrams, para un conjunto dado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto esta principalmente determinada por la cantidad neta de agua empleada por unidad de cemento. Esta agua neta excluye aquella absorbida por los agregados. Así, de acuerdo a la escuela de Abrams, el factor que influye en forma determinante sobre la resistencia del concreto es la relación agua-cemento de la mezcla, siendo mayores las resistencias conforme dicha relación se hace menor.

Posteriormente el norteamericano Gilkey, apoyándose en sus propias observaciones y en los trabajos de Walker, Bloem y Gaynor, ha demostrado que la resistencia del concreto es función de cuatro factores.

- Relación agua - cemento
- Relación cemento - agregado
- Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado.
- Tamaño Máximo del agregado

Esta teoría, que a la fecha tiene vigencia y que mantiene el concepto de la relación agua-cemento enunciado por Abrams en 1918, ha sido complementada por Powers al enunciar su teoría de la relación gel - espacio y su influencia en la resistencia por adherencia pasta - agregado y su importancia en la resistencia final del concreto.

Adicionalmente a los factores indicados, pueden influir sobre la resistencia final del concreto y por lo tanto deben ser tomados en consideración en el diseño de la mezcla los siguientes:

- a) Cambio en el tipo, marca y tiempo de almacenamiento del cemento y materiales cementantes empleados.
- b) Características del agua en aquellos casos en que no se emplea agua potable.
- c) Presencia de limo, arcilla, mica, carbón, humus, materia orgánica, sales químicas, en el agregado. Todos los compuestos enunciados disminuyen la resistencia del concreto principalmente debido a que se incrementan los requisitos de agua, se facilita la acción del Intemperismo, se inhibe el desarrollo de la máxima adherencia entre el cemento hidratado y los agregados, se dificulta la hidratación normal del cemento, y se facilita la reacción química de los agregados con los elementos que componen el cemento.
- d) Modificaciones en la granulometría del agregado con el consiguiente incremento de la superficie específicas y en la demanda de agua para una consistencia determinada.
- e) Presencia de aire en la mezcla, la cual modifica la relación poros - cemento, siendo mayor la resistencia del concreto cuanto menor es esta relación. La incorporación de aire a las mezclas, en porcentajes adecuados, mejora la durabilidad y trabajabilidad del concreto, pero tiende a disminuir la resistencia en un porcentaje del 5% por cada uno por ciento de aire incorporado. La excepción se produce en las mezclas pobres en las que la incorporación de aire al mejorar la trabajabilidad disminuye la demanda de agua, reduce la relación agua-cemento y por ende incrementa la resistencia.
- f) Empleo de aditivos que pudieran modificar el proceso de hidratación del cemento y por tanto la resistencia del concreto.

g) Empleo de materiales puzolánicos, cenizas, o escorias de alto horno finamente divididas, los cuales por sí mismos pueden desarrollar propiedades cementantes.

En la medida que los factores indicados y sus efectos sobre las propiedades del concreto, específicamente la resistencia, pueden ser predecibles, ellos deben ser tomados en consideración en la selección inicial de las proporciones de los materiales que intervienen en la mezcla.

Sin embargo, teniendo en consideración tanto su número como su complejidad, es evidente que una determinación segura de la resistencia del concreto únicamente pueda basarse en mezclas de prueba, ya sea en el laboratorio o en obra, así como en los resultados de experiencias previas con los materiales a ser empleados bajo condiciones similares a aquellas que se espera tener en obra.

7.2.2 Durabilidad

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales es esta sometido.

Entre los agentes externos e internos capaces de atentar contra la durabilidad del concreto se encuentran los procesos de congelación y deshielo, los de humedecimiento y secado, los de calentamiento y enfriamiento, la acción de agentes químicos, especialmente cloruros y sulfatos; y la de aditivos congelantes.

La resistencia del concreto a alguno de los factores mencionados, con el consiguiente incremento en la durabilidad, puede ser mejorada por el empleo de cemento de bajo contenido de Aluminato Tricálcico, cementos de bajo contenido de álcalis, cementos puzolanicos, cementos de escorias, puzolanas, cenizas escorias de alto horno, finamente molidas, agregados seleccionados para prevenir posibles expansiones debidas a la reacción álcali-agregado; o empleo de agregados de dureza adecuada y

libre de cantidades excesivas de partículas blandas, en todos aquellos casos en que se requiera resistencia al desgaste por abrasión superficial.

El empleo de relaciones agua-cemento bajas deberá prolongar la vida del concreto al reducir el volumen de poros capilares, incrementar la relación gel-espacio y reducir la permeabilidad y absorción; disminuyendo por todas las razones expuestas la posibilidad de penetración de agua o líquidos agresivos.

La resistencia a los procesos de intemperismo severo, especialmente acciones de congelación y deshielo, mejora significativamente por la incorporación, en todos los concretos expuestos a ambientes menores de 4°C, de una cantidad adecuada de aire, el cual debe obligatoriamente ser empleado siempre que exista la posibilidad de que se presenten procesos de congelación durante la vida del concreto.

La resistencia del concreto a la acción de las heladas depende de la naturaleza de los agregados y de su granulometría; del volumen de agua de la mezcla; de la estructura capilar del concreto, y de su resistencia a la compresión. Igualmente, cuanto mas impermeable es un concreto mayor es su resistencia a la penetración de las aguas y por consiguiente mayor su resistencia a las heladas, ello debido a que:

- a) Sobre su estructura actúa el agua libre que se encuentra en el interior de los poros, la cual puede haberse introducido por acción capilar o por presión y esta sujeta a procesos de congelación y deshielo.
- b) El grado de presión de esta agua congelada depende del volumen de la misma que hayan contenido los poros en el momento de ocurrir la helada.

La incorporación de aire en la mezcla incrementa la resistencia del concreto a la acción desintegrante de heladas y deshielo. El aire incorporado, al ser dispersado a través de la masa de concreto en forma de minúsculas burbujas, proporciona espacios en los cuales las fuerzas mecánicas que causan la desintegración son disipadas.

La incorporación de aire igualmente incrementa la durabilidad por reducción de la capilaridad y disminución del volumen y sección de los canales de agua, o poros capilares, del concreto endurecido por disminución de la exudación y segregación del concreto fresco.

El concreto puede deteriorarse por contacto con diferentes agentes químicos activos o por sustancias que en si mismas no son nocivas, pero que pueden reaccionar con alguno de los elementos integrantes del concreto. Entre las sustancias consideradas como peligrosas se encuentran:

- Los ácidos inorgánicos
- Las sales inorgánicas
- Los cloruros
- Los sulfatos de sodio, magnesio o calcio
- Las aguas que contienen muy poca o ninguna sal en disolución, es decir que están casi químicamente puras.
- El nitrato de amonio
- Las grasas y aceites animales.

El cemento puede combinarse con determinados elementos para formar compuestos los cuales tienen baja solubilidad pero pueden destruir el concreto debido a que su volumen es mayor que el de la pasta de cemento en la cual se están formando. Las sustancias más conocidas y agresivas son los álcalis blancos o sea los sulfatos de sodio, magnesio y calcio.

Los Sulfatos reaccionan con la cal hidratada y el hidróxido de calcio presentes en la pasta de cemento, formando sulfato de calcio y sulfo-aluminato de calcio, reacciones que son acompañadas de fuerte expansión y rotura de la pasta.

Cuanto menor es el contenido de Aluminato Tricálcico en el cemento, mas denso el concreto y menor la relación agua-cemento, mayor es la resistencia del concreto a éste tipo de ataques.

7.2.3 Elasticidad

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo-deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Modulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

Para el diseño estructural se supone un modulo de elasticidad constante en función de la resistencia a la compresión del concreto. En la práctica, el módulo de elasticidad del concreto es una magnitud variable cuyo valor promedio es mayor que aquel obtenido a partir de una formula.

En el diseño de la mezcla debe tenerse presente que el módulo de elasticidad del concreto depende, entre otros, de los siguientes factores:

- La resistencia a la compresión del concreto y, por lo tanto de todos aquellos factores que la afectan.
- A igualdad de resistencia, de la naturaleza petrográfica de los agregados.
- De la tensión de trabajo.
- De la forma y tiempo de curado del concreto.
- Del grado de humedad del concreto

El módulo de elasticidad del concreto aumenta al incrementarse la resistencia en compresión y, para un mismo concreto, disminuye al aumentar la tensión de trabajo.

7.2.4 Escurrimiento Plástico

Cuando el concreto esta sujeto a una carga constante, la deformación producida por dicha carga puede ser dividida en dos partes: la deformación elástica, la cual ocurre inmediatamente y desaparece totalmente en cuanto se remueve la carga, y el escurrimiento plástico el cual se desarrolla gradualmente.

El escurrimiento plástico puede por lo tanto ser definido como el alargamiento o acortamiento que sufre una estructura de concreto como consecuencia de una sollicitación uniforme y constante de tracción o compresión respectivamente

Bajo carga continua el escurrimiento plástico continua indefinidamente. Sin embargo, tiende continuamente a disminuir aproximadamente a un valor limite. Si la carga es continua el monto del escurrimiento plástico final deberá ser, para concreto normal, de una a tres veces el monto de la deformación elástica inicial y, en general alrededor del 50% del flujo final ocurre durante los tres primeros meses de aplicada la carga.

La magnitud del escurrimiento plástico depende de la resistencia del concreto en el instante en que comienza a actuar la sollicitación permanente; a igualdad de concretos depende d la constitución petrográfica de los agregados; e igualmente de la forma y tiempo de curado y de la intensidad del esfuerzo.

En general puede decirse que la mayoría de los factores que incrementan la resistencia y el modulo de elasticidad reducen el escurrimiento plástico, aunque éste ultimo puede ser influenciado por otros factores.

Así por ejemplo, el incremento en la relación agua-cemento o en el contenido de aire incrementa el escurrimiento plástico. Igualmente, el empleo de agregados de estructura granular pobremente o mal cementada aumenta las posibilidades de escurrimiento.

7.2.5 Dilatación Térmica

Sabemos que las propiedades térmicas del concreto son importantes en relación con el mantenimiento en valores mínimos de los cambios de volumen.

La conductividad térmica es la medida de la velocidad con la cual el calor es transmitido a través de un concreto de área y espesor unitario cuando hay una diferencia unitaria de temperatura entre las dos caras.

La conductividad térmica es utilizada, en conexión con el calor específico y la densidad en la deformación de un coeficiente denominado “difusividad”, el cual es un índice de la facilidad con la cual el concreto soporta los cambios de temperatura.

Como coeficiente de dilatación térmica del concreto puede aceptarse $1/100,000$, siempre que no se determine otro valor para casos especiales, dado que el valor real es una magnitud variable que depende del tipo de cemento, de las características de los agregados y de su volumen en la unidad cubica de concreto, así como el grado de humedad y de las dimensiones de la sección transversal.

CAPITULO 08

CUADROS DE RESULTADOS Y COMPARACIONES

Ensayo de Asentamiento

Cuadro 8.1 Ensayo de Asentamiento

Grafico 8.1 Reducción del Agua de Mezcla $A/C = 0.50$

Grafico 8.2 Reducción del Agua de Mezcla $A/C = 0.55$

Grafico 8.3 Reducción del Agua de Mezcla $A/C = 0.60$

Ensayo de Peso Unitario

Cuadro 8.2 Ensayo de Peso Unitario

Grafico 8.4 Variación del Peso Unitario $A/C = 0.50$

Grafico 8.5 Variación del Peso Unitario $A/C = 0.55$

Grafico 8.6 Variación del Peso Unitario $A/C = 0.60$

Ensayo de Tiempo de Fraguado

Cuadro 8.4 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.50$

Cuadro 8.5 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.50 + 0.80\%$ de aditivo/peso de cemento

Cuadro 8.6 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.50 + 1.10\%$ de aditivo/peso de cemento

Cuadro 8.7 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.50 + 1.40\%$ de aditivo/peso de cemento

Cuadro 8.8 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.55$

Cuadro 8.9 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.55 + 0.80\%$ de aditivo/peso de cemento

Cuadro 8.10 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.55 + 1.10\%$ de aditivo/peso de cemento

Cuadro 8.11 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.55 + 1.40\%$ de aditivo/peso de cemento

Cuadro 8.12 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.60$

Cuadro 8.13 Ensayo de Tiempo de Fraguado $A/C = 0.60 + 0.80\%$ de aditivo/peso de cemento

- Cuadro 8.14 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.60+ 1.10% de aditivo/peso de cemento
- Cuadro 8.15 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.60+ 1.40% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.7 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.50
- Grafico 8.8 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.50 + 0.80% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.9 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.50 + 1.10% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.10 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.50 + 1.40% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.11 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.55
- Grafico 8.12 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.55 + 0.80% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.13 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.55 + 1.10% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.14 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.55 + 1.40% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.15 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.60
- Grafico 8.16 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.60 + 0.80% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.17 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.60 + 1.10% de aditivo/peso de cemento
- Grafico 8.18 Ensayo de Tiempo de Fraguado A/C = 0.60 + 1.40% de aditivo/peso de cemento
- Cuadro 8.16 Variación Comparativa de Tiempos de Fragua
- Grafico 8.19 Variación del Tiempo de Fraguado Inicial A/C = 0.50
- Grafico 8.20 Variación del Tiempo de Fraguado Inicial A/C = 0.55
- Grafico 8.21 Variacion del Tiempo de Fraguado Inicial A/C = 0.60
- Grafico 8.22 Influencia del % de aditivo en el Fraguado Inicial.
- Grafico 8.23 Variación del Tiempo de Fraguado Final A/C = 0.50
- Grafico 8.24 Variación del Tiempo de Fraguado Final A/C = 0.55

Grafico 8.25 Variación del Tiempo de Fraguado Final $A/C = 0.60$

Grafico 8.26 Influencia del % de aditivo en el Fraguado Final.

Ensayo de Exudación

Cuadro 8.17 Ensayo de Exudación $A/C = 0.50$

Cuadro 8.18 Ensayo de Exudación $A/C = 0.55$

Cuadro 8.19 Ensayo de Exudación $A/C = 0.60$

Cuadro 8.20 Variación Comparativa de la Exudación

Grafico 8.27 Variación de la Exudación $A/C = 0.50$

Grafico 8.28 Variación de la Exudación $A/C = 0.55$

Grafico 8.29 Variación de la Exudación $A/C = 0.60$

Grafico 8.30 Variación del Tiempo de Exudación $A/C = 0.50$

Grafico 8.31 Variación del Tiempo de Exudación $A/C = 0.55$

Grafico 8.32 Variación del Tiempo de Exudación $A/C = 0.60$

Ensayo de Resistencia a la Compresión

Cuadro 8.21 Variación Comparativa de Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión en kg/cm^2

Cuadro 8.22 Variación Comparativa de Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión en Porcentaje

Cuadro 8.23 Variación Comparativa de Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión en Porcentaje respecto al Concreto Patrón.

Cuadro 8.24 Variación Comparativa de Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión en Porcentaje respecto a la Resistencia Final.

Grafico 8.33 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 1 día $A/C = 0.50$

Grafico 8.34 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 1 día $A/C = 0.55$

Grafico 8.35 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 1 día $A/C = 0.60$

Grafico 8.36 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 3 días $A/C = 0.50$

- rafico 8.37 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 3 días A/C = 0.55
- rafico 8.38 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 3 días A/C = 0.60
- rafico 8.39 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 7 días A/C = 0.50
- rafico 8.40 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 7 días A/C = 0.55
- rafico 8.41 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 7 días A/C = 0.60
- rafico 8.42 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 14 días A/C = 0.50
- rafico 8.43 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 14 días A/C = 0.55
- ráfico 8.44 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 14 días A/C = 0.60
- rafico 8.45 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 28 días A/C = 0.50
- rafico 8.46 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 28 días A/C = 0.55
- rafico 8.47 Variación de la Resistencia a la Compresión a la Edad = 28 días A/C = 0.60
- rafico 8.48 Ensayo de Resistencia a la Compresión A/C = 0.50
- rafico 8.49 Ensayo de Resistencia a la Compresión A/C = 0.50 + 0.80% de aditivo/peso de cemento
- rafico 8.50 Ensayo de Resistencia a la Compresión A/C = 0.50 + 1.10% de aditivo/peso de cemento
- rafico 8.51 Ensayo de Resistencia a la Compresión A/C = 0.50 + 1.40% de aditivo/peso de cemento
- rafico 8.52 Ensayo de Resistencia a la Compresión A/C = 0.55
- rafico 8.53 Ensayo de Resistencia a la Compresión A/C = 0.55+ 0.80% de aditivo/peso de cemento

Grafico 8.54 Ensayo de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.55 + 1.10\%$ de aditivo/peso de cemento

Grafico 8.55 Ensayo de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.55 + 1.40\%$ de aditivo/peso de cemento

Grafico 8.56 Ensayo de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.60$

Grafico 8.57 Ensayo de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.60 + 0.80\%$ de aditivo/peso de cemento

Grafico 8.58 Ensayo de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.60 + 1.10\%$ de aditivo/peso de cemento

Grafico 8.59 Ensayo de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.60 + 1.40\%$ de aditivo/peso de cemento

Grafico 8.60 Comparación de desarrollos de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.50$

Grafico 8.61 Comparación de desarrollos de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.55$

Grafico 8.62 Comparación de desarrollos de Resistencia a la Compresión $A/C = 0.60$

Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

Cuadro 8.25 Variación comparativa de Resultados de Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral a los 28 días

Grafico 8.63 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral $A/C = 0.50$

Grafico 8.64 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral $A/C = 0.55$

Grafico 8.65 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral $A/C = 0.60$

ENSAYO DE ASENTAMIENTO

CUADRO N° 8.1

A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	A/C reducción	Slump (pulgadas)
0.50	Patrón			4"
	0.80%	20.26	0.40	3 3/4"
	1.10%	24.67	0.38	3 3/4"
	1.40%	26.87	0.37	4"
0.55	Patrón			4"
	0.80%	19.56	0.44	4"
	1.10%	24.00	0.42	4"
	1.40%	26.22	0.41	4"
0.60	Patrón			3 3/4"
	0.80%	17.73	0.50	3 3/4"
	1.10%	22.27	0.47	3"
	1.40%	23.18	0.46	3 1/2"

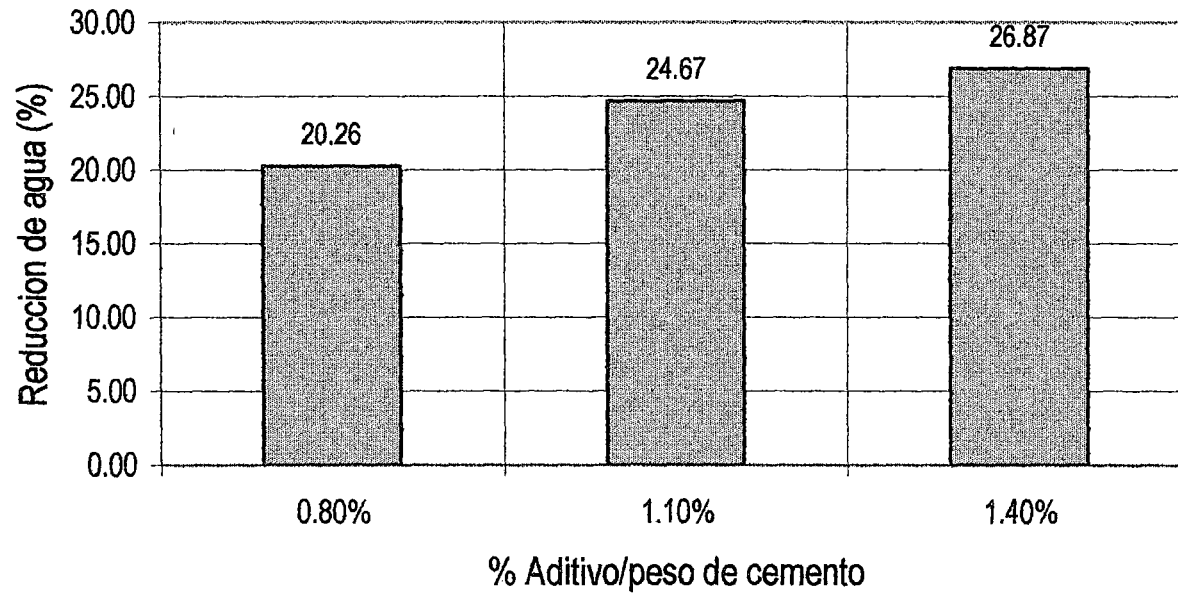
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**REDUCCION DEL AGUA DE MEZCLA
A/C = 0.50**

GRAFICO Nº 8.1

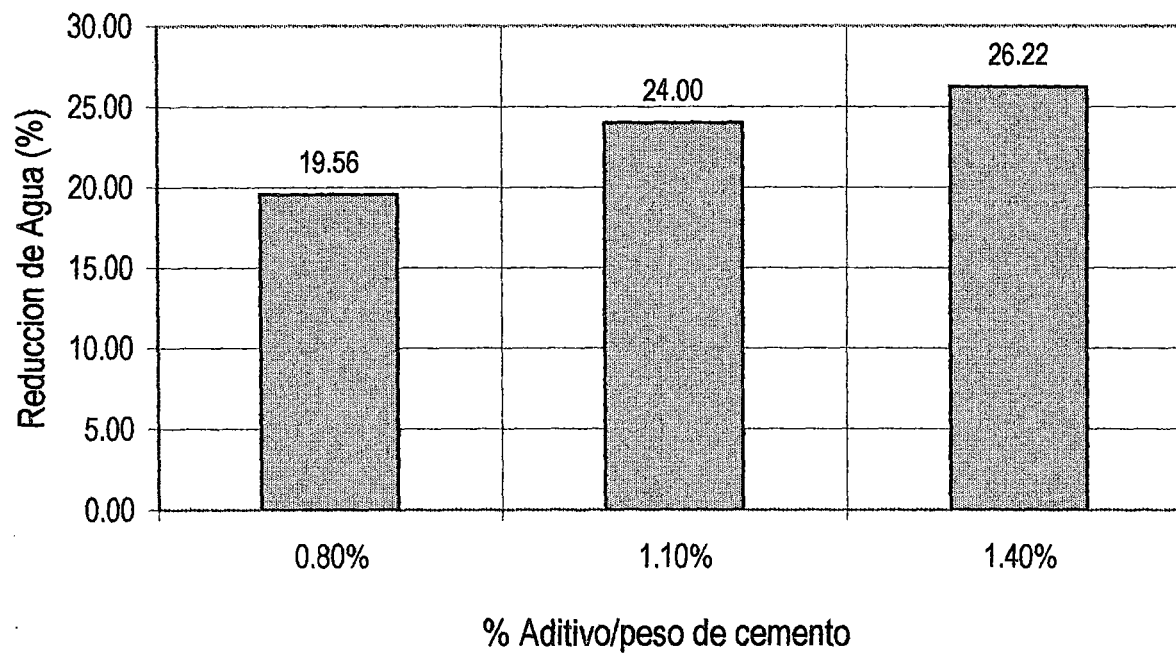


LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
ADITIVO : EUCON 537

**REDUCCION DEL AGUA DE MEZCLA
A/C = 0.55**

GRAFICO N° 8.2



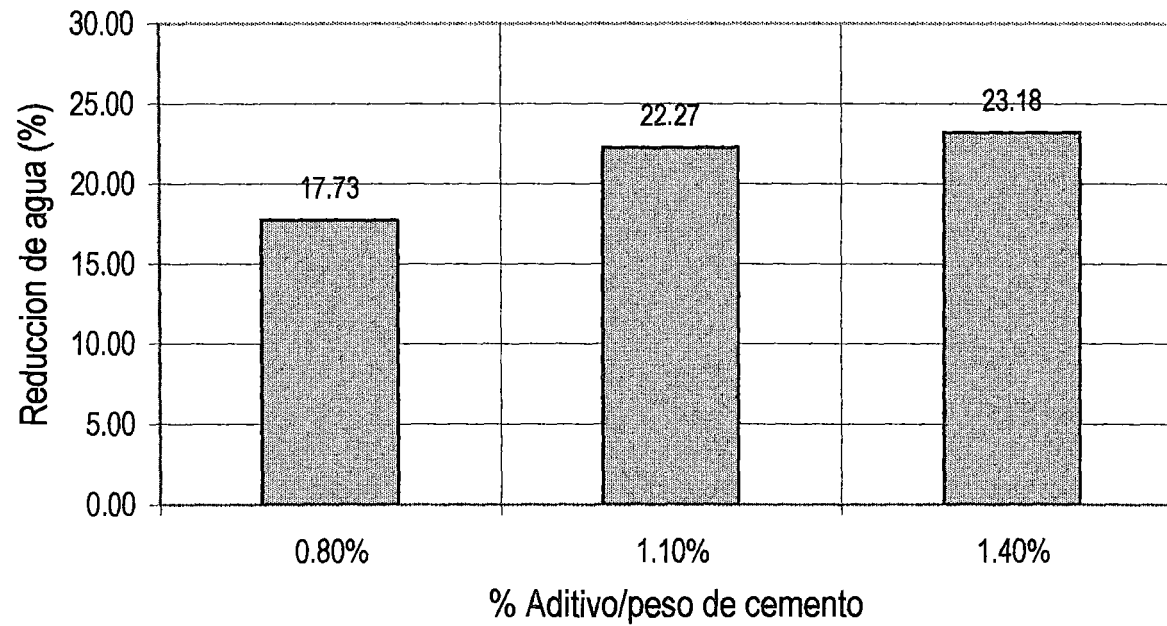
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

REDUCCION DEL AGUA DE MEZCLA
A/C = 0.60

GRAFICO N° 8.3



LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
ADITIVO : EUCON 537

CUADRO 8.2

Peso del balde plomo 7.66 kg
 Peso del balde negro 10.25 kg
 Peso del agua en balde plomo 14.15 kg
 Peso del agua en balde negro 14.25 kg

TIPO DE MEZCLA		TIPO DE BALDE	TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA CONCRETO	PESO DE BALDE+MEZCLA	PESO DE LA MEZCLA	FACTOR DE CALIBRACION	PESO UNITARIO (kg/m ³)	VARIACION
A/C	% ADIT		°C	°C	(kg)	(kg)			%
0.50	Patron	Plomo	19.5	22.0	42.35	34.69	70.6714	2,451.59	100.00%
0.50	0.80%	Plomo	19.0	22.0	42.40	34.74	70.6714	2,455.12	100.14%
0.50	1.10%	Negro	20.0	22.0	45.00	34.75	70.1754	2,438.60	99.47%
0.50	1.40%	Negro	25.0	25.0	44.80	34.55	70.1754	2,424.56	98.90%
0.55	Patron	Negro	20.0	22.0	44.10	33.85	70.1754	2,375.44	100.00%
0.55	0.80%	Plomo	24.5	24.5	42.00	34.34	70.6714	2,426.86	102.16%
0.55	1.10%	Negro	19.5	22.0	45.40	35.15	70.1754	2,466.67	103.84%
0.55	1.40%	Plomo	19.5	21.0	41.85	34.19	70.6714	2,416.25	101.72%
0.60	Patron	Plomo	21.0	22.0	41.70	34.04	70.6714	2,405.65	100.00%
0.60	0.80%	Plomo	21.0	22.0	41.75	34.09	70.6714	2,409.19	100.15%
0.60	1.10%	Negro	21.0	22.0	44.50	34.55	70.1754	2,424.56	100.79%
0.60	1.40%	Plomo	20.0	22.5	42.15	34.49	70.6714	2,437.46	101.32%

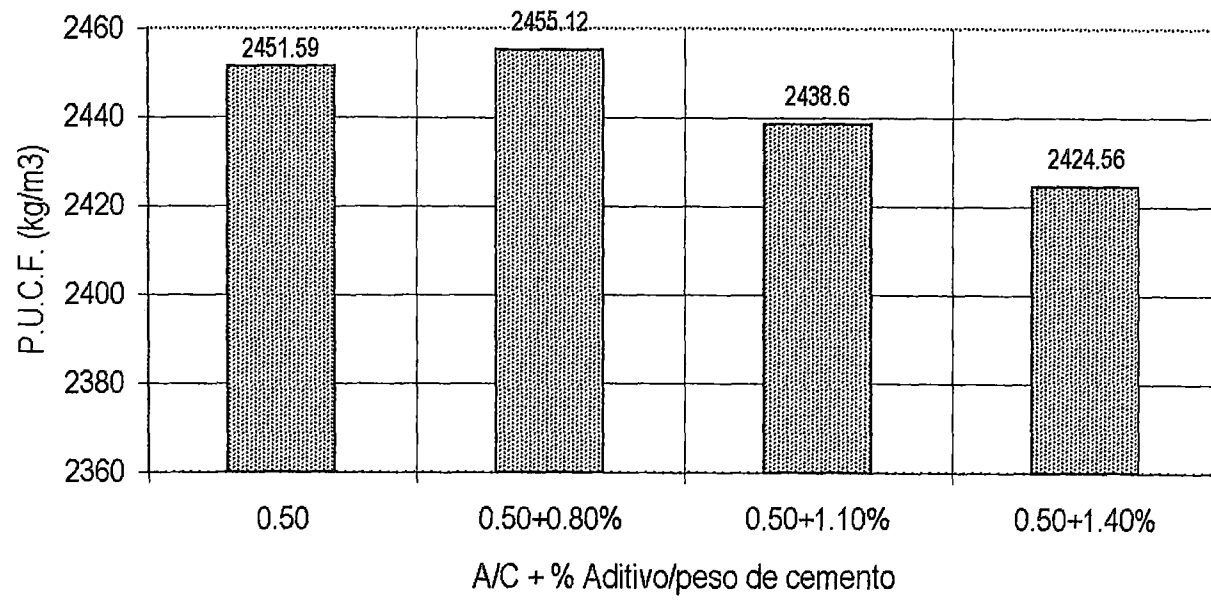
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DEL PESO UNITARIO
A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.4



LEYENDA

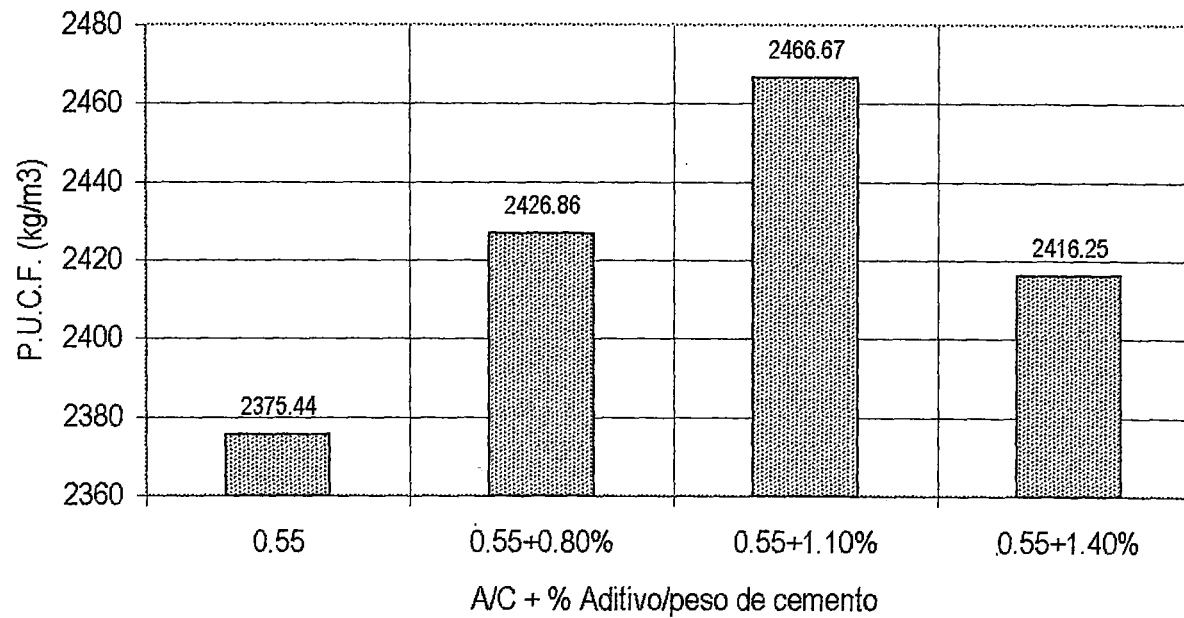
P.U.C.F.: Peso Unitario del Concreto Fresco

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DEL PESO UNITARIO
A/C = 0.55**

GRAFICO Nº 8.5



LEYENDA

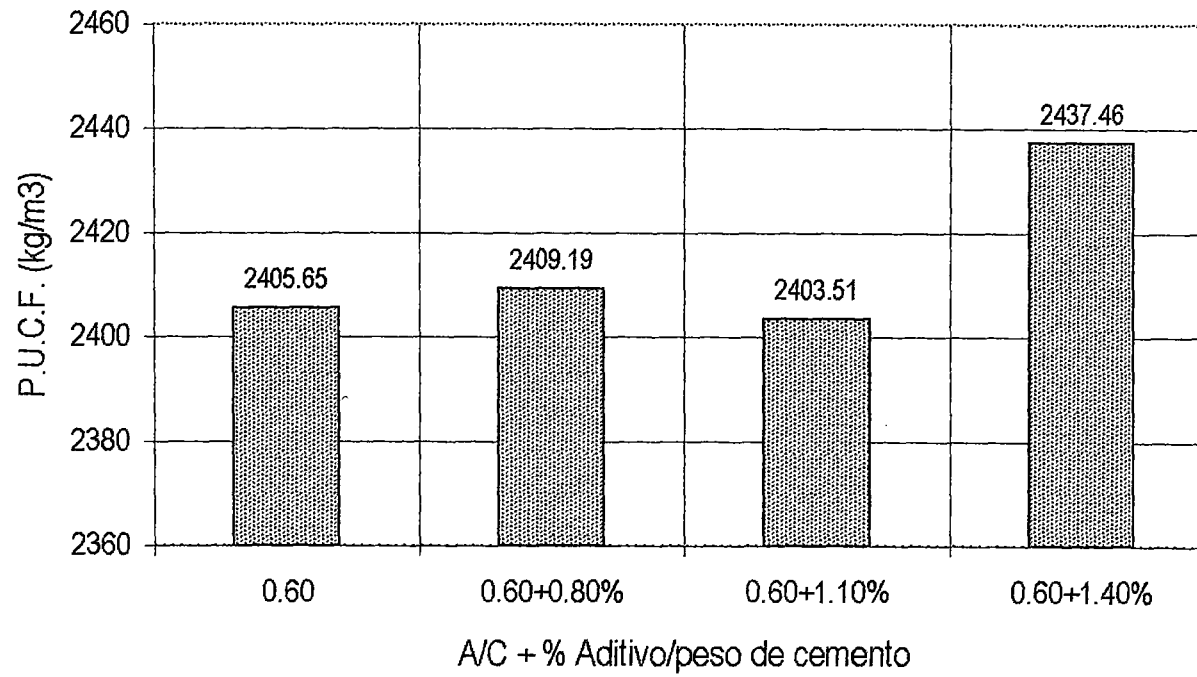
P.U.C.F.: Peso Unitario del Concreto Fresco

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DEL PESO UNITARIO
A/C = 0.60

GRAFICO N° 8.6



LEYENDA

P.U.C.F.: Peso Unitario del Concreto Fresco

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO A/C = 0.50

CUADRO Nº 8.4

INICIO DE MEZCLADO :		09:45 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		19,5 °C					
TIEMPO (h.m)	HORA (h.m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
04:10	13:55	22.0	1 1/8"	0.994	220	221.32	15.59
04:35	14:20	22.0	13/16"	0.518	145	279.66	19.70
05:05	14:50	21.5	9/16"	0.249	200	804.81	56.70
05:35	15:20	21.0	5/16"	0.077	153	1994.81	140.54
06:05	15:50	21.0	4/16"	0.049	112	2281.65	160.75
06:35	16:20	21.0	3/16"	0.028	100	3621.66	255.16
06:55	16:30	21.0	3/16"	0.028	130	4708.16	331.71

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.50 + 0.80% Aditivo/peso de cemento

CUADRO N° 8.5

INICIO DE MEZCLADO :		09:15 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		22°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
05:15	14:30	21.0	1 1/8"	0.994	76	76.46	5.39
06:15	15:30	21.0	13/16"	0.518	250	482.17	33.97
06:20	15:35	21.0	9/16"	0.249	98	394.36	27.78
07:00	16:15	21.0	5/16"	0.077	108	1408.10	99.21
07:40	16:55	20.5	4/16"	0.049	127	2587.22	182.28
08:20	17:35	20.5	3/16"	0.028	164	5939.53	418.47

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.50 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

CUADRO N° 8.6

INICIO DE MEZCLADO :		09:34 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		22°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg²	kg/cm²
06:00	15:34	21.0	1 1/8"	0.994	105.0	105.63	7.44
06:40	16:14	21.0	13/16"	0.518	166.0	320.16	22.56
07:20	16:54	20.5	9/16"	0.249	220.0	885.30	62.37
07:30	17:04	20.5	5/16"	0.077	78.0	1016.96	71.65
08:00	17:34	20.0	4/16"	0.049	82.0	1670.49	117.69
08:40	18:14	20.0	3/16"	0.028	89.0	3223.28	227.10
08:50	18:24	20.0	3/16"	0.028	106.0	3838.96	270.47
09:00	18:34	20.0	3/16"	0.028	122	4418.43	311.30

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.50 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

CUADRO Nº 8.7

INICIO DE MEZCLADO :		10:30 p.m.					
Tº DEL CONCRETO :		22°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg2	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg2	kg/cm2
11:15	09:45	21.0	1 1/8"	0.994	11	11.07	0.78
12:25	10:55	21.0	13/16"	0.518	38	73.29	5.16
13:45	12:15	21.5	9/16"	0.249	102	410.46	28.92
14:35	13:05	20.0	5/16"	0.077	136	1773.17	124.93
15:05	13:35	20.5	4/16"	0.049	114	2322.39	163.62
15:35	14:05	20.5	3/16"	0.028	140	5070.33	357.23

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO A/C = 0.55

CUADRO N° 8.8

INICIO DE MEZCLADO :		10:55 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		22°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
03:33	14:28	22.0	1 1/8"	0.994	55	55.33	3.90
04:03	14:58	21.5	13/16"	0.518	54	104.15	7.34
04:33	15:28	21.0	9/16"	0.249	49	197.18	13.89
04:43	15:38	21.0	9/16"	0.249	57	229.37	16.16
05:03	15:58	21.0	9/16"	0.249	97	390.33	27.50
05:53	16:48	20.0	5/16"	0.077	126	1642.79	115.74
06:33	17:28	20.0	4/16"	0.049	123	2505.74	176.54
07:13	18:08	20.0	3/16"	0.028	95	3440.58	242.40
07:23	18:48	20.0	3/16"	0.028	125	4527.08	318.95

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.55 + 0.80% Aditivo/peso de cemento

CUADRO N° 8.9

INICIO DE MEZCLADO :		11:05 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		24.5°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
05:50	16:55	20.50	1 1/8"	0.994	104	104.63	7.37
06:20	17:25	21.00	13/16"	0.518	107	206.37	14.54
06:50	17:55	20.50	9/16"	0.249	140	563.37	39.69
07:20	18:25	20.50	5/16"	0.077	100	1303.80	91.86
07:50	18:55	20.00	4/16"	0.049	81	1650.12	116.26
08:20	19:25	20.00	3/16"	0.028	65	2354.08	165.86
08:50	19:55	20.00	3/16"	0.028	115	4164.91	293.44

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.55 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

CUADRO N° 8.10

INICIO DE MEZCLADO :		08:40 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		21°C					
TIEMPO (h.m)	HORA (h.m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
07:43	15:23	22	1 1/8"	0.994	240	241.44	17.01
07:45	15:25	22	13/16"	0.518	130	250.73	17.67
08:30	16:05	21.5	9/16"	0.249	187	752.50	53.02
09:30	16:35	20.5	5/16"	0.077	158	2060.00	145.14
09:55	17:05	20.5	4/16"	0.049	164	3340.98	235.39
10:00	17:35	21	3/16"	0.028	94	3404.36	239.85
10:20	17:45	21	3/16"	0.028	158	5722.23	403.16

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.55 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

CUADRO Nº 8.11

INICIO DE MEZCLADO :		07:45 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		19,5°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
12:20	20:05	20.0	1 1/8"	0.994	20	20.12	1.42
13:00	20:45	20.0	13/16"	0.518	45	86.79	6.11
14:00	21:45	20.0	9/16"	0.249	128	515.08	36.29
14:50	22:35	19.5	5/16"	0.077	122	1590.63	112.07
15:30	23:15	19.5	4/16"	0.049	128	2607.60	183.72
16:00	23:45	19.5	3/16"	0.028	84	3042.20	214.34

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.60

CUADRO N° 8.12

INICIO DE MEZCLADO :		03:25 p.m.					
T° DEL CONCRETO :		21°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
03:50	19:15	20.0	1 1/8"	0.994	24	24.14	1.70
04:30	19:55	20.0	13/16"	0.518	64	123.44	8.70
04:50	20:15	20.0	13/16"	0.518	180	347.17	24.46
05:30	20:55	20.0	9/16"	0.249	88	354.12	24.95
06:22	21:47	20.0	5/16"	0.077	95	1238.61	87.27
07:02	22:27	19.5	4/16"	0.049	80	1629.75	114.82
07:22	22:47	19.5	4/16"	0.049	120	2444.62	172.24
08:12	23:37	19.5	3/16"	0.028	168	6084.39	428.67

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.60 + 0.80% Aditivo/peso de cemento

CUADRO Nº 8.13

INICIO DE MEZCLADO :		10:08 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		22°C					
TIEMPO (h.m)	HORA (h.m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA (pulg)	AREA pulg²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg²	kg/cm²
06:25	16:33	19.5	1 1/8"	0.994	49.0	49.29	3.47
07:25	17:33	19.0	13/16"	0.518	172.0	331.74	23.37
08:05	18:13	19.0	9/16"	0.249	183.0	736.40	51.88
08:35	18:43	19.0	5/16"	0.077	118.0	1538.48	108.39
09:05	19:13	19.0	4/16"	0.049	104.0	2118.67	149.27
09:35	19:43	19.0	3/16"	0.028	103.0	3730.31	262.82
09:45	19:53	19.0	3/16"	0.028	128.0	4635.73	326.61

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.60 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

CUADRO N° 8.14

INICIO DE MEZCLADA :		09:08 a.m.					
T° DEL CONCRETO :		22°C					
TIEMPO (h.m)	HORA (h.m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA pulg	AREA pulg ²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg ²	kg/cm ²
09:05	18:13	19.5	1 1/8"	0.994	133.0	133.80	9.43
09:45	18:53	19.0	13/16"	0.518	134.0	258.45	18.21
10:15	19:23	19.0	9/16"	0.249	128.0	515.08	36.29
10:45	19:53	19.0	5/16"	0.077	106.0	1382.03	97.37
11:15	20:23	19.0	4/16"	0.049	78.0	1589.00	111.95
11:55	21:03	19.0	3/16"	0.028	98.0	3549.23	250.06
12:00	21:13	19.0	3/16"	0.028	116	4201.13	295.99

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.60 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

CUADRO N° 8.15

INICIO DE MEZCLADO :		09:20 p.m.					
T° DEL CONCRETO :		22.5°C					
TIEMPO (h:m)	HORA (h:m)	TEMPERAT AMBIENTE °C	DIAMETRO AGUJA pulg	AREA pulg²	FUERZA lb	PRESION	
						lb/pulg²	kg/cm²
13:00	11:10	19.8	1 1/8"	0.994	16	16.10	1.13
14:00	12:10	20.0	13/16"	0.518	48	92.58	6.52
16:00	12:20	21.0	9/16"	0.249	175	704.21	49.62
16:40	13:00	21.5	5/16"	0.077	150	1955.70	137.79
17:30	13:30	21.0	4/16"	0.049	174	3544.70	249.74
17:40	13:50	21.0	3/16"	0.028	120	4345.99	306.20

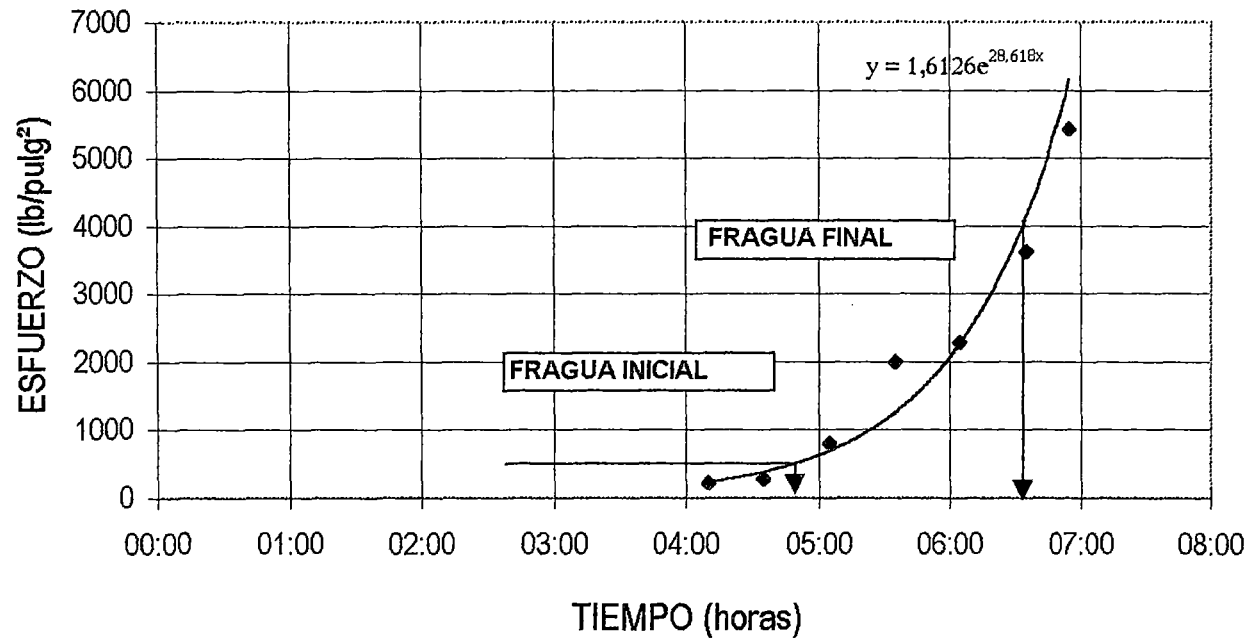
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.7



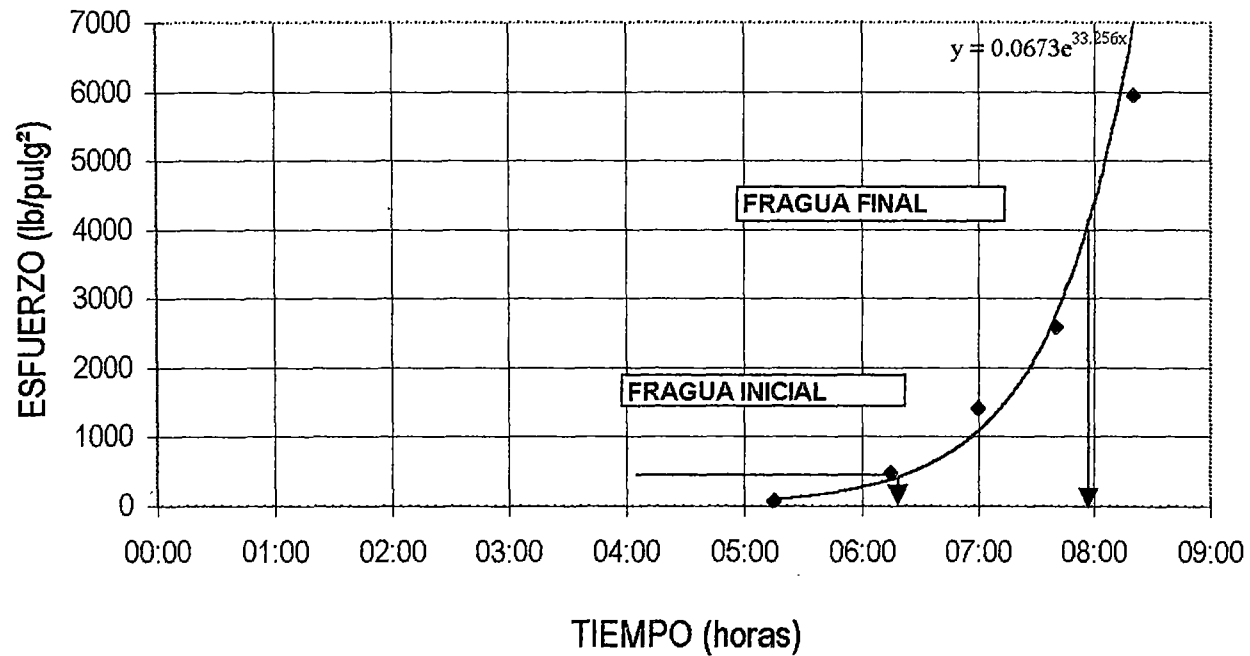
FRAGUA INICIAL (h:m) :	4:45
FRAGUA FINAL (h:m) :	6:40

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.50 + 0.80% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO Nº 8.8



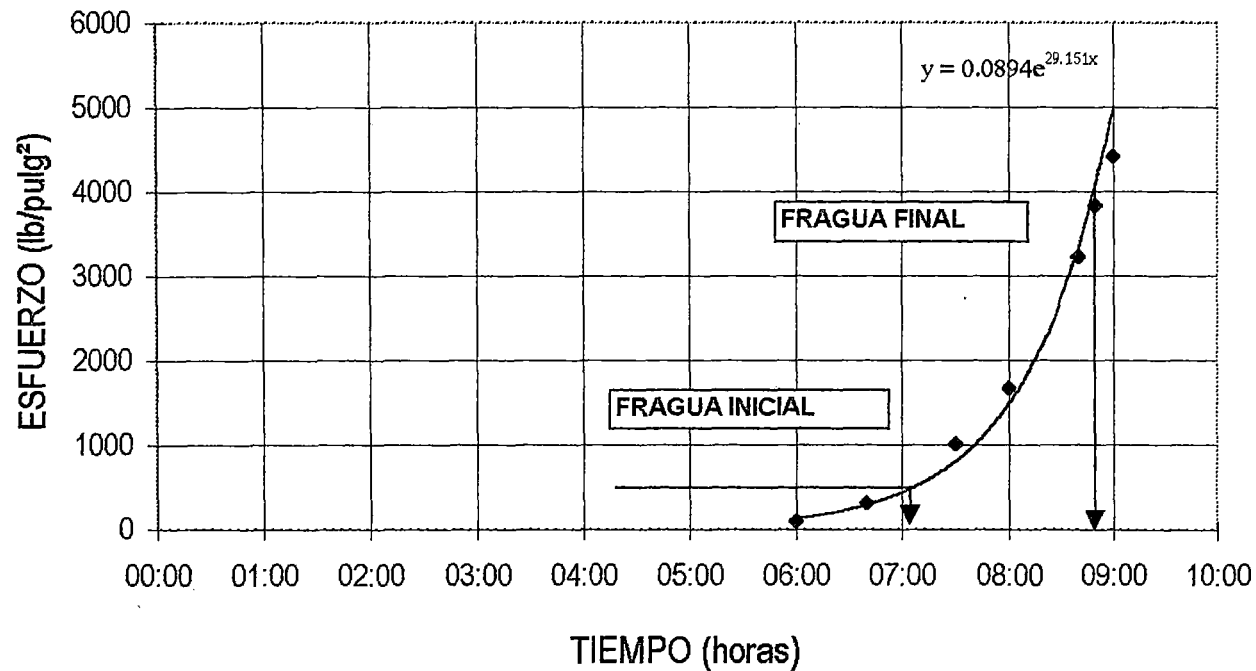
FRAGUA INICIAL (h:m) :	06:15
FRAGUA FINAL (h:m) :	07:55

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.50 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO Nº 8.9



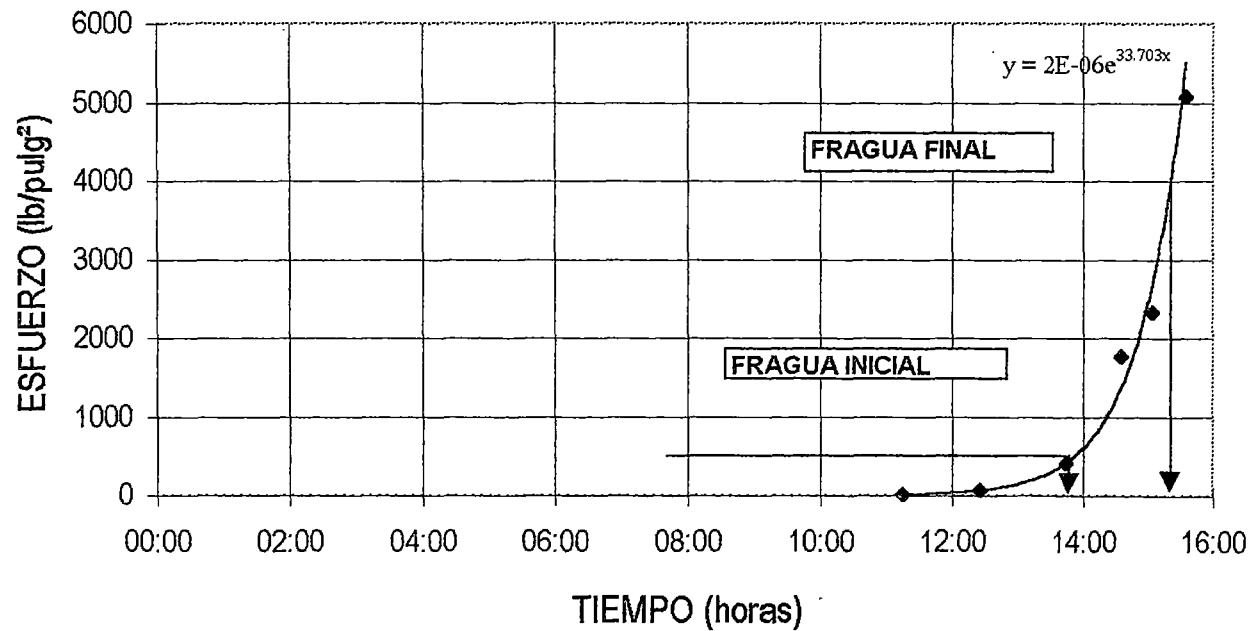
FRAGUA INICIAL (h:m) :	07:05
FRAGUA FINAL (h:m) :	08:50

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.50 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.10



FRAGUA INICIAL (h:m) :	13:45
FRAGUA FINAL (h:m) :	15:20

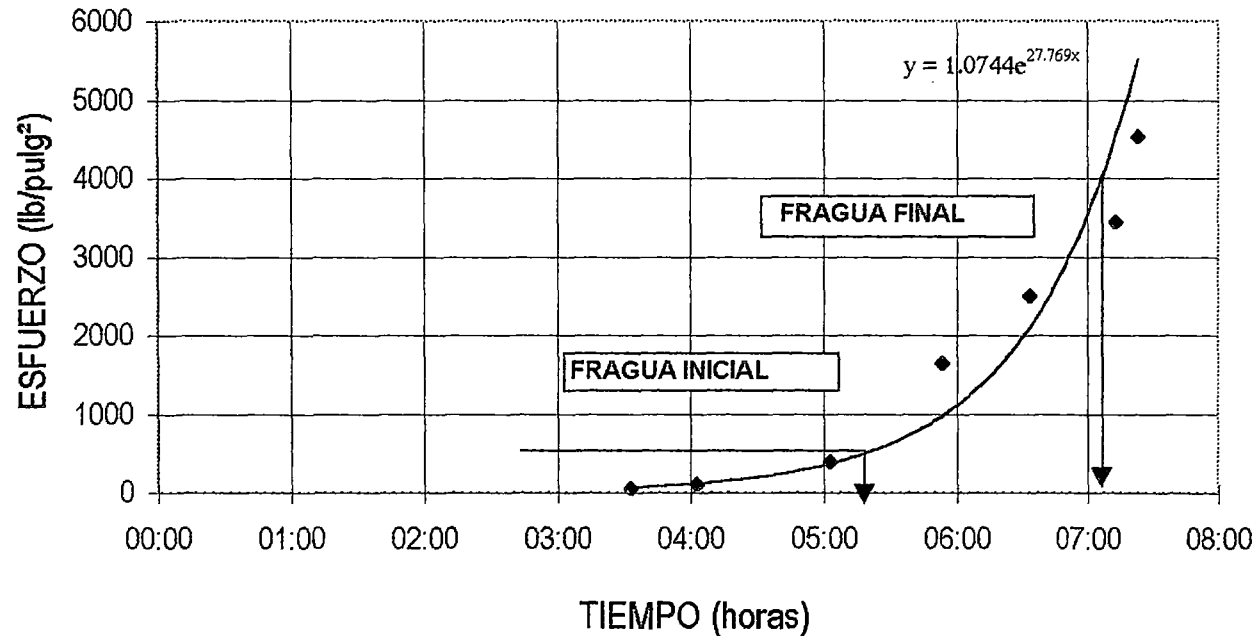
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.55

GRAFICO N° 8.11



FRAGUA INICIAL (h:m) :	05:15
FRAGUA FINAL (h:m) :	07:05

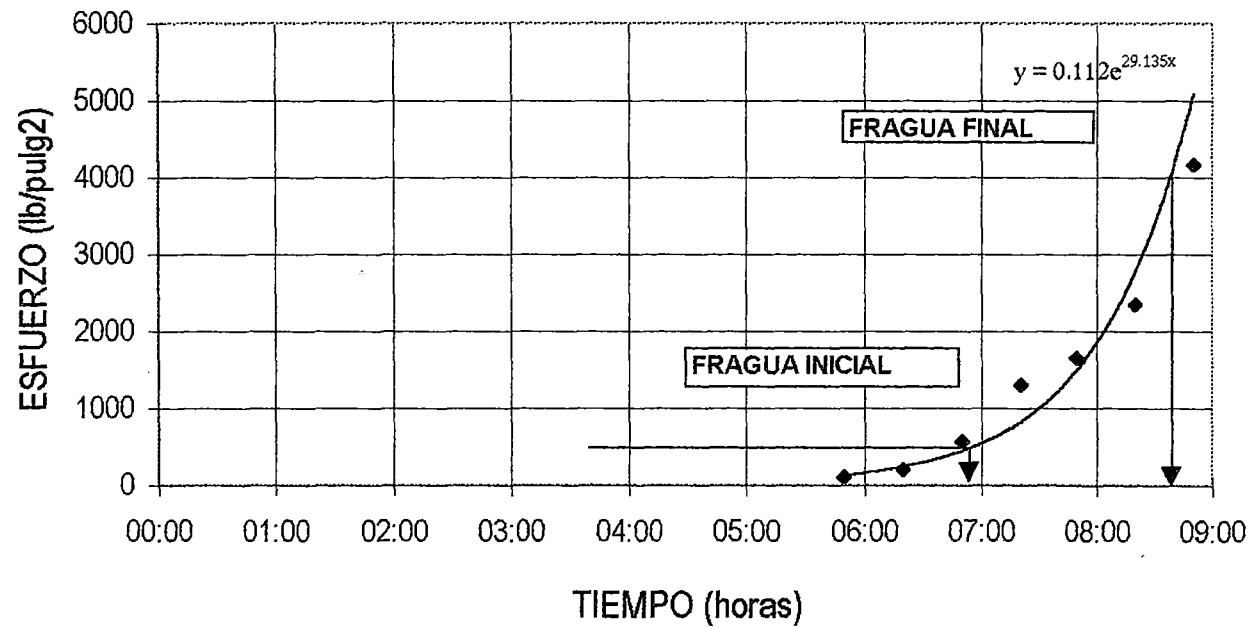
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.55 + 0.80% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO Nº 8.12



FRAGUA INICIAL (h:m) :	06:50
FRAGUA FINAL (h:m) :	08:40

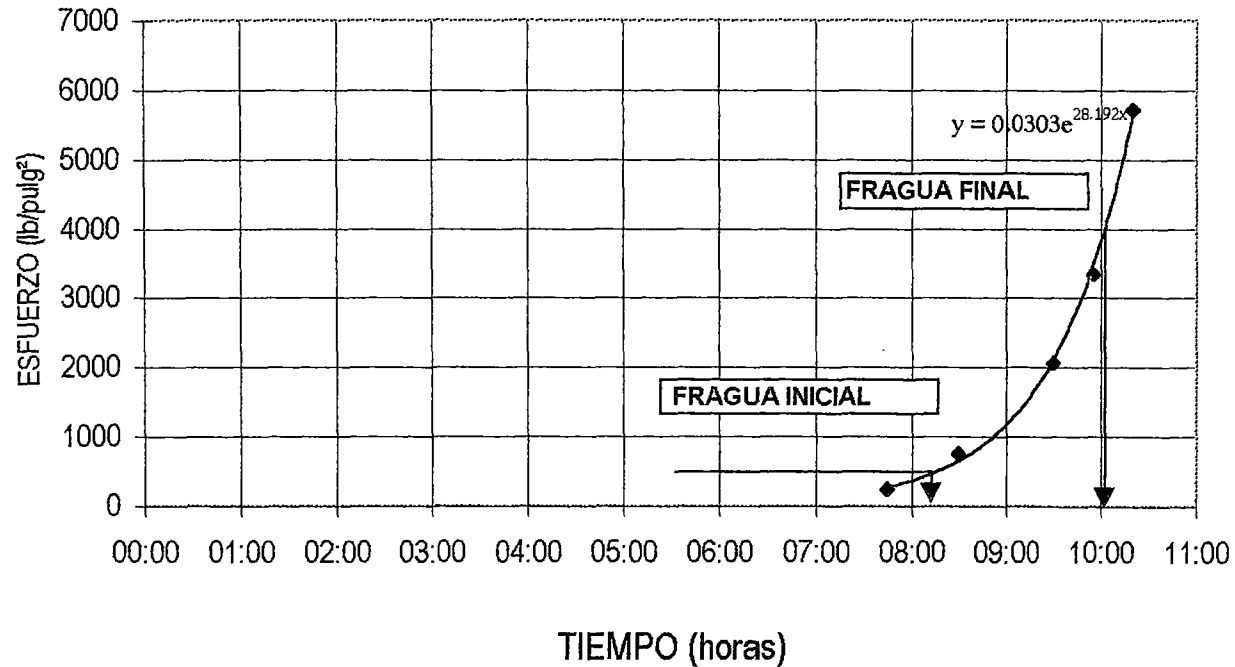
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.55 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO Nº 8.13



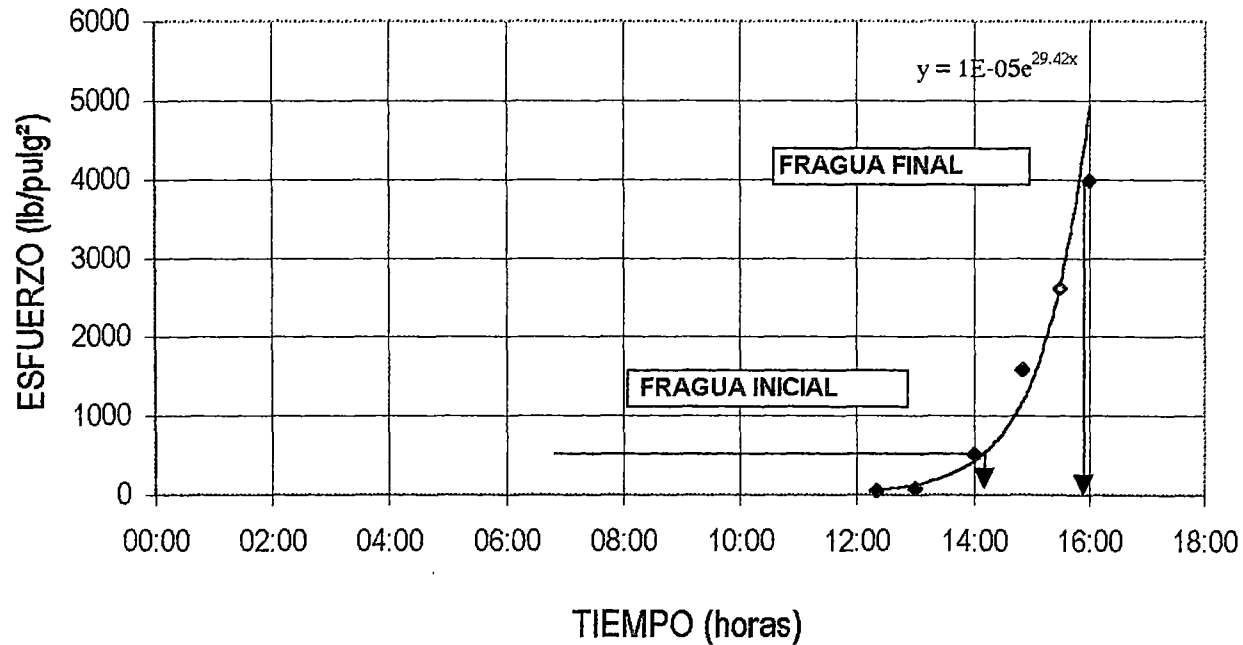
FRAGUA INICIAL (h:m) :	08:10
FRAGUA FINAL (h:m) :	10:00

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.55 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.14



FRAGUA INICIAL (h:m) :	14:10
FRAGUA FINAL (h:m) :	15:55

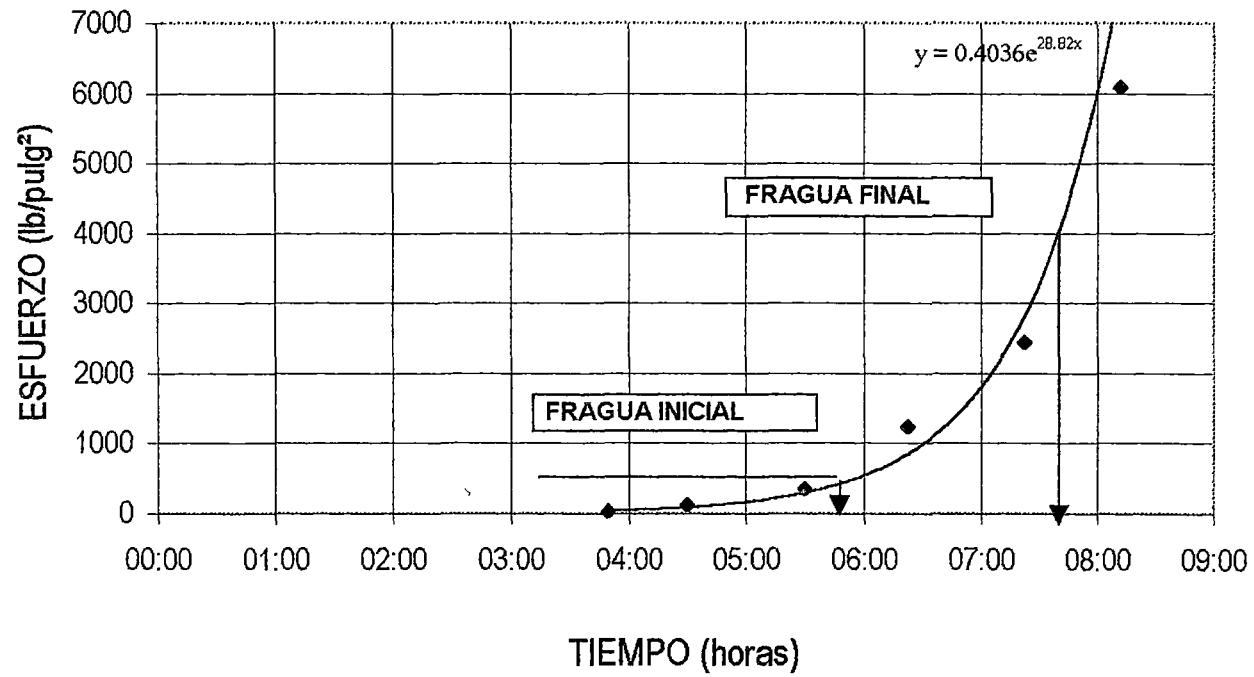
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.60

GRAFICO N° 8.15



FRAGUA INICIAL (h:m) :	05:50
FRAGUA FINAL (h:m) :	07:45

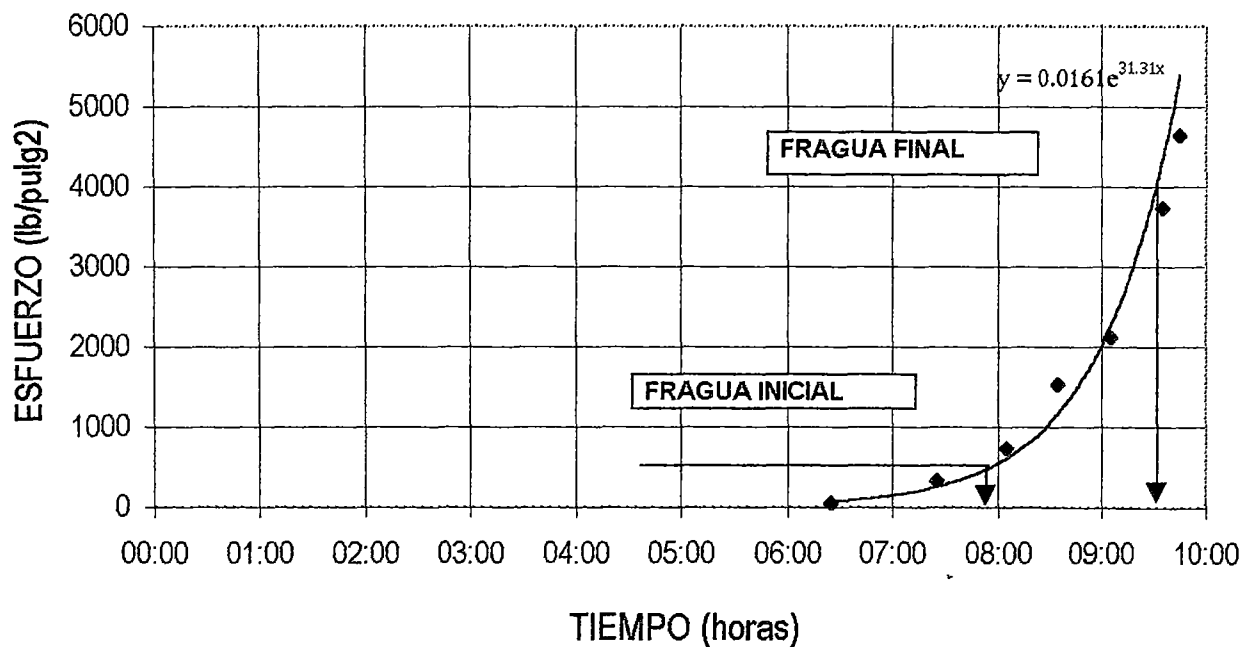
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.60 + 0.80% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.16



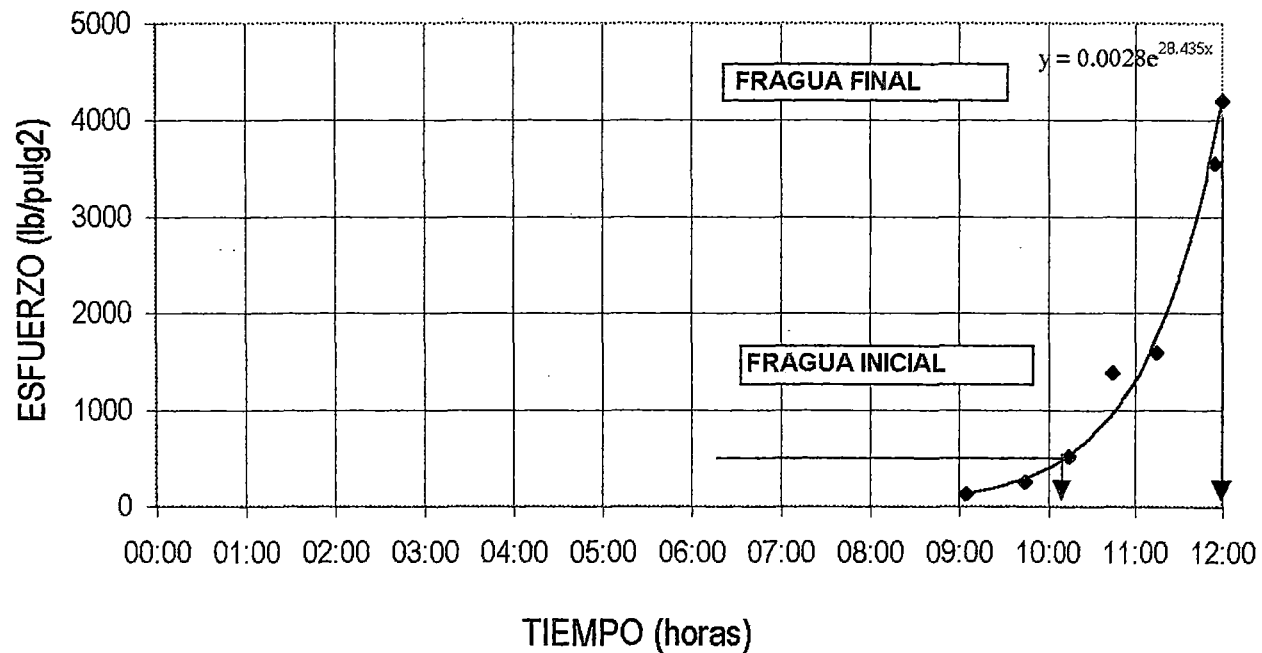
FRAGUA INICIAL (h:m) :	07:45
FRAGUA FINAL (h:m) :	09:30

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.60 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.17



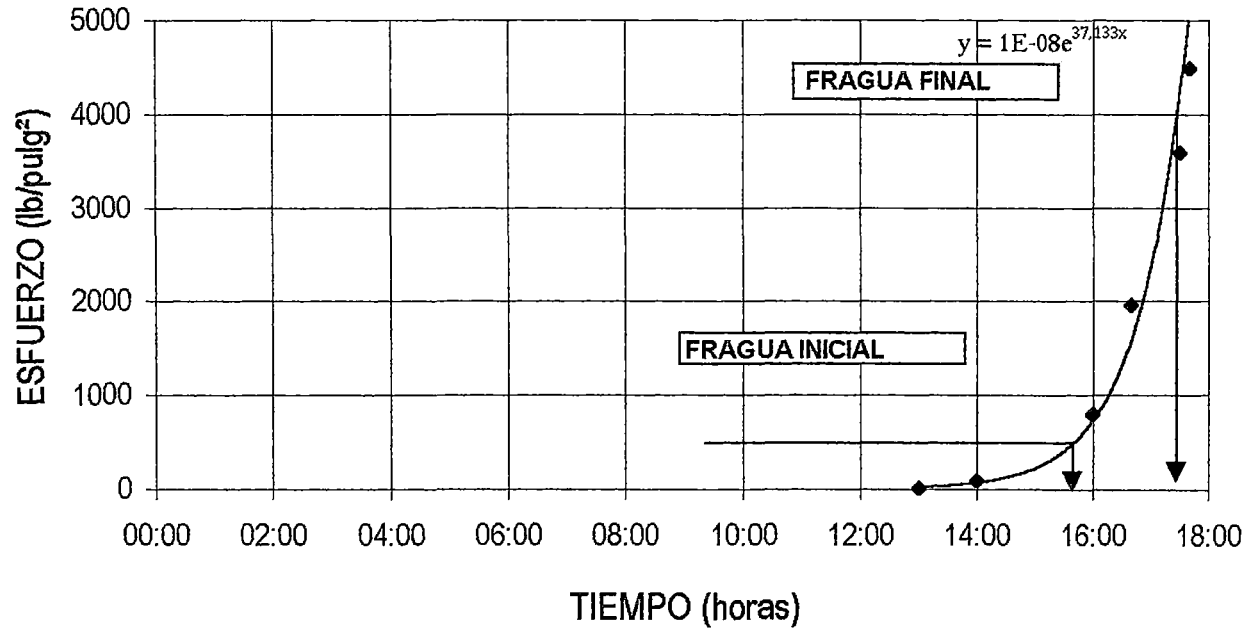
FRAGUA INICIAL (h:m) :	10:10
FRAGUA FINAL (h:m) :	12:00

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
A/C = 0.60 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.18



FRAGUA INICIAL (h:m) :	15:35
FRAGUA FINAL (h:m) :	17:30

LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 ADITIVO : EUCON 537

VARIACION COMPARATIVA DE TIEMPOS DE FRAGUADO

CUADRO N° 8.16

A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	T. FRAGUA INICIAL	VARIACION %	T. FRAGUA FINAL	VARIACION %
0.50	Patron		04:45	100	06:40	100
	0.80%	20.26	06:15	132	07:55	119
	1.10%	24.67	07:05	149	08:50	133
	1.40%	26.87	13:45	289	15:20	230
0.55	Patron		05:15	100	07:05	100
	0.80%	19.56	06:50	130	08:40	122
	1.10%	24.00	08:10	156	10:00	141
	1.40%	26.22	14:10	270	15:55	225
0.60	Patron		05:50	100	07:45	100
	0.80%	17.73	07:45	133	09:30	123
	1.10%	22.27	10:10	174	12:00	155
	1.40%	23.18	15:35	267	17:30	226

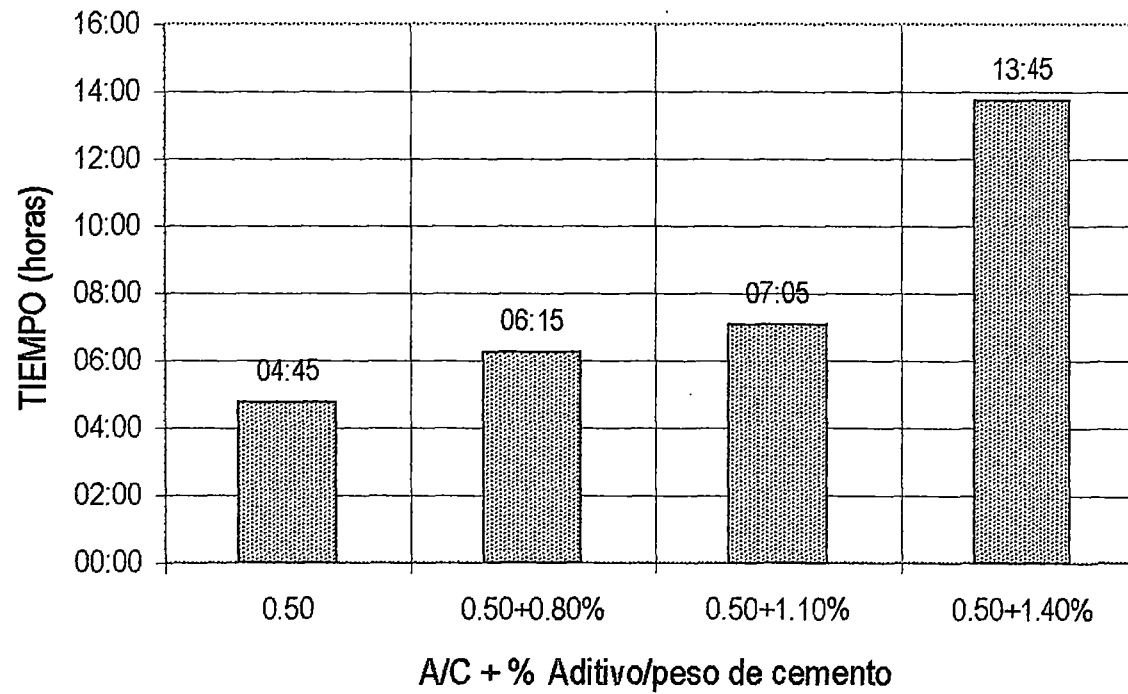
LEYENDA

TESIS "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL
A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.19



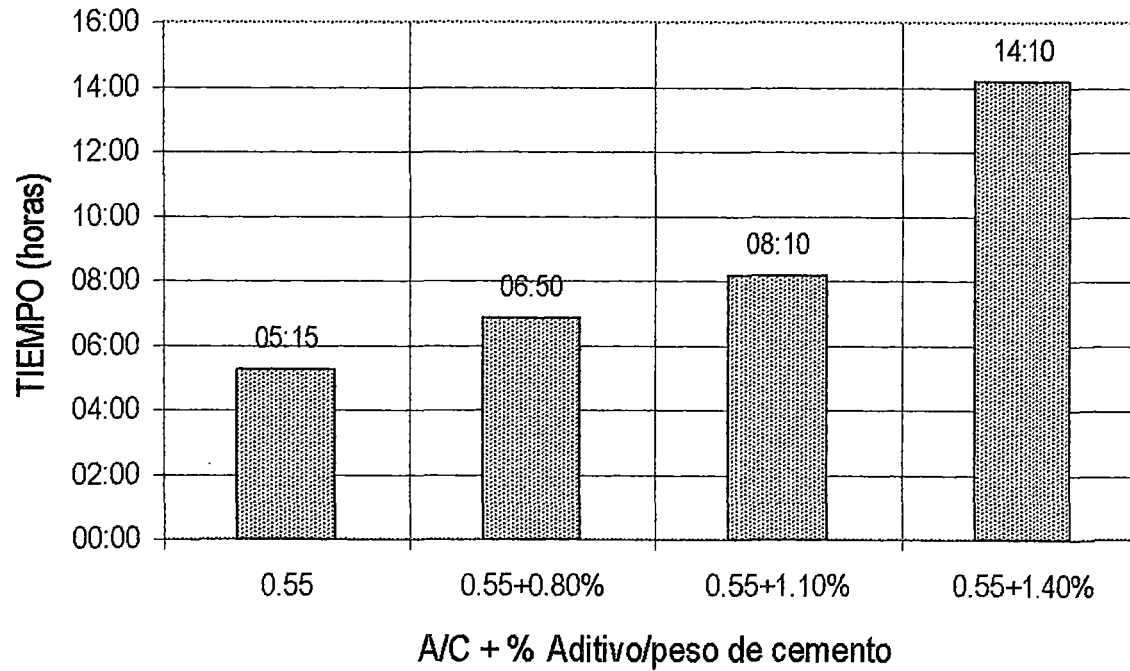
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL
A/C = 0.55

GRAFICO N° 8.20



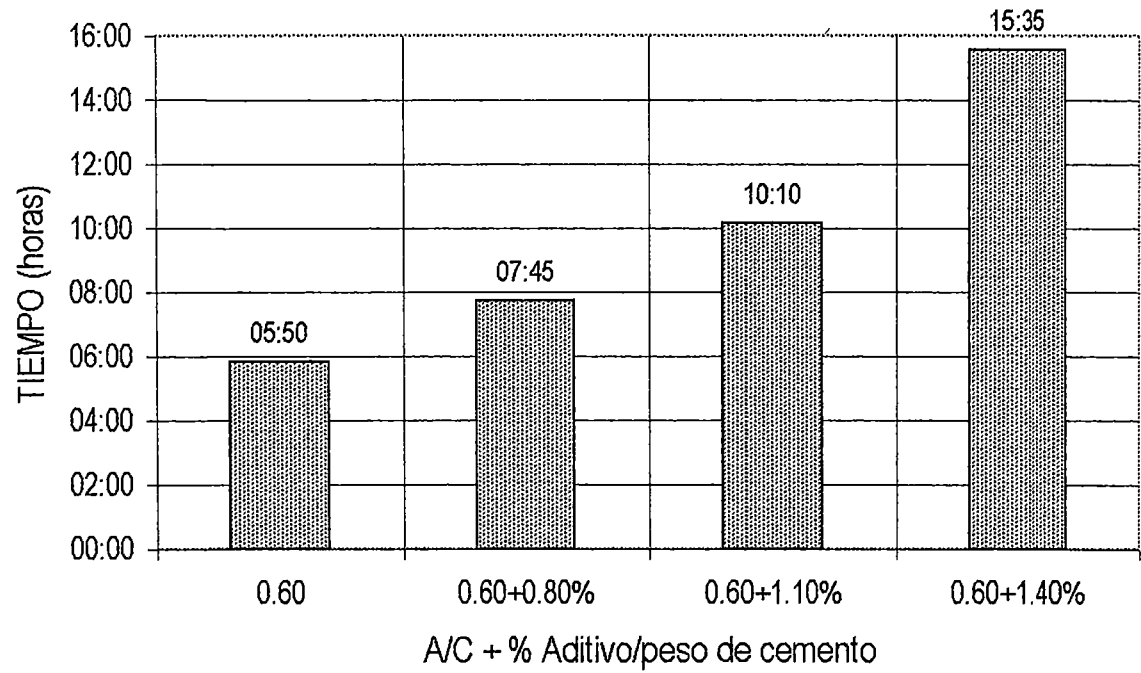
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL
A/C = 0.60

GRAFICO N° 8.21



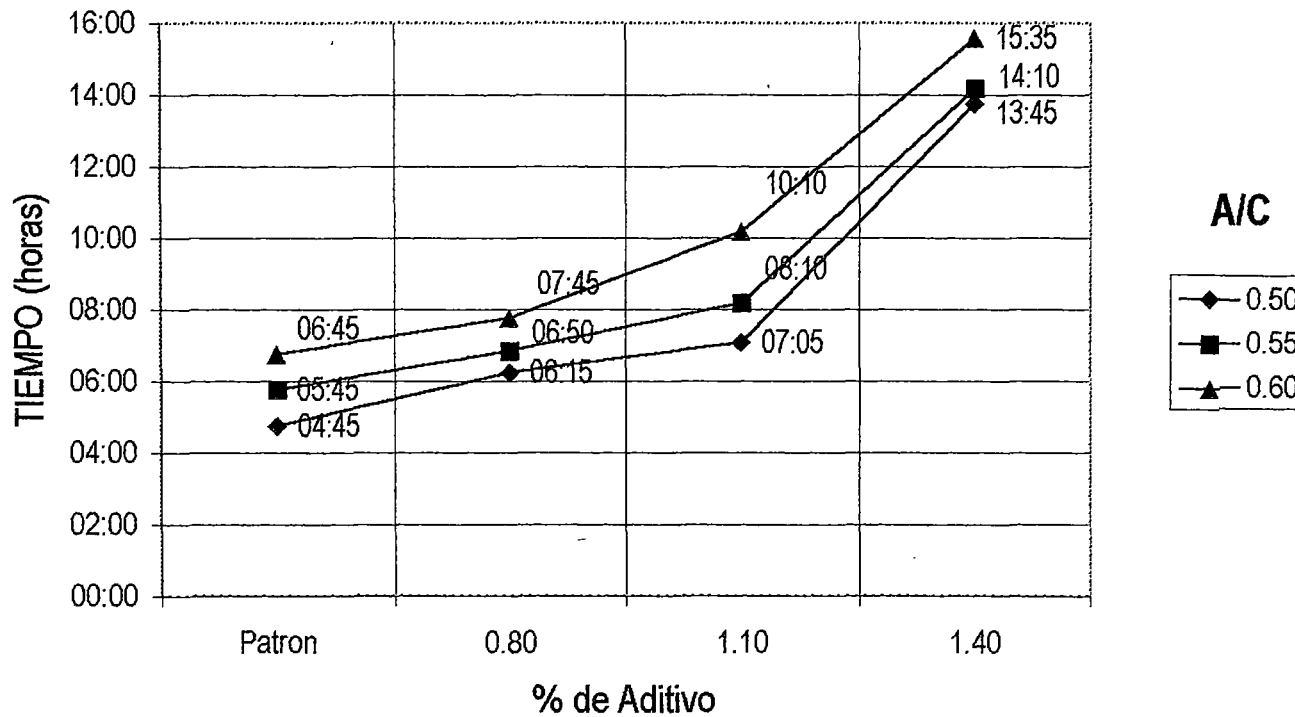
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

INFLUENCIA DEL % DE ADITIVO EN EL FRAGUADO INICIAL

GRAFICO N° 8.22



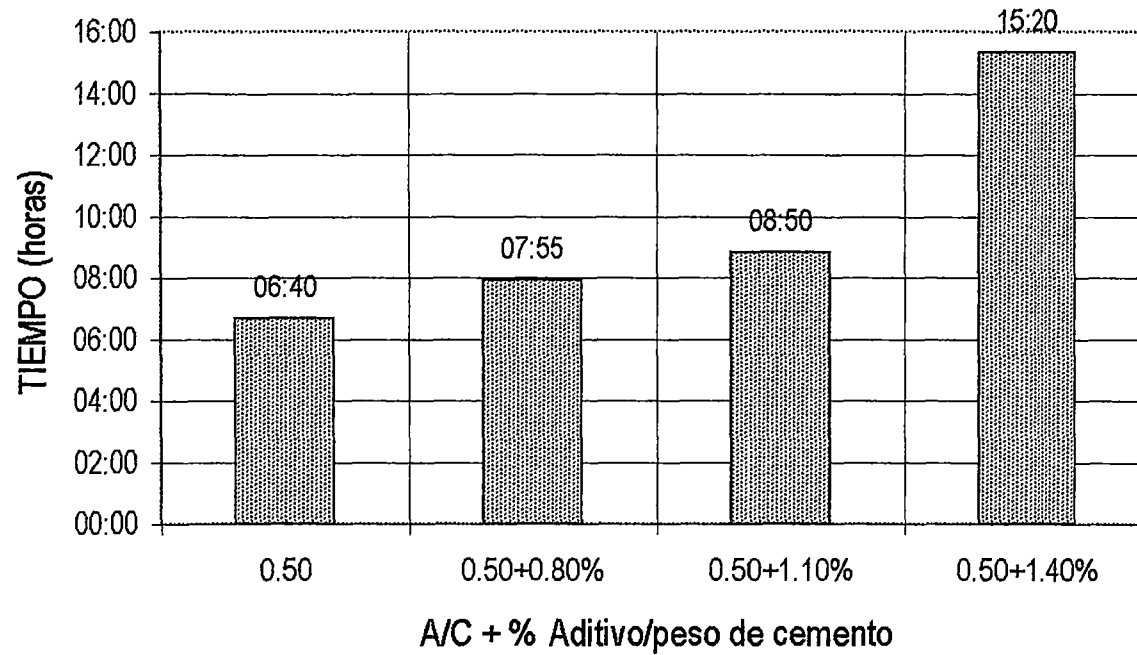
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO FINAL
A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.23



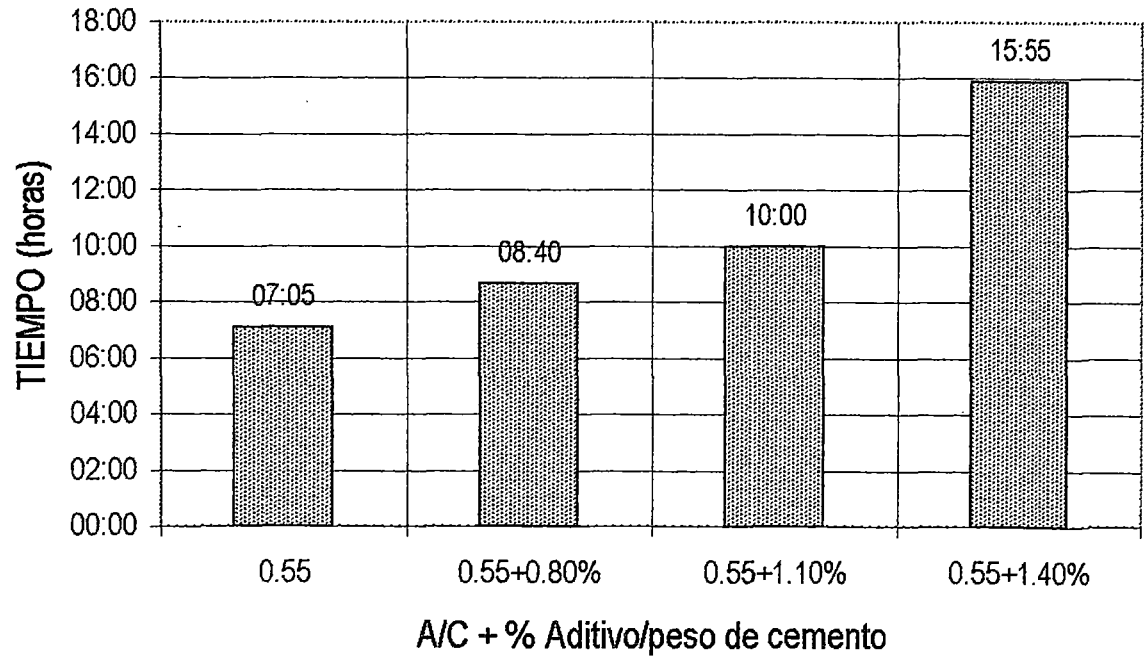
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO FINAL
A/C = 0.55

GRAFICO Nº 8.24



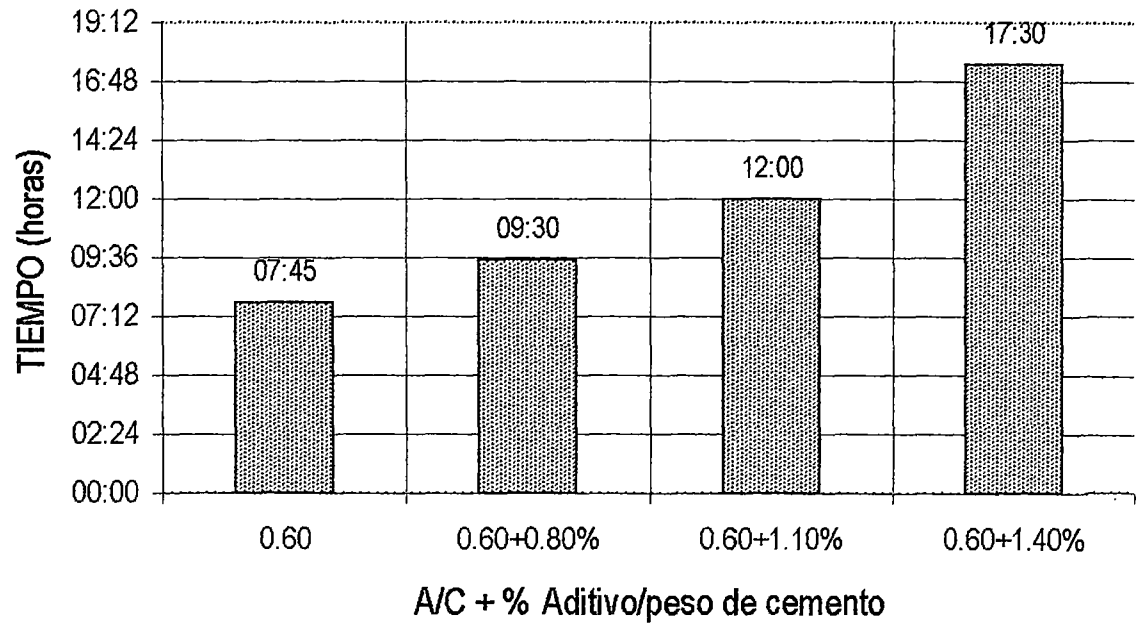
LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

ADITIVO : EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO FINAL
A/C = 0.60

GRAFICO N° 8.25

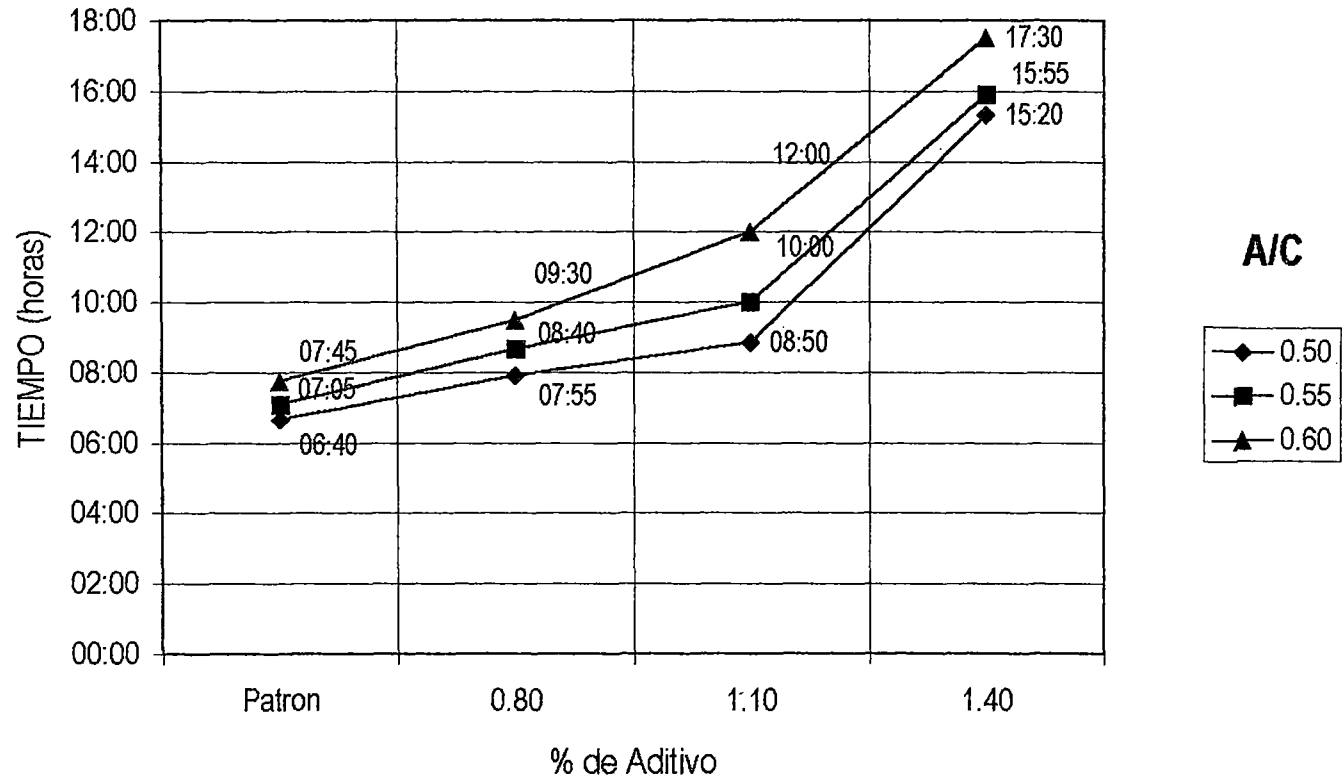


LEYENDA

TESIS : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
ADITIVO : EUCON 537

INFLUENCIA DEL % DE ADITIVO EN EL FRAGUADO FINAL

GRAFICO N° 8.26



LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.50

CUADRO N° 8.17

TIEMPO h:m	0% ADITIVO		0.80% ADITIVO		1.10% ADITIVO		1.40% ADITIVO	
	VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)	
	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL
00:00	0.00		0.00		0.00		0.00	
00:10	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:20	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:30	3.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:40	3.10	11.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01:10	10.00	21.10	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
01:40	10.50	31.60	3.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
02:10	8.00	39.60	3.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00
02:40	3.00	42.60	3.00	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00
03:10	0.00	42.60	5.50	16.00	0.00	0.00		
03:40			3.00	19.00				
04:10			1.50	20.50				
04:40			0.00	20.50				
05:10								
05:40								
W	5.67		4.53		4.30		4.20	
M	60.00		60.00		60.00		60.00	
S	27.86		31.88		31.64		31.58	
C	2634.16		2406.94		2267.61		2210.74	
Exudacion (%)	1.62		0.85		0.00		0.00	

W Agua utilizada en la tanda
M Masa total de la mezcla
S Masa de la muestra
C W/MxS
Exudacion (%) = Volumen acumulado x 100/C

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua:
Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.55

CUADRO N° 8.18

TIEMPO h:m	0% ADITIVO		0.80% ADITIVO		1.10% ADITIVO		1.40% ADITIVO	
	VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)	
	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL
00:00	0.00		0.00		0.00		0.00	
00:10	3.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:20	4.50	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:30	5.00	13.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:40	6.00	19.00	1.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00
01:10	14.00	33.00	2.00	4.50	0.30	0.30	0.00	0.00
01:40	19.50	52.50	2.50	7.00	0.50	0.80	0.50	0.50
02:10	13.00	65.50	6.40	13.40	0.80	1.60	0.00	0.50
02:40	10.00	75.50	6.00	19.40	1.00	2.60		
03:10	1.00	76.50	5.00	24.40	1.00	3.60		
03:40	0.00	76.50	4.50	28.90	0.10	3.70		
04:10			4.50	33.40	0.00	3.70		
04:40			4.00	37.40				
05:10			3.00	40.40				
05:40			0.00	40.40				
06:10								
06:40								
W	5.63		4.53		4.30		4.16	
M	60.00		60.00		60.00		60.00	
S	30.82		31.39		32.13		31.25	
C	2892.04		2369.95		2302.72		2166.87	
Exudacion (%)	2.65		1.70		0.16		0.02	

W Agua utilizada en la tanda

M Masa total de la mezcla

S Masa de la muestra

C W/MxS

Exudacion (%) = Volumen acumulado x 100/C

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua:

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.60

CUADRO 8.19

TIEMPO h:m	0% ADITIVO		0.80% ADITIVO		1.10% ADITIVO		1.40% ADITIVO	
	VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)		VOLUMEN (cc)	
	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL	PARCIAL	ACUMUL
00:00	0.00		0.00		0.00		0.00	
00:10	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:20	4.00	5.50	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00
00:30	5.00	10.50	0.00	0.00	5.00	6.50	0.00	0.00
00:40	11.00	21.50	0.80	0.80	12.00	18.50	0.00	0.00
01:10	21.00	42.50	6.00	6.80	8.00	26.50	0.00	0.00
01:40	22.00	64.50	7.00	13.80	7.00	33.50	0.00	0.00
02:10	17.00	81.50	10.50	24.30	5.00	38.50	0.00	0.00
02:40	18.00	99.50	6.00	30.30	5.00	43.50	0.00	0.00
03:10	9.00	108.50	5.50	35.80	3.00	46.50	0.50	0.50
03:40	6.00	114.50	5.00	40.80	2.00	48.50	0.00	0.50
04:10	0.00	114.50	5.00	45.80	2.00	50.50		
04:40			4.50	50.30	1.00	51.50		
05:10			4.50	54.80	0.00	51.50		
05:40			4.00	58.80				
06:10			0.00	58.80				
06:40								
07:10								
W	5.50		4.53		4.30		4.22	
M	60.00		60.00		60.00		60.00	
S	31.12		31.16		31.31		31.53	
C	2852.30		2352.73		2243.74		2217.40	
Exudacion (%)	4.01		2.50		2.30		0.02	

W Agua utilizada en la tanda

M Masa total de la mezcla

S Masa de la muestra

C W/MxS

Exudacion (%) = Volumen acumulado x 100/C

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua;

Aditivo : EUCON 537

VARIACION COMPARATIVA DE LA EXUDACION

CUADRO N° 8.20

A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	EXUDACION %	TIEMPO (horas)	VARIACION %
0.50	Patron		1.62	02:40	100.00
	0.80%	20.26	0.85	04:10	52.47
	1.10%	24.67	0.00	00:00	0.00
	1.40%	26.87	0.00	00:00	0.00
0.55	Patron		2.65	03:10	100.00
	0.80%	19.56	1.70	05:10	64.15
	1.10%	24.00	0.16	03:40	6.04
	1.40%	26.22	0.02	01:40	0.75
0.60	Patron		4.01	03:40	100.00
	0.80%	17.73	2.50	05:40	62.34
	1.10%	22.27	2.30	04:40	57.36
	1.40%	23.18	0.02	03:10	0.50

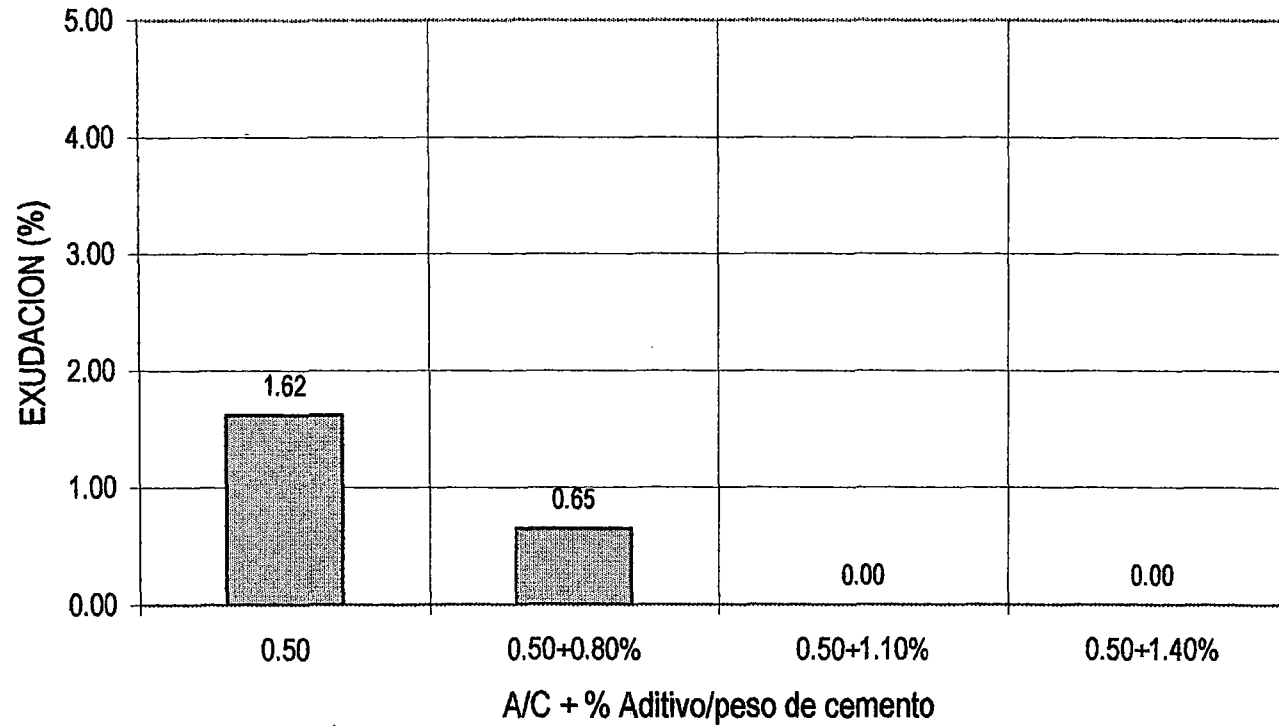
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DE LA EXUDACION
A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.27



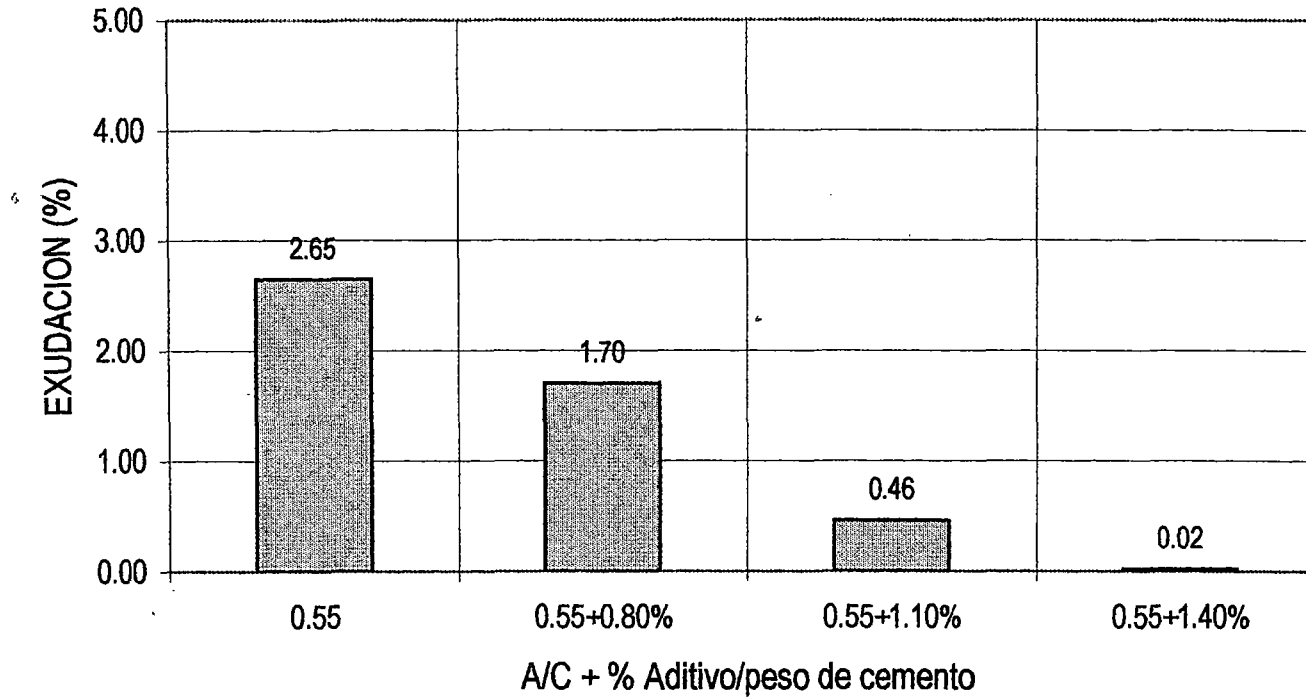
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA EXUDACION
A/C = 0.55**

GRAFICO N° 8.28



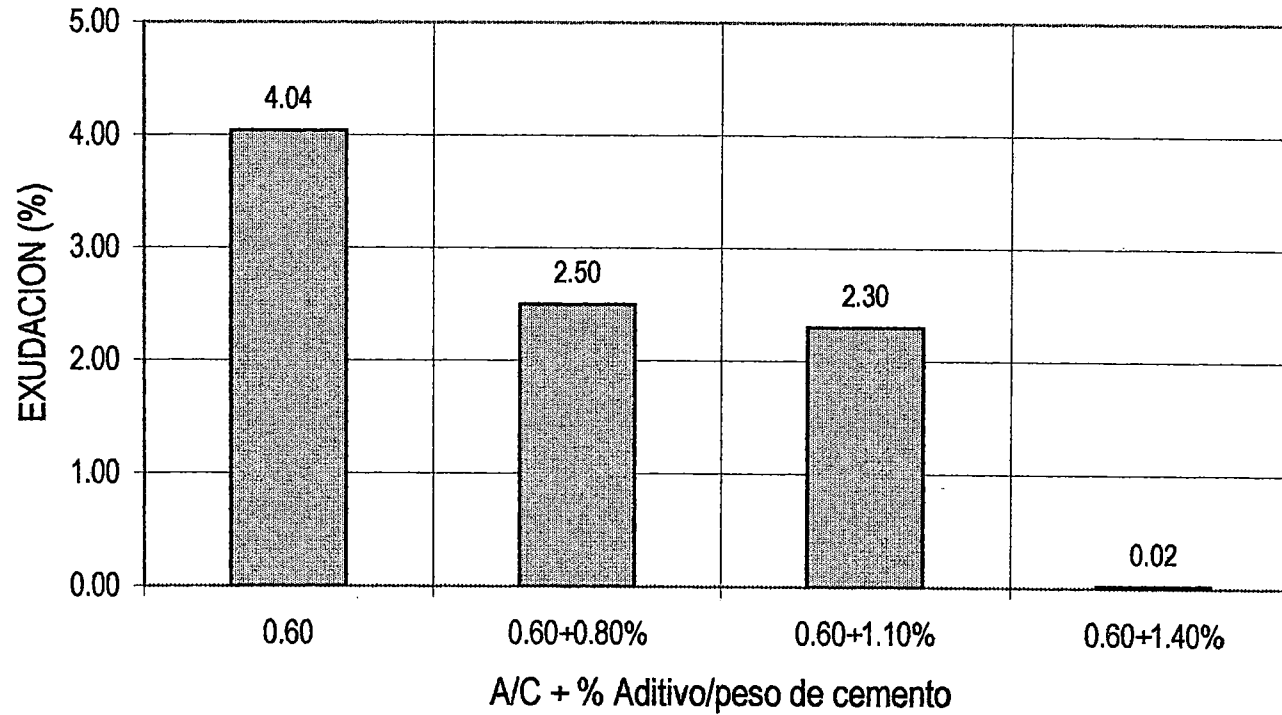
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA EXUDACION
A/C = 0.60**

GRAFICO N° 8.29



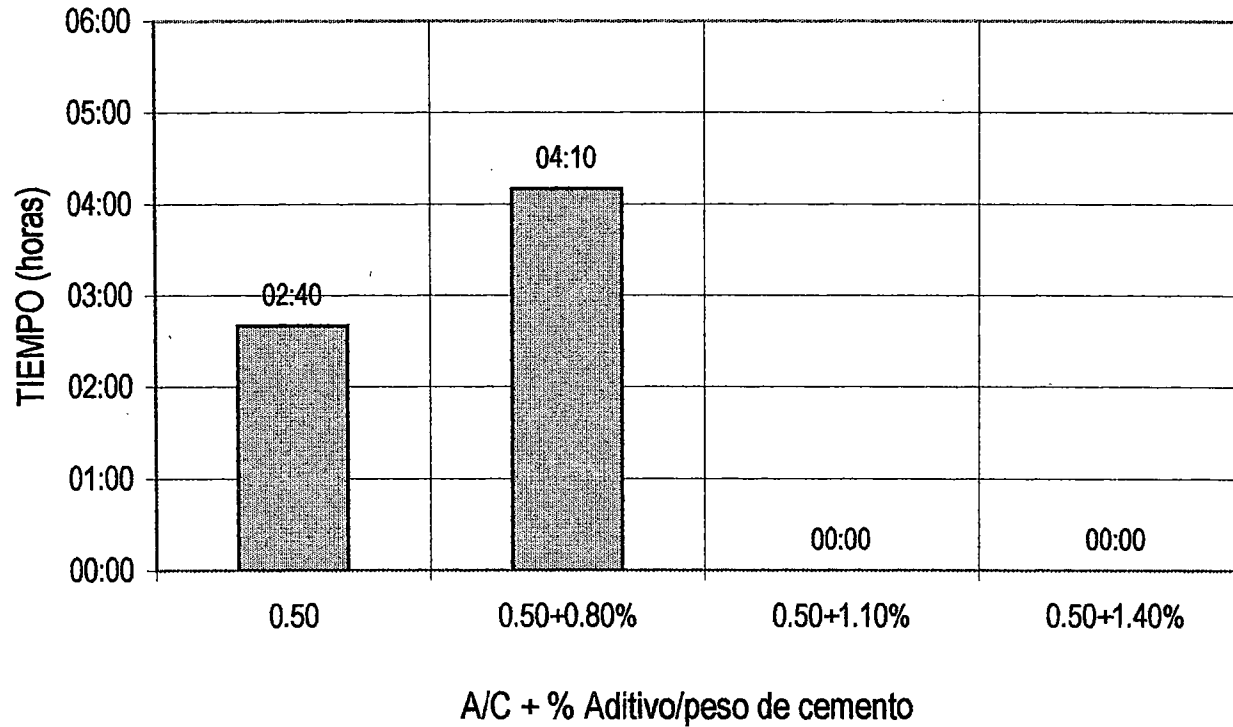
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE EXUDACION
A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.30



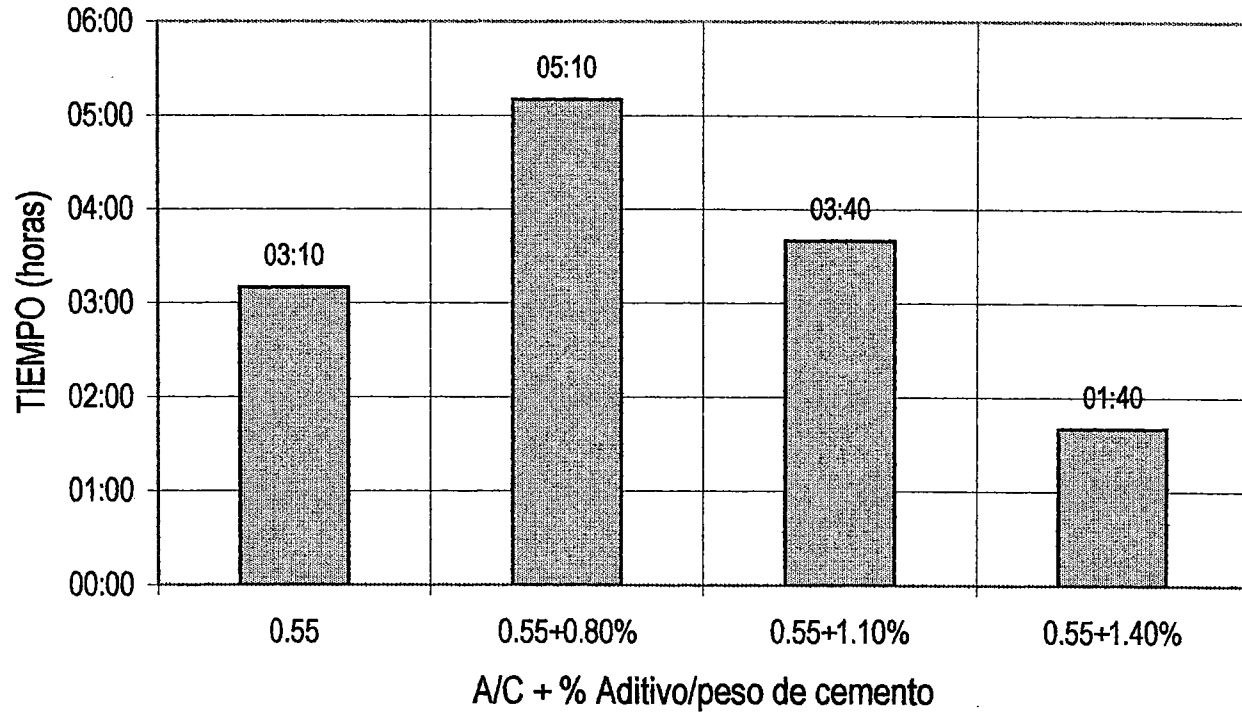
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DEL TIEMPO DE EXUDACION
A/C = 0.55

GRAFICO N° 8.31



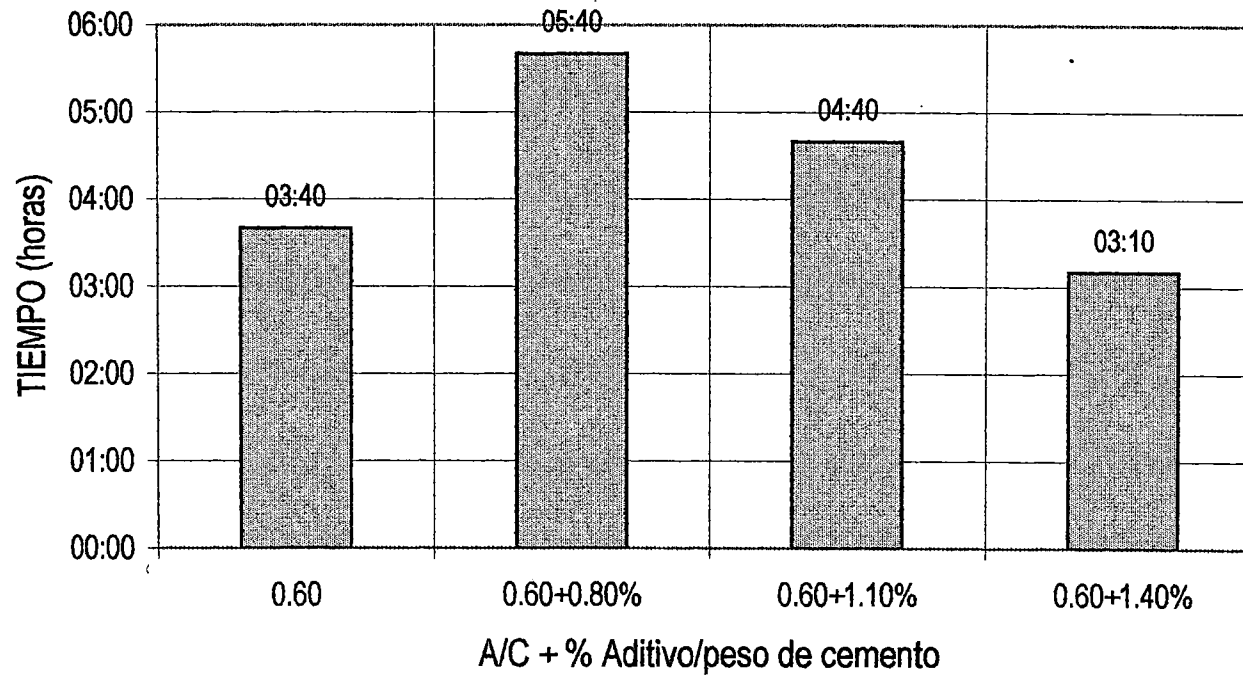
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DEL TIEMPO DE EXUDACION
A/C = 0.60**

GRAFICO N° 8.32



LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION COMPARATIVA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN KG/CM²

CUADRO N° 8.21

A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	EDAD				
			1 DIA	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIA
0.50	Patron		105	203	270	332	365
	0.80%	20.26	197	310	380	420	460
	1.10%	24.67	210	355	440	480	490
	1.40%	26.87	110	290	450	490	530
0.55	Patron		102	185	235	285	320
	0.80%	19.56	115	292	335	390	450
	1.10%	24.00	195	345	412	435	456
	1.40%	26.22	145	295	420	450	460
0.60	Patron		88	140	180	230	305
	0.80%	17.73	135	260	320	375	420
	1.10%	22.27	165	325	360	400	430
	1.40%	23.18	88	260	370	420	435

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION COMPARATIVA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PORCENTAJE

CUADRO N° 8.22

A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	EDAD				
			1 DÍA	3 DÍAS	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍA
0.50	Patron		100	100	100	100	100
	0.80%	20.26	188	153	141	127	126
	1.10%	24.67	200	175	163	145	134
	1.40%	26.87	105	143	167	148	145
0.55	Patron		100	100	100	100	100
	0.80%	19.56	113	158	143	137	141
	1.10%	24.00	191	186	175	153	143
	1.40%	26.22	142	159	179	158	144
0.60	Patron		100	100	100	100	100
	0.80%	17.73	153	186	178	163	138
	1.10%	22.27	188	232	200	174	141
	1.40%	23.18	100	186	206	183	143

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION COMPARATIVA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PORCENTAJE RESPECTO AL CONCRETO PATRON

CUADRO N° 8.23

A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	EDAD				
			1 DIA	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIA
0.50	Patron		29	56	74	91	100
	0.80%	20.26	54	85	104	115	126
	1.10%	24.67	58	97	121	132	134
	1.40%	26.87	30	79	123	134	145
0.55	Patron		32	58	73	89	100
	0.80%	19.56	36	91	105	122	141
	1.10%	24.00	61	108	129	136	143
	1.40%	26.22	45	92	131	141	144
0.60	Patron		29	46	59	75	100
	0.80%	17.73	44	85	105	123	138
	1.10%	22.27	54	107	118	131	141
	1.40%	23.18	29	85	121	138	143

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION COMPARATIVA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PORCENTAJE RESPECTO A LA RESISTENCIA FINAL

CUADRO Nº 8.24

A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	EDAD				
			1 DIA	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIA
0.50	Patron		28.77	55.62	73.97	90.96	100.00
	0.80%	20.26	42.83	67.39	82.61	91.30	100.00
	1.10%	24.67	42.86	72.45	89.80	97.96	100.00
	1.40%	26.87	20.75	54.72	84.91	92.45	100.00
0.55	Patron		31.88	57.81	73.44	89.06	100.00
	0.80%	19.56	25.56	64.89	74.44	86.67	100.00
	1.10%	24.00	42.76	75.66	90.35	95.39	100.00
	1.40%	26.22	31.52	64.13	91.30	97.83	100.00
0.60	Patron		28.85	45.90	59.02	75.41	100.00
	0.80%	17.73	32.14	61.90	76.19	89.29	100.00
	1.10%	22.27	38.37	75.58	83.72	93.02	100.00
	1.40%	23.18	20.23	59.77	85.06	96.55	100.00

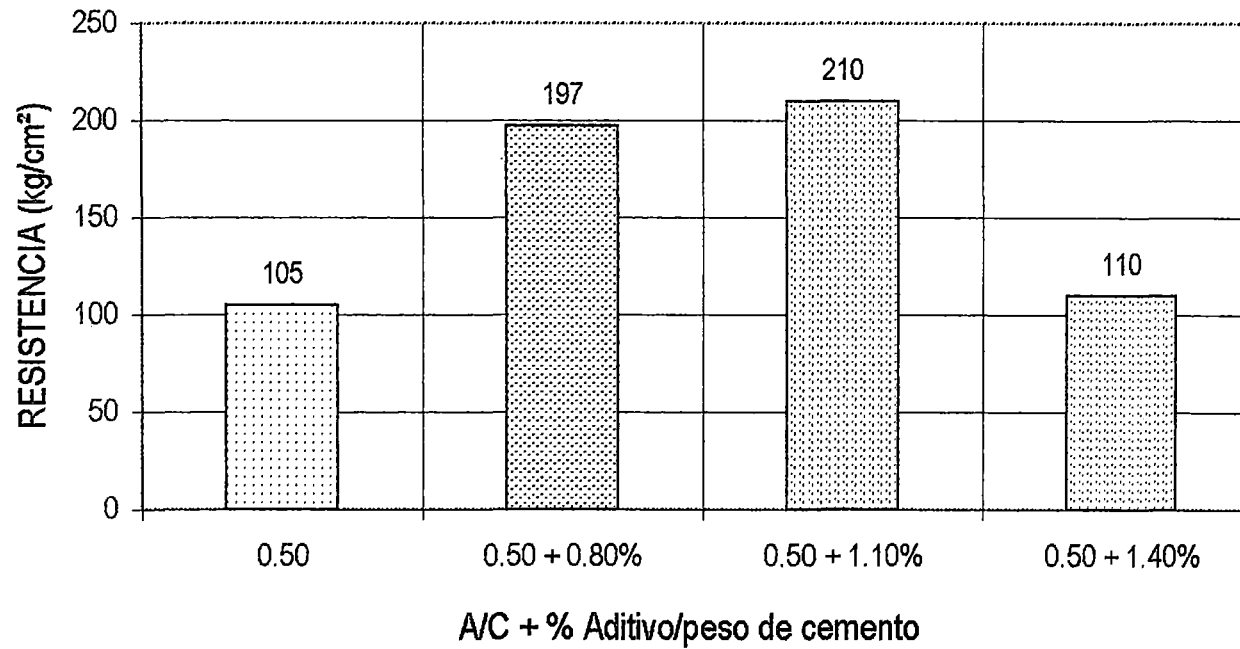
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 1 DIA
A/C =0.50**

GRAFICO N° 8.33



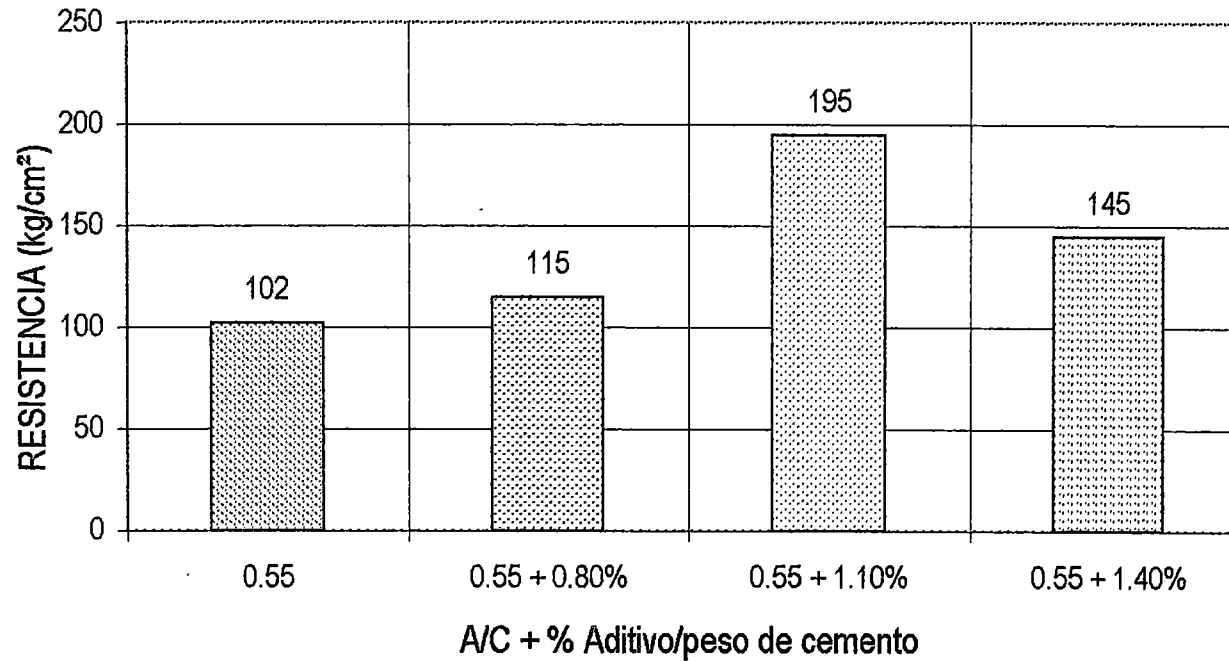
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 1 DIA
A/C=0.55

GRAFICO N° 8.34



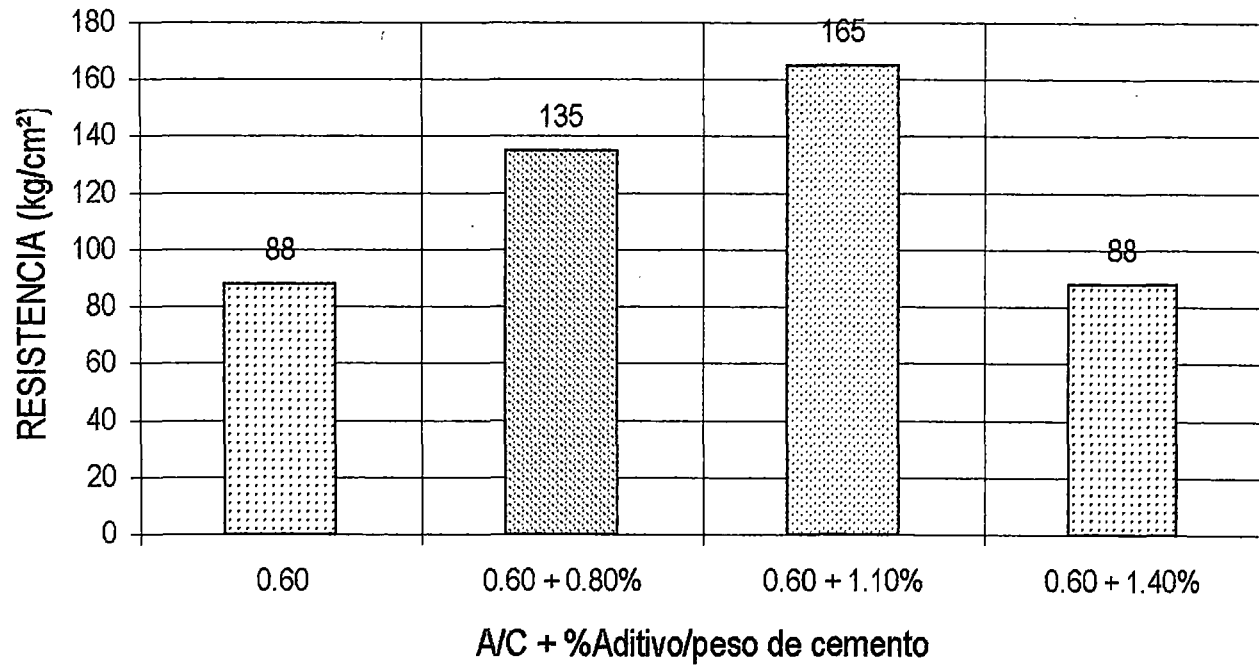
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 1 DIA
A/C=0.60**

GRAFICO N° 8.35



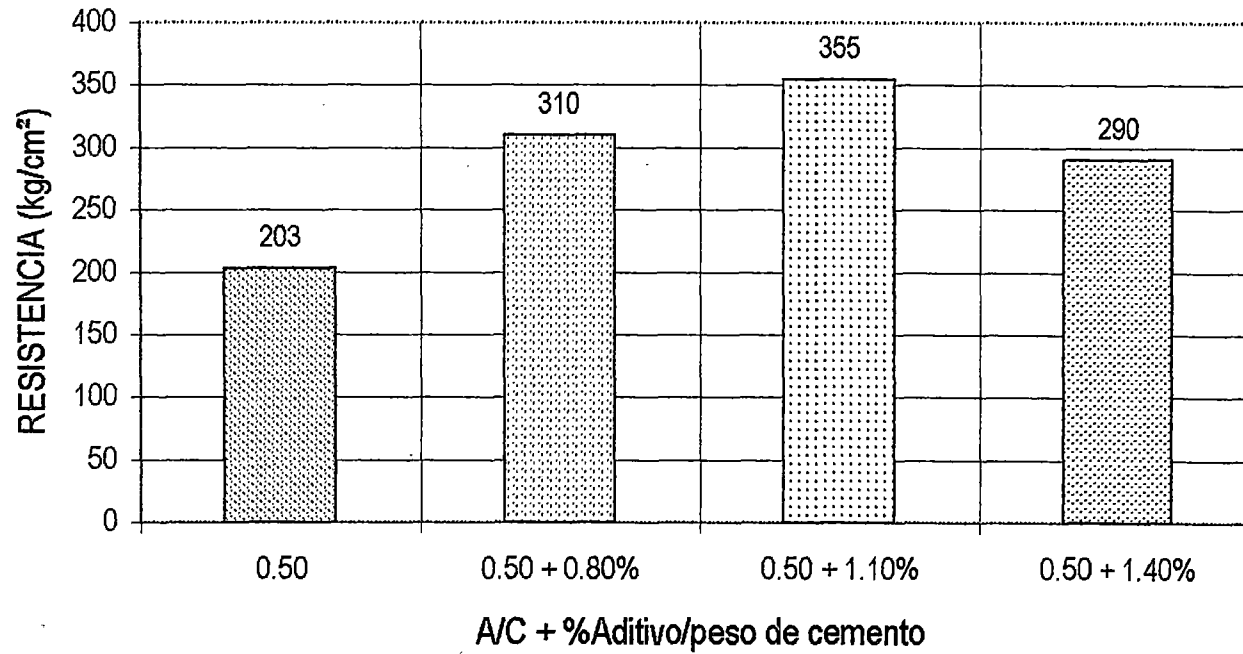
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 3 DIAS
A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.36



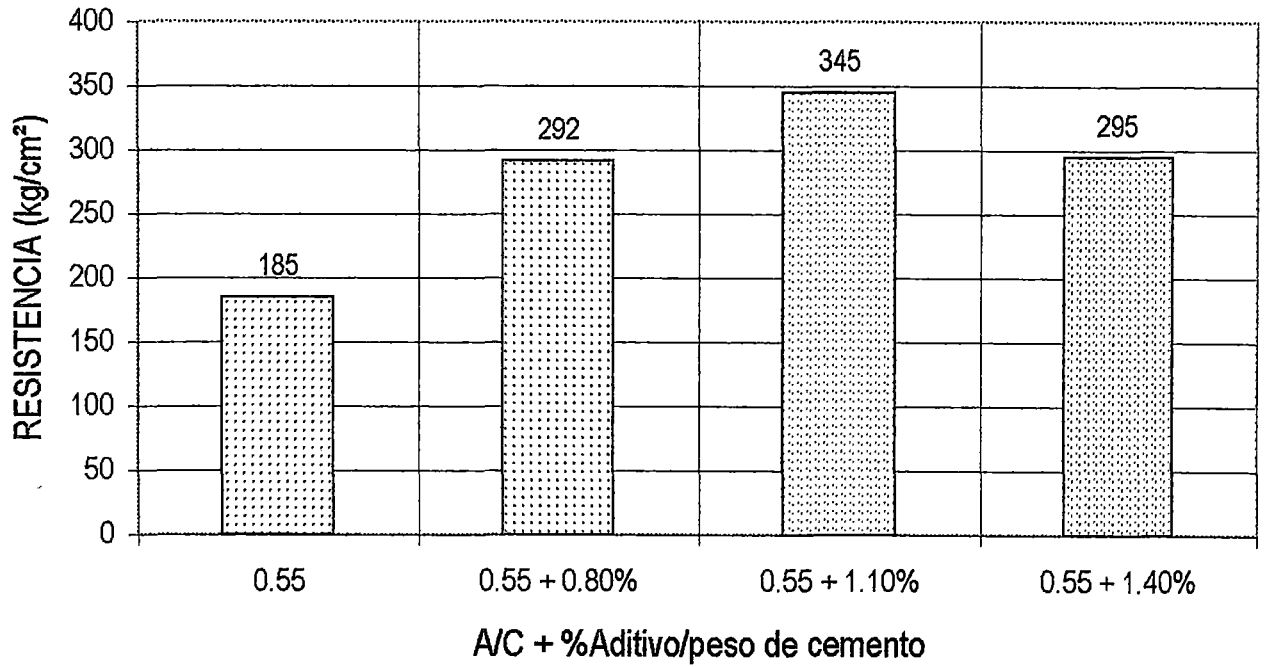
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 3 DIAS
A/C = 0.55**

GRAFICO N° 8.37



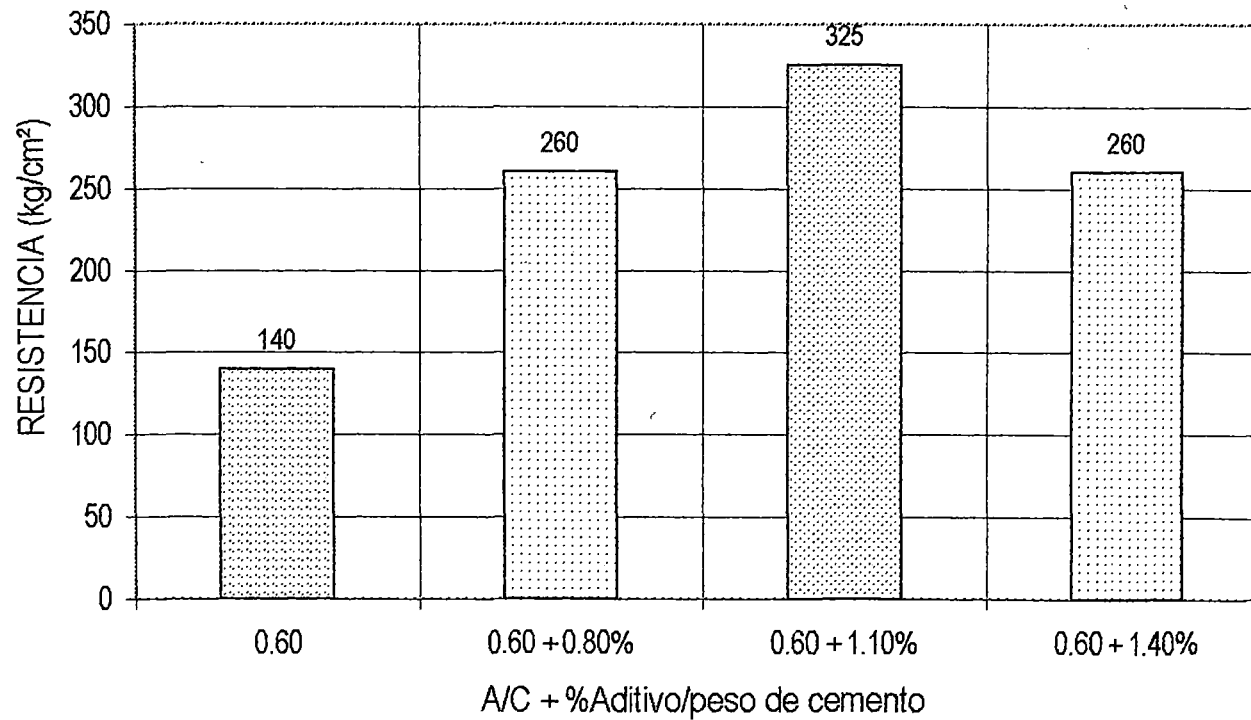
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 3 DIAS
A/C = 0.60**

GRAFICO N° 8.38



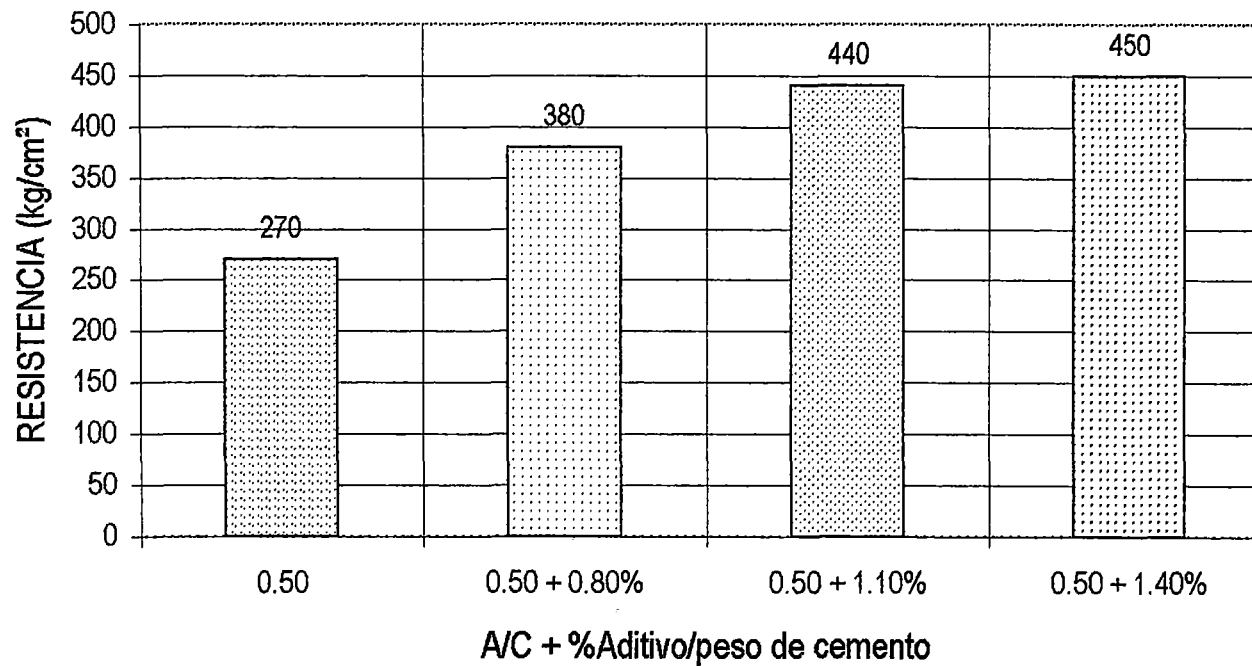
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 7 DIAS
A/C = 0.50**

GRAFICO N° 8.39



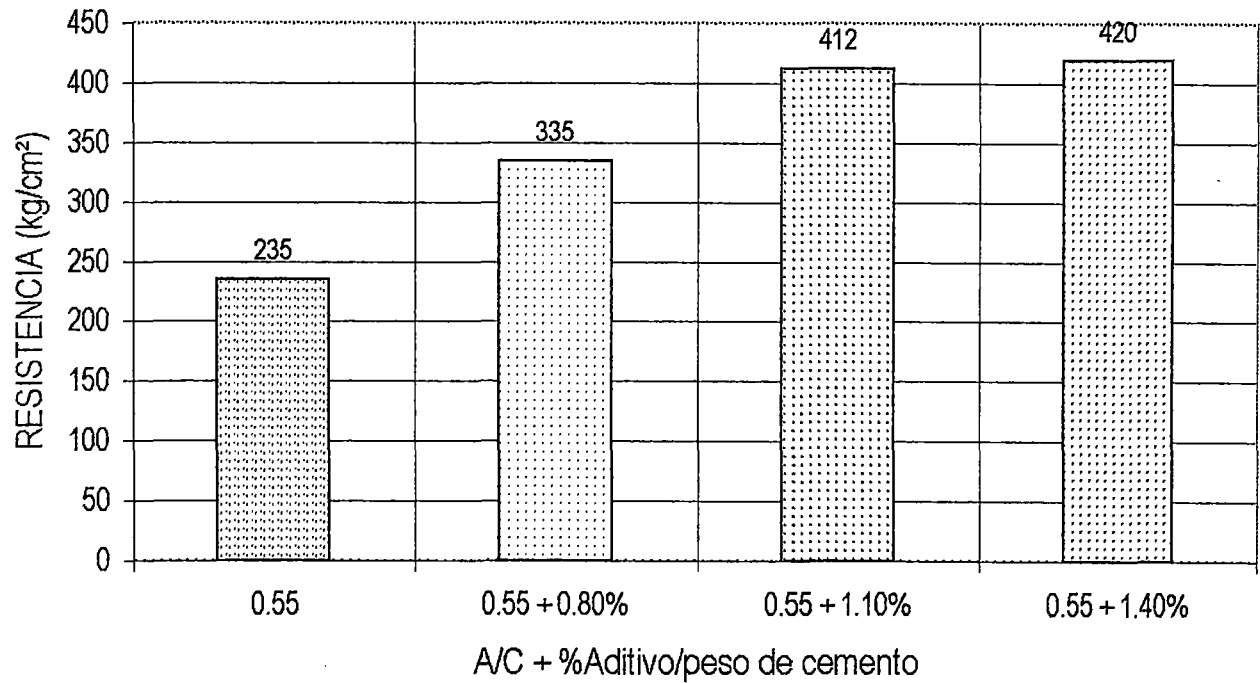
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 7 DIAS
A/C = 0.55

GRAFICO N° 8.40

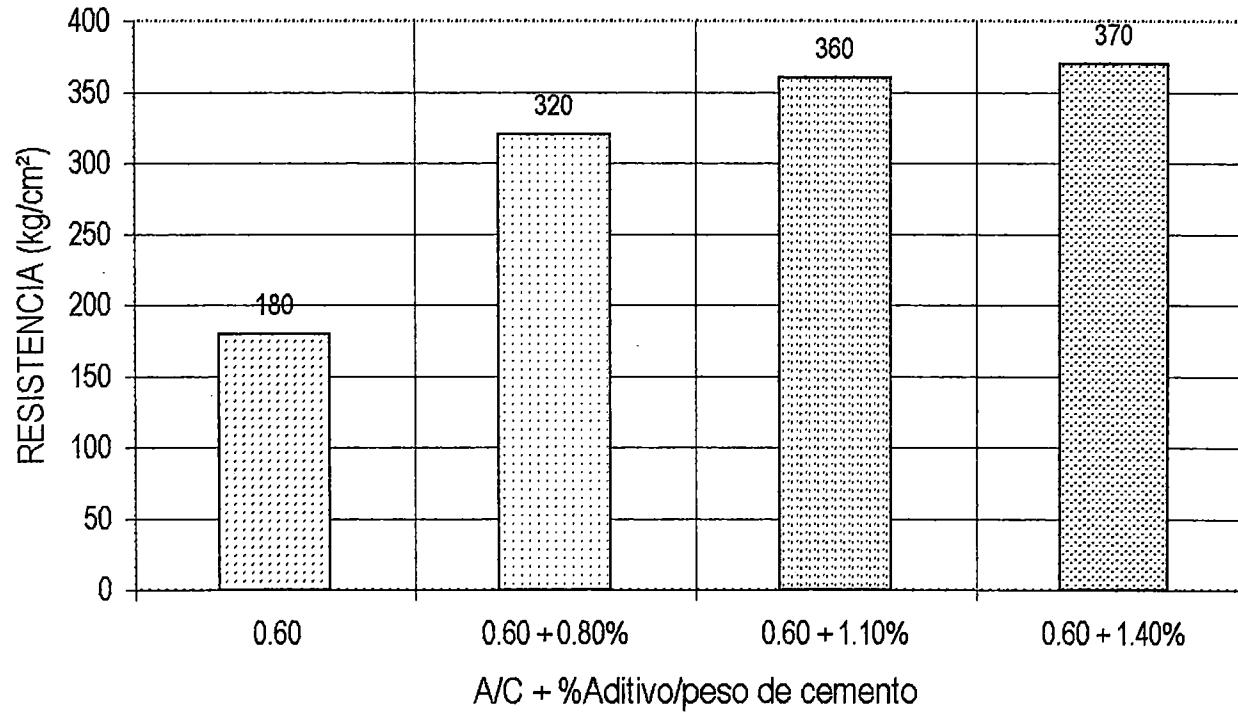


LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 7 DIAS
A/C = 0.60**

GRAFICO N° 8.41



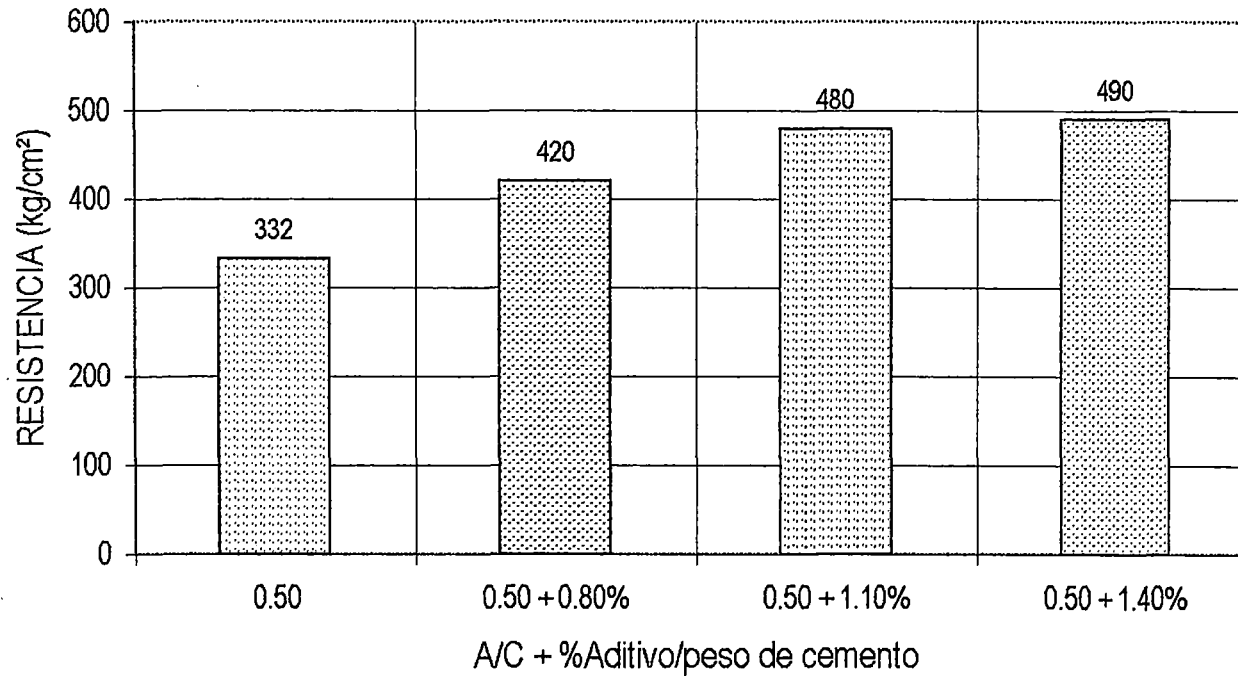
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 14 DIAS
A/C = 0.50

GRAFICO N° 8.42



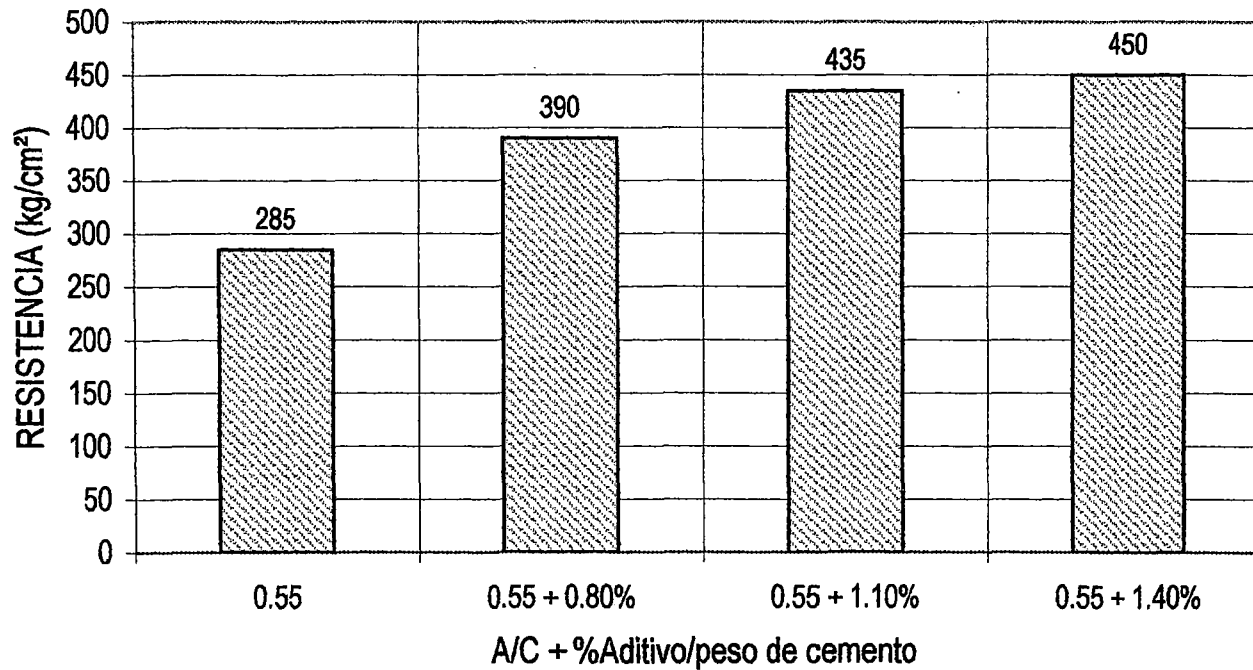
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA EDAD DE 14 DIAS
A/C = 0.55**

GRAFICO N° 8.43



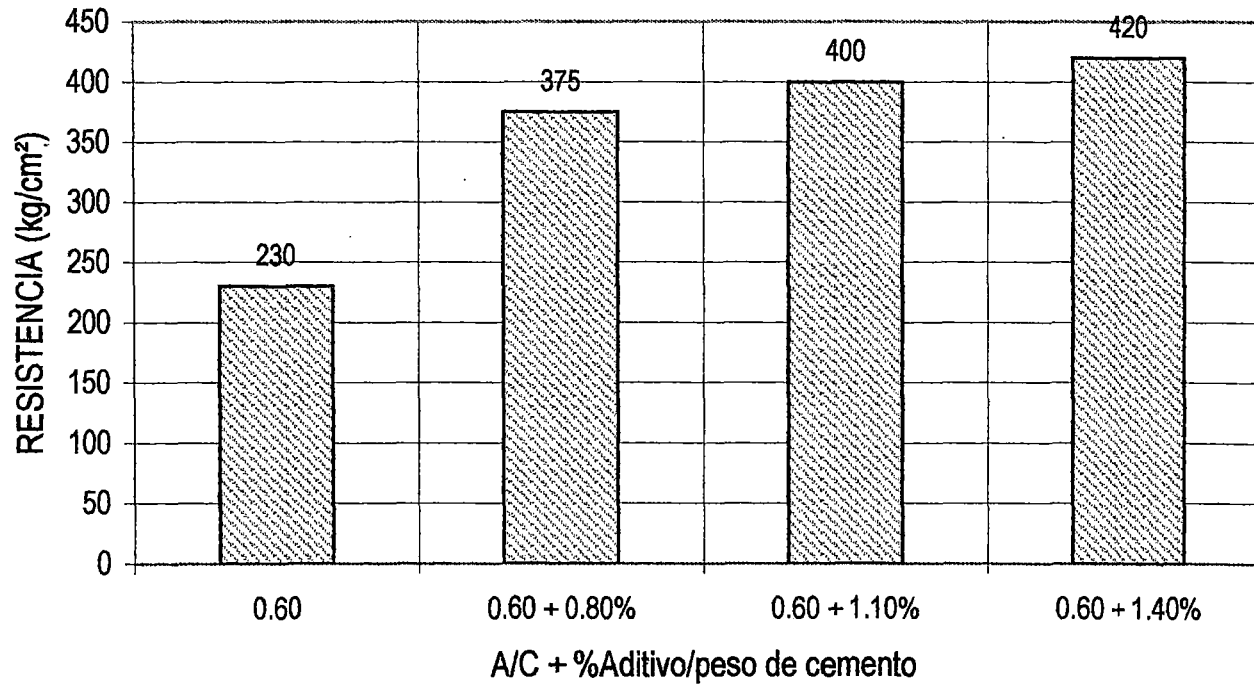
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 14 DIAS
A/C = 0.60**

GRAFICO Nº 8.44



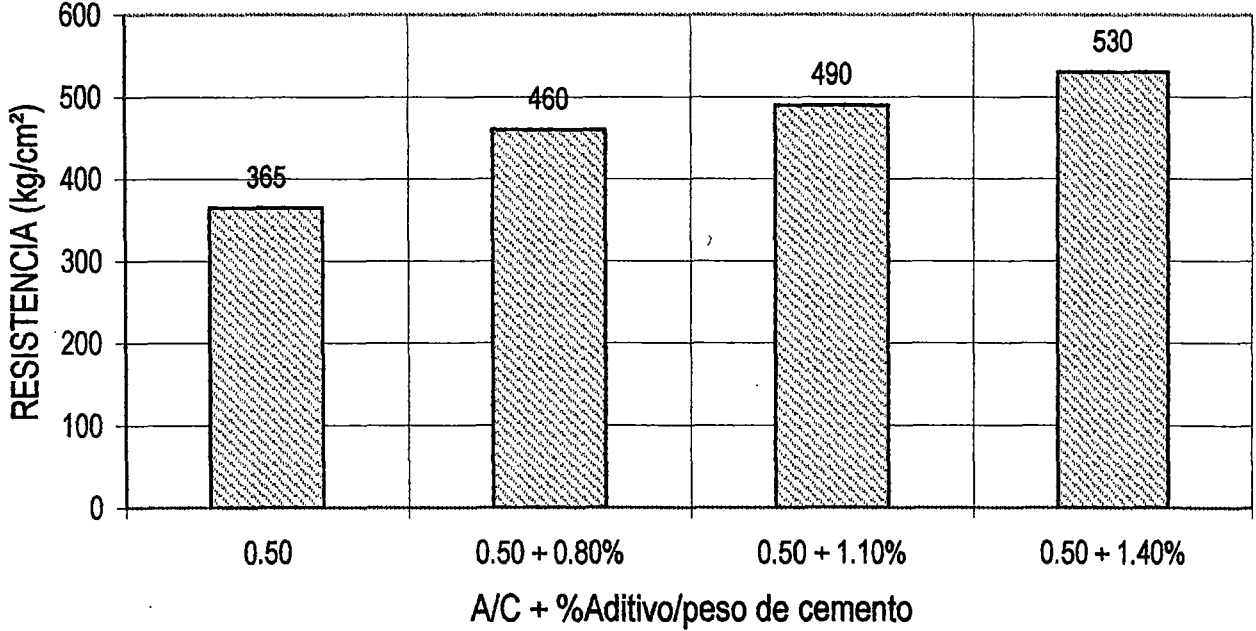
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 28 DIAS
A/C = 0.50**

GRAFICO N° 8.45

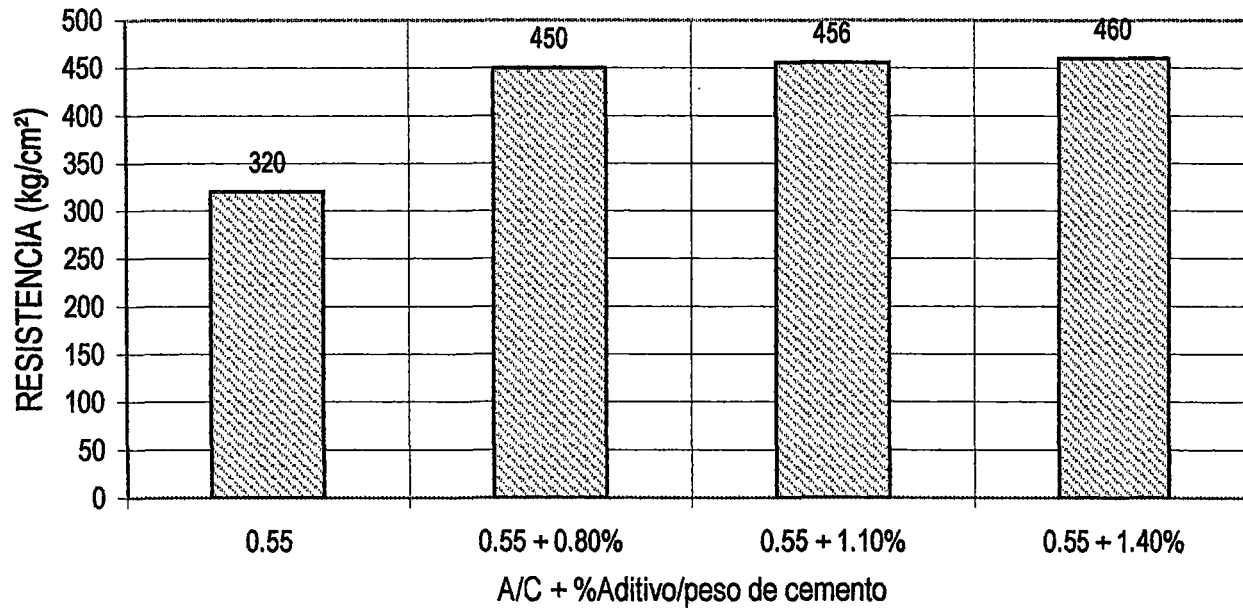


LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A
LA EDAD DE 28 DIAS
A/C = 0.55**

GRAFICO N° 8.46



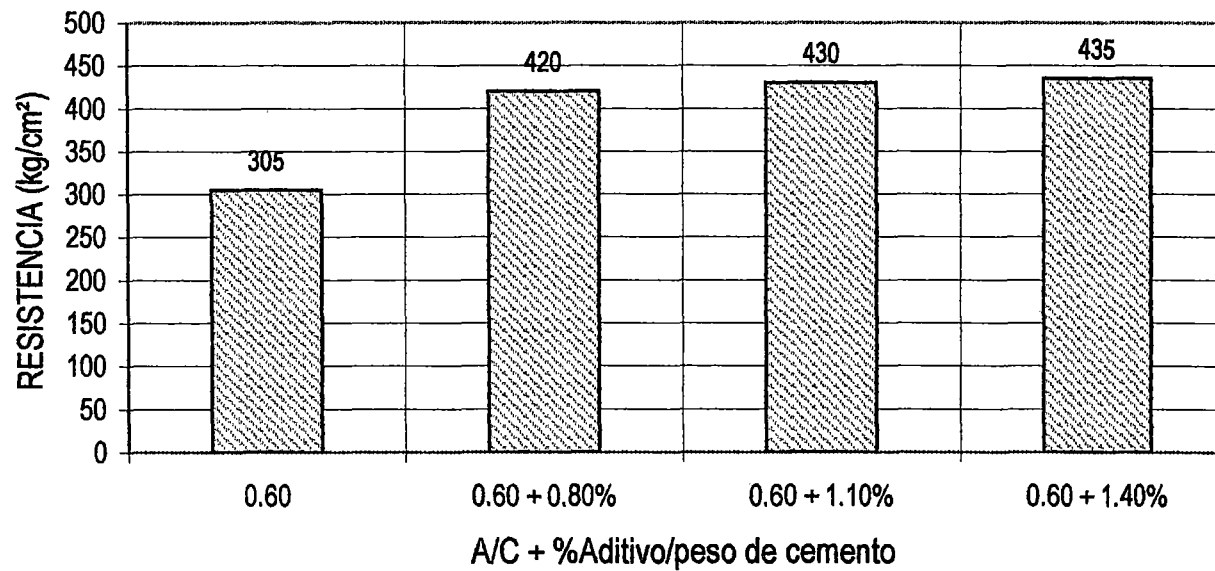
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA
EDAD DE 28 DIAS
A/C = 0.60**

GRAFICO Nº 8.47



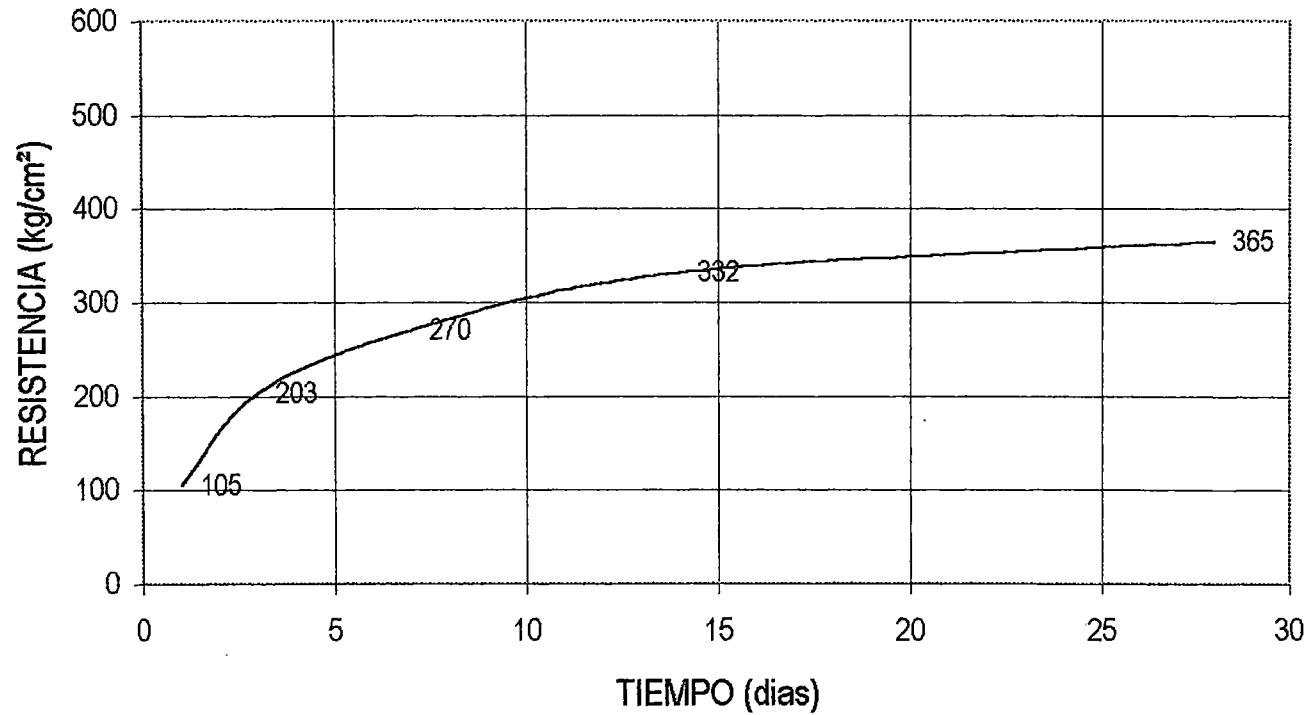
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.50**

GRAFICO N° 8.48



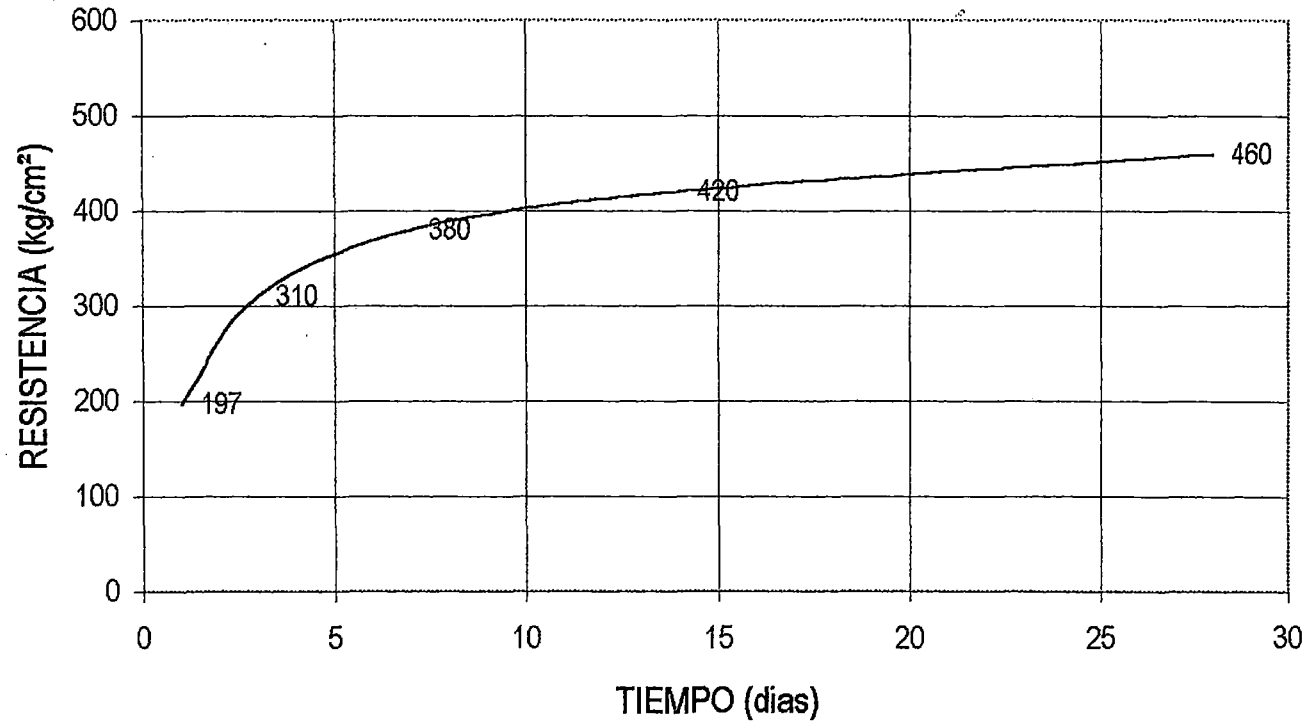
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.50 + 0.80% Aditivo/peso de cemento**

GRAFICO N° 8.49



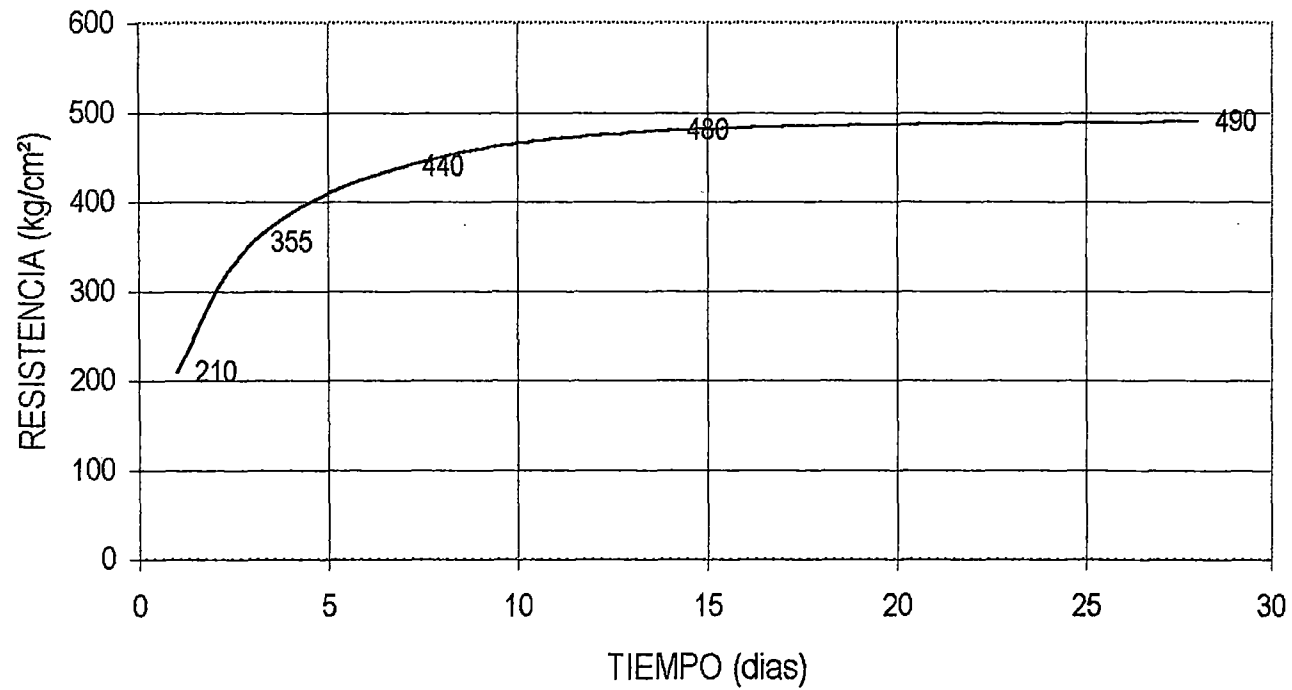
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.50 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.50



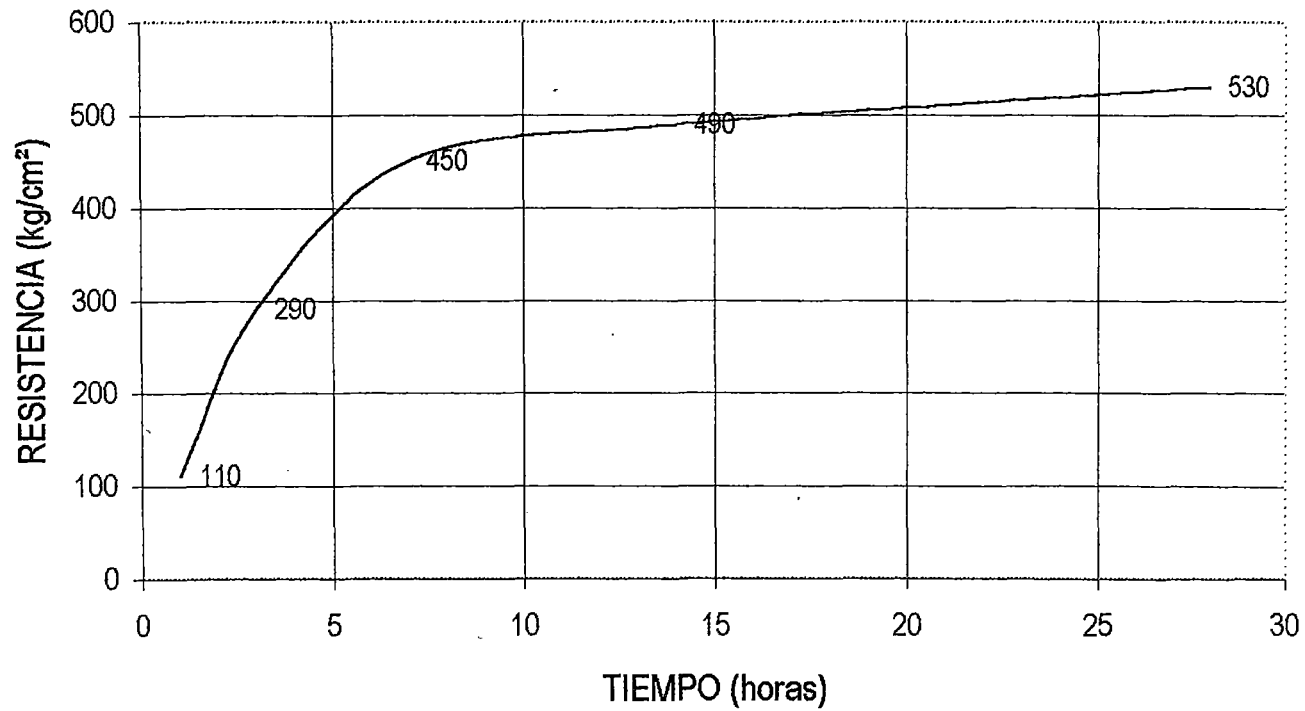
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.50 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.51



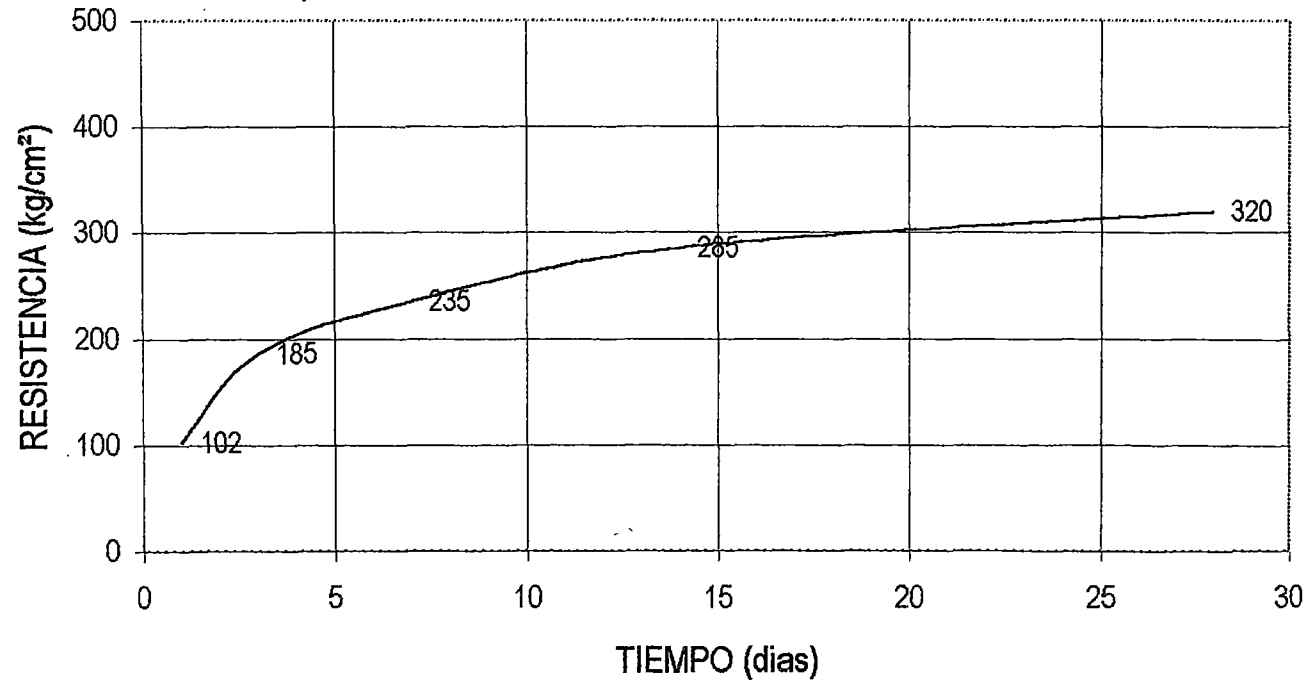
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A/C = 0.55

GRAFICO N° 8.52



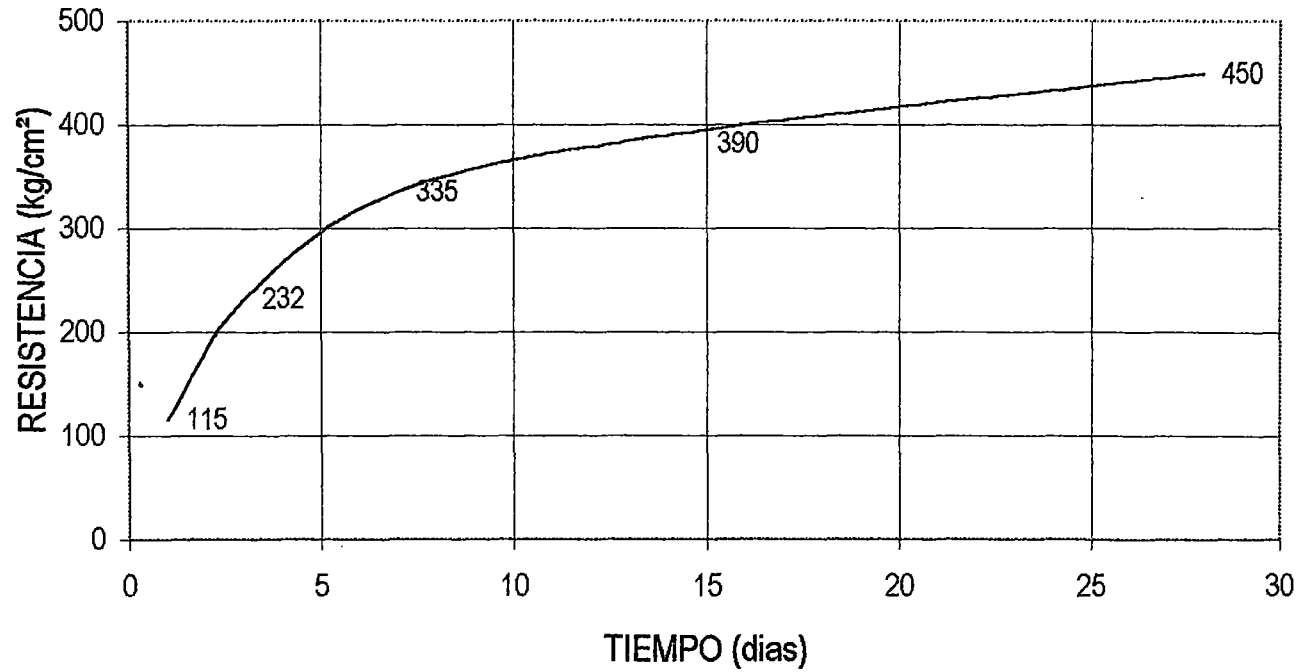
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.55 + 0.80% Aditivo/peso de cemento**

GRAFICO N° 8.53



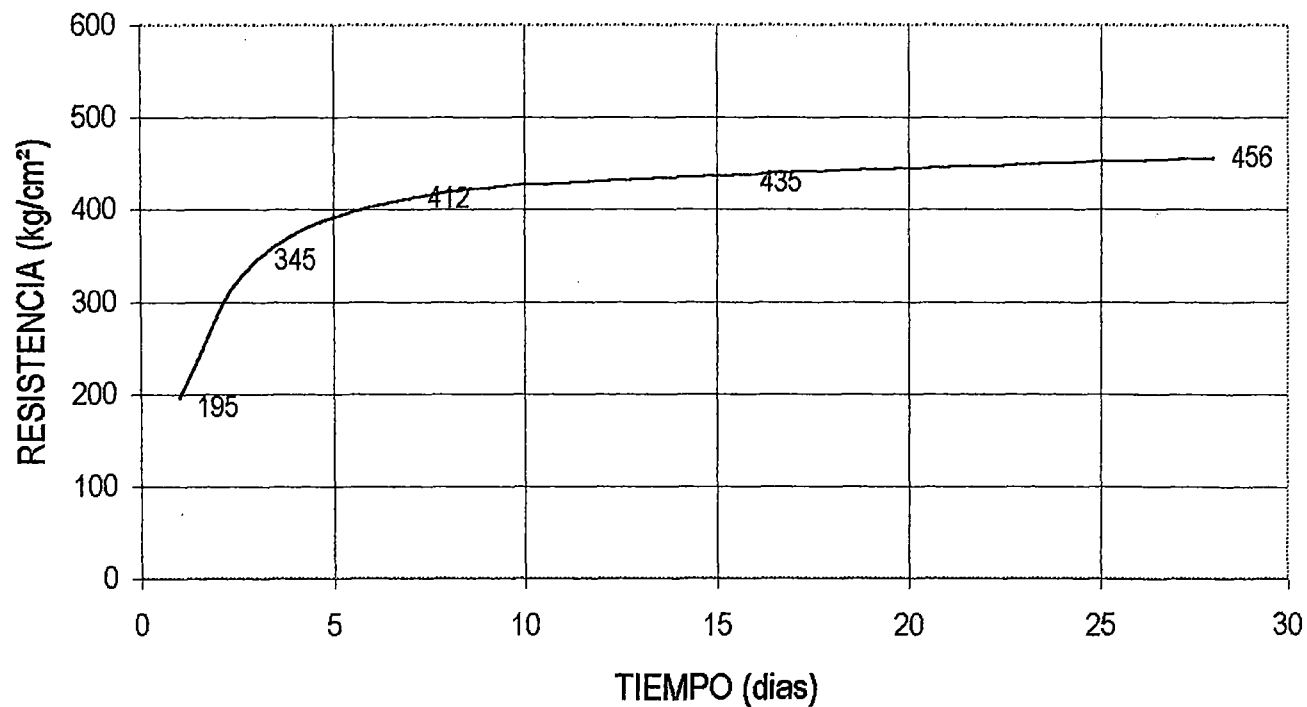
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.55 + 1.10% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.54



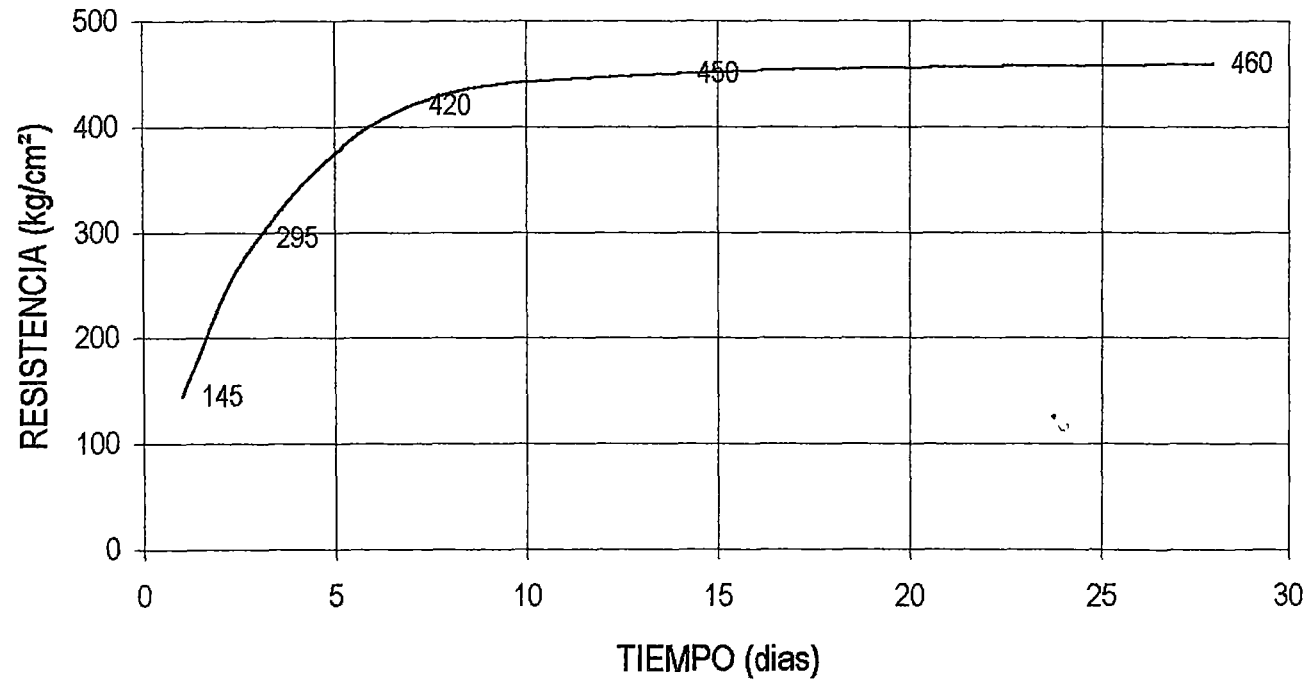
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.55 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.55



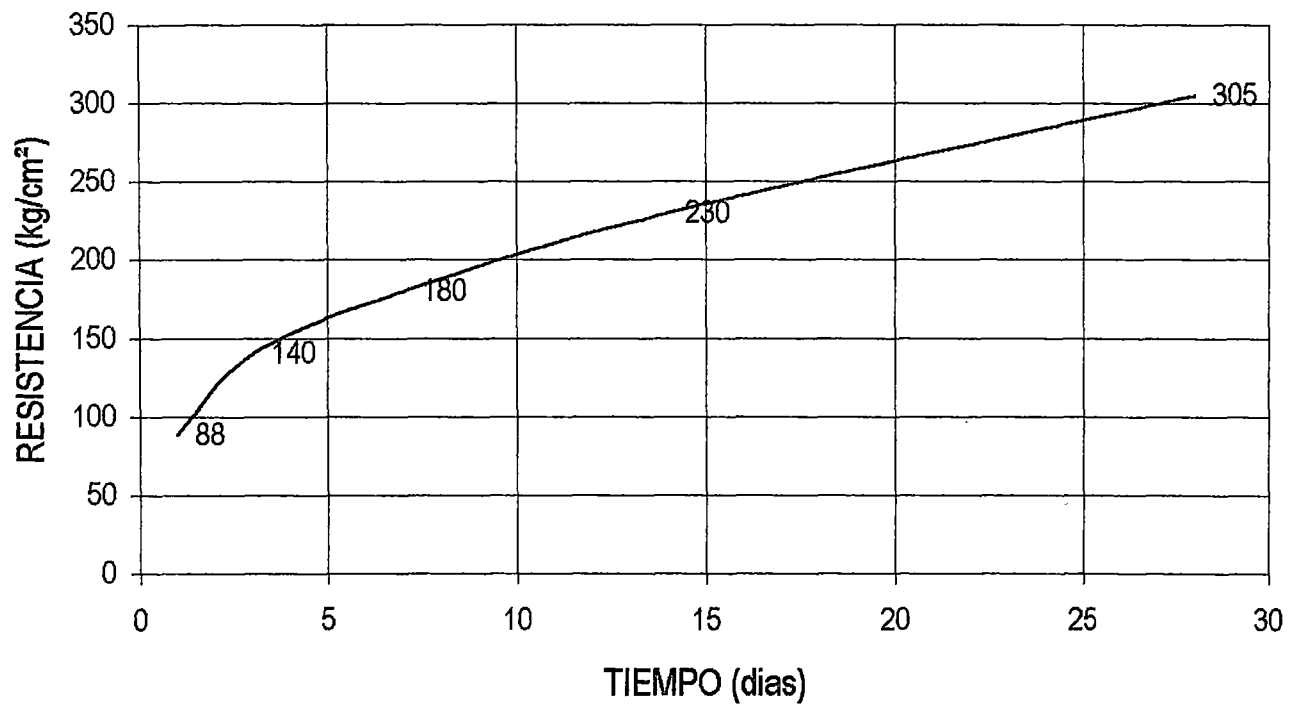
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A/C = 0.60

GRAFICO N° 8.56



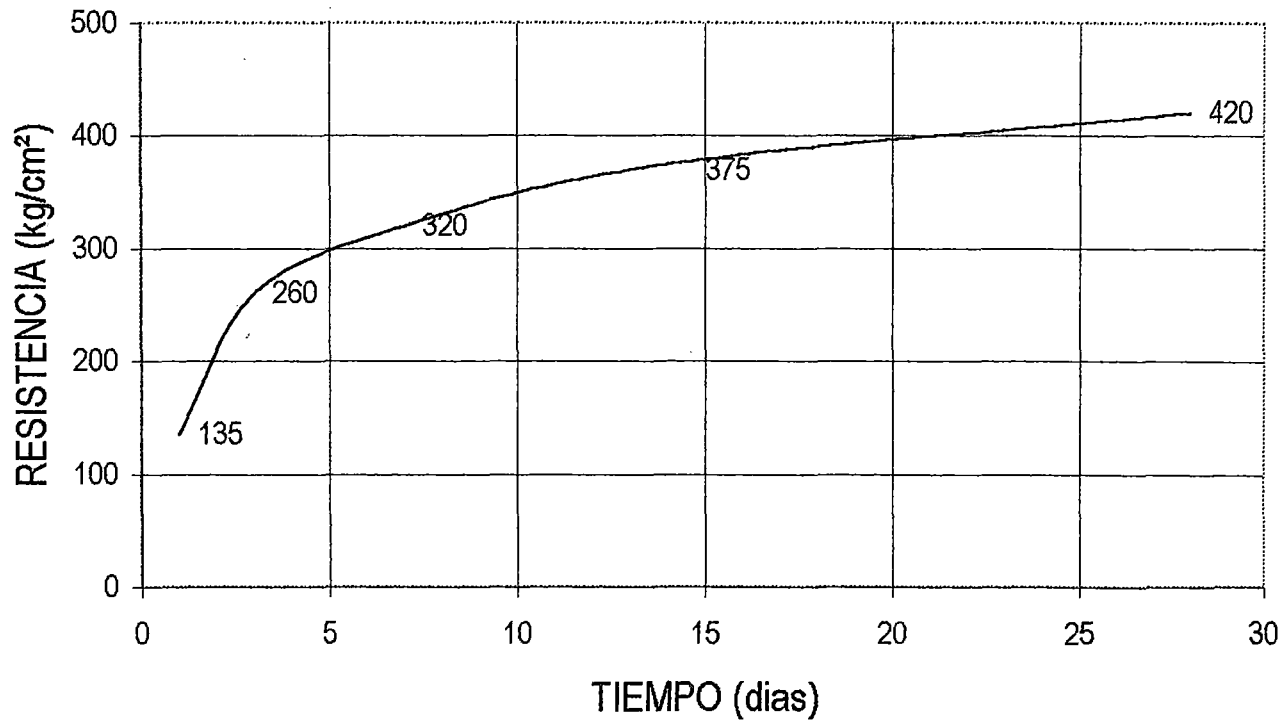
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.60 + 0.80% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.57



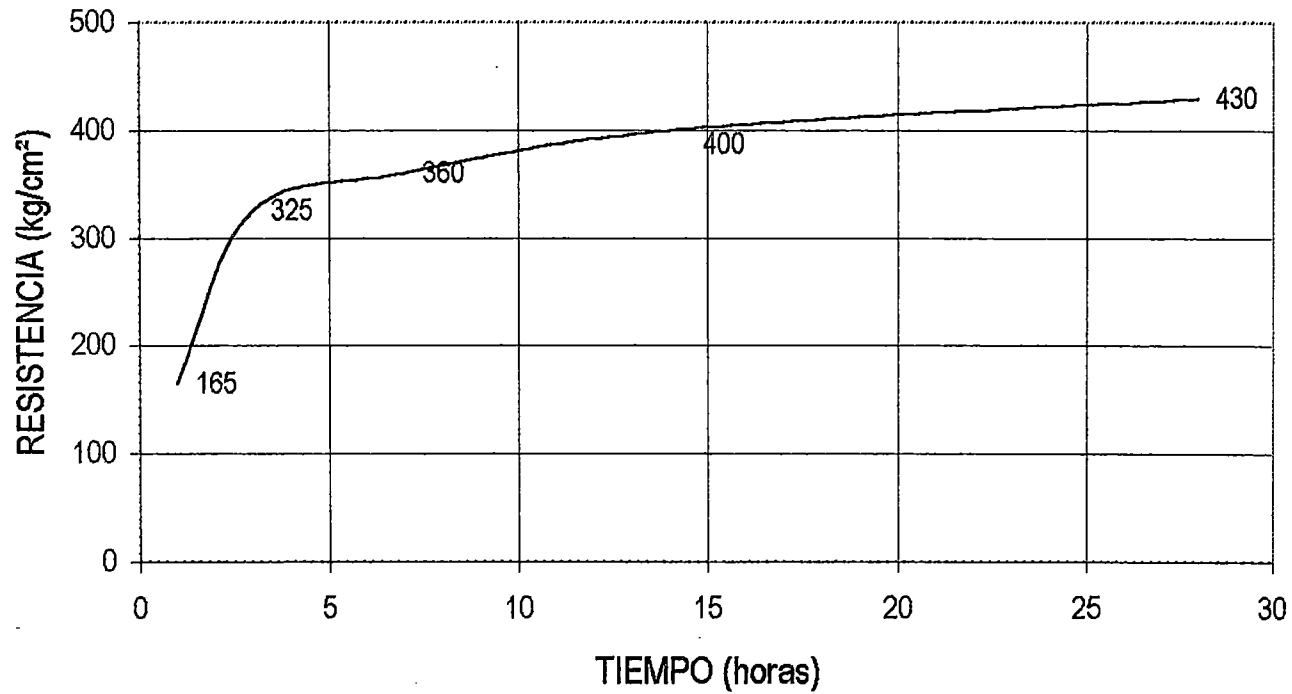
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.60 + 1.10 Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.58



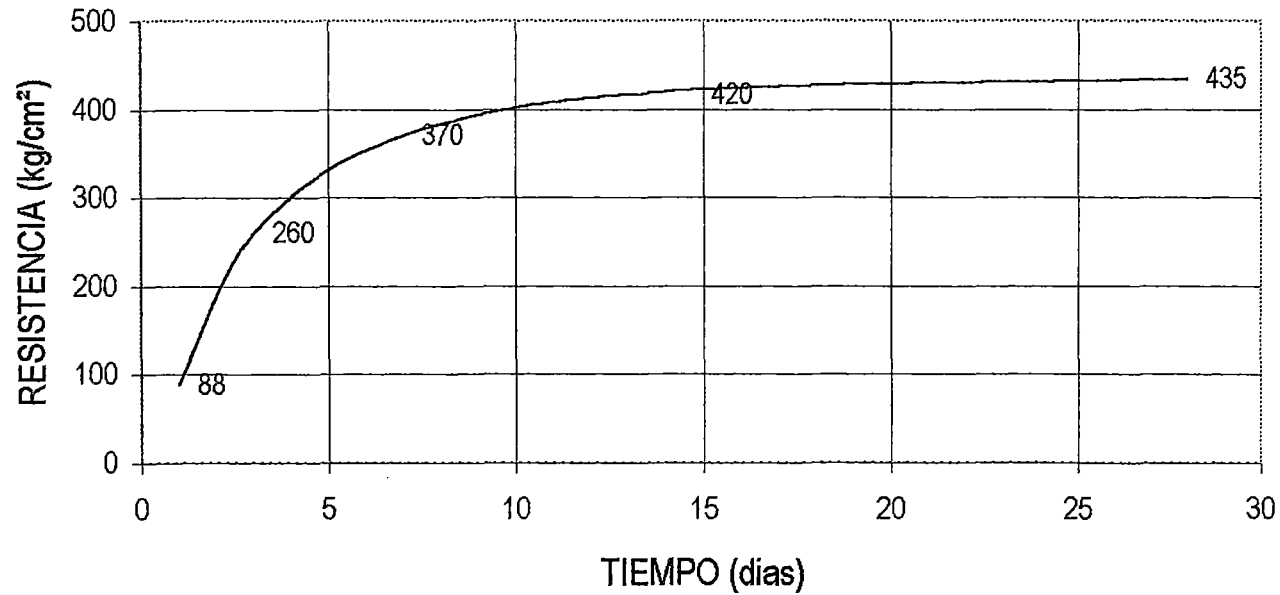
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
A/C = 0.60 + 1.40% Aditivo/peso de cemento

GRAFICO N° 8.59



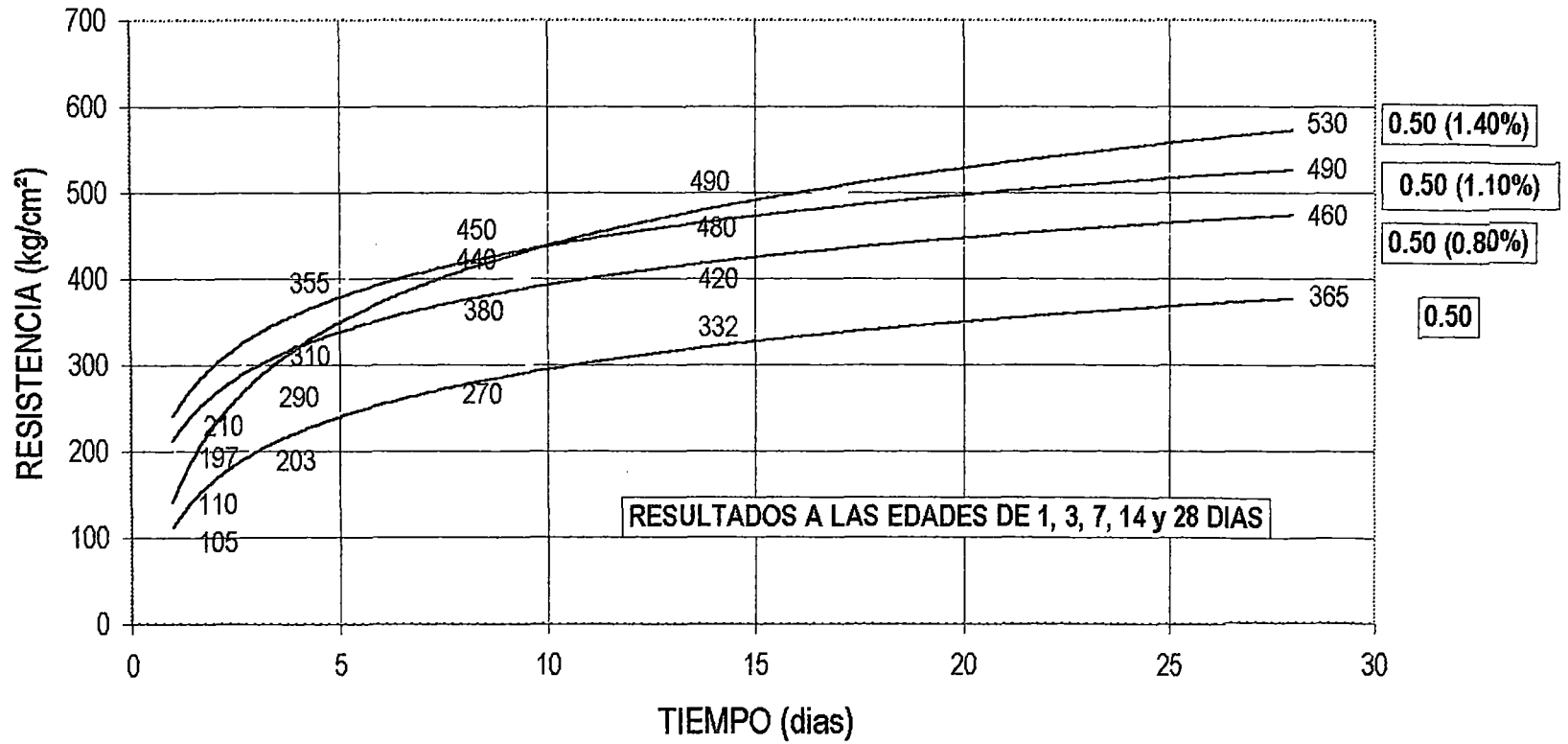
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**COMPARACION DE DESARROLLO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION
A/C = 0.50**

GRAFICO N° 8.60



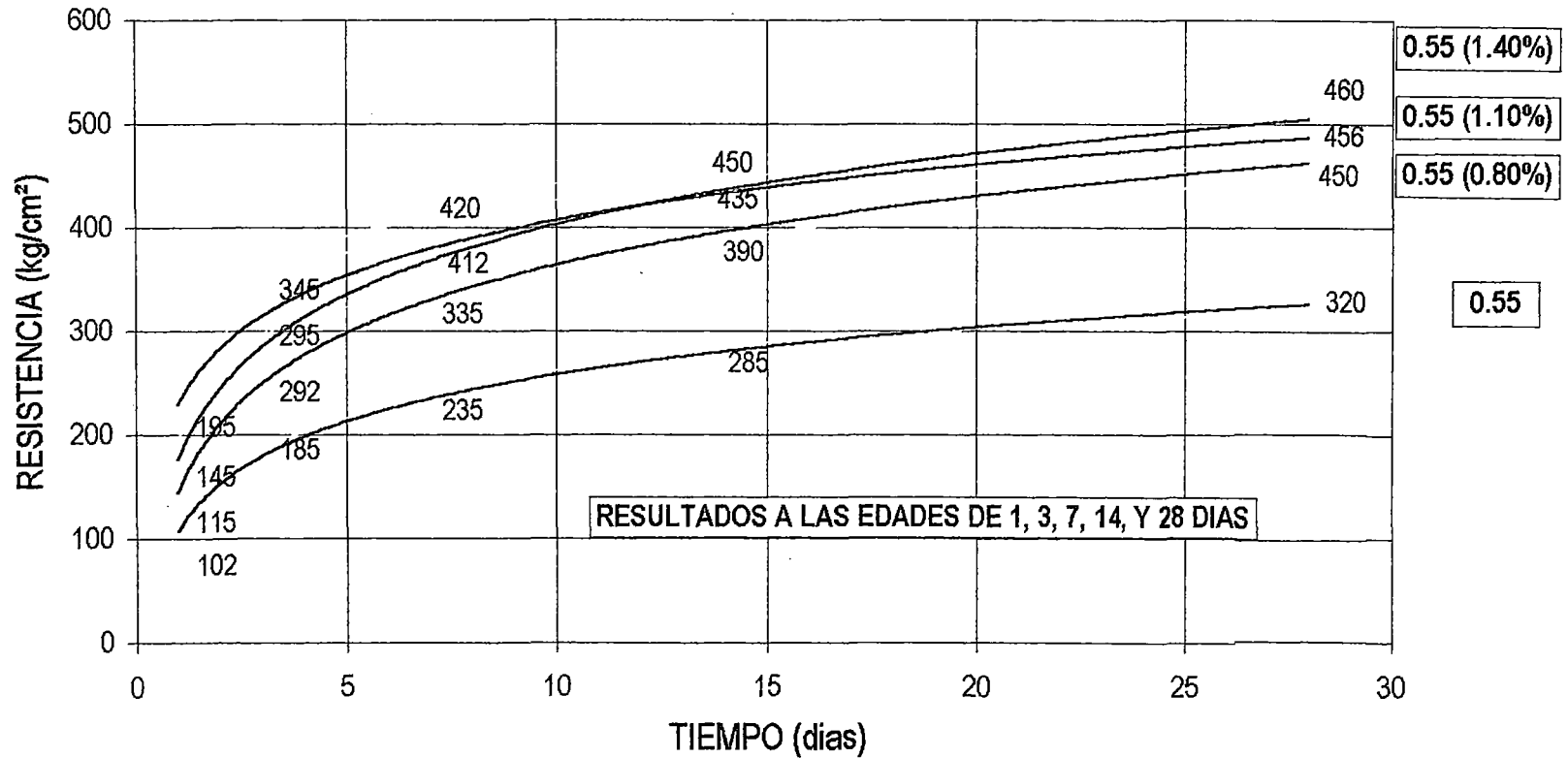
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**COMPARACION DE DESARROLLOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION
A/C = 0.55**

GRAFICO N° 8.61



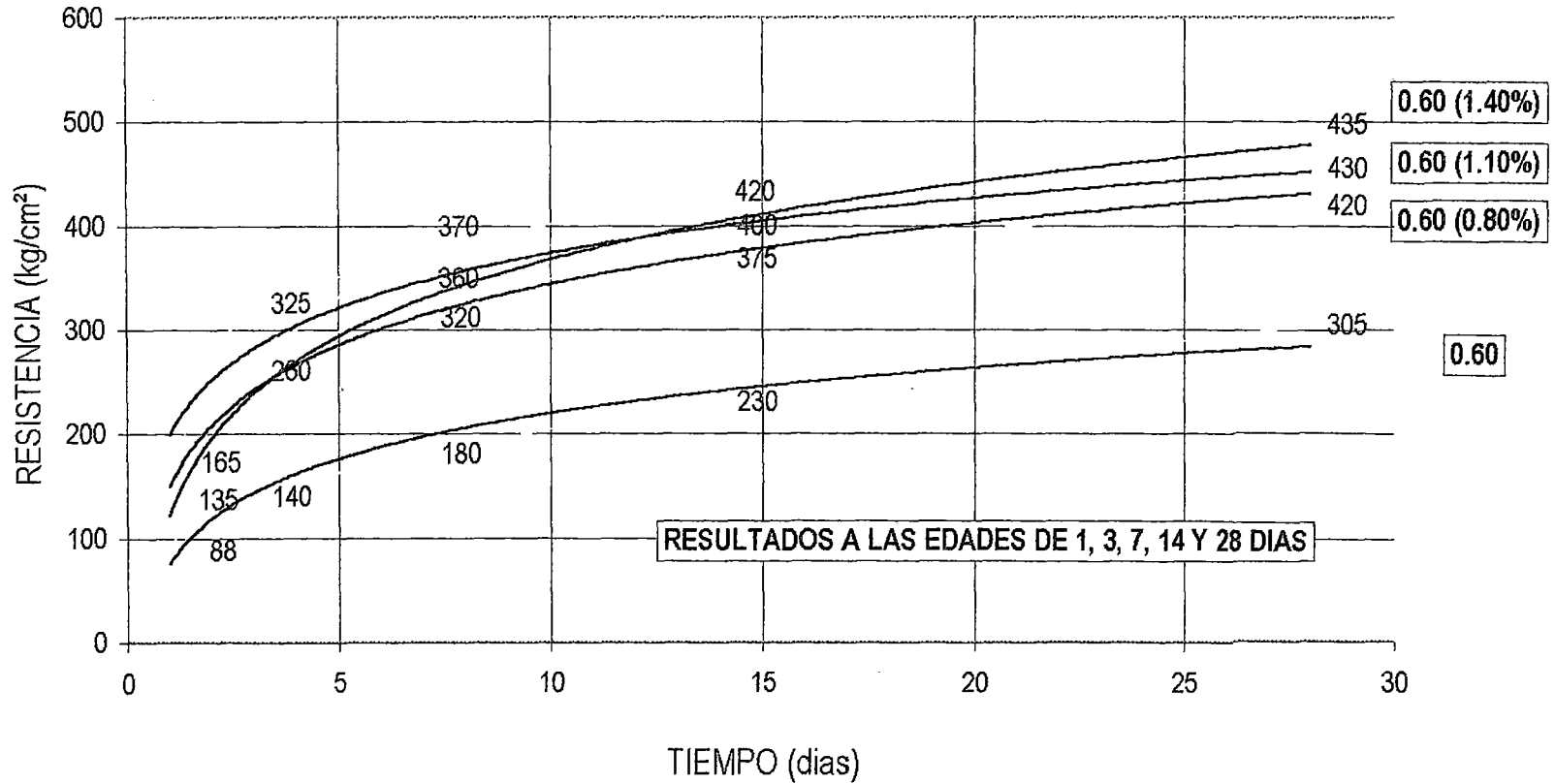
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCÓN 537

COMPARACION DE DESARROLLOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION A/C 0.60

GRAFICO N° 8.62



LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 Aditivo : EUCON 537

VARIACION COMPARATIVA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL A LOS 28 DIAS

CUADRO N° 8.25

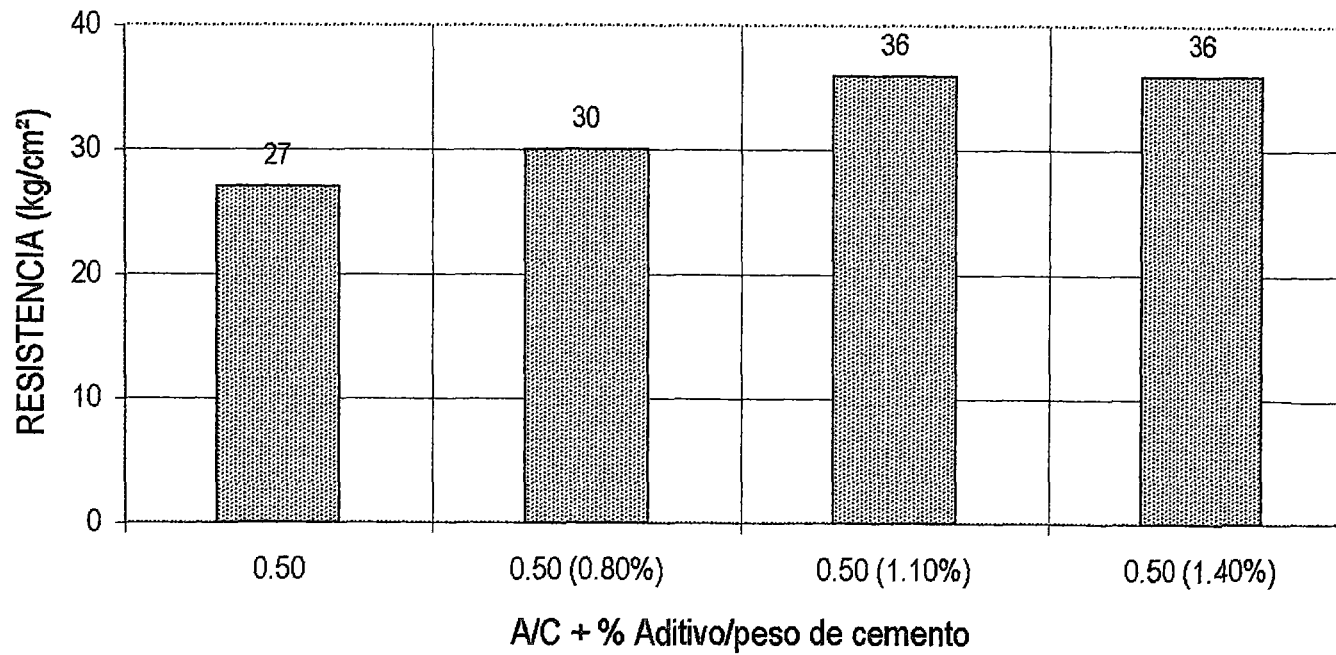
A/C	% Aditivo/peso de cemento	Red. de Agua %	RESISTENCIA (kg/cm ²)	VARIACION %
0.50	Patrón		27	100
	0.80%	20.26	30	111
	1.10%	24.67	36	133
	1.40%	26.87	39	144
0.55	Patrón		25	100
	0.80%	19.56	32	128
	1.10%	24.00	37	148
	1.40%	26.22	37	148
0.60	Patrón		21	100
	0.80%	17.73	32	152
	1.10%	22.27	36	171
	1.40%	23.18	36	171

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
Aditivo : EUCON 537

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION
DIAMETRAL
A/C = 0.50**

GRAFICO N° 8.63



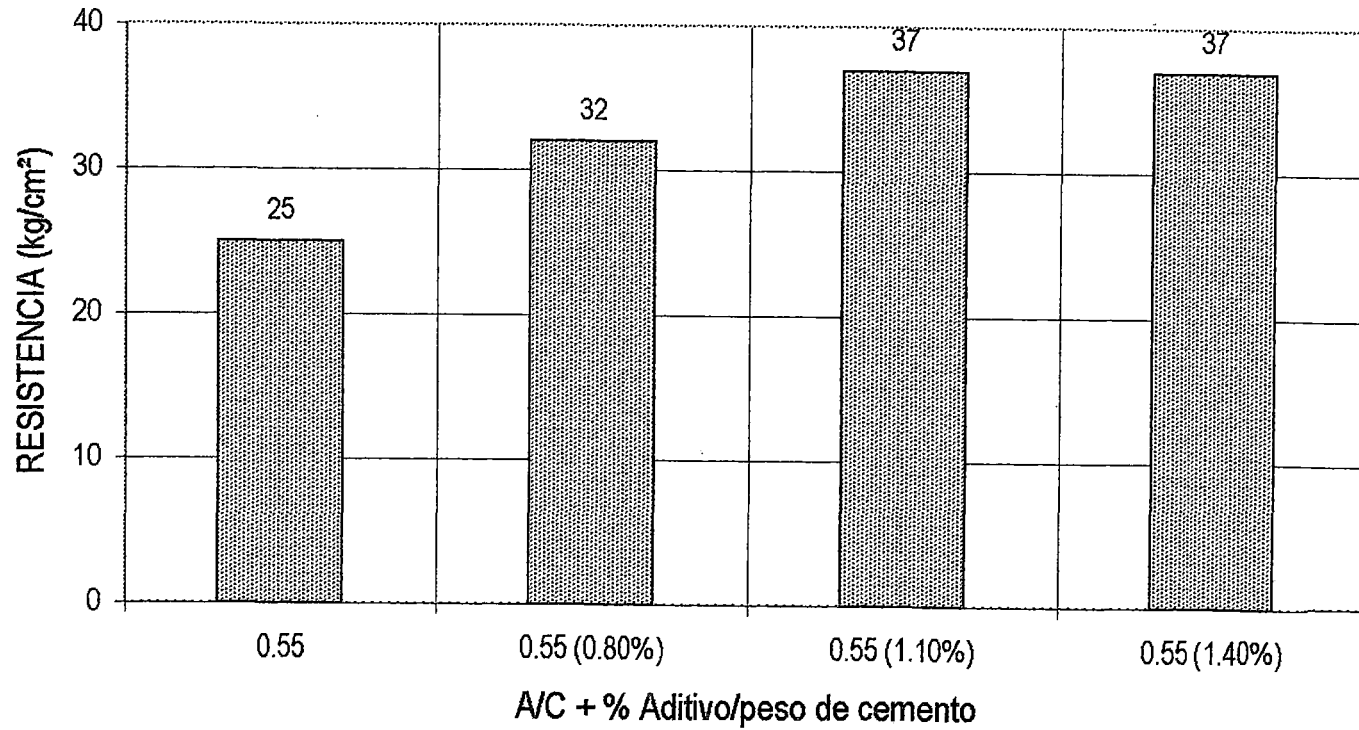
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION
DIAMETRAL
A/C = 0.55**

GRAFICO N° 8.64



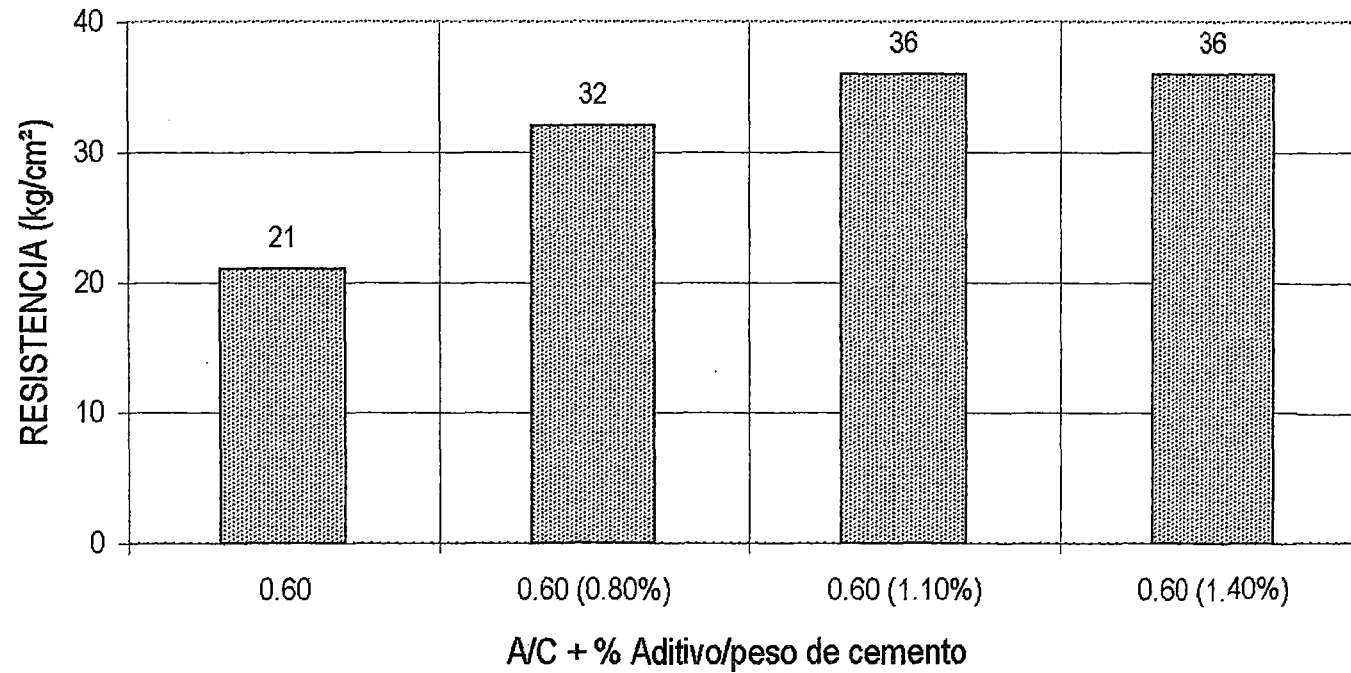
LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION
DIAMETRAL
A/C = 0.60**

GRAFICO N° 8.65



LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

CAPITULO 09

ANALISIS DE RESULTADOS

GENERALIDADES

El trabajo de investigación que se analiza a continuación, tiene como punto de partida los ensayos de laboratorio realizados con un concreto con aditivo retardador de fraguado y reductor de agua llamado EUCON 537. Se estudiarán los efectos causantes por este aditivo en el concreto en su estado fresco y endurecido.

Los retardadores son de origen reciente y su comercialización no empezó prácticamente hasta después de 1945.

En el estudio realizado, hay que considerar las circunstancias climatológicas de ese año en particular (1997), el cual se caracterizó por temperaturas elevadas, que alcanzaron hasta 33°C (en el laboratorio donde se realizaron los ensayos) por consecuencia del Fenómeno del Niño¹.

La investigación realizada tiene como partida, los ensayos de laboratorio, los cuales nos dan resultados prácticos de las características de este aditivo, en el uso del concreto.

Debemos tener en cuenta que existen varios factores que afectan las diferentes propiedades del concreto, por lo cual damos a continuación características de estos Diseños de Mezcla en especial.

Cemento : Cemento Portland Tipo V - Marca Andino (a granel)
Procedencia : Silos de UNICON S.A. en planta San Juan

Relación Agua/Cemento : 0.50, 0.55 y 0.60.

1: El Fenómeno el niño se origina por la expansión al sur de la corriente de dicho nombre. Estas masas calientes, cuyo desplazamiento normal se realiza en la zona ecuatorial, tienen un espesor de 30 a 40 mt. y originan una interacción oceano-atmósfera, con incrementos importantes de temperatura y de la humedad atmosférica.

Agregados	: Piedra Procedencia : Cantera La Gloria.
	Arena Procedencia: Cantera Jicamarca
Aditivo	: EUCON 537 (Nafteno Sulfonato de Sodio) Dosis: 0.80%, 1.10% y 1.40% del peso de cemento Procedencia : Química Suiza
Rango de Asentamiento	: De 3" a 4"

Respecto a la utilización del aditivo EUCON 537, observamos en forma general que para la máxima adición de aditivo (1.40% aditivo/peso de cemento), en todas las relaciones a/c (0.50,0.55 y 0.60), el tiempo de mezcla debe ser mayor: de 8 a 10 minutos, para evitar la segregación de la piedra y a su vez se pueda sacar un slump determinado.

Tomaremos en cuenta que se usaron dos procedimientos de mezclado en los ensayos:

1. Luego de concluir que el aditivo no se distribuye uniformemente en cinco minutos, cuando mezclamos los materiales con el 30% del agua de diseño con el aditivo y el resto de agua, adicionarlo y mezclarlo por otros 3 minutos; optamos por el segundo procedimiento.
2. Mezclar todos los materiales con un 50 % del agua de diseño con el aditivo por 3 min. y el otro 50% de agua unirlo a la mezcla y mezclar por 6 min. mas. Este ultimo procedimiento nos dio como resultado una mezcla más homogénea y con un slump aceptable, podría explicarse como que a mayor cantidad de aditivo se necesita un mayor tiempo para que este reaccione con el cemento. La mezcladora utilizada trabajaba a 20 revoluc./min.

También cabe resaltar que las probetas de concreto que contenían mezcla con el 1.40% de aditivo se tuvieron que desencofrar a los dos días, porque aparentemente no habían alcanzado una resistencia inicial como para no ser dañados con el proceso de desencofrado (a excepción de los que se ensayaban el 1er día).

Las temperatura del laboratorio donde se realizaron los ensayos variaron desde 28°C a 33°C. La temperatura del concreto varió desde 28°C a 32°C. Esta temperatura aun no pasa de lo recomendable para vaciado, que es justamente 32°C.

La rotura se realizó con un plazo mínimo de 3 horas y máximo de 5 horas después de haber sacado las probetas del proceso de curado.

ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y REDUCCIÓN DE AGUA DE MEZCLA

1. En el cuadro 8.1, observamos que el incremento del aditivo EUCON 537, favorece la reducción de agua de mezcla.

Para $A/C = 0.50$, con 0.80% aditivo, la reducción llega a 20.26%, para 1.10% aditivo, la reducción alcanza 24.67% y para 1.40% aditivo, la reducción aumenta a 26.87%.

Para $A/C = 0.55$, con 0.80% aditivo, se obtiene una reducción de 19.56%, para 1.10% aditivo, la reducción es de 24.00% y para 1.40% aditivo, la reducción aumenta a 26.22%.

Para $A/C = 0.60$, con 0.80 aditivo, la reducción llega a 17.73%, para 1.10% aditivo, la reducción es de 22.27% y para 1.40% aditivo alcanza el 23.18%.

La mayor reducción de agua se obtiene para la relación $A/C = 0.50$, con 1.40% (26.87%) de aditivo y la menor reducción de agua se obtiene para la relación $A/C = 0.60$, con 0.80% de aditivo (17.73%).

2. Respecto a la consistencia de la mezcla, se puede considerar que ha mostrado trabajabilidad y plasticidad para todos los ensayos.

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

1. En el cuadro 8.2 y gráfico 8.4, para $A/C = 0.50$, observamos que para el Concreto Patrón, el P.U.C.F. es de 2451.59 kg/m³ (100.00%), con 0.80% de aditivo aumenta a 2455.12kg/m³ (100.14%), con 1.10% de aditivo disminuye a 2438.60 kg/m³ (99.47%), y con 1.40% de aditivo disminuye a 2424.56% kg/m³ (98.90%).
2. En el cuadro 8.2 y gráfico 8.5, para $A/C = 0.55$, observamos que para el Concreto Patrón, el P.U.C.F. es de 2375.44 kg/m³(100.00%), con 0.80% de aditivo aumenta a 2426.86 kg/m³ (102.16%), con 1.10% de aditivo aumenta a 2416.25 kg/m³ (103.84%), con 1.40% de aditivo baja a 2416.25 kg/m³ (101.72%).

3. Todos los P.U.C.F. son mayores que 2,400 kg./cm², a excepción de A/C = 0.55, pero su variación es mínima.
4. En el cuadro 8.2 y gráfico 8.6, para A/C = 0.60, observamos que para el Concreto Patrón, el P.U.C.F. es de 2405.65 kg/m³ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 2409.19 kg/m³ (100.15%), con 1.10% de aditivo disminuye a 2403.51 kg/m³ (99.91%), con 1.40% de aditivo aumenta a 2437.46 kg/m³ (101.32%).
5. Podemos evidenciar que el P.U.C.F. no se encontró una tendencia definida de incremento o disminución de la mezcla patrón con los de mezcla con aditivo, pero si podemos afirmar que para cada relación A/C con su respectivo incremento de aditivo sus P.U.C.F. aumenta ligeramente.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

Dándose el caso de que el aditivo en cuestión, es un Retardador de Fraguado y Reductor de Agua, consideramos que este es uno de los ensayos más importantes del presente estudio.

Respecto al Tiempo de Fraguado Inicial:

1. En el cuadro 8.16 y el gráfico 8.19, observamos que para A/C = 0.50 de Concreto Patrón la F.I. = 4:45 (100%), con 0.80% de aditivo la F.I. = 06:00 (126%), con 1.10% de aditivo la F.I. = 07:00 (147%) y con 1.40% de aditivo la F.I. = 13:40 (288%).
2. En el cuadro 8.16 y el gráfico 8.20, observamos que para A/C = 0.55 de Concreto Patrón la F.I. = 05:15 (100%), con 0.80% de aditivo la F.I. = 06:50 (130%), con 1.10% de aditivo la F.I. = 08:15 (157%), con 1.40% de aditivo la F.I. = 14:10 (270%).

3. En el cuadro 8.16 y el gráfico 8.21, observamos que para $A/C = 0.60$ de Concreto Patrón la F.I. = 05:50 (100%), con 0.80% de aditivo la F.I. = 07:50 (134%), con 1.10% de aditivo la F.I. = 10:15 (176%), con 1.40% de aditivo la F.I. = 15:30 (266%).
4. En el gráfico 8.22, observamos la influencia del porcentaje de aditivo en el Tiempo de Fraguado Inicial.

Respecto al Tiempo de Fraguado Final

1. En el cuadro 8.16 y el gráfico 8.22, observamos que para $A/C = 0.50$ de Concreto Patrón la F.F. = 06:40 (100%), con 0.80% de aditivo la F.F. = 07:55 (119%), con 1.10% de aditivo la F.F. = 08:50 (133%), con 1.40% de aditivo la F.I. = 15:35 (234%).
2. En el cuadro 8.16 y el gráfico 8.23, observamos que para $A/C = 0.55$ de Concreto Patrón la F.F. = 07:05 (100%), con 0.80% de aditivo la F.F. = 08:40 (122%), con 1.10% de aditivo la F.F. = 10:00 (141%), con 1.40% de aditivo la F.I. = 15:55 (225%).
3. En el cuadro 8.16 y el gráfico 8.24, observamos que para $A/C = 0.60$ de Concreto Patrón la F.F. = 07:40 (100%), con 0.80% de aditivo la F.F. = 09:30 (124%), con 1.10% de aditivo la F.F. = 12:30 (163%), con 1.40% de aditivo la F.I. = 17:35 (228%).
4. A medida que aumenta la relación a/c aumentan también los Tiempos de Fraguado.
5. Se observa también en el cuadro 8.16, conforme la reducción de agua es mayor, luego los tiempos de fragua también aumentan, lo cual es lógico, pues a mayor aditivo, se da mayor reducción de agua, y también a mayor aditivo (por ser retardante de fraguado) mayores son los tiempos de fragua.
6. Las variaciones entre el T.F.I. y T.F.F. van desde 1:40 – 1:55 horas en todos los casos.

7. En todos los casos los T.F.I. sufren mayor variación que los T.F.F.
8. En el gráfico 8.26, observamos la influencia del porcentaje de aditivo en el Tiempo de Fraguado Final.

ENSAYO DE EXUDACION

1. En el cuadro 8.20 y gráfico 8.17, se observa que para $A/C = 0.50$ del Concreto Patrón, la exudación llega a un 1.62% (100%), con 0.80% de aditivo la exudación es de 0.85% (52%), con 1.10% y 1.40% de aditivo, la mezcla no llega a exudar.
2. En el cuadro 8.20 y gráfico 8.18, se observa que para $A/C = 0.55$ del Concreto Patrón, la exudación llega a un 2.65% (100%), con 0.80% de aditivo la exudación es de 1.70% (64%), 1.10% de aditivo, la exudación llega a 0.16% (6%), y con 1.40% de aditivo la exudación solo alcanza el 0.02% (1%).
3. En el cuadro 8.20 y gráfico 8.19, se observa que para $A/C = 0.60$ del Concreto Patrón, la exudación llega a un 2.50% (100%), con 0.80% de aditivo la exudación es de 2.30% (57%), 1.10% de aditivo, la exudación llega a 2.30% (57%), y con 1.40% de aditivo la exudación solo alcanza el 0.02% (0.5%).
4. En el cuadro 8.20 y gráfico 8.28, se observa que para $A/C = 0.50$ del Concreto Patrón, la exudación demora 02:40 horas, con 0.80% de aditivo la exudación demora 04:10 horas, con 1.10% y 1.40% de aditivo, la mezcla no llega a exudar.
5. En el cuadro 8.20 y gráfico 8.29, se observa que para $A/C = 0.55$ del Concreto Patrón, la exudación demora 03:10 horas, con 0.80% de aditivo la exudación demora 05:10 horas, con 1.10% de aditivo la exudación demora 03:40 horas, y con 1.40% de aditivo, la exudación demora 01:40 horas.

6. En el cuadro 8.20 y gráfico 8.30, se observa que para $A/C = 0.60$ del Concreto Patrón, la exudación demora 03:40 horas, con 0.80% de aditivo la exudación demora 5:40 horas, con 1.10% de aditivo la exudación demora 04:40 horas, y con 1.40% de aditivo, la exudación demora 03:10 horas.
7. La exudación aumenta conforme la relación a/c aumenta, pero disminuye con la adición del aditivo hasta en un 65%.

RESISTENCIA A LA COMPRESION

Comparación respecto a la variación de la edad

1. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.31, se observa que para la relación $A/C = 0.50$ de concreto patrón a la Edad = 1 día, el $f_c = 105 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 197 kg/cm^2 (188%), con 1.10% de aditivo aumenta a 210 kg/cm^2 (200%), con 1.40% de aditivo disminuye a 110 kg/cm^2 (105%).
2. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.32, se observa que para la relación $A/C = 0.55$ de concreto patrón a la Edad = 1 día, el $f_c = 102 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 115 kg/cm^2 (113%), con 1.10% de aditivo aumenta a 195 kg/cm^2 (191%), con 1.40% de aditivo disminuye a 145 kg/cm^2 (142%).
3. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.33, se observa que para la relación $A/C = 0.60$ de concreto patrón a la Edad = 1 día, el $f_c = 88 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 135 kg/cm^2 (153%), con 1.10% de aditivo aumenta a 165 kg/cm^2 (188%), con 1.40% de aditivo disminuye a 88 kg/cm^2 (100%).
4. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.34, se observa que para la relación $A/C = 0.50$ de concreto patrón a la Edad = 3 días, el $f_c = 203 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 310 kg/cm^2 (153%), con 1.10% de aditivo aumenta a 355 kg/cm^2 (175%), con 1.40% de aditivo disminuye a 290 kg/cm^2 (143%).

5. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.35, se observa que para la relación $A/C = 0.55$ de concreto patrón a la Edad = 3 días, el $f_c = 185 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 310 kg/cm^2 (153%), con 1.10% de aditivo aumenta a 345 kg/cm^2 (186%), con 1.40% de aditivo disminuye a 295 kg/cm^2 (159%).
6. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.36, se observa que para la relación $A/C = 0.60$ de concreto patrón a la Edad = 3 días, el $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 260 kg/cm^2 (186%), con 1.10% de aditivo aumenta a 325 kg/cm^2 (232%), con 1.40% de aditivo disminuye a 260 kg/cm^2 (186%).
7. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.37, se observa que para la relación $A/C = 0.50$ de concreto patrón a la Edad = 7 días, el $f_c = 270 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 380 kg/cm^2 (362%), con 1.10% de aditivo aumenta a 440 kg/cm^2 (419%), con 1.40% de aditivo aumenta a 450 kg/cm^2 (429%).
8. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.38, se observa que para la relación $A/C = 0.55$ de concreto patrón a la Edad = 7 días, el $f_c = 235 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 335 kg/cm^2 (362%), con 1.10% de aditivo aumenta a 412 kg/cm^2 (419%), con 1.40% de aditivo aumenta a 420 kg/cm^2 (429%).
9. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.39, se observa que para la relación $A/C = 0.60$ de concreto patrón a la Edad = 7 días, el $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 320 kg/cm^2 (178%), con 1.10% de aditivo aumenta a 360 kg/cm^2 (200%), con 1.40% de aditivo aumenta a 370 kg/cm^2 (206%).
10. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.40, se observa que para la relación $A/C = 0.50$ de concreto patrón a la Edad = 14 días, el $f_c = 332 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 420 kg/cm^2 (127%), con 1.10% de aditivo aumenta a 480 kg/cm^2 (145%), con 1.40% de aditivo aumenta a 490 kg/cm^2 (148%).

11. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.41, se observa que para la relación $A/C = 0.55$ de concreto patrón a la Edad = 14 días, el $f_c = 285 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 390 kg/cm^2 (137%), con 1.10% de aditivo aumenta a 435 kg/cm^2 (153%), con 1.40% de aditivo aumenta a 450 kg/cm^2 (158%).
12. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.42, se observa que para la relación $A/C = 0.60$ de concreto patrón a la Edad = 14 días, el $f_c = 230 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 375 kg/cm^2 (163%), con 1.10% de aditivo aumenta a 400 kg/cm^2 (174%), con 1.40% de aditivo aumenta a 420 kg/cm^2 (183%).
13. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.43, se observa que para la relación $A/C = 0.50$ de concreto patrón a la Edad = 28 días, el $f_c = 365 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 460 kg/cm^2 (126%), con 1.10% de aditivo aumenta a 490 kg/cm^2 (134%), con 1.40% de aditivo aumenta a 530 kg/cm^2 (145%).
14. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.44, se observa que para la relación $A/C = 0.55$ de concreto patrón a la Edad = 28 días, el $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 450 kg/cm^2 (141%), con 1.10% de aditivo aumenta a 470 kg/cm^2 (147%), con 1.40% de aditivo disminuye a 460 kg/cm^2 (144%).
15. En el cuadro 8.21, cuadro 8.22 y gráfico 8.45, se observa que para la relación $A/C = 0.60$ de concreto patrón a la Edad = 28 días, el $f_c = 305 \text{ kg/cm}^2$ (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 430 kg/cm^2 (141%), con 1.10% de aditivo aumenta a 460 kg/cm^2 (151%), con 1.40% de aditivo disminuye a 450 kg/cm^2 (148%).
16. Del 1er al 3er día en las tres relaciones a/c para 1.40% de aditivo, la resistencia baja respecto de la dosis anterior de aditivo, a partir del 7mo día las resistencias aumentan conforme aumenta la cantidad de aditivo.

Comparación respecto al Concreto Patrón

1. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.50$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 0.80% de aditivo 54% a la edad de 1 día, 85% a la edad de 3 días, 104% a la edad de 7 días, 115% a la edad de 14 días y 126% a la edad de 28 días.
2. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.50$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 0.80% de aditivo 54% a la edad de 1 día, 85% a la edad de 3 días, 104% a la edad de 7 días, 115% a la edad de 14 días y 126% a la edad de 28 días.
3. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.50$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 1.10% de aditivo 58% a la edad de 1 día, 97% a la edad de 3 días, 121% a la edad de 7 días, 132% a la edad de 14 días y 134% a la edad de 28 días.
4. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.50$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 1.40% de aditivo 30% a la edad de 1 día, 79% a la edad de 3 días, 123% a la edad de 7 días, 134% a la edad de 14 días y 145% a la edad de 28 días.
5. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.55$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 0.80% de aditivo 36% a la edad de 1 día, 91% a la edad de 3 días, 105% a la edad de 7 días, 122% a la edad de 14 días y 141% a la edad de 28 días.
6. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.55$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 1.10% de aditivo 61% a la edad de 1 día, 108% a la edad de 3 días, 129% a la edad de 7 días, 136% a la edad de 14 días y 147% a la edad de 28 días.

7. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.55$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 1.40% de aditivo 45% a la edad de 1 día, 92% a la edad de 3 días, 131% a la edad de 7 días, 141% a la edad de 14 días y 144% a la edad de 28 días.
8. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.60$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 0.80% de aditivo 44% a la edad de 1 día, 85% a la edad de 3 días, 105% a la edad de 7 días, 123% a la edad de 14 días y 138% a la edad de 28 días.
9. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.60$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 1.10% de aditivo 54% a la edad de 1 día, 107% a la edad de 3 días, 118% a la edad de 7 días, 131% a la edad de 14 días y 141% a la edad de 28 días.
10. En el cuadro 8.21 y cuadro 8.23, para la relación $A/C = 0.60$ (100%) de Concreto Patrón, los porcentajes de crecimiento al respecto son como sigue: con 1.40% de aditivo 29% a la edad de 1 día, 85% a la edad de 3 días, 121% a la edad de 7 días, 138% a la edad de 14 días y 143% a la edad de 28 días.

Resistencias a la Compresión a los 28 días

1. En el cuadro 8.21, apreciamos las resistencias finales. Para $A/C = 0.50$ del Concreto Patrón llega a 365 kg/cm², con 0.80% de aditivo llega a 460 kg/cm², con 1.10% de aditivo llega a 490 kg/cm² y con 1.40% de aditivo llega a 530 kg/cm², que por cierto es la resistencia mas alta encontrada en el presente estudio.
2. En el cuadro 8.21, apreciamos las resistencias finales. Para $A/C = 0.55$ del Concreto Patrón llega a 320 kg/cm², con 0.80% de aditivo llega a 450 kg/cm², con 1.10% de aditivo llega a 456 kg/cm² y con 1.40% de aditivo llega a 460 kg/cm².

3. En el cuadro 8.21, apreciamos las resistencias finales. Para $A/C = 0.60$ del Concreto Patrón llega a 305 kg/cm^2 , con 0.80% de aditivo llega a 420 kg/cm^2 , con 1.10% de aditivo llega a 430 kg/cm^2 y con 1.40% de aditivo llega a 435 kg/cm^2 .
4. La mayor resistencia se alcanzó con $a/c = 0.50 + 1.40\%$ de aditivo que fue de 530 kg/cm^2

RESISTENCIA A LA TRACCION

1. En el cuadro 8.25, observamos que para $A/C = 0.50$ de Concreto Patrón la resistencia llega a 27 kg/cm^2 (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 30 kg/cm^2 (111%), con 1.10% de aditivo aumenta a 36 kg/cm^2 (133%) y con 1.40% de aditivo aumenta aún más a 39 kg/cm^2 (144%).
2. En el cuadro 8.25, observamos que para $A/C = 0.55$ de Concreto Patrón la resistencia llega a 25 kg/cm^2 (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 32 kg/cm^2 (128%), con 1.10% de aditivo aumenta a 37 kg/cm^2 (148%) y con 1.40% de aditivo se mantiene en 37 kg/cm^2 (148%).
3. En el cuadro 8.25, observamos que para $A/C = 0.60$ de Concreto Patrón la resistencia llega a 21 kg/cm^2 (100%), con 0.80% de aditivo aumenta a 32 kg/cm^2 (152%), con 1.10% de aditivo aumenta a 36 kg/cm^2 (171%) y con 1.40% de aditivo se mantiene en 36 kg/cm^2 (171%).

CAPITULO 10

COMPARACION DE COSTOS

COSTO DEL CONCRETO X M³

CUADRO N° 10.1

A/C = 0.50

f'c = 365 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	10.588	18.20	192.71	90.2%
Agua	m³	0.225	9.00	2.03	0.9%
Arena	m³	0.299	18.00	5.39	2.5%
Piedra	m³	0.337	40.00	13.48	6.3%
TOTAL				S/ 213.6	100.0%

A/C = 0.50 + 0.80% aditivo

f'c = 460 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	10.588	18.20	192.71	84.3%
Agua	m³	0.225	9.00	2.03	0.9%
Arena	m³	0.299	18.00	5.39	2.4%
Piedra	m³	0.337	40.00	13.48	5.9%
Aditivo	lts	3.015	5.00	15.08	6.6%
TOTAL				S/ 228.67	100.0%

A/C = 0.50 + 1.10% aditivo

f'c = 490 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	10.588	18.20	192.71	82.2%
Agua	m³	0.225	9.00	2.03	0.9%
Arena	m³	0.299	18.00	5.39	2.3%
Piedra	m³	0.337	40.00	13.48	5.8%
Aditivo	lts	4.140	5.00	20.70	8.8%
TOTAL				S/ 234.3	100.0%

A/C = 0.50 + 1.40% aditivo

f'c = 530 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	10.588	18.20	192.71	80.3%
Agua	m³	0.225	9.00	2.03	0.8%
Arena	m³	0.299	18.00	5.39	2.2%
Piedra	m³	0.337	40.00	13.48	5.6%
Aditivo	lts	5.265	5.00	26.33	11.0%
TOTAL				S/ 239.92	100.0%

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

COSTO DEL CONCRETO X M³

CUADRO 10.2

A/C = 0.55

f'c = 320 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	9.529	18.20	173.44	89.1%
Agua	m³	0.223	9.00	2.01	1.0%
Arena	m³	0.305	18.00	5.49	2.8%
Piedra	m³	0.344	40.00	13.74	7.1%
TOTAL				S/ 194.67	100.0%

A/C = 0.55 + 0.80% aditivo

f'c = 450 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	9.529	18.20	173.44	83.3%
Agua	m³	0.223	9.00	2.01	1.0%
Arena	m³	0.305	18.00	5.49	2.6%
Piedra	m³	0.344	40.00	13.74	6.6%
Aditivo	lts	2.720	5.00	13.60	6.5%
TOTAL				S/ 208.27	100.0%

A/C = 0.55 + 1.10% aditivo

f'c = 470 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	9.529	18.20	173.44	81.3%
Agua	m³	0.223	9.00	2.01	0.9%
Arena	m³	0.305	18.00	5.49	2.6%
Piedra	m³	0.344	40.00	13.74	6.4%
Aditivo	lts	3.730	5.00	18.65	8.7%
TOTAL				S/ 213.32	100.0%

A/C = 0.55 + 1.40% aditivo

f'c = 460 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	9.529	18.20	173.44	79.4%
Agua	m³	0.223	9.00	2.01	0.9%
Arena	m³	0.305	18.00	5.49	2.5%
Piedra	m³	0.344	40.00	13.74	6.3%
Aditivo	lts	4.744	5.00	23.72	10.9%
TOTAL				S/ 218.39	100.0%

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

Aditivo : EUCON 537

COSTO DEL CONCRETO X M³

CUADRO N° 10.3

A/C = 0.60

f'c = 305 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	8.541	18.20	155.45	87.7%
Agua	m ³	0.218	9.00	1.96	1.1%
Arena	m ³	0.313	18.00	5.64	3.2%
Piedra	m ³	0.353	40.00	14.14	8.0%
TOTAL				S/ 177.19	100.0%

A/C = 0.60 + 0.80% aditivo

f'c = 420 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	8.541	18.20	155.45	82.1%
Agua	m ³	0.218	9.00	1.96	1.0%
Arena	m ³	0.313	18.00	5.64	3.0%
Piedra	m ³	0.353	40.00	14.14	7.5%
Aditivo	lts	2.434	5.00	12.17	6.4%
TOTAL				S/ 189.36	100.0%

A/C = 0.60 + 1.10% aditivo

f'c = 430 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	8.541	18.20	155.45	80.2%
Agua	m ³	0.218	9.00	1.96	1.0%
Arena	m ³	0.313	18.00	5.64	2.9%
Piedra	m ³	0.353	40.00	14.14	7.3%
Aditivo	lts	3.343	5.00	16.72	8.6%
TOTAL				S/ 193.91	100.0%

A/C = 0.60 + 1.40% aditivo

f'c = 435 kg/cm²

Materiales	Und	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial	% Influencia del Costo de mat.
Cemento	bls	8.541	18.20	155.45	78.3%
Agua	m ³	0.218	9.00	1.96	1.0%
Arena	m ³	0.313	18.00	5.64	2.8%
Piedra	m ³	0.353	40.00	14.14	7.1%
Aditivo	lts	4.251	5.00	21.26	10.7%
TOTAL				S/ 198.45	100.0%

YENDA

sis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"

itivo : EUCON 537

CUADRO COMPARATIVO DEL COSTO DEL CONCRETO X M³
CUADRO N° 10.4

Fecha : Agosto 2000

Relacion a/c	Dosif. De aditivo	f'c	costo x m ³ en S/.	costo x m ³ en \$.
0.50	Patrón	365	213.6	61.03
	0.80%	460	228.67	65.33
	1.10%	490	234.3	66.94
	1.40%	530	239.92	68.55
0.55	Patrón	320	194.67	55.62
	0.80%	450	208.27	59.51
	1.10%	456	213.32	60.95
	1.40%	460	218.39	62.40
0.60	Patrón	305	177.19	50.63
	0.80%	420	189.36	54.10
	1.10%	430	193.91	55.40
	1.40%	435	198.45	56.70

LEYENDA

Tesis : "Estudio del comportamiento del concreto con cemento portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado y reductor de agua"
 Aditivo : EUCON 537

CAPITULO 11

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GENERALIDADES.

El presente estudio de tesis llamado “Estudio del Comportamiento del concreto con Cemento Portland Tipo V y un aditivo Retardador de fraguado y Reductor de Agua”, tiene como finalidad el análisis de las propiedades del concreto con el aditivo EUCON 537, clasificado según el fabricante como Reductor de Agua de Alto Rango y Retardante tipo G.

Las propiedades ensayadas del concreto al estado fresco son: consistencia, peso unitario, tiempo de fraguado, exudación y contenido de aire. Los ensayos del concreto endurecido son: resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por compresión diametral. Las relaciones a/c usadas son 0.50, 0.55 y 0.60 y las dosificaciones del aditivo son 0.80%, 1.10% y 1.40% del peso de cemento. El cemento utilizado es el Portland Tipo I – Andino.

CONCLUSIONES

1. El concreto con el aditivo EUCON 537, logra su máxima reducción de agua, para un rango de asentamiento de 3”- 4”, con 1.40% de aditivo/peso de cemento para las tres relaciones a/c usadas: 0.50, 0.55 y 0.60.
Para a/c = 0.50, la reducción de agua llega hasta 26.87%
Para a/c = 0.55, la reducción de agua llega hasta 26.22%
Para a/c = 0.60, la reducción de agua llega hasta 23.18%
2. El concreto con el aditivo EUCON 537 tiene importantes incrementos de los tiempos de fraguado inicial y poco menos en la fraguado final. Como promedio para las tres relaciones a/c, se cumple lo siguiente:

Usando 0.80% de aditivo/peso de cemento se obtiene para el fraguado inicial un incremento de hasta 132%, para el fraguado final el incremento es de hasta 121%.

Usando 1.10% de aditivo/peso de cemento se obtiene para el fraguado inicial un incremento de hasta 160%, para el fraguado final el incremento es de hasta 143%.

Usando 1.40% de aditivo/peso de cemento se obtiene para el fraguado inicial un incremento de hasta 275%, para el fraguado final el incremento es de hasta 227%.

3. La exudación para el concreto con aditivo EUCON 537 es reducida considerablemente para las tres relaciones a/c , con las respectivas dosificaciones de aditivo de 0.80%, 1.10% y 1.40%/peso de cemento. Respecto al concreto patrón tenemos que:

Para 0.80% de aditivo con $a/c = 0.50$ alcanza un 52.43%, con $a/c = 0.55$ alcanza un 64.15% y con $a/c = 0.60$ alcanza un 62.34%.

Para 1.10% de aditivo con $a/c = 0.50$ no se obtuvo exudación (0.00%), con $a/c = 0.55$ alcanza un 6.04%, con $a/c = 0.60$ alcanza un 57.4%.

Para 1.40% de aditivo con $a/c = 0.50$ no se obtuvo exudación (0.00%), con $a/c = 0.55$ alcanza un 0.75%, con $a/c = 0.60$ alcanza un 0.50%.

4. El concreto con aditivo EUCON 537, no tiene variaciones significativas en el peso unitario del concreto. Como promedio para todas las relaciones a/c , con 0.80% de aditivo/peso de cemento se obtiene 100.82%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se obtiene 101.07% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se obtiene 100.65%, todos respecto del concreto patrón.
5. El concreto con aditivo EUCON 537, logra incrementar las resistencias a la compresión en el concreto para todas las edades y todas las relaciones a/c estudiadas. Las resistencias mas altas respecto al concreto patrón se dieron para 1.40% de aditivo/peso de cemento.
6. El concreto con aditivo EUCON 537, logra incrementar las resistencias a la compresión significativamente. Respecto al concreto patrón al 1er día se obtuvo:

Para la relación $a/c = 0.50$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 188%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 200% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 105%.

Para la relación $a/c = 0.55$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 113%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 191% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 142%.

Para la relación $a/c = 0.60$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 153%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 188% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 100%.

7. El concreto con aditivo EUCON 537, logra incrementar las resistencias a la compresión significativamente. Respecto al concreto patrón al 3er día se obtuvo:

Para la relación $a/c = 0.50$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 153%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 175% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 143%.

Para la relación $a/c = 0.55$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 158%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 186% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 159%.

Para la relación $a/c = 0.60$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 186%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 232% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 186%.

8. El concreto con aditivo EUCON 537, logra incrementar las resistencias a la compresión significativamente. Respecto al concreto patrón al 7mo día se obtuvo:

Para la relación $a/c = 0.50$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 141%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 163% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 167%.

Para la relación $a/c = 0.55$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 143%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 175% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 179%.

Para la relación $a/c = 0.60$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se llego hasta 178%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 200% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 206%.

9. El concreto con aditivo EUCON 537, logra incrementar las resistencias a la compresión significativamente. Respecto al concreto patrón al día 14 se obtuvo:

Para la relación $a/c = 0.50$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 127%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 145% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 148%.

Para la relación $a/c = 0.55$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 137%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 153% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 158%.

Para la relación $a/c = 0.60$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 163%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 174% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 183%.

10. El concreto con aditivo EUCON 537, logra incrementar las resistencias a la compresión significativamente. Respecto al concreto patrón al día 28 se obtuvo:

Para la relación $a/c = 0.50$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 126%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 134% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 145%.

Para la relación $a/c = 0.55$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 141%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 143% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 144%.

Para la relación $a/c = 0.60$, con 0.80% de aditivo/peso de cemento se incrementó hasta 138%, con 1.10% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 141% y con 1.40% de aditivo/peso de cemento se incremento hasta 143%.

11. La máxima resistencia final a la compresión del concreto con aditivo EUCON 537, se obtiene para $a/c = 0.50 + 1.40\%$ de aditivo/peso de cemento. La resistencia obtenida es de 530 kg/cm^2 que equivale a un incremento de 145% respecto del concreto patrón a los 28 días.
12. El máximo incremento de resistencia a la compresión del concreto con aditivo EUCON 537, se produce para $a/c = 0.50 + 1.40\%$ de aditivo/peso de cemento con 145% de incremento respecto del concreto patrón a los 28 días.
13. La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo EUCON 537, aumenta en todos los casos. Teniendo como máximos aumentos para $a/c = 0.50$ una resistencia que llegan hasta 144%, para $a/c = 0.55$ el máximo llega hasta 148% y para $a/c = 0.60$ el máximo aumento llega hasta 171%, todos ellos para 1.40% de aditivo.
14. La plasticidad y trabajabilidad es un factor común en todos los diseños de concreto con aditivo EUCON 537, como hemos observado alcanzamos una máxima reducción que llega hasta un 26.87% respecto del concreto patrón, con $a/c = 0.50$ y 1.40% de aditivo/peso de cemento.

RECOMENDACIONES

1. Para tener una mezcla homogénea se recomienda que al empezar la mezcla de los materiales, se inicie con el 50% de agua de diseño mezclado con el aditivo EUCON 537 y el restante 50% de agua, adicionarlo a la mezcla después.
2. Para dosificaciones mayores de 1.10% de aditivo/peso de cemento, se recomienda asegurarse que el mezclado ha sido uniforme, a fin de evitar segregaciones del agregado grueso.
3. Se recomienda usar el aditivo EUCON 537, como superplastificante, en dosificaciones de 0.80% y 1.10% de aditivo/peso de cemento, pues su efecto facilita el vaciado en estructuras muy congestionadas y de difícil acceso.
4. Como retardador de fraguado inicial y final el aditivo EUCON 537 es muy eficiente, se recomienda usarlo en dosificaciones de 0.80% y 1.10% de aditivo/peso de cemento. Los incrementos en el tiempo de fraguado inicial respecto del concreto patrón son :
Para $a/c = 0.50$, con 0.80% de aditivo, 1 hora con 30 minutos, con 1.10% de aditivo 2 horas con 20 minutos.
Para $a/c = 0.55$, con 0.80% de aditivo, 1 hora con 35 minutos, con 1.10% de aditivo 2 horas con 55 minutos.
Para $a/c = 0.60$, con 0.80% de aditivo, 1 hora con 55 minutos, con 1.10% de aditivo 4 horas con 20 minutos.
5. Se recomienda tener especial cuidado en dosificaciones de 1.40% de aditivo/peso de cemento o mayores, pues retarda en forma importante el fraguado, pudiendo llegar hasta 15 horas con 35 minutos para el fraguado inicial.
6. Se recomienda usar el aditivo EUCON 537, cuando se necesite trasladar concreto pre-mezclado a grandes distancias, sobre todo si es en climas cálidos.

7. Se recomienda usar el aditivo EUCON 537, cuando se necesita bombear concreto, porque produce menor desgaste en la bomba.
8. Si se desea un aumento de resistencia, usar el EUCON 537, para dosificaciones de 0.80% y 1.10% de aditivo/peso de cemento.
9. Finalmente es recomendable realizar mas ensayos con otros tipos de cemento, con diferentes cantidades de C_3A en su composición, porque existen estudios que determinan la influencia del C_3A en la dosificación de los aditivos WRHR.

BIBLIOGRAFIA

TITULO : RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO DE PUESTA EN OBRAS DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

AUTOR : Enrique Rivva López

BIBLIOTECA: Personal

CONTENIDO : Concreto Premezclado

TITULO : CEMENTO-Boletines Técnicos

AUTOR : ASOCEM

BIBLIOTECA : Personal

CONTENIDO : Aditivos para el concreto

TITULO : PECORA WATERPROOFINGS SYSTEMS

AUTOR : Fritz

BIBLIOTECA : Personal

CONTENIDO : Aditivos retardadores y reductores

TITULO : “INVESTIGACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL ADITIVO RETARDADOR Y REDUCTOR DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO”

AUTOR : Saldaña Hinostroza Eduardo

BIBLIOTECA : FIC-UNI/TESIS – TG3248

TITULO : MANUAL DE EDIFICACION 97-98

AUTOR : SIKA

BIBLIOTECA : Personal

CONTENIDO : Aditivos del concreto y morteros

TITULO : ADITIVOS PARA LA CONSTRUCCION

AUTOR : EUCO

BIBLIOTECA : Personal

CONTENIDO : Reductores/Retardantes/Plastificantes/Superplastificantes

TITULO : PRODUCCION DE CONCRETOS DE GRANDES VOLUMENES

AUTOR : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

BIBLIOTECA : FIC-UNI

CONTENIDO : Tolerancias de dosificación, secuencias de dosificación

TITULO : ADITIVOS Y TRATAMIENTO DE MORTEROS Y HORMIGONES

AUTOR : Michel Venuat

BIBLIOTECA : FIC-UNI

CONTENIDO : Aditivos que modifican el fraguado y endurecimiento

TITULO : TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO EN EL PERU

AUTOR : Enrique Pasquel Carbajal

BIBLIOTECA : FIC - UNI

CONTENIDO : El cemento portland, el agua en el concreto, aditivos para el concreto, propiedades del concreto

TITULO : “EFECTOS DEL ADITIVO RETARDADOR Y REDUCTOR DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I”

AUTOR : Durand Alvarado Rafael Arturo

BIBLIOTECA : FIC-UNI

CONTENIDO : Diseños de Mezcla

TITULO : TECNOLOGIA DEL CONCRETO: EFICIENCIA Y COMPETITIVIDAD EN LA CONSTRUCCION

AUTOR : Virgilio A. Ghio

BIBLIOTECA : Personal

CONTENIDO : Tecnología del concreto

**TITULO : SUPERPLASTICIZERS AND OTHER CHEMICAL ADMIXTURES
IN CONCRETO**

AUTOR : Proceeding third International Conference Ottawa, Canada 1989

BIBLIOTECA : ACI – Capitulo Peruano

CONTENIDO : Comportamiento de los Superplastificantes en el concreto.

TITULO : ADITIVOS PARA EL CONCRETO

AUTOR : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

BIBLIOTECA : FIC-UNI

CONTENIDO : Normas y Recomendaciones en el empleo de Aditivos

TITULO : DICCIONARIO DE QUIMICA

BIBLIOTECA : FIC – UNI

CONTENIDO : Polimeros, Formaldehidos.

TITULO : ACTIVIDAD DE UN ADITIVO QUIMICO

**SUPERPLASTIFICANTE EN PASTAS DE CEMENTO CON
DIFERENTE PORCENTAJE DE ALUMINATO TRICALCICO.**

AUTOR : Ing. Manuel Gonzales de la Cotera

BIBLIOTECA : ASOCEM

CONTENIDO : Química del Cemento

ANEXO I

NORMAS ASTM

PERU PROYECTO NORMA TÉCNICA	AGREGADOS Requisitos.	ITINTEC 400.037 Junio, 1987
1. NORMAS A CONSULTAR		
ITINTEC 400.010	Agregados. Extracción y preparación de muestras.	
ITINTEC 400.011	Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.	
ITINTEC 400.012	Agregados. Análisis granulométrico.	
ITINTEC 400.013	Agregados. Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas del agregado fino.	
ITINTEC 400.015	Agregados. Método de ensayo para determinar los terrones de arcilla y partículas friables en el agregado.	
ITINTEC 400.016	Agregados. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio del sulfato de sodio o sulfato de magnesio.	
ITINTEC 400.018	Agregados. Determinación del material que pasa el tamiz ITINTEC 74 μ m (N° 200)	
ITINTEC 400.019	Agregados. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de los ángeles.	
ITINTEC 400.020	Agregados. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño por medio de la máquina de los ángeles.	
ITINTEC 400.023	Agregados. Método de ensayo para determinar la cantidad de partículas livianas en los agregados.	
ITINTEC 400.024	Agregados. Método de ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones.	
ITINTEC 334.067	Cementos. Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento agregado (Método de la barra del mortero).	
ITINTEC 24:01-013	Agregados. Equivalente de arena de suelos y agregados finos.	
2. OBJETO		
2.1 La presente Norma establece los requisitos que deben cumplir los agregados a usar en el hormigón (concreto).		

3. DEFINICIONES

3.1 Agregado para hormigón (concreto). - Es un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la presente Norma.

3.2 Agregado fino. - Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz ITINTEC 9,5 mm (3/8) y que cumple con los límites establecidos en la presente Norma.

3.2.1 Arena. - Es el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas.

3.3 Agregado grueso. - Es el agregado retenido en el tamiz ITINTEC 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la presente Norma.

3.3.1 Grava. - Es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándosele corrientemente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural.

3.3.2 Piedra triturada o chancada. - Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

3.4 Tamaño máximo. - Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

3.5 Tamaño nominal máximo. - Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

3.6 Homogeneidad de agregados. - Una mezcla de agregados es homogénea cuando cumple con los límites granulométricos establecidos en cada porción de la misma.

3.7 Agregado denominado hormigón. - Es un agregado que se usa en la elaboración de concreto y que no está contemplado en la presente norma. Se incluye sólo como definición y corresponde a una mezcla natural de finos y gruesos.

4. CONDICIONES GENERALES

4.1 Los agregados para el hormigón (concreto) consistirán de agregados gruesos y agregados finos, tal como se han definido en el capítulo tres.

4.2 Los agregados suministrados como una mezcla de diferentes tamaños y tipos, deberán ser proporcionados y mezclados de tal manera que aseguren una razonable homogeneidad.

NOTA: La mezcla sin cuidado de diferentes tamaños y tipos de agregados, no asegura una razonable homogeneidad.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos obligatorios

5.1.1 Granulometría del agregado grueso. - Cuando se determine de acuerdo con la norma ITINTEC 400.012, el agregado grueso deberá cumplir con la gradación establecida en la Tabla N° 1.

5.1.2 Granulometría del agregado fino.- Cuando se determine de acuerdo con la Norma ITINTEC 400.012, el agregado fino deberá cumplir con los límites especificados en la Tabla N° 2.

TABLA N° 2 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

T A M I Z	PORCENTAJE DE PESO (Masa) QUE PASA			
	Límites Totales	C	M	F
9,5 mm (3/8)	100	100	100	100
4,75 mm (N°4)	89 - 100	95 - 100	85 - 100	89 - 100
2,36 mm (N°8)	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
1,18 mm (N°16)	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
600 μm (N°30)	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
300 μm (N°50)	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
150 μm (N°100)	0 - 12	2 - 10	0 - 12*	0 - 12*

* Incrementar a 15% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos de alta resistencia).

NOTA: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

5.1.3 Sustancias dañinas.- Las sustancias dañinas, no excederán los límites especificados en la Tabla N° 3

TABLA N° 3 LIMITES DE SUSTANCIAS DAÑINAS

	Agregado fino	Agregado grueso
Partículas deleznales, máx porcentaje	3	5
Material más fino que la malla ITINTEC 75 μm (N° 200), máx. porcentaje	5	1
Carbón y lignito, máx. porcentaje	0,5	0,5
MATERIA ORGANICA	El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica, cuando se determine conforme ITINTEC 400.013, se deberá considerar satisfactorio. El agregado fino que no cumple con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros (ITINTEC 400.024) la resistencia relativa a los 7 días no es menor de 95%	

En caso de estar presentes tales sustancias, el agregado puede ser utilizado con cementos que tengan menos de 0,6% de alcalis, calculados como óxido de sodio ($Na_2O + 0,658 k_2O$), con el añadido de un material que prevenga la expansión dañina debido a la reacción alcali-agregado.

5.3.2 El equivalente de arena del agregado utilizado en hormigón (concreto) de $f'c$ 210 kg/cm^2 de resistencia de diseño y mayores y los utilizados en pavimentos del hormigón (concreto) será igual o mayor a 75. Para otros hormigones (concretos) el equivalente de arena será igual o mayor a 65.

6. INSPECCION Y RECEPCION

6.1 El muestreo de los agregados se realizará de acuerdo a la Norma ITINTEC 400.010.

7. METODOS DE ENSAYO

7.1 Los resultados establecidos en la presente Norma se determinan con los siguientes métodos de ensayo.

7.1.1 ITINTEC 400.012 Agregados. Análisis granulométrico.

7.1.2 ITINTEC 400.015 Agregados. Método de ensayo para determinar los terrones de arcilla y partículas friables en el agregado.

7.1.3 ITINTEC 400.018 Agregados. Determinación del material que pasa el tamiz ITINTEC 75 μm (N° 200)

7.1.4 ITINTEC 400.023 Agregados. Métodos de ensayo para determinar la cantidad de partículas livianas en los agregados (NOTA)

NOTA: Se debe usar un líquido de 2,0 de gravedad específica para remover las partículas de carbón y lignito. Solamente las partículas de color marrón oscuro o negras se deben considerar como carbón o lignito. No se deben considerar las partículas de coque.

7.1.5 ITINTEC 400.013 Agregados. Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas del agregado fino.

7.1.6 ITINTEC 400.024 Agregados. Método de ensayo para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones.

7.1.7 ITINTEC (a estudiar) Agregados. Método de ensayo para determinar el índice de espesor del agregado.

NOTA: Mientras se estudia la NTN se debe aplicar la norma BS 812 - Parte 1.

7.1.8 ITINTEC (a estudiar). Agregados. Método de ensayo para determinar el valor de impacto.

NOTA: Mientras se estudia la NTN se debe aplicar la Norma BS 812 - Parte 3.

10. APENDICE A AGREGADO GLOBAL

El presente apendice es de carácter informativo y se incluye para que se tome nota de los límites granulométricos del agregado denominado global; y que proporcione una mayor amplitud de uso. Se recomienda conducir ensayos de diseño de mezclas para una mejor experiencia.

El agregado global está normalizado en Inglaterra, Francia, Alemania y la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), lo incluye.

A.1 Agregado Global.- Es el material compuesto de la mezcla de agregado fino y agregado grueso y cuya granulometría cumple con los límites indicados en la Tabla A1.

TABLA N° A1 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL.

T A M I Z	Tamaño nominal 37,5 mm (1 ½)	Tamaño Nominal 19,0 mm (3/4)	Tamaño nominal 9,5 mm (3/8)
	50 mm (2)	100	
37,5 mm (1 ½)	95 a 100	100	
19,0 mm (3/4)	45 a 80	95 a 100	
12,5 mm (½)			100
9,5 mm (3/8)			95 a 100
4,75 mm (N° 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2,36 mm (N° 8)			20 a 50
1,18 mm N° 16)			15 a 40
600 μ m (N° 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 μ m (N° 50)			5 a 15
150 μ m (N° 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

* Incrementar a 10% para finos de roca triturada

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC) LIMA - PERU

PERU
NORMA TÉCNICA
NACIONAL

AGREGADOS
Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.

ITINTEC
400.011
Diciembre, 1976

1. NORMAS A CONSULTAR

1.1 Para la aplicación de la presente Norma no es necesaria la consulta específica de ninguna otra.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece las definiciones y clasificación de los agregados según su composición granulométrica, para ser usados en la elaboración de morteros y concretos, de cemento hidráulico.

3. DEFINICIONES Y CLASIFICACION

3.1 Agregados.-- Es un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta Norma. Se les llama también áridos.

3.1.1 Agregado fino.-- Es el agregado que pasa el tamiz ITINTEC 9,51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 74 μ m (N°200), proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas.

3.1.1.1 Arena.-- Es el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas.

3.1.2 Agregado grueso.-- Es el agregado retenido en el tamiz ITINTEC 4,76 mm (N° 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca.

3.1.2.1 Grava.-- Es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

3.1.2.2 Piedra triturada o chancada.-- Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

3.1.3 Hormigón.-- Es el material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción.

3.2 Tamaño nominal máximo del agregado grueso.-- A los efectos de la presente Norma, es la abertura de la malla del tamiz ITINTEC de malla menor, por la cual el agregado grueso pasa del 95% al 100%.

Tabla 1

Agregado	Tamices Designación ITINTEC	
F I N O	149 μ m	(N° 100)
	297 μ m	(N° 50)
	595 μ m	(N° 30)
	1,19 mm	(N° 16)
	2,38 mm	(N° 8)
	4,76 mm	(N° 4)
G R U E S O	9,51 mm	(3/8 ")
	12,7 mm	(1/2 ")
	19,0 mm	(3/4 ")
	25,4 mm	(1 ")
	38,1 mm	(1 1/2)
	50,8 mm	(2 ")
	64,0 mm	(2 1/2")
	76,1 mm	(3 ")
	90,5 mm	(3 1/2")
101,6 mm	(4 ")	

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 400.010 Agregados. Extracción y preparación de las muestras.
- ITINTEC 400.011 Agregados. Definición y clasificación de agregados para usos en morteros y hormigón (concreto)
- ITINTEC 400.012 Agregados. Análisis granulométrico
- ITINTEC 24:01-005 Agregados. Método de ensayo para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece un método de ensayo para determinar el peso específico, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas en agua) del agregado fino.

3. DEFINICIONES

3.1 Las definiciones que se requieren en la presente Norma, se establecen en la Norma ITINTEC 400.021.

4. APARATOS

- 4.1 Balanza, con sensibilidad de 0,1 gramos o menos y con capacidad de 1 kg o más.
- 4.2 Frasco, volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,10 cm³ a 20°C.
- 4.3 Molde cónico, metálico, de 40 mm de diámetro en la parte superior, - 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.
- 4.4 Barra compactadora, de metal de 340 g \pm 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.
- 4.5 Estufa, capaz de mantener una temperatura de 110°C \pm 5°C.
- 4.6 Termómetro, con aproximación de 0,5°C.

5. PREPARACION DE LA MUESTRA

5.1 Se coloca aproximadamente 1000 g del agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método de cuarteo, en un envase adecuado.

* De acuerdo al S.I.U. la expresión correcta es "densidad"

en donde:

- P_e = Es el peso específico de masa
- W_o = Es el peso en el aire de la muestra secada al horno, en gramos.
- V = Es el volumen del frasco en centímetros cúbicos.
- V_a = Es el peso en gramos o volumen en cm^3 del agua añadida al frasco.

7.2 Peso específico de masa saturado con superficie seca

Se calcula el peso específico en base al peso del agregado saturado con superficie seca, como sigue:

$$P_{e,s} = \frac{500}{V - V_a}$$

$P_{e,s}$ = Es el peso específico de masa del material saturado con superficie seca.

7.3 Peso específico aparente

Se calcula el peso específico aparente, como sigue:

$$P_{e,a} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

$P_{e,a}$ = Peso específico aparente.

7.4 Absorción

Se calcula el porcentaje de absorción como sigue:

$$A_b = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

A_b = Porcentaje de absorción.

7.5 Precisión de resultados

7.5.1 Determinaciones por partida doble no deben diferir en $\pm 0,01$ en el caso del peso específico y $\pm 0,1$ en el caso del porcentaje de absorción; de no cumplirse esta condición los ensayos deberán realizarse nuevamente.

7.5.2 El resultado definitivo resulta del promedio de dos o más de terminaciones que cumplan con 7.5.1.

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 400.010 Agregados. Extracción y preparación de las muestras.
- ITINTEC 400.011 Agregados. Definición y clasificación de agregados para usos en morteros y hormigones (concretos).
- ITINTEC 400.012 Agregados. Análisis granulométrico.
- ITINTEC 350.001 Tamices de ensayo.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece un método de ensayo para determinar el peso específico, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas en agua) del agregado grueso.

3. DEFINICIONES

3.1 Peso específico.- Es la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

3.2 Peso específico aparente.- Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

3.3 Peso específico de masa.- Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales de material); a la masa en el aire de igual densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

* De acuerdo al Sistema Internacional de Unidades la expresión correcta es "densidad".

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS - ITINTEC - LIMA - PERU

6.2 Se saca la muestra del agua y se hace reinar sobre un papel grueso absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezcan húmedas. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 gramos.

6.3 Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

6.4 Se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 hora a 3 horas y se pesa.

7. EXPRESION DE RESULTADOS

7.1 Peso específico de masa

Se calcula el peso específico de masa de la manera siguiente:

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B - C}$$

donde:

A : Es el peso en el aire en gramos, de la muestra seca al horno.

B : Es el peso en el aire en gramos, de la muestra saturada con superficie seca.

C : Es el peso en el agua en gramos, de la muestra saturada.

7.2 Peso específico de masa saturado con superficie seca

Se calcula el peso específico en base al peso del agregado saturado con superficie seca, como sigue:

$$\text{Peso específico de masa saturado (con superficie saturada seca)} = \frac{B}{B - C}$$

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS - ITINTEC - LIMA - PERU

PERU NORMA TECNICA NACIONAL	AGREGADOS Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.	ITINTEC 400.017 Marzo, 1977
-----------------------------------	--	-----------------------------------

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 350.001 Tamices de ensayo
- ITINTEC 400.010 Agregados. Extracción y preparación de las muestras.
- ITINTEC 400.011 Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en mortero y concretos.
- ITINTEC 400.012 Agregados. Análisis granulométrico.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece un procedimiento para determinar el peso unitario de agregados finos, gruesos o mezclados.

3. APARATOS

3.1 Balanza.- Balanza que permita lecturas con exactitud de 0,1 % del peso de la muestra.

3.2 Barra compactadora.- Barra circular, recta de acero de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm de largo, con un extremo redondeado en forma de punta semiesférica.

3.3 Recipiente.- Un recipiente cilíndrico de metal preferiblemente con asas, impermeable con tapa y fondo firmes y parejos, con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígido para mantener su forma en condiciones de trabajo duras.

Las medidas de 15 dm³ (1/2 pie cúbico) y 30 dm³ (1 pie cúbico) se reforzarán alrededor de la parte superior con una banda de acero de 38 mm (1 1/2") de ancho. De acuerdo al tamaño máximo de las partículas más gruesas en el agregado a ensayar, las medidas requeridas tendrán capacidades de 3 dm³ (1/10 pie cúbico) 10 dm³ (1/3 pie cúbico), 15 dm³ (1/2 pie cúbico) y 30 dm³ (1 pie cúbico) y llenarán los siguientes requisitos dimensionales : Tabla 1 (Ver pág. 2).

3.4 Calibración del recipiente.

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7°C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7°C (1 000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7°C necesario para llenarlo.

5.1.2 Método de percusión.- El procedimiento de percusión se aplica a agregados que tengan un "tamaño máximo" mayor de 50 mm pero no mayor de 100 mm.

5.1.2.1 El recipiente se llena en tres capas aproximadamente iguales, como se ha descrito en la Sección 4.1.1. Cada capa se compacta colocando el recipiente sobre un piso firme como por ejemplo, un piso de concreto, se inclina hasta que el borde opuesto a la base de apoyo diste unos 5 cm del piso, para luego dejarlo caer en forma tal que dé un golpe seco. Por medio de este procedimiento, las partículas del agregado se acomodan de modo compacto. Cada capa se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita 25 veces de cada extremo. El agregado sobrante se elimina con una reglilla.

5.1.2.2 Se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Luego se obtiene el peso unitario compactado del agregado multiplicando el peso neto por el factor (f) calculado según lo descrito en la Sección 3.4.

5.2 Determinación del peso suelto

5.2.1 Procedimiento con pala.

5.2.1.1 El procedimiento con pala se aplica a agregados que tienen un "tamaño máximo" no mayor de 100 mm.

El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente. Se deben tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de las partículas. El agregado sobrante se elimina con una reglilla.

5.2.1.2 Se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Luego se obtiene el peso unitario suelto del agregado multiplicando el peso neto por el factor calculado según lo descrito en la Sección 3.4.

6. EXPRESION DE RESULTADOS

6.1 El peso unitario es el producto del peso de la muestra por el inverso del volumen del recipiente (Factor f).

7. APENDICE

7.1 El peso del agregado se determina restando del peso total, el peso del recipiente en kilogramos.

7.2 Los resultados obtenidos con la misma muestra no deben diferir en más del uno por ciento.

8. ANTECEDENTES

8.1 ASTM C 29-71 Standard method of test for unit weight of aggregate.

5.2 La muestra de ensayo se obtiene de la siguiente manera:

5.2.1 Se seca a la temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas separadas por una hora de secado en la estufa, no difieran en más de 0,1 %.

5.2.2 Se pesa con aproximación al 0,1 % una cantidad cercana a la indicada en la Tabla 1, de acuerdo con el tamaño máximo del agregado.

TABLA 1

Tamaño máximo del agregado mm	Peso mínimo de la muestra de ensayo en gramos
2,36 (N° 8)	100
4,75 (N° 4)	500
9,50 (3/8")	2 000
19,0 (3/4")	2 500
38,1 (1 1/2") ó más	5 000

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Se superponen los tamices indicados en 4.1 de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.

6.2 Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.

6.3 El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.

6.4 Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.

6.5 Se repite la operación hasta que las aguas del lavado sean claras.

6.6 Se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en los tamices. Se seca como se indica en 5.2.1 y se pesa con una aproximación de 0,1 %.

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 400.011 Agregados. Definiciones y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
- ITINTEC 350.001 Tamices de Ensayo.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece el método de ensayo a seguir en las operaciones de tamizado de agregados, con el fin de determinar su composición granulométrica.

3. METODO DE ENSAYO

3.1 Aparatos

3.1.1 Balanza.- Una balanza sensible al 0,1 % del peso de la muestra que se va a ensayar.

3.1.2 Tamices.- Los tamices deben cumplir con los requisitos establecidos en la Norma ITINTEC 350.001.

3.1.3 Estufa.- Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C ± 5°C.

3.2 Preparación de la muestra de ensayo

3.2.1 El peso de la muestra de ensayo para agregado grueso debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas, según se establece en la Tabla I.

TABLA 1

Tamaño máximo de las partículas mm	Peso aproximado de la muestra kg
9,51	2
12,7	4
19,0	8
25,4	12
37,5	16
50	20
63	25
75	45
90	70

NOTA: Para muestras que pesen 5 kg o más se recomienda el empleo de zaranda de 40 cm de diámetro.

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC) - LIMA - PERU

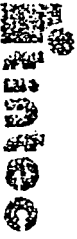
3.5.2 La diferencia entre el peso del retenido final y el de la muestra seca inicial da el peso del material que pasa por el tamiz ITINTEC 74 μ m (Nº 200).

3.6 Informe

3.6.1 El informe se puede expresar en porcentaje de material que pasa o en porcentaje de retenido en cada tamiz.

4. ANTECEDENTES

4.1 ASTM C 136 - 71 Standard method of test for sieve or screen analysis of fine and coarse aggregate.



ITINTEC

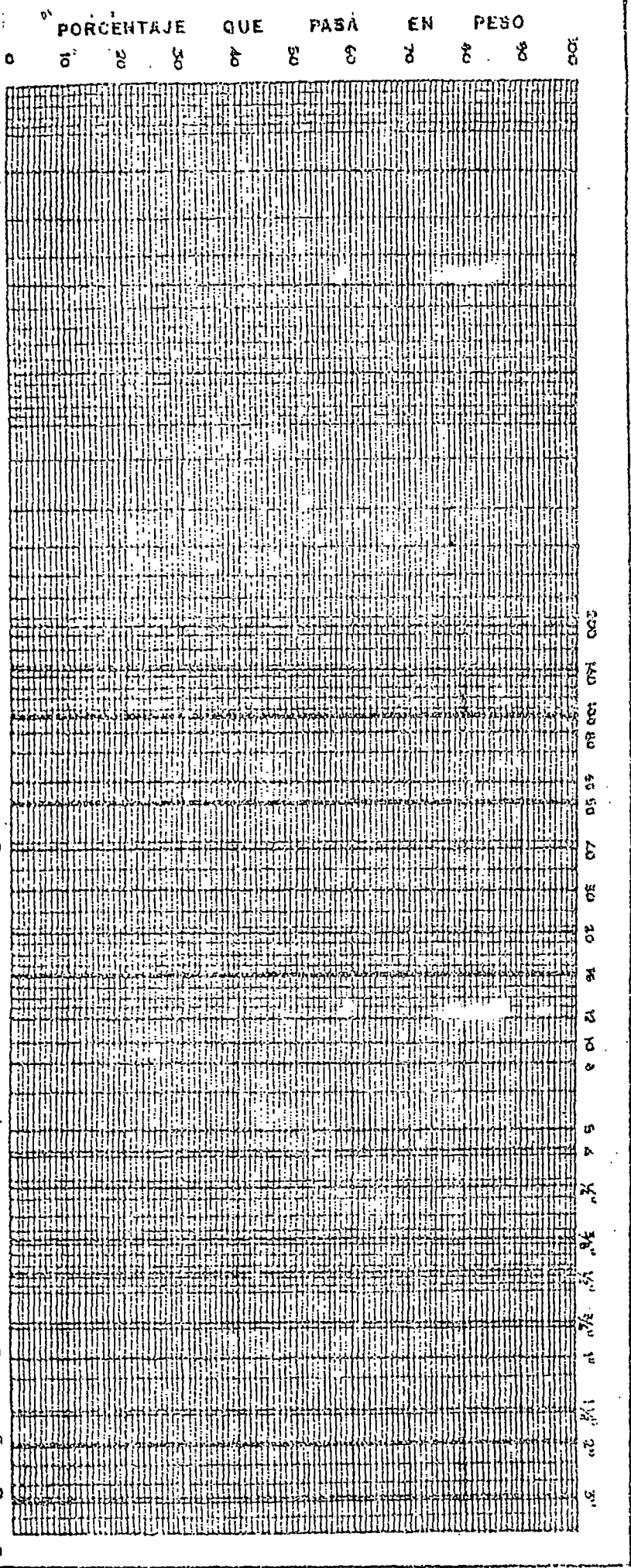
 INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS



ANALISIS GRANULOMETRICO

ADJUNTO AL ANALISIS MECANICO

ITINTEC 400.012
 Pág. 5



3.4.4 Determinación del color : al final del período de reposo, se compara el color del líquido que sobrenada con el del vidrio Patrón, anotando si es :

Más oscuro

Más claro

Igual

La comparación se hace poniendo el frasco y el vidrio patrón juntos, viendo a través de ellos contra un fondo claro.

3.5 Expresión de Resultados

3.5.1 Si el color obtenido en la comparación es más oscuro que el patrón de referencia, el lote del que proviene la muestra deberá rechazarse.

Sin embargo, si la coloración se debiera principalmente a la presencia de otras sustancias inorgánicas (carbón, lignito, arcilla, etc) el material podrá usarse después de someterlo al ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas del agregado fino en la resistencia de morteros.

4. APENDICE

4.1 En caso no sea factible usar el Vidrio de color Patrón Gardner Nº 11 se puede preparar una solución de igual color al de este patrón con la que llenará otro frasco igual al que contiene la muestra. Esta solución deberá renovarse frecuentemente. Se prepara de la siguiente manera :

4.1.1. Solución de cloruro férrico : 5 partes en peso de cloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) y 1,2 partes de solución 1 : 17 de ácido clorhídrico ($d = 1,19$).

4.1.2 Solución 1 : 17 de ácido clorhídrico. Un volumen de ácido clorhídrico ($d = 1,19$) en 17 volúmenes de agua destilada.

4.1.3 Solución de cloruro de cobalto : se prepara una solución que contenga 1 parte en peso de cloruro de cobalto ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) en 3 partes de solución 1:17 de ácido clorhídrico.

La solución patrón (que reemplazará al Vidrio Gardner Nº 11) contendrá :

Solución de cloruro férrico	7,5 ml
Solución 1:17 de ácido clorhídrico	87,2 ml
Solución de cloruro de cobalto	5,3 ml

5. ANTECEDENTES

5.1 ASTM C 40-66 (Reapproved 72) Standard method of test for organic impurities in sand for concrete.

3.2.4 La muestra de ensayo de agregado grueso debe ser separado en los tamices ITINTEC 4,75 mm (Nº 4), 9,50 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4") y 37,5 mm (1 1/2"). El peso de la muestra no será menor a lo indicado en la Tabla 1.

TABLA 1

Tamaño de las partículas de la muestra	Peso mínimo de la muestra en gramos
Tamiz ITINTEC 4,75 mm (Nº4) a 9,50 mm (3/8")	1 000
Tamiz ITINTEC 9,50 mm (3/8") a 19,0 mm (3/4")	2 000
Tamiz ITINTEC 19,0 mm (3/4") a 38,1 mm (1 1/2")	3 000
Mayor que 38,1 mm (1 1/2")	5 000

3.2.5 Puede ser necesario efectuar varios ensayos de lavado (3.2.1) para obtener los pesos indicados en 3.2.3 y 3.2.4.

3.2.6 En el caso que el agregado fino y grueso se hallan mezclados, deben separarse en dos tamaños, utilizando el tamiz ITINTEC 4,75 mm (Nº4) Se procederá luego de acuerdo con 3.2.3 y 3.2.4.

3.3 Procedimiento

3.3.1 Se pesa la muestra de ensayo y se esparce en una capa fina sobre el fondo del recipiente para examinar las partículas deleznable.

3.3.2 Las partículas que pueden ser desmenuzadas con los dedos será clasificada como terrones de arcilla o friables.

3.3.3 El desmenuzamiento de los terrones de arcilla y partículas friables será efectuada por compresión y deslizamiento entre los dedos pulgar e índice. La rotura de los mismos no debe efectuarse ayudándose con las uñas ni presionando contra superficies duras.

3.3.4 Se separan todas las partículas desmenuzadas utilizando los tamices indicados en la Tabla 2 (NOTA)

NOTA : Este tamizado será hecho por vía húmeda.

PERU NORMA TECNICA NACIONAL	HORMIGON (CONCRETO) Método de Ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de abrams	ITINTEC 339.035 Diciembre 1977
-----------------------------------	--	--------------------------------------

1.- NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 400.002 Materiales de construcción. Terminología y definiciones.
- ITINTEC 339.036 Hormigón (concreto). Toma de muestras de hormigón fresco.

2.- OBJETO

2.1 La presente Norma describe el ensayo para la determinación de un índice de consistencia de hormigones frescos y es aplicable tanto en el laboratorio como en el campo.

3.- APARATOS

3.1 Molde (cono de abrams).- El molde está construido de un metal no atacable por la pasta de cemento con un espesor mínimo de 1,5 mm y su forma es la de un tronco de cono abierto en sus extremos. Las dos bases son paralelas entre si : de 20 cm de diámetro la base inferior y 10 cm de diámetro la base superior formando ángulo recto con el eje del cono. La altura del molde es de 30 cm. Dicho molde está provisto de agarradores y aletas de pie, según se representa en la figura 1.

3.2 Barra compactadora.- Una barra recta de acero, lisa (nota) de 16 mm (5/8") de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminado en punta semiesférica o de bala.

Nota: En ningún caso se usará acero corrugado.

4.- MATERIALES

4.1 Muestras

4.1.1 Las muestras se toman de acuerdo con lo indicado en la Norma ITINTEC 339.036.

5.- PROCEDIMIENTO

5.1 El molde se coloca sobre una superficie plana no absorbente, habiendo humedecido previamente las áreas que estarán en contacto con el hormigón. Se mantiene inmóvil pisando firmemente las aletas. Seguidamente se llena vaciando el hormigón en tres capas, de modo que cada capa ocupe aproximadamente la tercera parte del volumen del molde*.

Para facilidad, la primera capa se ubica a una altura de 67 mm y a la segunda a 155 mm.

5.2 Cada capa se compacta dando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes se compactan de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.

5.3 El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiere una deficiencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde. Luego se puede enrasar utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

5.4 Una vez terminada la operación anterior, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical (Nota). Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.

Nota : Esta operación se hará aproximadamente en 5 s a 10 s evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado hasta la remoción del molde se hará sin interrupción, y en un tiempo no mayor de 2,5 min.

5.5 En caso de que se presente una falla a corte (ver figura Nº 2) donde se aprecia una separación de una parte de la masa (Nota), este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra.

Nota : Si esto ocurre dos veces consecutivos en una mezcla de hormigón presumiblemente ésta carece de la plasticidad y cohesión necesaria para la validez de este ensayo.

6. EXPRESION DE RESULTADOS

6.1 La consistencia del hormigón se establece por el asentamiento el que está determinado por la diferencia entre la altura del molde y la altura de la probeta medida en el eje y expresada en centímetros.

7. INFORME

7.1 En el informe se deben suministrar los siguientes datos :

7.1.1 Como referencia se indicará la dosificación de la mezcla cuyo asentamiento se determina.

7.1.2 Asentamiento medido con aproximación del centímetro.

7.1.3 Se anota el ensayo que no reúne las características de plasticidad y cohesión, etc. señalando las diferencias (no se desecha).

7.1.4 Fecha de ensayo.

7.1.5 Observaciones.

8. ANTECEDENTES

8.1 ASTM C143-71 Standard method of test for slump of Portland Cement Concrete.

PERU NORMA TECNICA NACIONAL	HORMIGON (CONCRETO) Método de ensayo para la elaboración y cura- do de probetas cilíndricas de hormigón en obra.	ITINTEC 339.033 Diciembre, 1977
-----------------------------------	---	---------------------------------------

1. NORMAS A CONSULTAR

- | | |
|-----------------|---|
| ITINTEC 400.002 | Materiales de Construcción. Terminología y defini-
ciones. |
| ITINTEC 339.036 | Hormigón (Concreto). Toma de muestras del hormigón
fresco. |
| ITINTEC 339.044 | Hormigón (Concreto). Método de ensayo para la ela-
boración y curado en obra de probetas para ensayos
de flexión. |

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece un procedimiento para la elaboración y cu-
rado de probetas cilíndricas de hormigón (concreto) en obra.

3. APARATOS

- 3.1 Cuchara de muestreo y plancha de albañilería.
- 3.2 Moldes metálicos cilíndricos, estancos de 152,5 mm \pm 2,5 mm de diáme-
tro por 305,0 mm \pm 6,0 mm de altura.
- 3.3 Barra compactadora, recta, de acero, lisa (Nota) de 16 mm (5/8") de
diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta de bala o
semiesférica.

Nota.- En ningún caso se usará acero corrugado.

3.4 Base del molde de material no absorbente, preferiblemente se usará una
base metálica, con un espesor mínimo de 7 mm.

4. PREPARACION DE LA MUESTRA Y DEL MOLDE

4.1 Preparación de la muestra

4.1.1 El material que se usa en la elaboración de probetas de ensayo, se
muestra de acuerdo a la Norma ITINTEC 339.036. Las probetas se deben identi-
ficar con la parte de la estructura a que corresponde el material a partir del
cual fueron elaborados.

4.1.2 Cuando el volumen de material fresco es transportado en recipientes de más de un cuarto de metro cúbico, el muestreo se realiza mezclando porciones de diferentes partes del contenido del recipiente elaborando las probetas de ensayo con esa mezcla.

4.1.3 La muestra no se considera representativa del material, cuando haya transcurrido más de una hora entre el muestreo y el momento en que el agua fue añadida al cemento. Este tiempo podrá variar, previa justificación experimental cuando hayan sido usados aditivos en la mezcla.

4.1.4 Para los criterios de muestreo referentes a hormigones premezclados véase el Método de Muestreo de Hormigón Fresco ITINTEC 339.036.

4.2 Preparación del molde

4.2.1 El molde debe presentar un aspecto limpio y su superficie interior debe estar cuidadosamente aceitada. Sólo se permite el uso de aceites minerales y otros productos adecuados para este efecto.

4.2.2 La base del molde presentará un aspecto limpio y aceitado, al igual que las superficies interiores.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 La elaboración de la probeta debe comenzar no más tarde de diez minutos después del muestreo y en una zona libre de vibraciones.

Se llena el molde con hormigón fresco hasta una altura aproximada de un tercio de la total, compactando a continuación enérgicamente con la barra compactadora mediante 25 golpes uniformemente repartidos en forma de espiral comenzando por los bordes y terminando en el centro, golpeando en la misma dirección del eje del molde.

Si después de realizar la compactación, la superficie presenta huecos, estos deberán cerrarse golpeando suavemente las paredes del molde con la misma barra o con un martillo de goma.

Este proceso se repite en las capas siguientes cuidando que los golpes sólo los reciba la capa en formación hasta lograr el llenado completo del molde. En la última capa se coloca material en exceso, de manera tal que después de la compactación de la misma puede enrasarse a tope con el borde superior del molde sin necesidad de añadir más material.

5.1.1 En el caso de elaborarse varias probetas con la misma muestra, estas se deben moldear simultáneamente.

5.2 En aquellas mezclas donde hayan sido usados agregados con un tamaño máximo mayor que la cuarta parte de la menor dimensión del molde, estos serán retirados manualmente inmediatamente antes de realizar el ensayo (Nota).

Nota. - Si esto no es posible el molde se modifica de acuerdo a la necesidad haciendo las conversiones correspondientes al molde normalizado.

5.3 Curado de la probeta

5.3.1 Cubrimiento de la probeta después de moldeada.- Para prevenir la evaporación del agua de la superficie superior del hormigón no endurecido de las probetas, se cubren estos inmediatamente después de moldeados, preferiblemente con una placa no absorbente y no reactiva o una lámina de plástico durable. Se puede usar para el cubrimiento, trapos o lienzos humedecidos, pero debe cuidarse de mantenerlos húmedos hasta que las probetas se desmolden.

5.3.2 Curado inicial

5.3.2.1 Después del llenado, se colocan los moldes sobre una superficie horizontal rígida libre de vibraciones y de toda otra causa que pueda perturbar el hormigón.

5.3.2.2 Durante las primeras 24 h después del moldeo, se almacenarán todas las probetas bajo condiciones que mantengan la temperatura ambiente entre 16°C y 27°C y que prevengan toda pérdida de humedad. Las temperaturas de almacenamiento pueden ser reguladas por medio de ventilación o por evaporación de agua, arena húmeda o trapos humedecidos, o por el uso de dispositivos eléctricos de calentamiento.

5.3.2.3 El estacionamiento de las probetas se realiza en construcciones provisionales realizadas en el lugar de la obra, en cajones de madera machimbrada bien contruidos y zunchados, en depósitos de arena húmeda o siempre que el clima sea favorable cubriendo las probetas con trapos húmedos.

5.3.3 Probetas para comprobar la calidad y uniformidad del hormigón durante la construcción

5.3.3.1 Las probetas hechas con el fin de juzgar la calidad de uniformidad del hormigón colocado en obra o para que sirvan como base para decidir sobre la aceptación del mismo, se desmoldan al cabo de 20 h \pm 4 h después de moldeados.

5.3.3.2 Inmediatamente después las probetas se estacionarán en una solución saturada de agua de cal a una temperatura de 23°C \pm 2°C, no debiendo estar en ningún momento expuestas al goteo y a la acción del agua en movimiento (Nota).

Nota.- La condición para el curado, de mantener agua libre durante todo momento en el total de la superficie de las probetas, se puede conseguir también por medio del almacenamiento conveniente en cuartos o gabinetes húmedos.

5.3.4 Probetas moldeadas para apreciar las condiciones de protección y curado del hormigón o decidir sobre el momento en que la estructura puede ser puesta en servicio

5.3.4.1 Las probetas hechas con el fin de determinar las condiciones de protección y curado del hormigón, o de cuando una estructura puede ser puesta en servicio, se almacenan tan cerca como sea posible del lugar o punto de donde se extrajo la muestra y deben recibir la misma protección contra las acciones climáticas y el mismo curado en toda su superficie que los recibidos por la estructura que representan.

5.3.4.2 Para conseguir las condiciones de 5.3.4.1 las probetas hechas para de terminar cuando una estructura pueden ser puestas en servicio, se desmoldan al tiempo de la remoción de los encofrados, siguiéndose lo indicado en la Norma ITINTEC 339.044.

6. ROTULADO, ENVASE Y EMBALAJE

6.1 Una vez sacadas del molde las probetas, se marcan de forma que no se estropeen las superficies que han de estar en contacto con la prensa de ensayo.

Durante todas las manipulaciones realizadas con las probetas, se evitan los golpes y demás accidentes que puedan fisurarlas o descantillarlas.

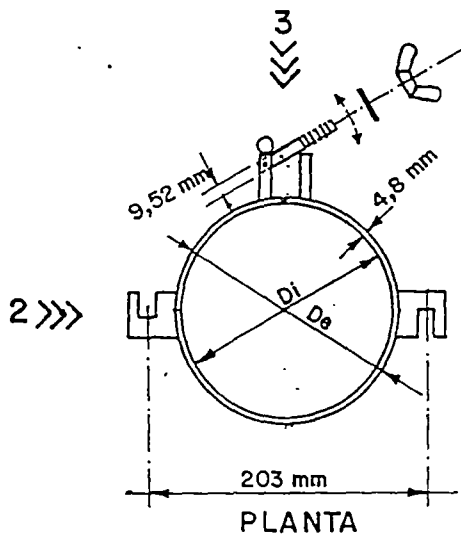
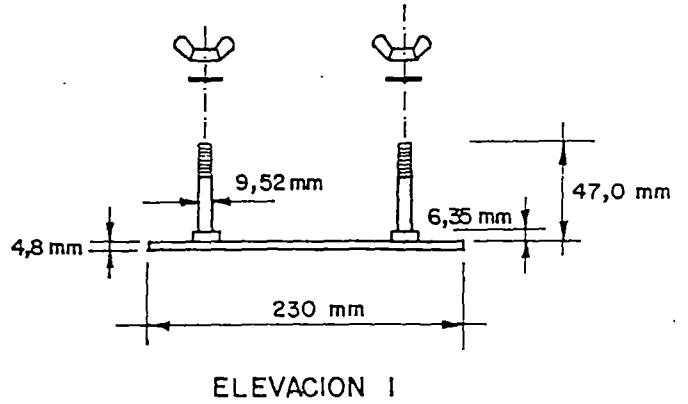
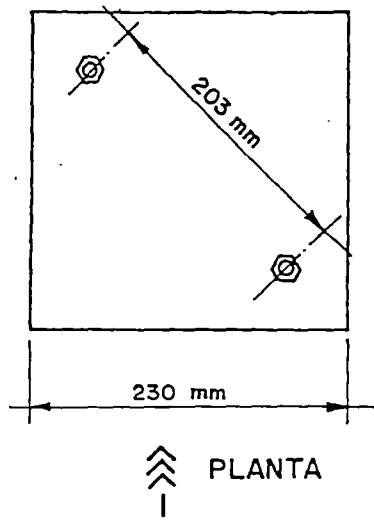
Si las probetas se envían a un laboratorio para su ensayo, se tienen que proteger con un embalaje sólido y preferentemente forrado de zinc u otro material resistente e impermeable.

Las probetas pueden ir rodeadas de una capa gruesa de arena fina empapada de agua, para conservar la humedad y evitar su deterioro.

7. ANTECEDENTES

7.1 IRAM 1524 Hormigón. Elaboración y curado de probetas de hormigón.

7.2 ASTM C 31-69 Standard method of making y curing concrete compressive and flexural strength test specimens in the field.



$D_i = 152,5 \text{ mm} \pm 2,5 \text{ mm}$
 $D_e = 162,025 \text{ mm}$

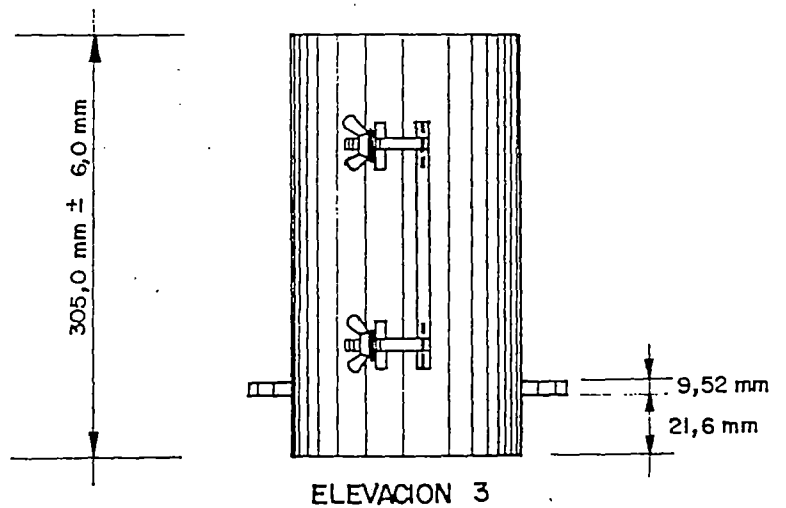
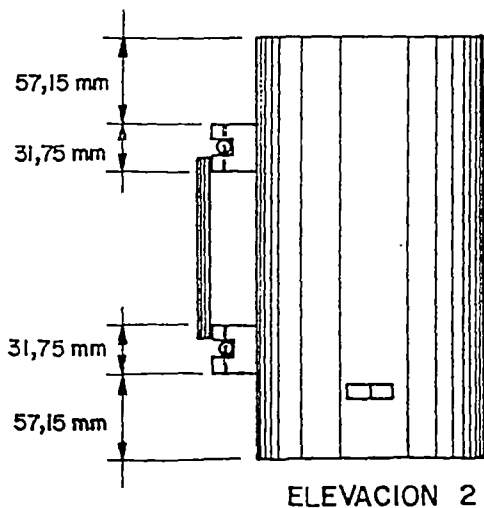


FIGURA 1.- Moldes de probetas cilíndricas (Croquis referenciales)

PERU
PROYECTO DE
NORMA TECNICA

HORMIGON (CONCRETO)
Refrentado de Cilindros de Hormigón

ITINTEC
24:04-006
Enero, 1977

COMISIONA DE ITINTEC

1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC	334.009	Cemento Portland Tipo I. Requisitos.
ITINTEC	334.038	Cemento Portland Tipo II. Requisitos.
ITINTEC	334.040	Cemento Portland Tipo V. Requisitos.
ITINTEC	24:04-008	Hormigón (concreto). Yeso para refrentado de cilindros de hormigón.
ITINTEC	24:04-007	Hormigón (concreto). Morteros de azufre para refrentado de cilindros de hormigón.

2. OBJETO

- 2.1 La presente Norma establece el procedimiento que se debe usar en el refrentado de cilindros de hormigón para ensayos de compresión.

3. DEFINICIONES

- 3.1 Refrentado de cilindros de hormigón.- Para los efectos de esta Norma, es el procedimiento por el cual las superficies planas del cilindro se hacen perpendiculares a su eje, mediante la aplicación de capas delgadas de un material adecuado.

4. REQUISITOS

4.1 Materiales

- 4.1.1 Los cilindros pueden refrentarse con capas de yeso de alta resistencia o con capas de azufre, o morteros de azufre, o con una capa delgada de pasta de cemento Portland. Estos materiales deben cumplir las siguientes condiciones:

5.2 Procedimiento

5.2.1 Refrentado de Cilindros de hormigón (concreto) fresco con pasta de Cemento. - Los cilindros se refrentan por la cara superior después de 2 a 4 horas de moldeados. El cemento para refrentado se debe amasar aproximadamente 2 horas antes de ser usado hasta formar una pasta consistente, para hacer mínima la tendencia de la capa a contraerse. Para las capas de cemento portland tipos 1; ó 2, la consistencia óptima generalmente se produce con una relación agua-cemento de 0,36 en peso; se forma la capa colocando una porción de pasta sobre el cilindro y presionando suavemente una placa de refrentado ligeramente aceitada hasta que quede en contacto con la corona del molde; puede ser necesario un pequeño movimiento de rotación para eliminar excesos de pasta y reducir la formación de vacíos en la capa. Después del endurecimiento de la pasta, se retira la placa de refrentado golpeando suavemente uno de sus bordes con un martillo de cuero en dirección paralela al plano de refrentado.

5.2.1.1 Las capas de cemento puro de tipo 1, generalmente requieren 6 días para alcanzar una resistencia aceptable.

5.2.2 Refrentado de Cilindros de hormigón (concreto) endurecido. - Las bases del cilindro deben estar lisas, planas y perpendiculares a su eje. Las irregularidades menores se eliminan por medio de pulido, las mayores por medio de una sierra de diamante o carborundum. El refrentado debe ser tan delgado como sea posible. En general su espesor debe ser de aproximadamente 3 mm y ningún caso superior a 8 mm. Si se desea, las placas para refrentado se pueden untar con una película o aceite mineral o grasa para evitar que el material de refrentado se adhiera a la superficie de las placas.

5.2.2.1 Yeso de Alta Resistencia. - Se hace una pasta de yeso usando la misma cantidad de agua empleada en el ensayo indicado en 4.1.1.1

5.2.2.2 Azufre y Mortero de Azufre. - El material se calienta hasta una temperatura de 130°C determinados periódicamente con un termómetro metálico insertado cerca al centro de la masa en el crisol. No se debe utilizar material por más de cinco veces. (Nota) para evitar la pérdida excesiva de resistencia y la formación de hormigueros ocasionados por contaminación con aceite o de sechos y pérdidas de azufre por volatilización. Al llenar el crisol el material debe estar seco, ya que la humedad puede provocar espuma. Por esta misma razón se debe evitar que el material fundido entre en contacto con el agua. La placa o dispositivo para refrentado

- 6.1.2 Los crisoles con azufre se deben instalar bajo una chimenea para dar salida a las emanaciones. El intervalo adecuado de temperatura es de 130°C a 145°C. Puesto que el punto de llama del azufre es aproximadamente a 225°C deberá evitarse el sobrecalentamiento siendo peligroso el uso de fuego directo. Cuando la mezcla empieza a inflamarse deberá evitarse la inhalación de sus vapores. Si la llama se extingue rápidamente, la mezcla de azufre podrá utilizarse para refrentar los cilindros.

-----0000-----

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS ITINTEC - LIMA - PERU

PERU	HORMIGÓN (CONCRETO)	ITINTEC
PROYECTO NORMA TECNICA	METODO DE ENSAYO A LA COMPRESION DE PROBE TAS DE HORMIGON (CONCRETO)	24:04-002 Marzo, 1977

CORTESIA DE ITINTEC

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 400.002 Materiales de construcción. Terminología y definición.
- ITINTEC 24:04-004 Hormigón (Concreto). Extracción de muestras de hormigón fresco.
- ITINTEC 24:04-001 Hormigón (Concreto). Método para la elaboración y curado de probeta cilíndrica de hormigón (Concreto) en obra.
- ITINTEC 821.003 Sistema Internacional de unidades.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece el procedimiento para realizar el ensayo de rotura por compresión de probetas cilíndricas, moldeadas, de hormigón (Concreto).

3. APARATOS

3.1 Máquina de ensayo

- 3.1.1 La máquina de ensayo es de cualquiera de los tipos de uso corriente, con una velocidad constante de carga comprendida entre 7 MP_a (70 kg/cm^2) y 21 MP_a (210 kg/cm^2) por minuto hasta la rotura.
- 3.1.2 La máquina está provista de dos bloques de acero de superficie endurecida, entre los cuales se comprimen las probetas sometidas a ensayo. Las superficies de contacto de dichas piezas con las probetas, tienen una dureza Rockwell no menor de HR 60. El cabezal inferior, sobre el que descansa la probeta, es rígido y plano. El cabezal superior está provisto de un dispositivo a rótula o calota esférica, que le permite rotar libremente e inclinarse pequeños ángulos en cualquier dirección. La superficie de contacto de este cabezal con la probeta, también es plana.
- 3.1.3 Los puntos de las superficies de contacto de ambos cabezales con las correspondientes bases de la probeta, no se deben apartar más de $0,025 \text{ mm}$ de la superficie de un plano, sin que dichas desigualdades puedan exceder después, una vez usada la máquina de $0,05 \text{ mm}$.

5.2.2 Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo, y se centra sobre la superficie del mismo, tratando que la probeta quede centrada en el bloque superior.

5.2.3 Al iniciarse el acercamiento de la probeta al bloque superior, la parte móvil de éste se hace rotar suavemente en forma manual, con el fin de facilitar un contacto uniforme y sin choques con la base superior de la probeta.

5.3 Velocidad de carga

5.3.1 Es fundamental aplicar la carga en forma continua, evitando choques, si la máquina es a tornillo, el avance es de 1,25 mm/min y si es del tipo hidráulico el incremento de la carga será entre 116 kPa (1,16 kg/cm²) y 350 kPa (3,5 kg/cm²) por segundo, pudiendo hacerse más rápidamente mientras se aplica la primera mitad de la carga. Esta velocidad es aproximadamente equivalente, para la probeta cilíndrica normal de 152 mm de diámetro y 305 mm de altura, a una velocidad de aplicación de carga comprendida entre 21 N/S (210 kg/s) y 63 N/S (630 kg/s).

5.3.2 Se continúa aumentando la carga hasta producir la rotura de la probeta registrando el valor de la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del hormigón (concreto) en la zona de rotura.

5.3.3 En los momentos finales del ensayo, cuando la probeta se deforma rápidamente, no se debe modificar la velocidad de aplicación de la carga.

6. EXPRESION DE RESULTADOS

6.1 La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula :

$$R_c = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2}$$

en donde :

R_c = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.* Nota

G = Es la carga máxima de rotura, en kilogramos

d = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

* Nota .- Para expresar kg/cm² en Pa multiplicar por 10⁵

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS - ITINTEC - LTDA, PERU

PERU	HORMIGÓN (CONCRETO)	ITINTEC
INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS	Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración .	339.082
		Enero, 1981

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 339.082 Hormigón (Concreto). Definiciones y Terminología relativas al hormigón .
- ITINTEC 339.030 Hormigón (Concreto). Toma de muestras de hormigón fresco .
- ITINTEC 339.085 Hormigón (Concreto). Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico rendimiento y contenido de aire del hormigón .

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece el método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de hormigones con asentamiento superior a cero, por medio de agujas de penetración sobre la muestra tamizada.

3. PRINCIPIO DEL METODO

3.1 Consiste en determinar la velocidad de endurecimiento que experimenta una muestra de hormigón fresco .

4. APARATOS

4.1 Recipientes para muestras de mortero .-

4.1.1 Pueden construirse con sección cilíndrica de 150 mm de diámetro o rectangular con dimensión lateral mínima de 150 mm, teniendo en ambos casos una altura mínima de 150 mm.

Deben ser rígidos, herméticos , no absorbentes y no deben aceitarse.

4.2 Aparato de resistencia a la penetración .-

4.2.1 Aparato de resorte , graduado de 4,0 daN a 60,0 daN (4,0 kgf a 60,0 kgf) con incrementos de 1 daN (1 kgf) o menos .

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Antes del ensayo se retira el agua que haya subido a la superficie de la muestra.

6.2 Según el estado de endurecimiento del mortero, se debe colocar en el aparato una aguja de tamaño apropiado y se pone ésta en contacto con el mortero. Se aplica una fuerza vertical gradual y uniformemente hacia abajo hasta lograr una penetración de 25 mm en un tiempo aproximado de 10 segundos.

6.3 Se registra la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora del ensayo.

6.4 En posteriores ensayos de penetración se debe tener cuidado en eludir sitios en los cuales el mortero ha sido alterado por penetraciones previas.

La distancia libre entre la aguja y el sitio de cualquier penetración anterior, debe ser al menos de 2 veces el diámetro de la aguja que se use, pero en ningún caso inferior a 15 mm. Se debe dejar una distancia libre entre la aguja y la pared del recipiente por lo menos 25 mm.

6.5 Para muestras normales y temperaturas normales, el primer ensayo se debe hacer cuando haya transcurrido 3 h a 4 h y los demás ensayos cada hora. Para mezclas aceleradas o altas temperaturas, se recomienda hacer el primer ensayo cuando hayan transcurrido 1 h a 2 h y los demás ensayos a intervalos de 0,5 h. Para condiciones de baja temperatura o mezclas de hormigón retardado, el primer ensayo debe hacerse cuando hayan transcurrido 4 h a 6 h o más, los posteriores deben hacerse a intervalos de 1 h, a menos que el incremento de resistencia a la penetración indique que son aconsejables intervalos más cortos.

6.6 Para cada ensayo de fraguado se deben hacer por lo menos 6 penetraciones y los intervalos de tiempo entre ellas serán tales que suministren puntos adecuados y lo suficientemente espaciados para dibujar una curva satisfactoria de velocidad de endurecimiento. Las penetraciones deben continuarse hasta alcanzar una resistencia de por lo menos 280 daN/cm² (280 kgf/cm²).

7. EXPRESION DE RESULTADOS

7.1 Se calcula la resistencia a la penetración, en daN/cm² (kgf/cm²) como el cociente de la fuerza requerida para que la aguja penetre 25 mm y el área de la superficie de contacto de la aguja.

7.2 Para cada condición de ensayo del hormigón, los resultados de 3 o más ensayos de fraguado deben ser dibujados separadamente.

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 339.038 Hormigón (Concreto). Toma de muestras de hormigón fresco .
- ITINTEC 339.045 Hormigón (Concreto): Método de ensayo para la preparación y curado en laboratorio de probetas para ensayos de flexión .
- ITINTEC 339.046 Hormigón (Concreto). Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón .
- ITINTEC 339.047 Hormigón (Concreto). Definiciones y terminología relativas al hormigón .

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece la determinación de la cantidad relativa de agua de mezclado que puede ser exudada de una muestra de hormigón fresco. Se incluyen dos métodos los cuales difieren, fundamentalmente en el grado de vibración al cual se somete la muestra .

2.1.1 Método A .- Para muestras consolidadas solamente por medio de una barra compactadora y ensayadas sin que la misma haya sido alterada .

2.1.2 Método B .- Para muestras consolidadas por vibración .

2.2 Los dos métodos no producirán los mismos resultados de ensayos cuando muestras de hormigón de la misma mezcla son ensayados por cada método. Cuando se comparan varios hormigones, todos los ensayos serán conducidos bajo un mismo método y el peso de la muestra, si son de similar peso unitario, no deben diferir en más de 0,9 daN (0,9 kg) .

3. METODOS DE ENSAYO

3.1 Método A

3.1.1 Aparatos

3.1.1.1 Recipiente cilíndrico metálico, o de otro material de suficiente rigidez, estanco e inatacable por el cemento, con un diámetro interior de 25 cm \pm 0,5 cm y una altura interior de 28 cm \pm 0,5 cm .

3.1.1.2 Balanza de suficiente capacidad para pesar con una aproximación de 0,5 % .

3.1.1.3 Pipeta o instrumento similar para extraer el agua libre de la superficie de la probeta .

3.1.1.4 Tubo graduado con capacidad suficiente para recoger y medir la cantidad de agua extraída .

1.1.1.5 Barra compactadora recta, de acero, lisa de 16 mm (5/8") de diámetro, de aproximadamente 600 mm de longitud y punta semiesférica.

1.1.1.6 Cubilete de metal, de 1 000 cm³ de capacidad para depositar las aguas y lodos.

1.1.1.7 Balanza (opcional) , con una sensibilidad de 1 g para pesar las aguas y lodos decantados.

1.1.1.8 Una plancha eléctrica u otro dispositivo de calor para evaporar las aguas decantadas (opcional) .

1.1.2 Muestra de ensayo

1.1.2.1 Los hormigones elaborados en el laboratorio, se prepararán de acuerdo a lo señalado en la Norma ITINTEC "Elaboración y curado de especímenes de hormigón hechos en laboratorio" Norma Técnica ITINTEC 339.045..

Los hormigones elaborados en el campo, se muestrearán como se describe en el Método de Muestreo de Hormigón Fresco , ITINTEC 339.047 .

Se llena el recipiente con el hormigón , de acuerdo con la Sección 5 del Método de Ensayo Gravimétrico para Determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire en el hormigón , ITINTEC 339.046 , excepto que el recipiente se llena hasta una altura de 25 cm ± 0,5 cm nivelando hasta lograr una superficie aproximadamente lisa con un esfuerzo mínimo de alisado .

Los aparatos descritos en este método pueden ser usados con muestras de hormigón que contengan cualquier tamaño de agregado hasta 50 mm (2") .

Los hormigones que contengan agregados mayores de 50 mm (2") de tamaño nominal máximo se deberán tamizar sobre un tamiz ITINTEC 37,5 mm (1 1/2") y el ensayo se realizará sobre la porción de muestra que pase a través de dicho tamiz .

1.1.3 Procedimiento

1.1.3.1 Durante el ensayo se mantiene la temperatura ambiente entre 18°C y 24°C. Inmediatamente después de llenar, nivelar y alisar la superficie del recipiente se anota la hora, peso y su contenido .

Se coloca el recipiente sobre una plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones y se tapa, manteniendo la misma en su lugar durante el ensayo .

Se extrae el agua que se haya acumulado en la superficie (con la pipa o instrumento similar) a intervalos de 10 min durante los primeros 40 min, y a intervalos de 30 min de allí en adelante hasta que cese la exudación . Para facilitar la extracción del agua de exudación, se inclina la probeta cuidadosamente colocando un taco de aproximadamente 5 cm de espesor debajo de uno de los lados del recipiente 2 min antes de extraer el agua .

Después que el agua haya sido extraída, se devuelve el recipiente a la posición original sin golpearlo. Después de cada extracción se transfiere el agua a un tubo graduado. Se anota la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia.

Cuando se requiere solamente el volumen total de agua exudada el procedimiento de extracción periódica puede ser omitido y la extracción se hará en una sola operación .

Si se desea obtener el peso del agua exudada sin inclusión de materias extrañas, se deberá decantar cuidadosamente el contenido del cilindro en un cubilete de metal .

3.1.4 Expresión de resultados

3.1.4.1 Se calcula el volumen de agua de exudación por unidad de superficie , con la siguiente ecuación :

$$V = \frac{V_1}{A}$$

en donde :

V_1 volumen en centímetros cúbicos del agua de exudación, durante un intervalo seleccionado .

A Área expuesta del hormigón, en centímetros cuadrados .

Puede determinarse la velocidad de exudación, comparando el volumen del agua de exudación para cada intervalo igual de tiempo .

3.1.4.2 Se calcula el agua acumulada de exudación, expresada como porcentaje del agua de mezclado contenida en la probeta de ensayo, como sigue :

$$C = \frac{W}{W} \times S$$

$$\text{Exudación, \%} = \frac{D}{C} \times 100$$

en donde :

C Masa de agua en la probeta de ensayo, en gramos

W Masa total de la mezcla, en kilogramos

w Masa neta del agua en la mezcla, en kilogramos

S Masa de la muestra, en kilogramos

D Volumen total de agua de exudación extraída de la probeta de ensayo en cm^3 , multiplicada por 1 g/cm^3 o masa del agua de exudación en gramos .

3.1.5 Informe

El informe incluirá lo siguiente :

3.1.5.1 Dosificación de la mezcla

3.1.5.2 Asentamiento medido

3.1.5.3 Presencia de aditivos

3.1.5.4 Resultados del ensayo .

3.2 Método B

3.2.1 Aparatos

3.2.1.1 Plataforma vibratoria, sobre la cual debe estar el recipiente que se llenará con la muestra. La plataforma estará equipada con un dispositivo que impartirá al recipiente la vibración adecuada para que refluya el agua a la super-



ficie produciendo una humectación brillante .

La plataforma debe descansar sobre soportes de caucho encima de una losa de hormigón, la cual debe estar separada del piso por una capa de corcho, como se muestra en la Figura 1 .

3.2.1.2 Recipiente cilíndrico de acero, de 292 mm de diámetro en su extremo superior y 279 mm de diámetro en el fondo. El recipiente tiene una altura de 282 mm y asimismo una tapa de acero, según detalles de la Figura 2.

3.2.1.3 El resto de aparatos es idéntico a los dados en 3.1.1 .

3.2.2 Muestra de ensayo

3.2.2.1 La muestra se prepara como se indica en 3.1.2.1

3.2.2.2 Se coloca la muestra en el recipiente a una altura igual a aproximadamente la mitad del diámetro promedio. El tamaño de la muestra de ensayo puede ser regulada por peso; con 20,5 kg \pm 0,5 kg es suficiente para conseguir los requerimientos para los aparatos descritos .

3.2.3 Procedimiento

3.2.3.1 Compactación del espécimen de ensayo .- Se consolida la muestra en el recipiente por medio de vibración hasta un grado deseado, considerándose que se ha aplicado suficiente vibración, cuando la superficie del hormigón parece estar relativamente lisa.

El procedimiento de vibración se para, inmediatamente las primeras apariciones de agua segregada del hormigón , aparezcan como el desarrollo de una película brillante. Para algunas mezclas con ciertos contenidos de agua o plásticos, no será necesario mayor esfuerzo de consolidación, que el empleado para colocar la muestra en el recipiente y la colocación en la plataforma de ensayo .

3.2.3.2 Determinación del agua exudada .- El volumen total de agua exudada se determina de acuerdo a 3.1.3.1 .

3.2.4 Expresión de resultados

3.2.4.1 Se calcula el porcentaje de agua exudada como se ha descrito en 3.1.4 .

3.2.4.2 Precisión para ensayos de rutina .- Los resultados obtenidos de dos ensayos conducidos por el mismo operador en el mismo día sobre diferentes porciones de la misma mezcla no deben diferir más de 2,0 % para un rango de exudación de 0 % a 10 % ; 3,0 % para un rango de 10 % a 20 % y de 5,0 % para rangos mayores de 20 % .

Precisión para ensayos especiales .- Un único operador por día que desahorra varios ensayos, su desviación es 0,71 % y es fija para un rango de exudación de 0 % a 10 % ; 1,06 % para un rango de 10 % a 20 % y de 1,77 % para rangos mayores de 20 % .

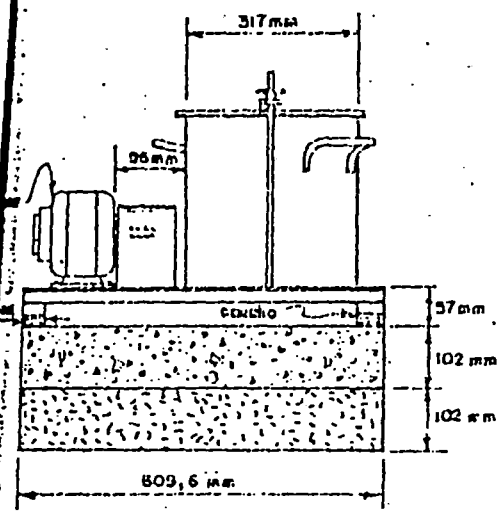
3.5 Informe

3.5.1 Se informa conforme lo indicado en 3.1.5

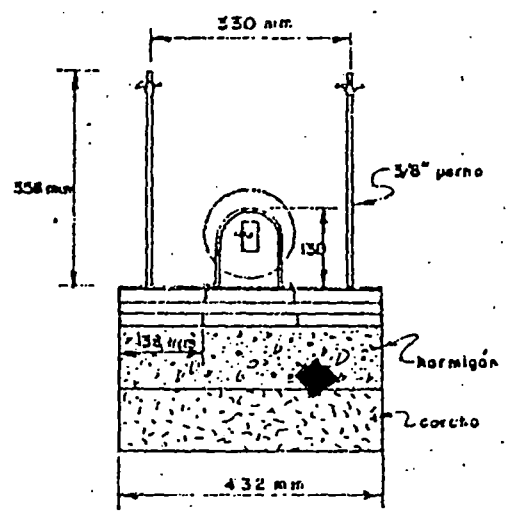
4. ANTECEDENTES

ASTM C 232-71 Standar method of test for blending of concrete .

NORVEN 76-42 Exudación de agua del concreto 1966 .

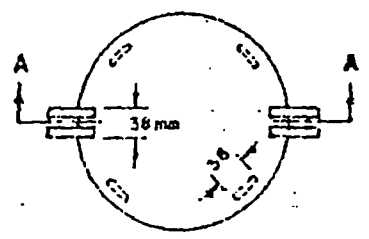


VISTA LATERAL

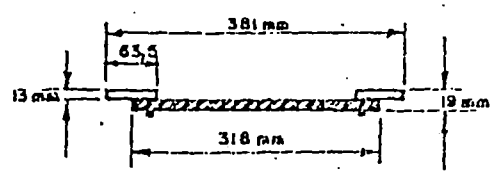


VISTA FRONTAL
(SIN EL RECIPIENTE)

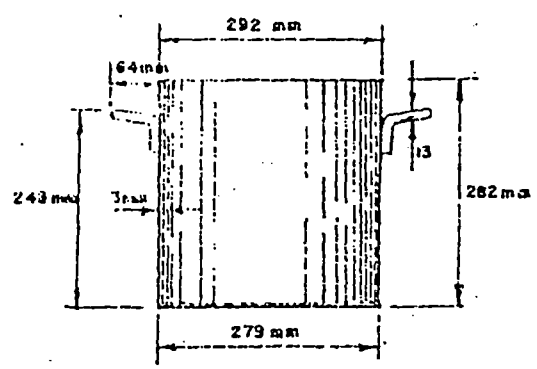
FIGURA 1 -- DETALLES DE LA PLATAFORMA VIBRATORIA



VISTA EN PLANTA DE LA TAPA



SECCION "A - A"



RECIPIENTE PARA EL ENSAYO

FIGURA 2 -- RECIPIENTE Y TAPA

PERU PROYECTO NORMA TÉCNICA	HORMIGÓN CONCRETO Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.	ITINTEC 24:04-011 Junio, 1977
-----------------------------------	---	-------------------------------------

CORTESIA DE ITINTEC

1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 24:04-001 Hormigón (Concreto). Toma de muestras del hormigón fresco.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma describe un procedimiento para determinar : (a) el peso de hormigón fresco por metro cúbico; (b) el volumen de hormigón producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales componentes; (c) el rendimiento, o sea el volumen de hormigón por unidad de volumen de cemento; (d) el factor real de cemento; y (e) el contenido de aire del hormigón determinado gravimétricamente.

3. APARATOS

3.1 Balanza, con sensibilidad de 50 g.

3.2 Barra compactadora, recta, de acero, lisa, de 16 mm de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y punta semiesférica.

3.3 Recipiente, cilíndrico, de metal a prueba de agua, preferiblemente con asas, maquinado interiormente o preparado mediante el rolado de planchas. El recipiente deberá ser reforzado alrededor de la parte superior con un arco de acero de 38 de ancho.

Según el tamaño máximo nominal del agregado grueso del hormigón, los recipientes requeridos tendrán capacidades de 14 dm³ (1/2 pie³) 28 dm³ (1 pie³) y estarán de acuerdo con lo indicado en la Tabla 1.

3.3.1 Calibración del recipiente .- El recipiente se calibra determinando con precisión, el peso de agua a 21°C que se requiere para llenarlo (Nota). El factor para cualquier recipiente se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 21°C tomado como 1 000 kg/m³, entre el peso del agua a la misma temperatura de 21°C que se requiere para llenar el recipiente.

NOTA .- Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

4. MUESTRA

4.1 La muestra se obtiene de acuerdo con la Norma ITINTEC 24:04-004.

\$200
27

donde :

V_H = Volumen de hormigón fresco producido por mezcla, en metros cúbicos

N = Número de bolsas de cemento por mezcla

P_C = Peso neto de una bolsa de cemento, en kilogramos

P_{af} = Peso total del agregado fino de la mezcla en la condición en que se usa, en kilogramos.

P_{ag} = Peso total del agregado grueso de la mezcla en la condición en que se usa, en kilogramos.

P_a = Peso total del agua de mezclado añadido a la mezcla, en kilogramos.

P_u = Peso unitario del hormigón fresco en kilogramos por metro cúbico.

6.3 Rendimiento .- Se calcula el rendimiento como sigue :

$$Y = \frac{V_H}{N}$$

en donde :

Y = Rendimiento del hormigón fresco por bolsa de cemento, en metros cúbicos.

6.4 Rendimiento relativo .- El rendimiento relativo es la relación entre el volumen real del hormigón obtenido y el volumen de diseño de la mezcla .

Se calcula como sigue :

$$Y_r = \frac{V_H}{V_d}$$

donde :

Y_r = Rendimiento relativo

V_d = Volumen de diseño de la mezcla de hormigón en metros cúbicos.

6.5 Factor de cemento .- Se calcula el factor real de cemento como sigue :

$$N_m = \frac{1}{Y} \quad \text{o} \quad N_m = \frac{N}{V_H}$$

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS - ITINTEC - LIMA, PERU

PLANO	HORMIGÓN (CONCRETO)	ITINTEC
NORMA TÉCNICA NACIONAL	Método de ensayo para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica	339.084 Enero, 1981

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 339.036 Hormigón (Concreto). Toma de muestras de hormigón fresco.
- ITINTEC 339.047 Hormigón (Concreto). Definiciones y terminología relativas al hormigón
- ITINTEC 339.033 Hormigón (Concreto). Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de hormigón en obra.
- ITINTEC 339.034 Hormigón (Concreto). Método de ensayo a la compresión de probetas de hormigón.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece el método de ensayo de tracción indirecta de cilindros normales de hormigón.

3. PRINCIPIO DEL METODO

3.1 Se determina indirectamente la resistencia a la tracción del hormigón por medio de una compresión diametral.

4. APARATOS

4.1 Máquina de ensayo .- Además de cumplir los requisitos establecidos en la Norma ITINTEC 339.034, debe tener suficiente capacidad y reunir las condiciones de velocidad de carga establecidas en 6.2.

4.2 Platina de apoyo suplementaria .- Si el diámetro o la mayor dimensión de las placas de apoyo, inferior y superior, es menor que la longitud del cilindro para ensayo, debe usarse una platina suplementaria de acero maquinado. La superficie de la platina debe ser plana dentro de una tolerancia de $\pm 0,025$ mm, medida sobre cualquier línea de contacto del área de apoyo.

te la siguiente ecuación :

$$T = \frac{2 P}{\pi L d}$$

siendo :

- T esfuerzo de tracción indirecta con aproximación de 1 daN/cm² .
- P carga máxima indicada por la máquina de ensayo, en decanewtons .
- L longitud del cilindro , en centímetros
- d diámetro del cilindro, en centímetros .

8. INFORME

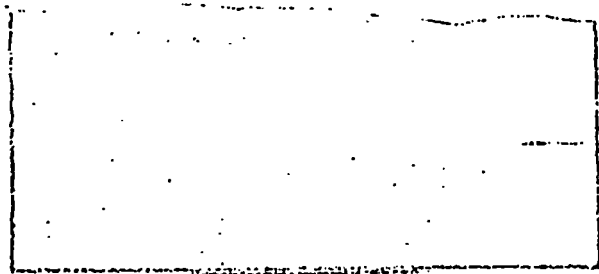
EN = N° 10³
DU = N° 10¹⁰

- 8. Se debe informar :
- 8.1 Identificación del cilindro
- 8.2 Edad del cilindro
- 8.3 Esfuerzo de tracción indirecta, en decanewtons por centímetros cuadrados.
- 8.4 Defectos del cilindro
- 8.5 Tipo de fractura si es diferente a la producida según un plano vertical
- 8.6 Carga de la máquina en el momento de la rotura .

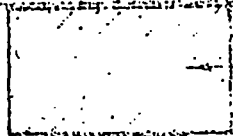
9. ANTECEDENTES

ICONTEC 722-75 Hormigón. Ensayo de tracción indirecta de cilindros normales de hormigón .

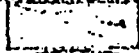
ASTM C 496 Splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens.



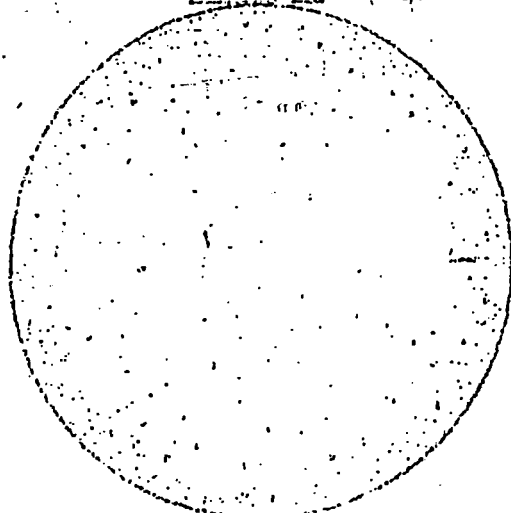
Cabezal superior



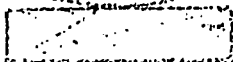
Placa de acero superior
larga



Listón de madera



Cilindro de madera



Listón de madera

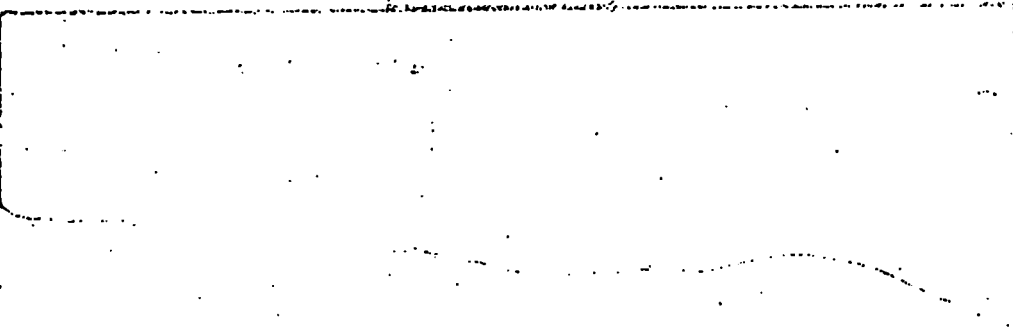


FIGURA 2

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS - ITINTEC - LIMA, PERU

PERU NORMA TÉCNICA NACIONAL	HORMIGÓN (CONCRETO) Aditivos para el hormigón. Requisitos	ITINTEC 339.086 Setiembre, 1979
-----------------------------------	--	---------------------------------------

1. NORMAS A CONSULTAR

CORTESIA DE ITINTEC

ITINTEC 339.044 Hormigón (Concreto). Terminología relativa al hormigón.

ITINTEC 339.087 Hormigón (Concreto). Aditivos para el hormigón. Métodos de ensayo.

ITINTEC 833.008 Métodos de muestreo, inspección por atributos. Planes de muestra simple, doble y múltiple con rechazo.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece los requisitos, que deben cumplir los aditivos que no poseen propiedades ligantes y que se emplean en hormigones de Cemento Portland con la finalidad de modificar alguna de sus propiedades.

3. DEFINICIONES Y CLASIFICACION

3.1 Aditivo .- Es la substancia añadida, a los componentes fundamentales del hormigón, con el propósito de modificar alguna de sus propiedades.

3.2 Incorporador de aire .- Es el aditivo, cuyo propósito exclusivo, es incorporar aire en forma de burbujas esferoidales no coalescentes y uniformemente distribuidas en la mezcla.

3.3 Plástificantes .- Es el aditivo que mejora la consistencia de un hormigón, lo hace más trabajable y permite reducir la relación agua-cemento.

3.4 Retardador .- Es el aditivo que alarga el tiempo de fraguado.

3.5 Acelerador .- Es el aditivo que acorta el tiempo de fraguado.

3.6 Plastificante retardador .- Es el aditivo que reduce la cantidad de agua de mezclado, requerida para producir hormigón de una consistencia dada, retardando el fraguado del mismo.

3.7 Plastificante acelerador .- Es el aditivo que reduce la cantidad de agua de mezclado, requerida para producir hormigón de una consistencia dada, acelerando su fraguado y el desarrollo de sus resistencias iniciales.

M

3.8 Impermeabilizantes .- Es el aditivo que reduce en cierto grado el coeficiente de permeabilidad .

4. CONDICIONES GENERALES

4.1 Los aditivos se presentarán en estado líquido en polvo, en escamas, granulados y en pastas .

4.2 Los aditivos deberán presentar un aspecto homogéneo sin separación en fases o capas .

5. REQUISITOS

5.1 Cuando se utilicen aditivos que contengan relativamente grandes cantidades de cloruro de calcio, estos deberán ensayarse para determinar su aceptabilidad, ya que los requisitos establecidos en la presente Norma no constituyen seguridad para su uso, especialmente para el hormigón pretensado .

5.2 El hormigón con el aditivo en prueba, ensayado comparativamente con el de referencia, cumplirá con los requisitos indicados en la Tabla 1, salvo el de flexión, que se exigirá según convenio previo.

5.3 Los valores expresados en porcentaje según la Tabla 1 , deben interpretarse como porcentaje de los que se obtienen con el hormigón de referencia .

5.4 Cuando el aditivo se emplea en un hormigón sin aire incorporado, el hormigón con el aditivo en prueba no deberá contener más del 3 % de aire incorporado .

5.5 Cuando el aditivo se use en un hormigón con aire incorporado, el hormigón con el aditivo en prueba no deberá contener más del 7 % de aire incorporado.

5.6 El aditivo no debe permanecer almacenado durante más de 6 meses desde que se efectuaron los ensayos ; en caso contrario se efectuarán nuevamente los ensayos requeridos.

5.7 Aditivos compuestos .- Los hormigones preparados con aditivos compuestos, deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1 para cada una de las características del mismo.

5.8 La resistencia indicada en la Tabla 1 , obtenida a una edad determinada, no deberá ser menor que la resistencia obtenida en cualquier edad anterior .

acuerdo con respecto a los valores experimentales obtenidos, se repetirán el o los ensayos en cuestión sobre la porción de muestra reservada para los casos de discrepancia, la que será ensayada por las partes en forma conjunta o remitida a un organismo competente de acuerdo con lo que se convenga. Si alguno de los ensayos realizados sobre esta porción no diera resultado satisfactorio, se rechazará la partida.

6.3.2 Método B

6.3.2.1 Para cada tipo de aditivo el comprador y el proveedor acordarán el tamaño del lote, de las muestras y los criterios de aceptación y rechazo que se establecen en la Norma ITINTEC 833.008 conforme al AQL respectivo y según los defectos críticos, defectos mayores y defectos menores del producto.

7. METODOS DE ENSAYOS

7.1 Los métodos de ensayo de los requisitos indicados en 5.2, son los indicados en la Norma ITINTEC 333.087.

8. ROTULADO, ENVASE y EMBALAJE

8.1 Envases.- El aditivo se envasará en recipientes que aseguren su conservación en las condiciones de uso y transporte.

8.2 Rotulado.- Los envases llevarán impresos directamente, con caracteres legibles e indelebles, las indicaciones siguientes:

8.2.1 La marca registrada, el nombre y apellido o la razón social del fabricante y del responsable de la comercialización del producto (representante, fraccionador, vendedor, importador, etc.).

8.2.2 La leyenda "aditivo para el hormigón".

8.2.3 Tipo de aditivo, según la clasificación establecida en la presente Norma.

8.2.4 El contenido neto, en masa o volumen, en unidades del SI*, reafirmando los volúmenes, para aditivos líquidos, a la temperatura de 20 °C.

8.2.5 La densidad, en gramos por centímetros cúbico a 20 °C.

8.2.6 La dosificación máxima o mínima a emplear, de acuerdo a la propiedad que se desea modificar.

8.2.7 La fecha de fabricación.

8.2.8 La fecha de vencimiento.

* SI Sistema Internacional de Unidades, ITINTEC 821.003.

TABLA 1
REQUISITOS FISICOS

REQUISITOS	Unidad	Incorporador de aire	(Reductor de agua Plastificante	Retardador	Acelerador	Plastificante Retardador	Plastificante Acelerador
Agua (máximo)	%	-	95	-	-	95	95
Tiempo de fraguado							
Inicial máximo	h	± 1	± 1	+ 3	- 3	+ 3	- 3
Inicial mínimo	h	-	-	+ 1	- 1	+ 1	- 1
Final máximo	h	± 1	± 1	+ 3	-	+ 3	-
Final mínimo	h	-	-	-	- 1	-	- 1
Resistencia a la compresión (mín) a los :							
3 d	%	90	110	90	125	110	125
7 d	%	90	110	90	100	110	110
28 d	%	90	110	100	100	110	110
6 meses	%	90	100	100	90	100	100
1 año	%	90	100	100	90	100	100

Handwritten signature

TABLA 1 (Continuación)

REQUISITOS	Unidad	Incorporador	(Reductor de agua) Plastificante	Retardador	Acelerador	Plastifican te Retarda dor	Plastifican te Acelera dor
Resistencia a la tracción por compresión diametral (mín) a los :							
3 d	%	90	100	90	110	100	110
7 d	%	90	100	90	100	100	100
28 d	%	90	100	100	90	100	100
Resistencia a la flexión (mín) a los :							
3 d	%	90	100	90	110	100	110
7 d	%	90	100	90	100	100	100
28 d	%	90	100	90	90	100	100
Adherencia al acero (mín) a los 28 d	%	90	100	100	100	100	100
Contracción por secado (incremento máximo referido al hormigón de referencia).	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Exudación (máx)	%	2	-	-	-	-	-

ANEXO II

FOTOGRAFIAS