

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

**Efectos de un Aditivo Acelerante de Fragua
sobre las Propiedades del Concreto**

TESIS DE GRADO

JORGE CHANG LOPEZ
CARLOS ALCANTARA VALLEJO

LIMA - PERU 1966

NUESTRO MAS SINCERO AGRADECIMIENTO

a los Inges.:

Manuel Gonzalez de la Cotera.

Enrique Riva López

Carlos Pérez

José Mesa Cuadra

Carlos Tapia

Wilfredo Valdivia

Ana Biondi

**Así como también a todo el
personal auxiliar de este La-
boratorio.**

A MIS QUERIDOS PADRES

A MIS HERMANOS

A AEA MARIA, MI NOVIA

Jorge Chang López.

A MIS QUERIDOS PADRES

Carlos Alcántara Vallejo.

I N T R O D U C C I O N

El problema de acelerar el fraguado y endurecido de los aglomerantes hidráulicos y, en particular del cemento Portland es muy antiguo; se ha tratado de resolver por medios más diversos, desde el puramente físico como el calentar los óxidos y el agua de amasado antes de efectuar la mezcla de ellos. Otro medio de acelerar el fraguado y endurecido, más aplicable en piezas prefabricadas, consiste en someter a estos a un tratamiento vapor.

Con el transcurso del tiempo esta técnica de acelerar el fraguado y endurecido del concreto fue mejorando, aparecieron los medios químicos que se fundan en los efectos causados por determinadas adiciones en cantidades adecuadas.

Los estudios realizados en países donde la técnica de los concretos está altamente desarrollada, dan como resultados que los concretos elaborados a base de aditivos dan ciertas propiedades beneficiosas en cuanto a calidad, manufactura, costos, etc.

Considerando la introducción de los aditivos en nuestro medio y el éxito de los estudios en el extranjero, se

de gran importancia el estudio del concreto con un aditivo que cumpla con la función de acelerar la fragua. Un aditivo de esta naturaleza ofrece las siguientes ventajas:

- Incrementa la cantidad de resistencia inicial desarrollada
- Disminuye el tiempo de fraguado
- Ambos propósitos.

Incrementando la resistencia inicial se consigue : rápidos desencofrados, reducción de periodos de curado, rápida puesta al servicio de una estructura y compensación parcial o total de todos los efectos de baja temperatura en el desarrollo de la resistencia.

Los beneficios en cuanto a tiempo de fraguado permiten una pronta terminación de la superficie, reducción de pérdidas sobre los encofrados y sellado efectivo de puntos de escape contra presiones hidráulicas.

En la parte final de este trabajo se incluye, como una introducción de carácter bibliográfico, un apéndice correspondiente a la traducción efectuada del Journal of the American Concrete Institute de Noviembre de 1953 sobre sobre "Admixtures for Concrete" .

P L A N D E T E S I S

El objeto de esta Tesis, consiste en estudiar un concreto, el cual se ha incorporado un aditivo, en este caso particular acelerante de fragua, a fin de determinar las variaciones que se operan con respecto a las propiedades de un concreto normal.

La importancia del estudio radica en el hecho de que va a permitir determinar con bastante exactitud las modificaciones que en las propiedades del concreto se operan con la inclusión del aditivo mencionado.

Los productores del aditivo, han establecido un rango de mejoras en las propiedades del concreto normal, el cual naturalmente puede no cumplirse exactamente en nuestro medio, pues los ensayos por ellos realizados, han sido efectuados en un medio diferente al nuestro, con materiales; agregado, arena y cemento diferentes.

Las modificaciones en las propiedades de los materiales que intervienen en la elaboración de un concreto, trae como consecuencia variación en toda la gama de propiedades que posee el mismo, aunque variables tales como relación A/C y asentamiento permanezcan constantes. Esto da una idea clara de q'

si un producto que modifica las propiedades del concreto, en este caso específico el aditivo acelerante de fragua, no ha sido ensayado en el medio y en las condiciones en que se va a aplicar, no se puede aceptar a priori lo que los productores establecen, pues se está corriendo el riesgo de hacer trabajar un concreto que se podría denominar teórico, sin conocer exactamente el comportamiento que va a tener.

Por lo enunciado anteriormente, el objeto fundamental de este estudio sería:

- a) Estudiar las modificaciones en la trabajabilidad y, la posibilidad de reducción en la relación A/C, manteniendo la trabajabilidad del concreto normal.
- b) Estudiar los incrementos en la resistencia del concreto a cualquier edad (hasta los 60 días)
- c) Estudiar las modificaciones en el fraguado y su influencia sobre la obtención de resistencias equivalentes en periodos mas cortos de tiempo.
- d) Estudiar las posibilidades en la reducción del factor cemento, a fin de mantener la resistencia y trabajabilidad del concreto normal.

Todo el estudio que vamos a realizar, además del ordenamiento y disposición de los diferentes ensayos, aparece en el PROGRAMA DE TESIS del próximo Capítulo.

PROGRAMA DE TRABAJO

1. - MATERIALES

1.1.- CEMENTO (CHILCA)

- 1.1.1.- Análisis químico
- 1.1.2.- Consistencia normal
- 1.1.3.- Tiempo de fraguado
- 1.1.4.- Resistencia a la compresión
- 1.1.5.- Resistencia a la tracción.
- 1.1.6.- Superficie específica.
- 1.1.7.- Peso específico.

1.2.- AGREGADO FINO (LA MOLINA)

- 1.2.1.- Peso aparente
- 1.2.2.- Peso específico
- 1.2.3.- Contenido de humedad
- 1.2.4.- Granulometría.
- 1.2.5.- Módulo de finesa.
- 1.2.6.- Superficie específica
- 1.2.7.- Porcentaje de absorción.
- 1.2.8.- Material que pasa la malla N° 200
- 1.2.9.- Resistencia a los sulfatos.
- 1.2.10.- Arcilla en terrenos.

1.3.- AGREGADO GRUESO (1/2" LA MOLINA)

- 1.3.1.- Peso aparente
- 1.3.2.- Peso específico
- 1.3.3.- Contenido de humedad.

- 1.3.4.- Porcentaje de absorción
- 1.3.5.- Granulometría
- 1.3.6.- Superficie específica
- 1.3.7.- Resistencia a los sulfatos.

2. - DISEÑO DE MEZCLA.

- 2.1.- DISEÑO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO DE 210 kg/cm² DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS, CON UN ASENTAMIENTO DE 4".

3. - CONCRETO NORMAL.

SE PREPARA EL CONCRETO DE ACUERDO AL DISEÑO, Y SE ESTUDIARÁN LAS SIGUIENTES PROPIEDADES.

3.1.- CONCRETO NORMAL

- 3.1.1.- Peso unitario
- 3.1.2.- Asentamiento
- 3.1.3.- Flujo
- 3.1.4.- Contenido de aire
- 3.1.5.- Fraguado por resistencia a la penetración
- 3.1.6.- Exudación
- 3.1.7.- Rendimiento.

3.2.- CONCRETO ENDURECIDO

- 3.2.1.- Determinación de la resistencia a la compresión a los 1, 3, 7, 28, 45 y 60 días (dejar probetas para 90, 120 y 360 días)
- 3.2.2.- Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral, a los 7,

28 y 45 días (dejar moldes para 360 días)

3.2.3.- Determinación de la resistencia a la flexión a los 7, 28 y 45 días (dejar moldes para 360)

3.2.4.- Determinación de la resistencia al desgaste, por abrasión, a los 28 días.

3.2.5.- Determinación del Módulo Elástico Dinámico, a los 28 días.

3.2.6.- Retracción al año.

3.2.7.- Determinación de la resistencia por adherencia a 28 días.

3.3.- CONCLUSIONES

4.- CONCRETO CORRESPONDIENTE AL ACAPITE 3 CON 1 LIBRA DE ADITIVO ACELERANTE POR CAGO DE CEMENTO.

4.1.- CONCRETO FRESCO

4.1.1.- Peso unitario

4.1.2.- Asentamiento

4.1.3.- Flujo

4.1.4.- Contenido de aire

4.1.5.- Fraguado por resistencia a la compresión.

4.1.6.- Exudación.

4.1.7.- Rendimiento.

4.2.- CONCRETO ENDURECIDO

4.2.1.- Determinación de la resistencia a la compresión

sión a los 1, 3, 7, 28, 45 y 60 días (dejar probetas para 90, 120 y 360 días)

4.2.2.- Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral, a los 7, 28 y 45 días (dejar moldes para 360 días).

4.2.3.- Determinación de la resistencia a la flexión a los 7, 28 y 45 días (dejar moldes para 360)

4.2.4.- Determinación de la resistencia al desgaste, por abrasión, a los 28 días.

4.2.5.- Determinación del Módulo Elástico Dinámico a los 28 días.

4.2.6.- Retracción al año.

4.2.7.- Determinación de la resistencia a la adherencia a 28 días .

4.3.- CONCLUSIONES.

5.- CONCRETO CON 3 LIBRA DE ADITIVO ACCELERANTE POR SAGO Y EL

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO NORMAL

5.1.- CONCRETO FRESCO

5.1.1.- Peso unitario

5.1.2.- Asentamiento

5.1.3.- Flujo

5.1.4.- Contenido de aire

5.1.5.- Fraguado por resistencia a la penetración.

5.1.6.- Exudación

5.1.7.- Rendimiento.

5.2.- CONCRETO ENDURECIDO

- 5.2.1.- Resistencia a la compresión a los 1, 3, 7, 28, 45 y 60 días (dejar probetas para 90, 120 y 360 días)
- 5.2.2.- Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diámetro, a los 7, 28 y 45 (dejar probetas por 360 días)
- 5.2.3.- Determinación de la resistencia a la flexión a los 7, 28 y 45 días (dejar moldes para 360 días)
- 5.2.4.- Determinación de la resistencia al desgaste, por abrasión, a los 28 días.
- 5.2.5.- Determinación del módulo Elástico Dinámico a los 7, 3, 7 y 28 días.
- 5.2.6.- Determinación de la resistencia por adherencia a los 28 días.
- 5.2.7.- Retracción al año.

5.3.- CONCLUSIONES

6.- CONCRETO CON 1 LIBRA DE ADITIVO ACELERANTE POR CAGO Y LA RESISTENCIA Y TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO NORMAL

6.1.- CONCRETO FRESCO

- 6.1.1.- Peso unitario
- 6.1.2.- Asentamiento
- 6.1.3.- Flujo
- 6.1.4.- Contenido de aire
- 6.1.5.- Fraguado por resistencia a la penetración.
- 6.1.6.- Exudación.

6.1.7.- Rendimiento.

6.2.- CONCRETO ENDURECIDO

6.2.1.- Determinación de la resistencia a la compresión a los 1, 3, 7, 28, 45 y 60 días (dejar probetas para los 90, 120 y 360 días).

6.2.2.- Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral, a los 7, 28 y 45 días (dejar probetas para 360 días)

6.2.3.- Determinación de la resistencia a la flexión a los 7, 28 y 45 días (dejar moldes para 360 días)

6.2.4.- Determinación de la resistencia al desgaste, por abrasión, a los 28 días.

6.2.5.- Determinación del Módulo Elástico Dinámico a 1, 3, 7 y 28 días

6.2.6.- Determinación de la resistencia por adherencia a los 28 días.

6.2.7.- Retracción al año.

6.2.8.- CONCLUSIONES

7. - CONCLUSIONES GENERALES

MATERIALES EMPLEADOS

1.1.- CEMENTO

El cemento portland se obtiene moliendo finamente una mezcla íntima y convenientemente proporcionada de materiales arcillosos (contienen alúmina y sílice) y calizas (contienen cal), la cual se calcina cerca de la fusión. De aquí resulta " EL CLINKER " .

Este clinker se pulveriza con 2.5 a 5% de yeso formando un producto que no se apaga y que posee la propiedad de combinarse químicamente con el agua y endurecer en presencia suya.

Para fines prácticos el cemento puede considerarse formado por cuatro componentes principales:

Silicato tricálcico	3 CaO.SiO ₂	=C ₃ B
Silicato bicálcico	2 CaO.SiO ₂	=C ₂ B
Aluminato tricálcico	3 CaO.Al ₂ O ₃	=C ₃ A
Ferroaluminatotetracálcico	4 CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	=C ₄ AN

Existen además pequeñas cantidades de sulfato cálcico, óxido de magnesio, álcalis y otros materiales.

El C₃B y el C₂S rigen la mayor parte de las características de desarrollo de la resistencia de un cemento. Porcentajes altos de C₃B y bajos de C₂ producen gran re

sistencia inicial y gran generación de calor. La combinación inversa desarrolla lenta resistencia y produce menos calor.

El C_3A engendra más calor que una cantidad igual de los otros componentes y es responsable de la mayoría de cualidades perjudiciales del cemento. El C_3A reacciona inmediatamente con el agua por eso se añade sulfato de calcio para amortiguar la fragua rápida. Según investigadores alemanes la cantidad aproximada de calor que libera cada uno de los componentes principales es la siguiente :

C_3A	207	gramos	caloría
C_3B	120	"	"
C_4AF	100	"	"
C_2C	62	"	"

El C_4AF es poco más o menos un adulterante, producido al añadir óxido de hierro, sustituye a los silicatos convenientes y no debe existir en grandes cantidades.

La combinación incompleta de la cal da lugar a presencia de cal libre la cual si está presente en mucha cantidad puede dar lugar a la dilatación y quebramiento del hormigón.

El yeso añadido al clinker retrasa la acción química y se usa para controlar el tiempo de fraguado del cemento.

El óxido de magnesio es un constituyente secundario en los ca

teriales brutos y debe existir en poca cantidad porque grandes porcentajes son susceptibles de producir una dilatación excesiva si el concreto es húmedo.

Las pérdidas al fuego que se indican en los análisis es una señal de prehidratación y carbonatación, debido a la absorción de humedad durante la fabricación y el anhídrido carbónico del aire. El valor de pérdida al fuego es generalmente una medida de la edad del cemento.

El cemento portland contiene también pequeñas cantidades de sodio, potasio, titanio, fósforo y manganeso, cuyas cantidades en el cemento terminado dependen de los métodos de fabricación y composición de los materiales brutos. En 1940 quedó establecido que los álcalis Na_2O y K_2O pueden causar el deterioro rápido del cemento por dilatación, al reaccionar con la sílice de determinados agregados, si dichos álcalis se hayan en proporción mayor del 0.6% del peso de cemento.

Las variaciones en cuanto a las cantidades de los componentes principales dan lugar a 5 tipos de cemento portland:

- Tipo I Standard.
- Tipo II Calor moderado
- Tipo III Alta resistencia inicial
- Tipo IV Bajo calor
- Tipo V Resistencia a sulfatos.

La reacción del C_3S se produce más o menos a los 7 días (Tipo I); entre los 7 y 28 días se produce la reacción del C_2S , después de un período de calma cuando el C_3S ha cesado su reacción.

A medida que la partícula de cemento ^{se} pone en contacto con el agua se forma a su alrededor una capa gelatinosa que se llama gel, dentro de la gel tiene lugar la reacción química o hidratación. La gel es inestable, se encoge porque el agua se evapora o se usa en la hidratación.

Los componentes de un cemento portland de buena calidad se señalan entre los siguientes límites:

Componente	Límite superior	Límite inferior
Dióxido de sodio	25%	16%
Sesquióxido de aluminio	9%	3%
Sesquióxido de hierro	5%	0.5%
Oxido de magnesio	5%	0.5%
Oxido de calcio	67%	69%
Trióxido de azufre	3%	0.5%

Las normas C150-63 A.S.T.M. señalan para un cemento portland Tipo I los siguientes porcentajes máximos :

Oxido de magnesio 5 %

Trióxido de sulfuro

-cuando U_3A es 8% o menos	2.5	%
- " " " más de 8%	3	%
Pérdidas por calcinación	3	%
Residuo insoluble	0.75	%

Además esta norma señala los siguientes requisitos físicos :

Fraguado:

Gillmore

- fragua inicial no menos de 60 minutos
- fragua final no más de 10 horas.

Vicat:

- fragua inicial no menos de 45 minutos.

Contenido de aire:

Máximo porcentaje por volumen : 12 %

Resistencia a la compresión:

3 días	84	Kg/cm ²
7 "	147	"
28 "	245	"

Tipo de cemento usado en este estudio.

En el estudio presente se usó cemento "CHICA" correspondiente al tipo I de las normas A.S.T.M.

Correspondiente a este cemento se presenta a continuación los resultados de las diferentes pruebas en el plan de trabajo.

1.1.1.- Analisis quimico del cemento "CHILCA"

Dióxido de silicio	(Si O ₂)	20.00 %
sesquióxido de aluminio	(Al ₂ O ₃)	5.68 %
" " fierro	(Fe ₂ O ₃)	4.05 %
Oxido de magnesio	(Mg O)	1.18 %
" " calcio	(Ca O)	63.50 %
Trióxido de azufre	(S O ₂)	1.56 %
Pérdidas por calcinación		1.15 %
Residuo insoluble		2.00 %
Silicato tricálcico	(C ₃ S)	57.32 %
" bicálcico	(C ₂ S)	14.51 %
Aluminato tricálcico	(C ₃ A)	8.45 %
Ferroatluminato tetracálcico	(C ₄ AF)	12.31

1.1.2.- Consistencia normal. -

Norma: C185-59 A.S.T.M.

Determinar la cantidad de agua para producir la hidratación total del cemento.

Se obtuvo

-Penetración de la aguja Vicat : 10 mm. en 30 segs.

-Consistencia normal : 24 %

1.1.3.- Tiempo de fraguado

Es de suma importancia la determinación del tiempo de

fraguado porque permite el tiempo razonable para colocar el concreto en obra antes que empiece a endurecerse.

NORMA: C191-58 A.S.T.M.

Vicat

-fragua inicial : 2h 15m 30s

NORMA: C266-58 A.S.T.M.

Gillmore

-fragua inicial : 2h 13m.

-fragua final : 2h 37m 30s

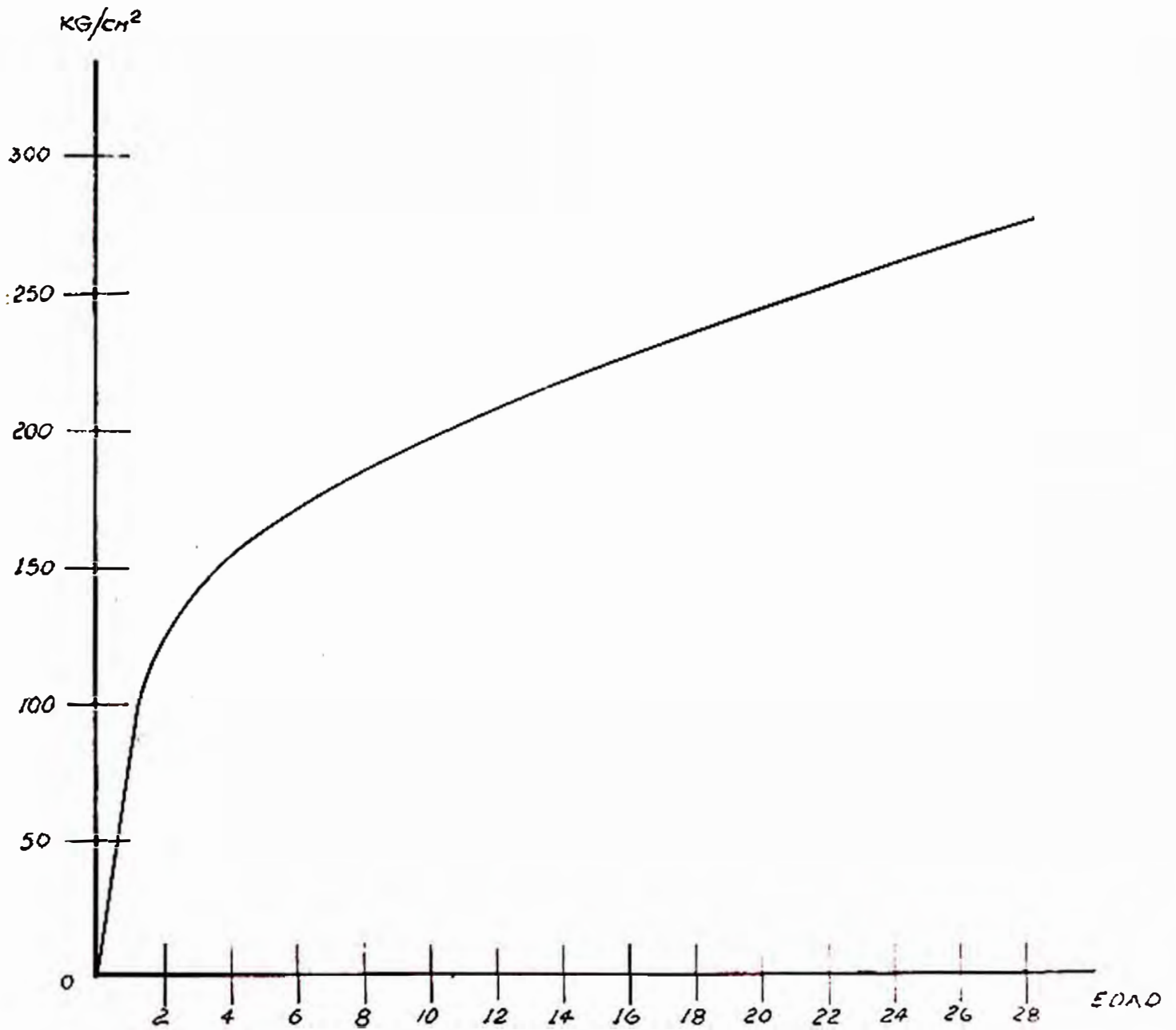
T A B L A N° 1

1.1.4. - Resistencia a la compresión en mortero de cemento
" CHILOA "

		HORMA: C 109-63	A. S. T. M.
Temperatura	27.5° C	Humedad relativa	60%
Flujo	105	Cemento	500 gr.
Area de cubos	25.8 cm ²	arena (C109)	1 375 "
		Agua	275 cc (55)

EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	PROMEDIO (Kg/cm ²)
1	2 600	100.1	96.2
	2 400	95.0	
	2 650	102.0	
	2 450	94.8	
	2 350	91.0	
3	4 000	154.5	146.7
	3 950	153.0	
	3 250	126.0	
	3 900	151.0	
	3 850	149.0	
7	4 500	174	178.8
	4 650	179	
	4 450	172	
	4 600	178	
	4 950	191	
28	6 750	261	277.7
	7 350	283	
	6 925	267	
	6 875	266	
	7 500	290	
	7 400	286	

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MORTERO



T A B L A N O 2

1.1.5.- Resistencia a la tracción en mortero de cemento "CHILCA"

NORMA : C198-63 A.S.T.M.

Temperatura	28.5°C	Humedad relativa	66%
Consistencia normal	24.5%	Cemento	450 gr.
Area en tracción	1 plg ²	Arena :	1 350 gr
		Agua :	190.8cc

EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (lbs)	RESISTENCIA PROMEDIO (lbs/plg ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
3	267 270 310	282.3	19.7
7	282 285 340	302.3	21.2
28	377 304 420	400.0	28.0

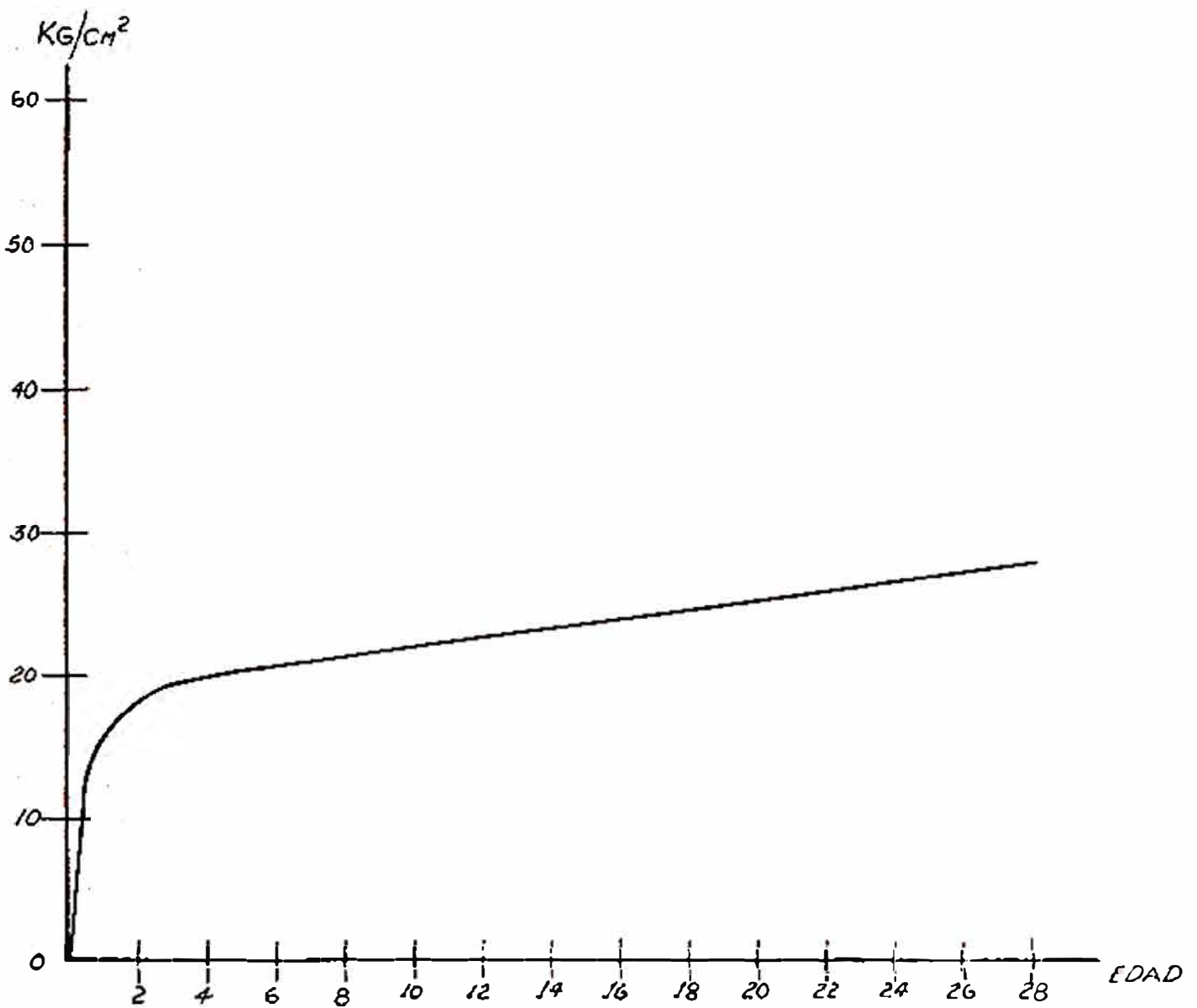
1.1.6.- Superficie específica

Temperatura : 28°C NORMA: C204-55 A.S.T.M.

Expresa la finesa del cemento, representa el área superficial total de los granos de cemento (en cm²) contenidos en un grano.

Se basa en la permeabilidad del aire de una capa de cemento de porosidad preparada.

RESISTENCIA A LA TRACCION EN MORTERO



Pi = Peso inicial de cemento

Pf = " final " "

Promedios de 2 ensayos :

Pi = 60 gr

Vi = 0.65 cc

Pf = 0

Vf = 19.723

$$\rho = \frac{60 - 0}{19.725 - 0.65} = 3.145 \text{ gr/cc}$$

PESO ESPECIFICO = 3.145 gr/cc.

Comparación de las propiedades del cemento "UNILCA" encontrados y los requisitos de la norma 0150 A.S.T.M.

	A. S. T. M. 0150	"CHILCA"
Peso de volico	Mínimo, valor promedio 2,800 cm ² /gr	2,873
Tiempo de fragua (Gillmore)	Inicial no más de 60 minutos Final no más de 10 horas	2h 13m 2h 15m 30s
Tiempo de fragua (Vicat)	Inicial no menos de 45 minutos	2h 15m 30s
Contenido de aire	Máximo 12%	
Resistencia a la Compresión	3 días 84 Kg/cm ² 7 " 147 " 28 " 245 "	146.7 Kg/cm ² 178.8 " 277.7 "
Resistencia a la tracción	3 días 10.5 Kg/cm ² 7 " 19.5 " 28 " 24.5 "	19.7 Kg/cm ² 21.2 " 26 "

ESTUDIO DE AGREGADOS

Los agregados constituyen el material que en el más alto porcentaje interviene en la preparación del concreto y tienen influencia determinante sobre la resistencia, durabilidad, trabajabilidad y características físicas y químicas. Todo esto debido a su tamaño, forma, graduación, composición química, etc.

Un agregado debe ser limpio constituido por materiales duraderos, de adecuada granulometría, debe cumplir las especificaciones sobre absorción, límite de partículas blancas, abrasión, inalterabilidad de volumen, resistencia a cambios físicos y químicos, etc.

La trabajabilidad se define como la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto, luego este pueda ser manipulado, transportado y colocado en un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.

El agregado fino funciona como un lubricante del agregado grueso, ayuda a que el material de tamaño uniforme se coloque uniformemente en la masa. Existe para cada mezcla un porcentaje óptimo de arena para el cual resulta un bajo contenido de agua, pero que proporciona la trabajabilidad requerida

con un cierto margen que incluye las características del agregado.

En cuanto al agregado grueso, si es piedra partida, requiere más arena para compensar el perfil angular. En general un incremento de angulosidad conduce a reducir la trabajabilidad.

Las partículas chatas, alargadas obligan a usar más arena y, por lo tanto a usar más agua y cemento.

Altos porcentajes de piedra de $3/16''$ a $3/8''$ incrementan los vacíos entre el agregado; el cual debe ser corregido modificando la dosificación; en caso contrario la trabajabilidad disminuye porque el mortero es insuficiente para llenar los vacíos.

Existe la posibilidad que agregados altamente porosos usados en condiciones secas, puedan afectar la trabajabilidad.

Los agregados redondeados, con respecto al agregado angular de similar granulometría, tienen cierta ventaja en cuanto a la trabajabilidad, por tener una superficie específica menor de partículas. Igualmente para un mismo asentamiento y a igual trabajabilidad el agregado redondeado requiere menos agua que la que requiere el agregado angular.

Por otro lado, Gordon ha establecido que en una mezcla -

La granulometría del fino influye más en la trabajabilidad de un concreto que la granulometría del agregado grueso.

Un agregado es durable cuando puede resistir en grado satisfactorio los efectos de las condiciones de servicio a la que está sometido. Debe resistir a la acción del intemperismo, desgaste y agentes químicos. Los agregados no deben contener materiales alterables con el intemperismo como carbón piritoso y lentes de arcilla. El exceso de partículas finas que pasan la malla 200 (mayor de 3 a 5%) no son permitidas porque incrementa el agua y disminuye la resistencia y la durabilidad. - En cuanto al agregado grueso son peligrosas las partículas blandas, delgadas y desmenuzables, esquistas, arcillas, pizarras, areniscas y calizas arcillosas, horsteno poroso, carbón, lignito, etc.

Un concreto es más resistente a las heladas cuando es más compacto e impermeable, esto se consigue usando agregados de buena granulometría. El sulfato de hierro, piritoso y marcasita se oxidan por ataque atmosférico y pueden generar ácidos que destruyen el concreto. Silicatos minerales como el ópalo, calcedonia tridinita, cristobalita, andesita, hidróxido de silicio y rocas volcánicas, reaccionan con los álcalis del cemento y dan lugar a la reacción álcali - agregado.

Desde que los agregados ocupan aproximadamente las $\frac{3}{4}$ partes del volumen del concreto, es de esperarse que las propiedades del agregado tienen un mayor efecto en el concreto terminado. A continuación se presenta un cuadro con las propiedades del concreto, influenciadas por las propiedades del agregado.

PROPIEDADES DEL CONCRETO INFLUENCIADA POR LAS
PROPIEDADES DEL AGREGADO

Propiedades del concreto

Propiedad importante del agregado.

Durabilidad

Resistencia a congelación y deshielo

Resistencia
Porosidad
Poros estructurales
Permeabilidad
Grado de saturación
Resistencia a tensión
Textura y estructura
Presencia de arcilla.

Resistencia al calor y al frío

Coefficiente de dilatación

Resistencia a humedad y secado

Poros estructurales
Módulo de elasticidad.

Resistencia a la abrasión

Dureza

Reacción álcali - agregado

**Presencia de partículas
componentes silíceas.**

Resistencia

**Resistencia
Textura superficial
Limpieza
Forma de partículas
Máximo tamaño**

Contracción

**Módulo de elasticidad
Forma de partículas
Granulometría
Limpieza
Máximo tamaño
Presencia de arcilla**

Coefficiente térmico de expansión

**Coefficiente de dilatación
Módulo de elasticidad**

Conductibilidad térmica

Conductibilidad térmica

Calor específico

Calor específico

Peso unitario

**Gravedad específica
Forma de partículas
Granulometría
Máximo tamaño**

Módulo de elasticidad

**Módulo de elasticidad
Cobertura de Poisson**

Superficie lisa

Tendencia a lustrado

Economía

Forma de partículas

Granulometría

Máximo tamaño

Cantidad requerida

Disponibilidad

1.2.- Estudio del agregado fino

Tipo de agregado : Arena " La Molina "

1.2.1.- Peso aparente. Norma C29-60 A.S.T.M.

Peso aparente suelto. - Es el peso por unidad de volumen al estado natural. 1686 Kg/m^3

Peso aparente compactado. - Es el peso por unidad de volumen después de cierta compactación.

Peso aparente compactado = 1873 Kg/m^3

1.2.2.- Peso específico Norma C128-59 A.S.T.M.

Se determina el peso específico de masa al estado saturado superficialmente seco y aparente.

- | | | | | |
|----|----------------------------------------------------------|---|-------|--------------------|
| a) | Peso específico aparente | = | 2.72 | gr/cm ³ |
| b) | Peso específico de masa | = | 2.625 | " |
| c) | Peso específico de masa saturado y superficialmente seco | = | 2.665 | " |

1.2.3.- Contenido de humedad

Es el porcentaje de agua que tiene el material al estado natural.

Contenido de humedad = 0.89 %

1.2.4.- Granulometria Norma C136-63 A.S.T.M.

Tiene por objeto encontrar la distribución granulométrica del material.

T A B L A N°3

MALLA	% RETENIDO	ACUMULADO RETENIDO
4	14	1.4
8	11.1	12.5
16	20.3	32.8
30	24.2	57.0
50	20.8	77.8
100	13.9	91.7
•100	8.3	100.0

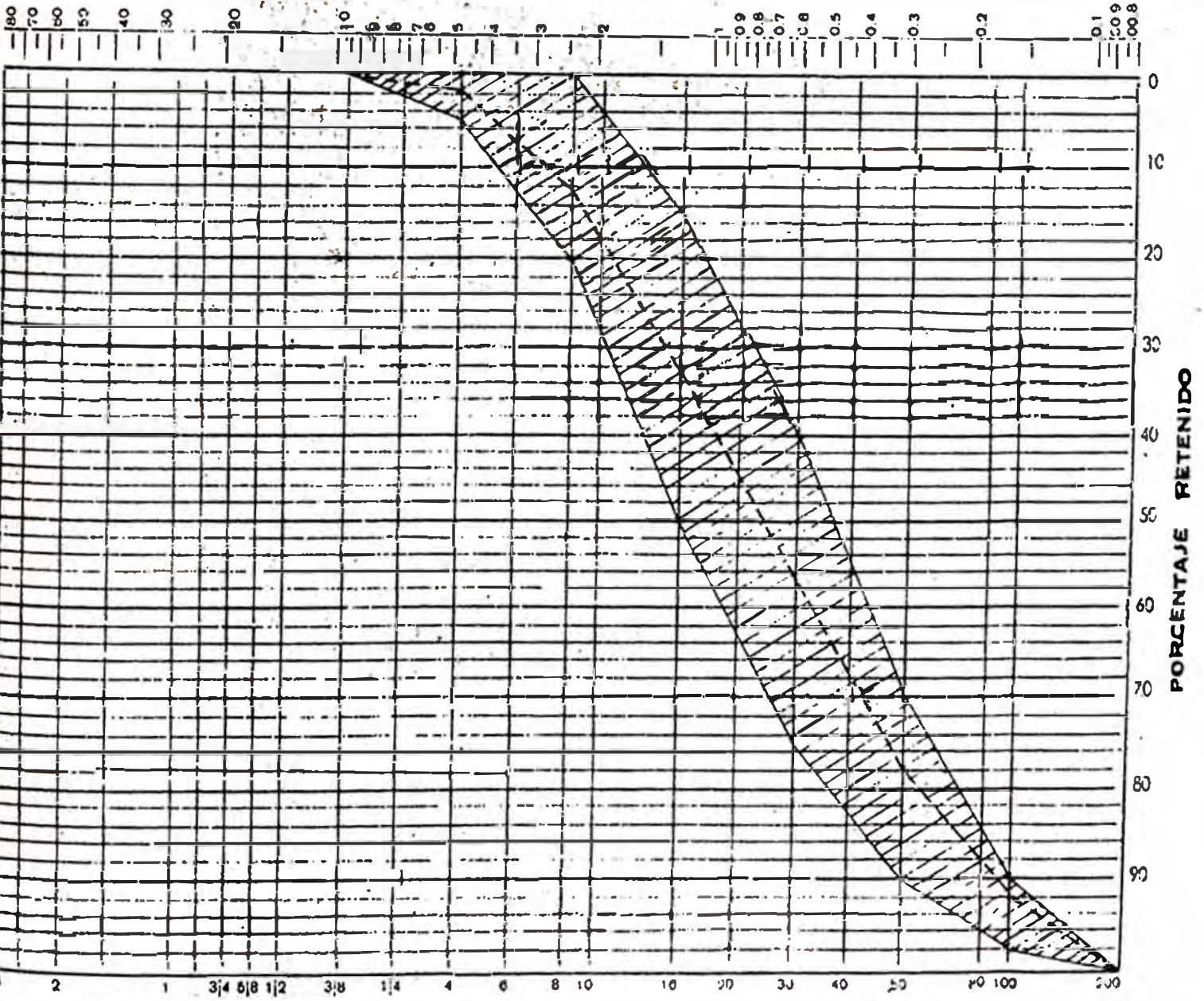
I N F O R M E

DEL:
A:
AGUJERO
IDENTIFICACION
PROYECTO
FECHA

GRAFICO DE GRADUACION DE LOS AGREGADOS

ABERTURAS EN M. M.

-- FINO --



PORCENTAJE RETENIDO

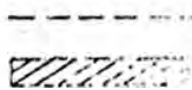
MALLAS Y TAMICES STANDARD AMERICANOS (ABERTURAS CUADRADAS)

3.0 2.0 1.0 .75 .625 .50 .375 .25 .167 .132 .0737 .0767 .0469 .0331 .0232 .0165 .0117 .007 .0059 .0029

TAMAÑO DE LAS MALLAS EN PULGADAS

AGREGADO EN ESTUDIO

NORMA A.S.T.M.



1.2.5.- Módulo de finesa. - Norma C 125

Es el valor de la medida de la composición granulométrica de la arena, o también el valor lubricante de éste.

Módulo de finesa:

$$\frac{\text{suma \% acumulado retenido (Nº 4, 8, 16, 30, 50 y 100)}}{100} = 2.73$$

1

M.F. = 2.73

1.2.6.- Superficie específica

TABLA Nº 4

1	2	3	4
MALLA	% RETENIDO	DIAMETRO MEDIO (p162)	
4	1.4	-	-
8	11.1	0.14	79.60
16	20.3	0.07	288.00
30	24.2	0.035	692.00
50	20.8	0.0175	1190.00
100	13.2	0.0088	1580.00
S U M A =			3929.60

Superficie específica = $\frac{1634 \times \text{UMA (211)}}{\text{Peso específico}}$

$$\text{Superficie específica} = \frac{1650 \times 3029.60}{2.72} = 2260 \text{ plg}^2/\text{lb}$$
$$= 2260 \times 0.01422 = 32.1 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

SUPERFICIE ESPECIFICA = 32.1 cm²/gr

1.2.7.- Porcentaje de absorción. - Norma C128-59 A.S.T.M.

Este ensayo tiene por finalidad encontrar la cantidad de agua que absorbe la arena cuando se le sumerge en agua durante 24 horas

PORCENTAJE DE ABSORCION = 1.37 %

1.2.8.- Material que pasa la malla 200

Norma C117-62T A.S.T.M.

Determina que porcentaje de material es más fino que el tamiz 200.

MATERIAL QUE PASA LA 200 = 7.00 %

1.2.9.- Resistencia a sulfatos. Norma C88 A.S.T.M.

Es la resistencia que presentan los agregados cuando se le sumerge en una solución de sulfato de sodio o magnesio. Es una idea de la meteorización.

T A B L A N°5

<u>MALLA</u>	<u>PELO INICIAL (gr)</u>	<u>PELO FINAL (gr)</u>	<u>% PERDIDA</u>
8	100	97	0.75
16	100	97	0.75
30	100	96	1.00
50	100	94	1.50
SUMA =			4.00 %

PORCENTAJE PERDIDA= 4.00%

1.2.10.-Arcilla en terrones

Norma C142 A.S.T.M.

Trata de determinar la arcilla presente en forma de terrones comprendida entre las mallas 4, 8, 16, 30, 50 y 100.

ARCILLA EN TERRONES=0.75 %

1.3.- ESTUDIO DEL AGREGADO GRUESO (Piedra "1" "LA MOLINA")

Norma : C29-60 A.S.T.M.

1.3.1.- Peso aparente

Peso aparente suelto= 1526 Kg/ m³
Peso aparente compactado=1632Kg/m³

1.3.2.- Peso específico Norma : C128-59 A.S.T.M.

-
- a) Peso específico de masa = 2.705 gr/cm³
 - b) Peso específico aparente = 2.77 gr/cm³
 - c) Peso específico de masa en
tubo y superficialmente
seco..... = 2.73 "
-

1.3.3.- Contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD = 0.425 %

1.3.4.- Porcentaje de absorción Norma C127-59 A.S.T.M.

% ABSORCION = 0.89%

1.3.5.- Granulometría Norma C136-53 A.S.T.M.

T A B L A N^o 6

MAILA	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO
1 "	0.5	0.5
3/4	15.1	15.6
1/2	28.7	42.3
3/8	19.4	61.7
4	25.4	85.1
4	14.9	100.0

I N F O R M E

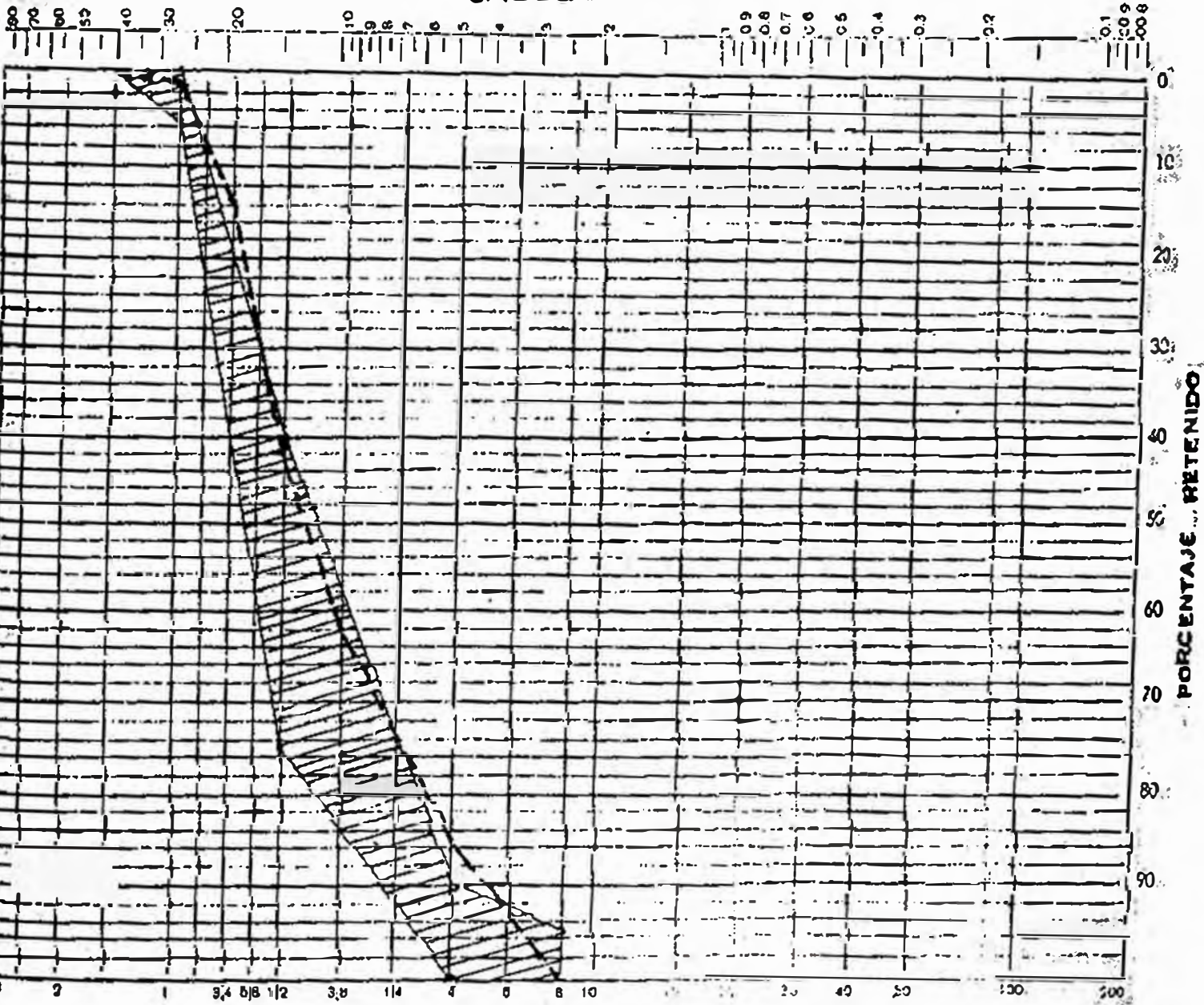
DEL:
 A:
 ASUNTO
 IDENTIFICACION
 PROYECTO
 FECHA

2

GRAFICO DE GRADUACION DE LOS AGREGADOS

ABERTURAS EN M. M.

GRUESO



MALLAS Y TAMICES STANDARD AMERICANOS (ABERTURAS CUADRADAS):

3.0 2.0 1.0 .75 .625 .50 .375 .25 .187 .152 .0937 .075 .06 .0475 .0375 .03 .025 .02 .015 .0125

TAMAÑO DE LAS MALLAS EN PULGADAS

AGREGADO EN ...
 NORMAS ...

1.3.6.- Superficie específica

T A B L A N° 2

1	2	3	2 + 3
MALLA	RETENIDO	DIAMETRO MEDIO (plg2)	
1 "	0.5	1.250	0.400
3/4	13.1	0.875	14.950
1/2	28.7	0.625	46.000
3/8	19.4	0.437	44.400
4	23.4	0.281	83.600
		SUMA =	189.250

SUPERFICIE ESPECIFICA = $\frac{1.659 \times \text{SUMA (2,3)}}{\text{Peso específico}}$

$\frac{1.659 \times 189.25}{2.77}$

= 113.4 plg2/lb

= 113.4 x 0.01422 = 1.61cm²/gr

SUPERFICIE ESPECIFICA = 1.61cm²/gr

1.3.7.- Resistencia a sulfatos Norma C88 A.C.T.M.

T A B L A N° 0

MALLA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	% PERDIDA
3/4"	1500	1552	3.45
1/2	1500	1434	3.45
3/8	1000	955	1.01
1/4	300	291	0.21
		SUMA =	8.08%

8 PERDIDA = 8.08 %

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS
Y COMPARACION CON LAS NORMAS A.S.T.M.

PROPIEDAD		GRUPO	FINO	LIMITE A.S.T.M.	
				GRUPO	FINO
Peso espe- cífico (gr/cc)	aparente	2.77	2.72		
	de masa	2.705	2.625		
	aturado y se- co	2.730	2.665		
Peso aparen- te. (Kg/m ³)	suelto	1526	1686		
	compactado	1632	1873		
Contenido de humedad %		0.425	0.89		
Módulo de finosa			2.73	2.3 & 3.1	
Superficie especi- fica. (cm ² /gr)		1.61	32.1		
Porcentaje de ab- sorción		0.895	1.37		
Material q ^e pasa 200 %			7	1	3 & 5
Resistencia a los sulfatos *		8.08	4.00	12	10
Amilla en terrones *			0.75	0.25	1

El análisis granulométrico del agregado grueso arroja, según el A.S.T.M., Piedra de 3/4".

El agregado fino se mantiene dentro de los límites máximo y mínimo.

2.1.- DISEÑO DE MEZCLAS Concreto normal

Método A.C.I. 613-64

Condiciones: $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

slump = 3" a 4"

Materiales:

a. - Agregado grueso:

Peso aparente compactado = 1,632 Kg/m³

Peso específico de masa = 2,705

Granulometría = 3/4" (A.S.T.M.)

b.- Agregado fino :

Peso específico de masa = 2,625

Módulo de finesa = 2.75

c. - Cemento

Peso específico de masa = 3.15

Proceso:

De la tabla N°4, para un slump de 3" a 4" y arro-

gado de 3/4" se obtiene 54 "m³ de agua.

Aire atrapado: 2%

De la tabla número 5, para f_c de 210 kg/cm² se obtiene la relación A/O = 7.3 gl/saco.

De la tabla N°6, para módulo de finesa 2.75 y piedra de 3/4":

relación de volumen de agregados= 0.617

Factor cemento: 54/7.3 = 7.4 sacos/m³ =

= 314.4 kilos/m³

Volumen absoluto de cemento

$$314.4/315 \times 1000 = 0.998 \text{ m}^3$$

" " de agua

$$54 \times 3.785/1000 = 0.204 \text{ "}$$

" " de agregado grueso

$$1632 \times 0.617/2705 = 0.3723 \text{ "}$$

" de aire atrapado = 0.0200 "

$$\text{SUMA} = 0.6965 \text{ m}^3$$

Volumen absoluto de arena

$$1.0000 - 0.6965 = 0.3035 \text{ "}$$

Correcciones :

Agregado grueso: Absorción = 1.895 %

Humedad = 0.425 %

Diferencia = 0.47 %

Agregado fino: Absorción = 1.365 %
Humedad = 1.895 %
Diferencia = 0.47 %

Corrección del agregado grueso:

0.47x0.3723/100= 0.00185 m³
" " " fino :
0.47x0.5035/100= 0.00142 "

Volúmenes finales :

Agua : 0.2044+0.00185+0.00142 = 0.2077 m³
Cemento = 0.0998 "
Arena: 0.5035 - 0.00142 = 0.5021 "
Piedra:0.3723 - 0.00185 = 0.3704 "
Aire : = 0.0200 "

S U M A = 1.0000 "

Peso finales :

Cemento : 314.4 Kg/m³
Arena : 0.5021x2625 793.0 "
Piedra:0.3704x2705 1002.0 "
Agua : 207.6 "

S U M A =2317.0 Kg/m³

PROPORCIÓN:

1:2.52:3.18/0.66

MODIFICACIONES DEL DISEÑO :

Este diseño al ser probado, no cumplió con el asentamiento deseado por lo que tuvo que variarse la relación A/C. (Disminución de agua).

Nueva relación A/C= 0.61

Volumen de agua= $314.4 \times 0.61 = 191.8 \text{ Kg/m}^3 = 0.1918 \text{ m}^3$

Incremento de arena:

$207.6 - 191.8 = 15.8 \text{ Kg.} = 0.0158 \text{ m}^3$

Pasando a arena:

$0.0158 \times 2625 = 41.74 \text{ Kg}$

Nuevos pesos finales :

Cemento	= 314.4 Kg/m ³
Arena: 793 + 4174	= 834.74 "
Piedra:	= 1002.00 "
Agua	<u>191.80 "</u>

SUMA = 2342.94 Kg/m³

PROPORCION:

1 : 2.66 : 3.18/0.61

Volúmenes absolutos :

Cemento:	0.0998	m ³
Arena :	0.3180	"
Piedra:	0.3704	"
Agua :	0.1918	"
Aire :	<u>0.0200</u>	"
SUMA :	= 1.0000	m ³

3.1.-

CONCRETO FRESCO

Entre las propiedades del concreto fresco se encuentran: la trabajabilidad, la segregación, la exudación, el peso aparente, etc.

- En cuanto a la trabajabilidad, se hizo marcado hincapié al hablar sobre los agregados y la forma como éstos influyen en ella. Pero la trabajabilidad no solo es función de la granulometría y tipo de agregados, sino, también de la cantidad de agua que debe intervenir para conseguir una consistencia deseada. Es pues, el conocimiento de la trabajabilidad de primera importancia en la producción de una mezcla de concreto bien diseñado. Es el empleo de este conocimiento lo que constituye el arte del diseño de mezclas. Son fácilmente trabajables los concretos plásticos y son poco trabajables los concretos secos con exceso de graseo y pobres de cemento.

- La segregación es la descomposición del concreto en sus partes constituyentes. El agregado de mayor tamaño es separado del mortero de cemento. se origina la segregación por la manipulación y colocación inadecuada. Las canaleras, cajas transportadoras y la descarga por medio de pilas cónicas producen segregación. También se produce por

gregación por el exceso de vibrado, haciendo que el agregado grueso se asiente en el fondo y el mortero fino hacia la parte superior. Esto ocurre generalmente en concretos muy sueltos.

La tendencia a la segregación y afloramiento de lechada disminuye la trabajabilidad, puede ser mejorada con adiciones hidráulicas (ceniza básica de altos hornos, puzolanas) .

- La exudación es la separación del agua en el concreto húmedo, o la separación del agua y cemento, pudiendo ser mezclada con segregación húmeda. Cuando se coloca el hormigón y antes de que se inicie el fraguado las partículas sólidas sedimentan, se manifiesta una acumulación de agua en la superficie, la que es reabsorbida poco a poco. Esto produce una superficie débil.

La exudación es debida generalmente a un exceso de agua y falta de material fino, se puede remediar añadiendo más arena y si es necesario más cemento en el diseño.

El peso específico aparente dá una idea de la granulometría aproximadamente; grado de compactación del concreto y permite conocer el contenido real de materiales.

3. - CONCRETO NORMAL

3.1.0 CONCRETO FRESCO

3.1.1. - Peso unitario

Norma C138-29 A.S.T.M.

Es el peso de un M³ de una mezcla de concreto fresco .

Peso de recipiente + peso del concreto = 29.660 Kg.

Peso del recipiente = 6.760 Kg.

Peso del concreto = 22.900 "

Volumen del recipiente = 0.00947 m³

Peso unitario	=	$\frac{\text{Peso del concreto}}{\text{Volumen del recipiente}}$	=	$\frac{22.9}{0.00947}$	=	2418 Kg/m ³
---------------	---	------------------------------------------------------------------	---	------------------------	---	------------------------

3.1.2. - Asentamiento

Norma C143 -58 A.S.T.M.

Es un método para determinar la consistencia del concreto de cemento, basándose en el asentamiento.

ASENTAMIENTO: 2.5"

3.1.3. - Flujo

Norma A.S.T.M. C-124

Da un índice para clasificar la consistencia del concreto.

* Flujo = $\frac{\text{diámetro extendido} - 10''}{10''} \times 100$

$$= \frac{14.87 - 10 \times 100}{10} = 58.7\%$$

FLUJO = 58.7%

3.1.4. - Contenido de aire Norma A.S.T.M. C-173

La finalidad de este método es determinar el % de aire presente en una mezcla fresca de concreto.

Primera prueba = 2% Segunda prueba = 1.9%

P: OMEDIO = 1.95 %

3.1.5.- Prueba por resistencia a la penetración. -

Norma A.S.T.M. C403-63T

Representa un método para determinar el tiempo de fraguado de un concreto cuyo slump es mayor que cero.

T A B L A N ° 9

Horas	Incrn.Tiempo (horas)	Aguja n°	Area (plg ²)	Resistencia (libras)	F B I
12h25m					
3h45m	3.5	1	1	97	97
4h15m	4.0	2	1	173	350
4h45m	4.5	3	1/4	180	720
5h15m	5.0	4	1/10	150	1500
5h45m	5.5	5	1/20	158	3160
6h15m	6.0	6	1/40	141	5640
6h45m	6.5	6	1/40	186	7440

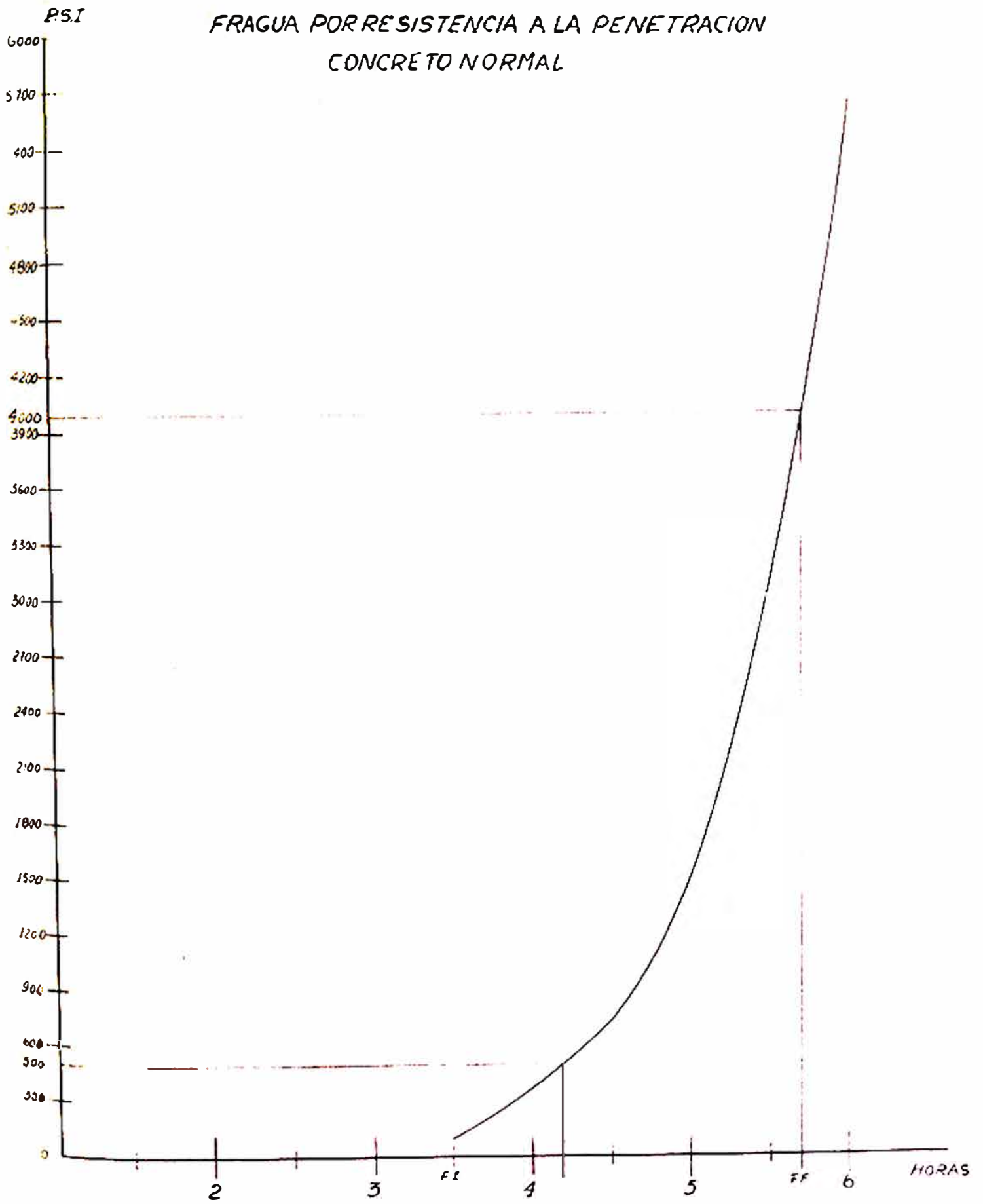
Fragua inicial..500 PSI = 4 h 11m.
Fragua final 4000 PSI = 5 h 42m.

3.1.6.- Exudación. - Norma CP32-58 A.S.T.M.

Determina la cantidad relativa de agua de mezclado que exuda del concreto fresco.

Definición.

FRAGUA POR RESISTENCIA A LA PENETRACION
CONCRETO NORMAL



Cemento	= 9.00	Kg.
Arena	= 23.94	"
Piedra	= 28.62	"
Agua (W ₁)	= 5.490	"
<hr/>		
Peso (W ₂)	= 67.05	Kg.
<hr/>		

T A B L A N^o 9'

Hora	Tiempo (min)	Vol. agua acumulada (ml)	Incremento de volumen (V)	Veloc. de flujo (V/A)
12h03m				
12h15m	10	61	61	0.12
12h25m	20	92	31	0.061
12h35m	30	104	12	0.0237
12h45m	40	107	3	0.00592
13h15m	70	110	3	0.00592

Peso del recipiente con concreto (P₁) = 40.400 Kg.
 Peso del recipiente (P₂) = 9.100 "

P₁ + P₂ = 31.300 "

Sección expuesta de concreto (A) = 507 cm²

Peso de agua en el recipiente : G = (W₁/W₂) x S x 1000

$$G = \frac{5.49 \times 31.3 \times 1000}{67.05} = 2565 \text{ gr.}$$

Volumen total excavado: $N = 110 \text{ m}^3$.

% de excavación (N/C) x 100 =

$110 \times 100 / 2563 = 4.3\%$

% DE EXCAVACION 4.3 %

3.1.7. Rendimiento

Norma C 183-63 ASTM

Se da el volumen en metros cúbicos de concreto fresco que se pueden preparar con un saco de cemento para un determinado concreto.

$$Y = S / N$$

Y = rendimiento por saco de cemento de 2 kilos por m^3

S = volumen del hormigón producido por mezclada en m^3 .

N = número de sacos de cemento usados en la mezclada.

$$S = 67.05 / 2418 = 0.0277 \text{ m}^3; N = \frac{2418}{42.5} = 0.212$$

$$Y = 0.0277 / 0.212 = 0.131 \text{ m}^3/\text{saco}$$

Y = 0.131 m³/saco

RESUMEN DE LOS RESULTADOS
OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DE CONCRETO FRESCO

CONCRETO NORMAL

Peso unitario	2,418 Kg/cm ³
Aumentamiento	2.5"
Flujo	38.7%
Contenido de aire	1.9%
Tragante inicial	4blm.
" final	5n42n
Trasación	4.5%
Rendimiento	0.151 m ³ /saco

3.2.- CONCRETO ENDURECIDO

Se preparó las siguientes cantidades especímenes por prueba y por edad, según se especifica en el programa general de trabajo, para cada concreto:

<u>prueba</u>	<u>No. por edad</u>	<u>Tipo de especimen</u>
compresión	6	probeta 6"x12"
tracción	4	" "
flexión	2	vigas 6"x6"x30"
abrasión	2	probeta 6"x12"
módulo estático y dinámico	4	probeta 6"x24"
adherencia	2	tubos 6"x6"x6"
retracción	3	prisma 2"x2"x11"

CURADO DE LOS ESPECIMENES

El curado de todos los especímenes, excepto los de retracción, se hizo con película de Antival, aplicada mediante una brocha. Los especímenes correspondientes a la retracción se curaron en agua.

BREVE COMENTARIO

El cilindro o cualquier otro espécimen no pueden, por sí mismos, dar una idea completa del estado de esfuerzos y deformaciones de la estructura. Pero el grado de uniformidad de los resultados de una prueba determinada, sí es una medida de éxito o fracaso en conseguir un control adecuado en obra. Sin un control adecuado de las operaciones de fabricación del concreto, habrá grandes variaciones en cuanto a la resistencia y será necesario un exceso de cemento para asegurar la calidad aumentando el costo.

Toda resistencia se ve afectada por factores que surgen del agua, agregados, puesta en obra, etc.

Cuanto más alta es una relación A/C menor es la resistencia; peor si la mezcla es demasiado seca imposible de compactar y da resultados menores que los

esperados.

El tamaño, perfil y relación agregado - cemento, afectan la resistencia del concreto. Un concreto con agregado redondeado tendrá menor resistencia que si tuviera agregado angular para una misma relación A/C. Un mezclado inadecuado distribuye mal los agregados, lo mismo que la mala colocación, ello da lugar a sangrejeras.

La mala compactación no permite la eliminación total del aire, y el concreto pierde resistencia aproximadamente 5% por cada 1% de aire.

3.2.1.- Resistencia a la compresión. -

Norma C39 ASTM

La resistencia a la compresión es la carga máxima por unidad de área soportada por una muestra de concreto antes de fallar a compresión.

En esta prueba, como en las demás de resistencia, es difícil explicar el sistema de esfuerzos que llevan a la falla. Pero se puede hacer una aproximación diciendo que el concreto al resistir la falla genera cohesión y fricción interna. La falla se

produce por la zona más débil esa esta nor-
tero, a través del agregado o bordeando el
agregado.

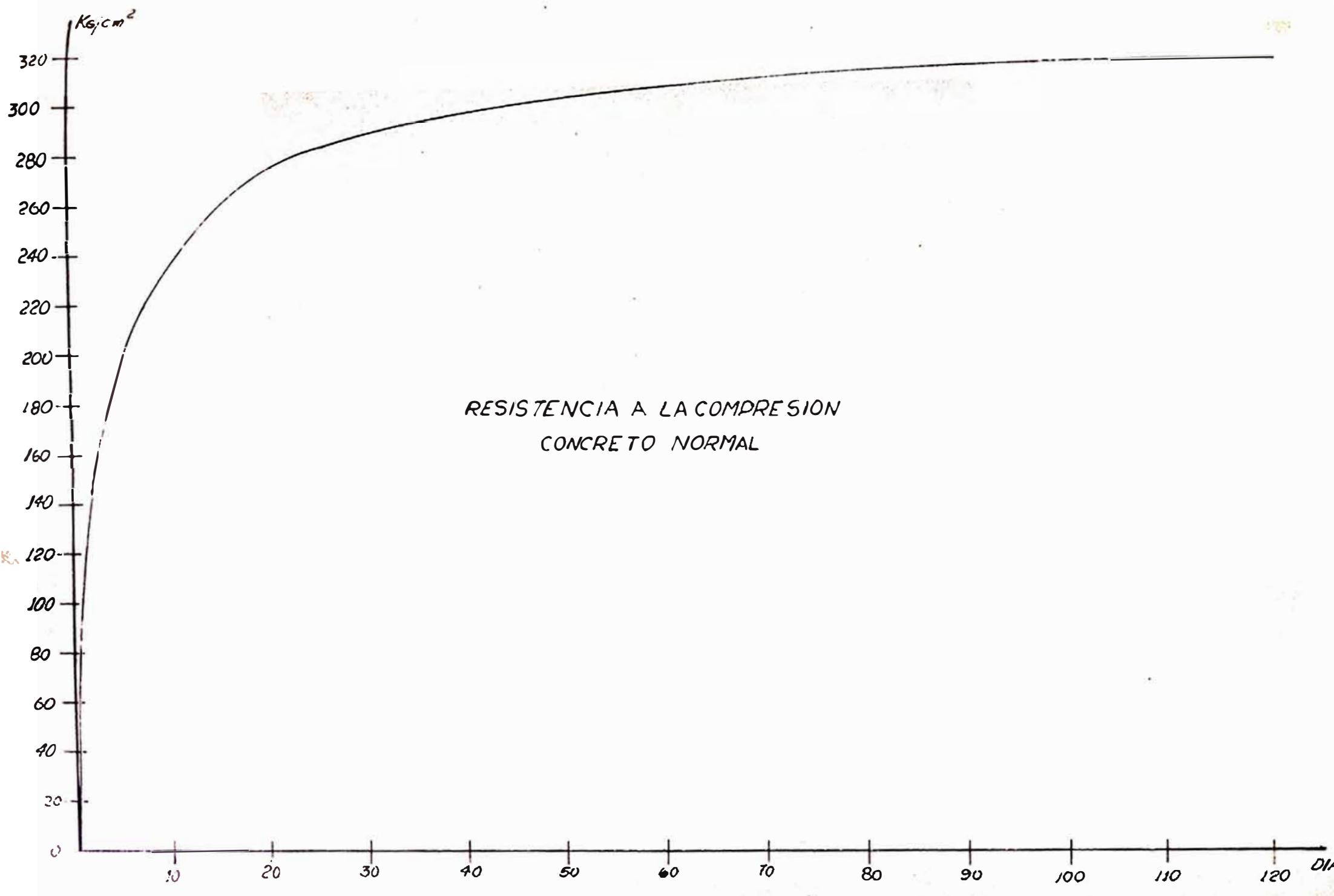
Máquina usada: máquina para compresión con
capacidad para 150 ton.

Velocidad de carga: 140 kg/cm²/minuto.

Tabla N° 19

RESISTENCIA A LA COMPRESION
CONCRETO NORMAL

Edad (DÍAS)	1	2	3	4	5	6	promedio (kg/cm ²)	% increm.
1	95	75	90	75	98	77	85	30
3	165	162	178	182	160	160	168	59
7	216	205	222	186	225	216	212	75
28	293	276	278	268	303	285	284	100
45	288	291	288	281	282	280	285	100
60	298	268	307	307	275		291	105
90	307	328	311	305	308	313	312	110
120	336	290	334	320	315	284	315	110.5



RESISTENCIA A LA COMPRESION
CONCRETO NORMAL

INTERPRETACION ESTADISTICA

VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACION
PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL

T A B L A N ° 10

coeficiente clasificación
variación.

5 %	excelente
5-7	b u e n o
7-10	regular
10	m a l o

CALCULO DE DISPERSIONES Y COEFICIENTES DE
DE VARIACION

Base 1418 . $\bar{x} = 85$

<u>x</u>	<u>$x - \bar{x}$</u>	<u>$(x - \bar{x})^2$</u>
45	10	100
76	9	81
90	5	25
76	9	81
98	13	169
77	8	64

- 30 -

$$\text{SOMA} = 520$$

$$s = \sqrt{\frac{\text{SOMA}(x-\bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{320}{6}} = 9.3$$

$$CV = 100 \frac{s}{\bar{x}} = 100 \times 93/83 = 10.9$$

s = 93

CV = 10.9

MAIO

Temp. : 2 dias

$\bar{x} = 168$

<u>x</u>	<u>x - \bar{x}</u>	<u>(x - \bar{x})²</u>
165	3	9
162	6	36
178	10	100
182	14	196
164	4	16
160	8	64

SOMA = 421

$$s = \sqrt{\frac{421}{6}}$$

s = 8.45

CV = 100 x 8.45/168

CV = 5.0

Temp : 47 dias

$\bar{x} = 212$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
216	4	16
205	7	49
222	10	100
186	26	676
225	13	169
216	4	16
SUMA		1026

Nota.-eliminado este valor se obtig
 no: 8.4
 UV=4

$$s = \sqrt{\frac{1026}{6}} = 132$$

$$CV = 132 \times 100 / 212 = 6.25 \quad \text{MURRO}$$

$$\text{Ejod } 20.9122 \quad \bar{x} = 284$$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
293	9	81
276	8	64
278	6	36
268	16	256
303	19	361
285	1	1
SUMA		799

$$s = \sqrt{\frac{799}{6}} = 11.6$$

$$CV = 100 \times 11.6 / 284 = 4.12 \quad \text{ROBLKWTB}$$

Med : 45.4123 \bar{x} = 285

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
288	3	9
291	6	36
288	3	9
281	4	16
282	3	9
280	5	25

SUMA 104

$S = \frac{104}{6}$

$S = 4.2$

$C V = 100 \times 4.2 / 285$

$C V = 1.57$

EXCELENTE

Med : 60.4123 \bar{x} = 291

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
298	7	49
288	25	625
307	16	256
307	16	256
275	16	256

SUMA 1346

$S = \frac{1346}{5}$

$S = 16.4$

$C V = 16.4 \times 100 / 291$

$C V = 5.63$

B U E N O

Exam 1 20 0101

$\bar{x} = 312$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
307	5	25
328	16	256
311	1	1
305	7	49
308	4	16
313	1	1

sums = 348

$S = \sqrt{348/6} = 7.62$

$C V = 7.62 \times 100/312 = 2.45$ EXCELLENTE

Exam 1 120 0102

$\bar{x} = 313$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
336	23	529
290	23	529
334	21	441
320	7	49
319		
284	29	841

sums 2389

$S = \sqrt{2389/6} = 20$

$C V = 20 \times 100/313 = 6.4$ BUENO

**3.2.2.- Resistencia a la tracción por compresión dia -
getral Norma C495-62T ASTM**

Normalmente se asume que el concreto no resis -
te tensiones. Pero el concreto al agrietarse du -
rante la flexión resiste tensiones. La resisten -
cia a la tensión del concreto es aproximadamen -
te el 10% de su resistencia compresiva; pero
puede variar del 8% al 20 % dependiendo de su e -
dad , el tipo y calidad del cemento y del apre -
gado. Este ensayo se efectúa sobre probetas oi -
lindricas de 6" x 12" comprimiendo al cilindro
a lo largo de su dimensión mayor. Esto produce
una falla por tensión verticalmente a través del
cilindro.

Se usó la máquina de compresión por 150 tonela -
das, con una velocidad de carga aproximada de
carga de 120 á 140 kg/cm²/minuto.

Cálculo. - se aplica la siguiente fórmula:

$$T = 2 P / \pi DL$$

T = resistencia a la tensión en kg/cm

P = carga máxima de rotura en kg.

L = longitud de la probeta en cm.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION DIAMETRAL

Concreto normal

TABLE N° 11

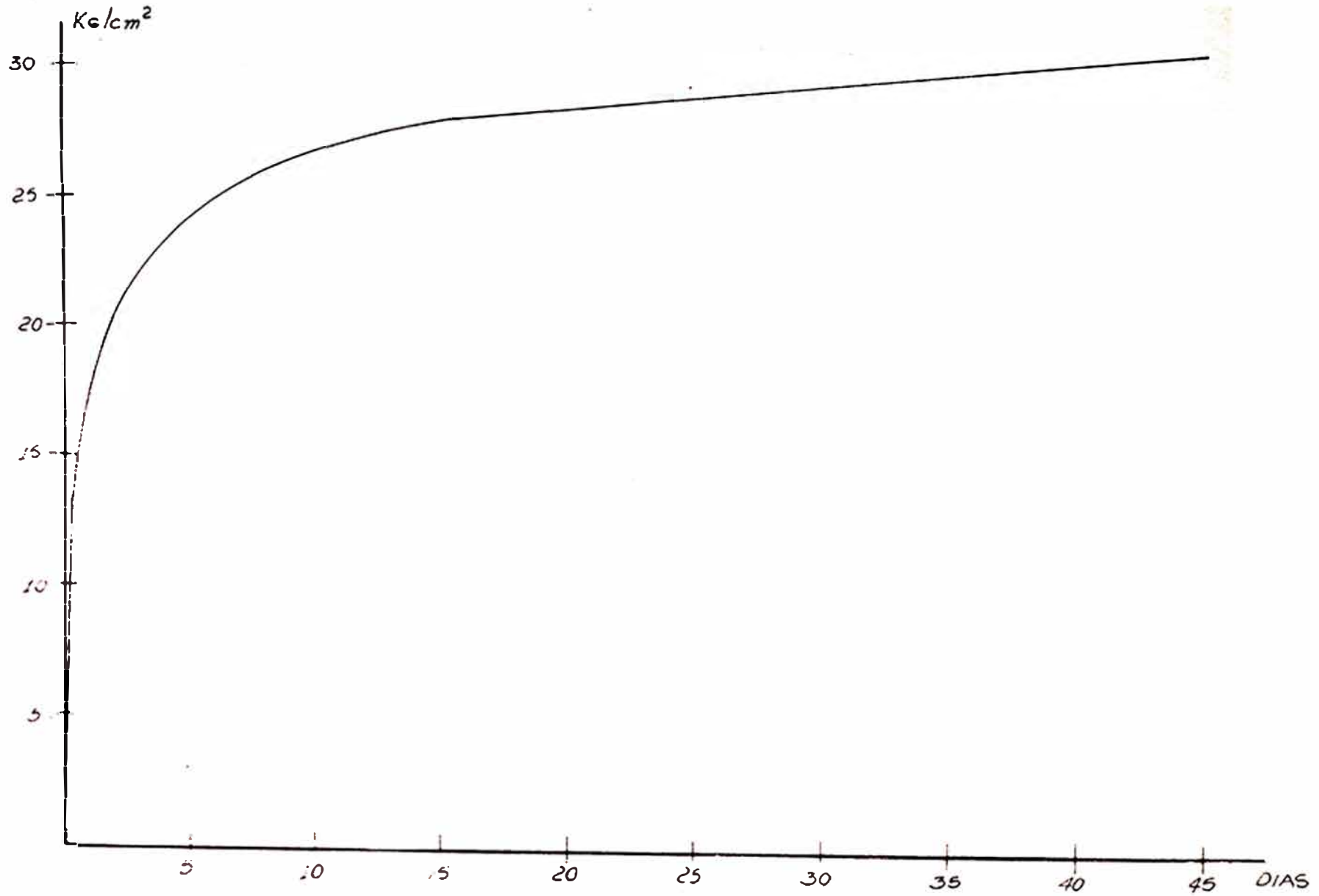
edad (días)	resistencia (kg/cm ²)	promedio (kg/cm ²)	incremento %	% de la R _c . en compresión.
7	29			
	26.2			
	24	26.2	94	12.4
	29.4			
28	30			
	28			
	25	28	100	9.9
	27.4			
45	29.2			
	32.2			
	29.7	30.4	100	10.7
	31.4			

3.2.3. - Resistencia a la flexión

Norma C78-64 ASTM

La resistencia a la flexión es conocida como

RESISTENCIA A TRACCION
CONCRETO NORMAL



el módulo de rotura y es aplicada en pavimentos.

El ensayo se efectúe sobre vigas preparadas de acuerdo a las normas aplicando la carga en los puntos tercios de la luz libre, la cual como mínima debe ser 21".

Esta resistencia es del rango del 20% de la resistencia a la compresión.

El mecanismo de falla tiene más o menos la siguiente explicación :

El concreto es un material heterogéneo, un conjunto de graneos resistentes a la compresión y nada a tensión. Cuando está sometido a un campo unidireccional de fuerzas, las fuerzas en el interior no permanecen paralelas al esfuerzo sino que siguen trayectorias complicadas. Se concluye que desarrollan esfuerzos de tensión perpendiculares al esfuerzo principal en el interior del concreto y estos esfuerzos tienden a producir grietas paralelas. Estas grietas paralelas aparecen con un esfuerzo medio de compresión del 50 al 60 % de la resistencia y la propagación y reunión de estas grietas producen la falla.

La máquina usada en este ensayo fué la Maqui -

na Universal. - Se eligió como luz libre 20". La velocidad de carga fue, hasta los 500 a 600 kilos rápidamente, a partir de ese momento se aplican 150 libras por pulgada cuadrada por minuto.

Cálculo. - Si la viga falla en el tercio central se calcula por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Pl}{bd^2}$$

R = módulo de rotura en kg/cm²

P = carga de rotura en kilos

l = luz libre

b = espesor promedio del espécimen en cm.

d = altura promedio del espécimen en cm.

b y d se toman en la zona de falla.

Si la rotura se produce fuera del tercio central; y la distancia de rotura al tercio central no es más del 50% de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = 3 P a / bd^2$$

a = distancia entre el sitio de la fractura y el soporte más cercano, medida a lo largo

de la línea del centro de la superficie inferior del espécimen.

Si la rotura no está comprendida en ninguno de los dos casos mencionados, el espécimen se desechará.

ENSAJO DE FLEXION

CONCRETO No. 1. - 2424 - 1 - 2 días.

1. - ensayo No. 1.

altura promedio de 8"

espesor promedio : 6x6"

carga máxima: $P_u = 1375 \text{ kg} = 3020 \text{ lbs.}$

luz libre : $l = 28"$

fórmula usada : $R = P_l / b d^2$

$R =$ carga de flexión

$R = 3020 \times 28 / 6 \times 6 = 339 \text{ lb/pulg}^2$

$R = 28.6 \text{ kg/cm}^2$

2. - ensayo No. 2.

$d = 6.1/16"$

$b = 6"$

$l = 28"$

$R = 2800 \times 28 / 6 (6.1/16)^2 = 333 \text{ lb/pulg}^2$

$= 23.4 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia promedio $\frac{28.6 + 23.4}{2} = 26 \text{ kg/cm}^2$

Page 20 of 22

1. - ensayo No. 1.

$$b = 6.1/8''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 3900 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3900 \times 28 / 6.1/8'' \times (6.1/16'')^2 = 486 \text{ lbm/plg}^2$$
$$= 34.3 \text{ kg/cm}^2$$

2. - ensayo No. 2 .

$$b = 6.3/16''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 3480 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3480 \times 28 / 6.1/16'' \times (6.1/16'')^2 = 420 \text{ lbm/plg}^2$$
$$= 30.2 \text{ kg/cm}^2$$

Resistencia promedio = $\frac{34.3 + 30.2}{2} = 32.2 \text{ kg/cm}^2$

Page 1 of 22

1. - ensayo No. 1.

$$b = 6.3/32''$$

$$d = 6.3/32''$$

$$P = 4000 \text{ lbs.}$$

- 58 -

$$l = 28''$$

$$R = 4000 \times 28 / 6.3 / 32 \times (6.3 / 32)^2$$

$$= 497 \text{ lbs/pulg}^2 = 33 \text{ kg/cm}^2$$

2. - Ensayo No. 2.

$$b = 6.1/8''$$

$$d = 6.3/32''$$

$$P = 3960 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3960 \times 28 / 6.1/8 (6.3/32)^2 = 488.5 \text{ lb/plg}^2$$

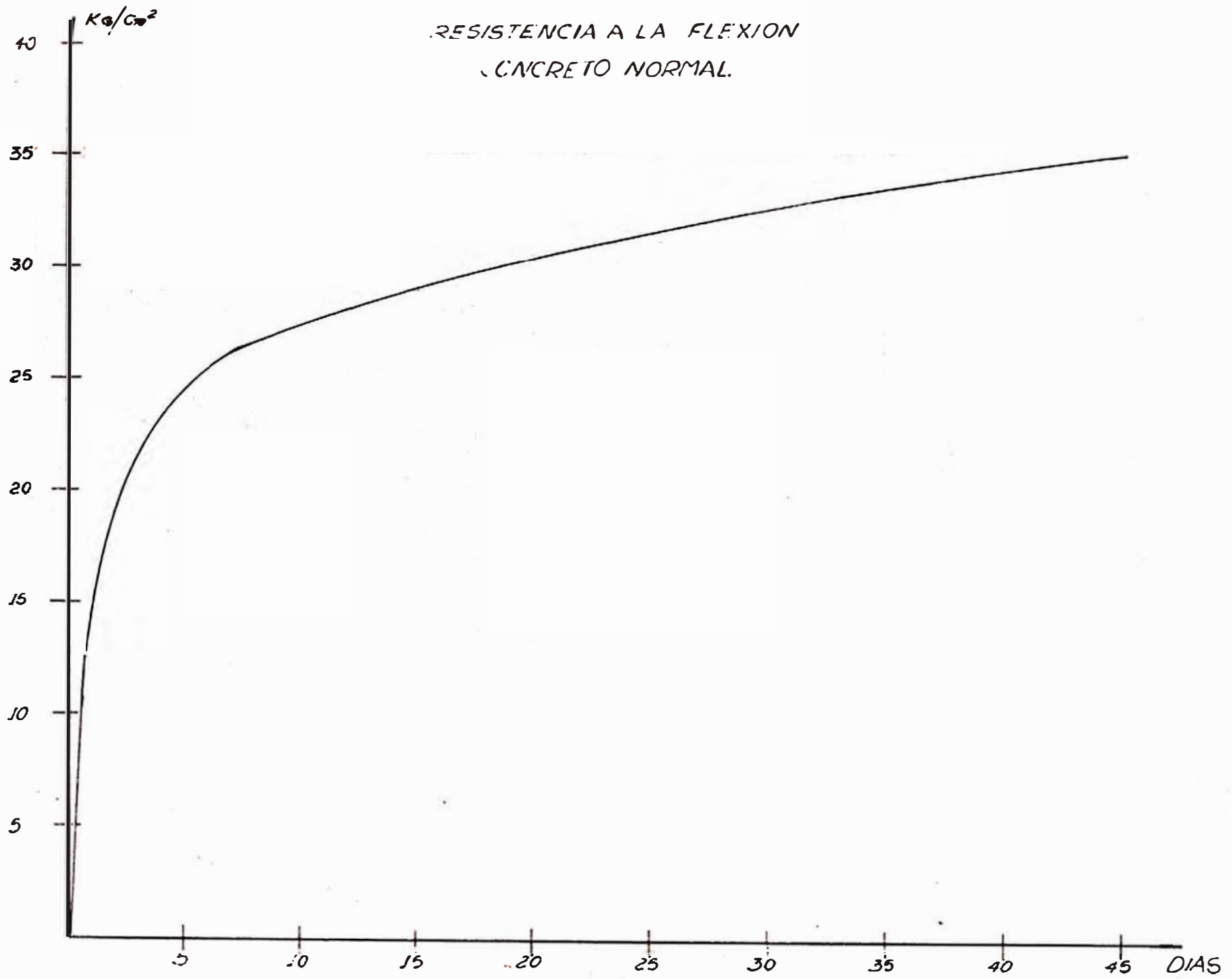
$$= 34.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio} = \frac{33 + 34.4}{2} = 34.7 \text{ kg/cm}^2$$

RESUMEN DE LA RESISTENCIA A FLEXION
Concreto Normal

T A B L A No. 12

edad (días)	resistencia promedio \bar{R} (kg/cm ²)	increm. % de la Res. a compresión	
7	26	81	12.5
28	32.2	100	11.4
43	34.7	108	12.2



9.2.4. - Resistencia al desgaste por abrasión -

La capacidad de resistir a la abrasión, interesa especialmente en la construcción de carreteras, lejas para veredas y picon. Es uno de los problemas más discutidos, no existe criterio uniforme que permite conocer directamente la resistencia a la abrasión del concreto. El procedimiento consiste en someter una muestra de concreto a la acción de raspado de un rodillo metálico dentado, que actúa bajo un peso de 4,400 gramos a una velocidad de 200 RPM sobre una área de 30.9 cm². en un tiempo de dos minutos.

La pérdida al desgaste depende de la resistencia del hormigón, de la granulometría y dureza de los agregados y del grado de humedad. Este desgaste lo produce el tráfico de peatones y vehículos, acción de las olas y partículas escurridas por el agua y el aire. La pérdida de peso se da en gramos por centímetro cuadrado. La experiencia demuestra que las juntas superiores cortadas de las probetas, tienen mayor desgaste que las inferiores de la

siema probeta.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABRASION

Concreto normal

edad 28 días

T.A.B.L.A. N° 12

laja	peso inicial (gr)	peso final (gr)	pérdida (gr/cm ²)	pérdida promedio
superior	324.5	323.7	0.0108	
				0.0144
	342.00	341.40	0.0180	
inferior	369.55	369.00	0.0069	
				0.00875
	382.50	382.00	0.00985	

3.2.5. - Determinación del módulo dinámico de elasticidad, - Norma C215-60 ASTM

Este ensayo es relativamente nuevo. Se trata de un ensayo de tipo no destructivo determinando mediante la medida de la frecuencia natural de vibración del espécimen o por medio de la velocidad con que se propagan las ondas so

normas dentro del concreto.

Cabe señalar que el módulo elástico dinámico es de valor muy superior al estático. Podría considerarse como la tangente en el origen a la curva de deformación en un diagrama experimental.

Según R. Philco los métodos dinámicos no sirven para hacer un cheque exacto como los métodos estáticos; porque los métodos dinámicos tratan de efectos puramente elásticos, en cambio en el método estático aparecen deformaciones inelásticas debido a cargas sostenidas.

Aparato usado. - Es la unidad electrocromómetro que provee una fuente de vibración mecánica de audifrecuencia y un método de visualización. La norma ASTM. G215-60 especifica la razón de diámetro a longitud la que debe ser de 3 a 5. Se eligió como razón 4 (moldes de 6"x24"). La norma ASTM G192-49 indica la preparación de las probetas. La probeta debe marcarse a 0.2201 a partir de los extremos para colocar los espejos.

Cálculos analíticos:

$$E_g = CW n^2$$

E_g = módulo dinámico de elasticidad en lbs/pulg²

W = peso de la probeta en libras

n = frecuencia transversal fundamental en ciclos/seg.

C = 0.0016 L³/d⁴ en seg²/pulg²

L = longitud de la muestra en pulgadas.

d = diámetro de la sección transversal en pulgadas.

T = factor de corrección que depende de la razón del radio de giro a la longitud L de la probeta y de la razón de Poisson.

K = radio de giro = d/4

T para diferentes valores de la razón de Poisson "u" y K/L se puede calcular :

$$T = T^1 \frac{1 + (0.26u + 1.22u^2) K/L}{1 + 0.52u K/L}$$

T¹ se saca de las tablas de Gerald Rickett, para un K/L dado y razón de Poisson 1/5.

u = 1/5 es recomendada por Roger Miles de Cecilio, Rickett, Kurts y Sanderson

T A B L A N ° 1 4

MODULO ELASTICO DINAMICO

Concrete Normal

<u>o</u> <u>dad</u>	<u>No.</u> <u>pre-</u> <u>beta</u>	<u>"n"</u> <u>(oigig)</u> <u>seg.</u>	<u>"Ed"</u> (lb/plg ²)	<u>"Ed"</u> (kg/cm ²)	<u>Prone -</u> <u>die</u> <u>(No/da)</u>	<u>Incre-</u> <u>%</u>
1	1	1040	3 590 136	252 391	257 287	81.0
	2	1050	3 770 550	265 070		
	3	1060	3 686 696	259 171		
	4	1025	3 592 015	252 519		
3	1	1135	4 251 529	298 882	301 139	95.0
	2	1140	4 452 042	315 088		
	3	1110	4 081 001	286 894		
	4	1100	4 177 795	293 695		
7	1	1160	4 420 942	310 792	306 103	96.5
	2	1105	4 501 024	316 422		
	3	1135	4 234 818	297 708		
	4	1115	4 260 184	299 491		
28	1	1155	4 362 838	306 708	316 708	100.0
	2	1175	4 722 055	331 960		
	3	1165	4 453 134	313 060		
	4	1145	4 482 305	315 106		

3.2.6. - Extracción al die

Norma C157-64T ASTM

La contracción del concreto se debe a fenómenos de evaporación continua de agua de la masa de concreto a lo largo de su existencia. El concreto se contrae al secarse y aun cuando ya ha endurecido, se expande y contrae si se humedece y seca. Estos movimientos son los que hacen necesarios en las obras estructurales la existencia de juntas de contracción a intervalos que evitarán agrietamientos desagradables en dos etapas:

- a. - Contracción inicial en el concreto fluido o plástico, por pérdida de agua y por filtración a través de moldes, absorción y evaporación. Estas contracciones pueden ser cubiertas por las expansiones térmicas que acompañan al aumento de temperatura resultante de la reacción química en la hidratación del cemento.

- b. - Contracciones posteriores al endurecer el concreto y serle permitido secarse, debidas a la contracción del gel cementante y es en parte irreversible, porque si se humedece expande un poco nuevamente. Las contracciones por secado ocurren más rápidamente en la superficie que en la masa del concreto, ya que la superficie seca primero.

De manera general a las condiciones de curado in -

fluyen en la contracción. Un concreto bien curado durante el tiempo suficiente, se contrae menos que uno que se sujeta a las condiciones ambiente inmediatamente.

La magnitud de la contracción del concreto al secarse varía con la clase de cemento, riqueza de la mezcla y contenido de agua (cuando tiene más agua, más se contrae).

El carácter mineral del agregado también afecta la contracción del concreto el cual es usado, calizas y rocas igneas dan menores contracciones que grava de pedregal.

La velocidad de contracción disminuye al aumentar el tamaño de los especímenes. Es usual las velocidades altas durante los primeros días y luego decrece gradualmente con el tiempo.

T A B L A N º 15

R E F E R E N C I A

QUANTIDADE BOLETA

Nº	Lo	L1	edad : 1 dia δ		PROMEDIO	
			Lo - L1	(pls) $\epsilon = \delta / \Delta$		
1	15v99	14v96	1 v03	0.0103	0.000935	0.0009625
2	15v93	14v90	1 v09	0.0109	0.00099	
edad : 4 dias						
1	15v21	14v32	0 v89	0.0089	0.00081	0.00091
2	15v21	14v0.9	1 v12	0.0112	0.00101	
edad: 7 dias						
1	14v12	13v32	0 v88	0.0088	0.0008	0.0009
2	14v12	13v02	1 v10	0.0110	0.001	
edad: 10 dias						
1	14v10	13v25	0 v73	0.0073	0.00068	0.00068
2	14v10	13v25	0 v73	0.0073	0.00068	
edad : 20 dias						
1	14v12	13v13	0 v87	0.0087	0.00079	0.00082
2	14v12	13v26	0 v 94	0.0094	0.00085	
edad : 8 semanas						
1	14v20	13v32	0 v88	0.0088	0.0008	0.00088
2	14v20	13v15	1 v03	0.0103	0.00096	

L_0 = longitud de la probeta patron leída en el dial.
 L_1 = longitud leída en el dial del espécimen de concreto.

$$V = 0.01''$$

$$\delta = (L_0 - L_1) \times 0.0001''$$

$$l = 11''$$

NOTA: En esta prueba se separaron los valores correspondientes al espécimen número 1 por desperfectos en el molde.

3.2.7. - Estudio de la adherencia.

Norma C234-57

El problema de la transmisión de esfuerzos del concreto al acero no ha sido todavía resuelto, con el advenimiento de muchos tipos de acero el problema se ha complicado. Lo que se hace es, en sí, un ensayo de extracción de una varilla de acero corrugado embebida en un dado de concreto; la forma en que se distribuyen los esfuerzos a lo largo de la varilla es desconocida. En este tipo de ensayo, a medida que se aplica la carga a la varilla, los desplazamientos se van extendiendo hasta cubrir toda la longitud de la parte embebida de la varilla. En ningún caso, salvo en tensiones cercanas a la falla

la distribución del esfuerzo es uniforme.

Foda variable que aumenta la resistencia del concreto, aumenta su adherencia al acero, pero se necesita de un recubrimiento apropiado para que se pueda desarrollar toda la fuerza de adherencia. Debe tenerse presente que el concreto debajo de una varilla tiende a asentarse antes de fraguar, con lo que el contacto entre la varilla y el concreto disminuye hasta dar lugar a cavidades, lugar de adherencia nula, lo mismo que sucede con las grietas. Pero entre dos grietas que se formen por contracción la adherencia es máxima.

Se reconoce que para varillas de gran diámetro el esfuerzo promedio de adherencia es menor, lo que se refleja en el hecho de que se necesita una mayor longitud de desarrollo de adherencia, este hace antieconómico los tragalapas.

En general la adherencia por extracción se evalúa como:

Esfuerzo de adherencia:

$$u = \frac{\text{tensión}}{\text{área de contacto}}$$

$$u = P / s \text{ pi } L$$

$$P = \text{carga de tensión en kg.}$$

ϕ = diámetro de la varilla en cm.

L = longitud de empotramiento.

Las normas especifican continuar la carga y tomar lecturas en los momentos e intervalos apropiados hasta que:

- a. - el yield point de la barra de refuerzo ha sido alcanzado.

- b. - el concreto circundante se ha agitado.

- c. - un ángulo de 0.1° de declinamiento ha ocurrido (después de haber corregido el estiramiento del acero).

Para esta prueba se usó el declinamiento de 0.1° .

Máquina usada: máquina Universal.

Velocidad de carga: 5000 libras por minuto.

A.P.H.E.R.N.O.I.A.

Edad : 28 días

ϕ 1/2"

Concreto Normal

TABLA N° 16

primer ensayo		segundo ensayo	
superficie de adherencia 61.6 cm ²		superficie de adherencia 61.6 cm ²	
deformación (cm)	adherencia (kg/cm ²)	deformación (cm)	adherencia (kg/cm ²)
0	32.9	0	65.1
0.009	35.7	0.016	68.6
0.023	39	0.254	<u>69.6</u>
0.035	42.2		
0.048	45.5		
0.060	48.75		
0.073	52.00		
0.087	55.2		
0.103	58.5		
0.115	61.7		
0.135	65		
0.213	68.2		
0.259	<u>70.25</u>		

PROMEDIO: 69.93 kg/cm²

% de la resistencia
de compresión 84.6%

CONDICIONES CORRESPONDIENTES AL CONCRETO NORMAL

En lo referente a la resistencia por compresión a los siete días se obtuvo el 7% de la resistencia a los 28 días.

La resistencia se estabiliza entre los 28 y 45 días para luego subir lentamente.

En la resistencia a tracción se observó que el promedio de esta resistencia representa el 11% de la resistencia a compresión y esto se manifiesta desde los siete días.

La resistencia a flexión está por el rango del 12% de la resistencia de compresión, también manifestándose desde los 7 días.

En la prueba de abrasión del concreto las lajas correspondientes a la cara superior de la probeta pierden más que lo que corresponde a las lajas inferiores, en la proporción del 64.5% de la laja inferior.

El módulo dinámico es bastante elevado desde el primer día de edad donde ya alcanza el 81 % de su valor a los 28 días.

La retracción experimenta una libre expansión a partir de los 4 días hasta los setecientos donde empieza la contracción nuevamente.

La adherencia muestra un valor elevado que llega al 24.6% de la resistencia a la compresión, lo cual si se compara con la raíz cuadrada de la carga de compresión, considerada por algunos investigadores, que es el 6% de la resistencia a la compresión obtenida, es un valor bastante alto.

4.o.o.o. - CONCRETO NORMAL CON 1 LIBRA DE ADITIVO
ACELERANTE DE FRAGUADO POR SACO DE CEMENTO

LIBRO DE MEZCLAS

Este diseño es similar al del concreto N°1. La única diferencia está en que se añade aditivo acelerante de fragua en la proporción de 1/2 libra por saco de cemento ; o sea 5.4 gramos de aditivo por kilo de cemento. De esta manera la relación de pesos queda como sigue :

Cemento :	314.4 kg/m ³
arena :	834.74 "
Piedra	1002.00 "
agua :	191.8 "
aditivo:	1.7 "
214.4x2.1	<hr/>
1000	
SUMA =	2344.64 "

PROPORCION:

1:2.66:3.18/0.61

Aditivo = 1/2 lb/saco

Recomendaciones del aditivo

En este aspecto se tuvo presente las especificaciones dadas por el fabricante que indica usar 1/2 libra de aditivo acelerable por saco de cemento, o sea 5.4 gramos por kilo.

Debe tenerse presente que no todos los cementos reaccionan igualmente con los aditivos especialmente con los acelerantes.

4.1. - CONCRETO FRESCO

4.1.1. - Peso unitario

Norma C138 -29 ASTM

Peso del recipiente + peso del concreto = 29.680 kg.
peso del recipiente : = 6.760 "
peso del concreto : = 22.920 "
volumen del recipiente = 0.00947 m³

Peso unitario = $\frac{22.920}{0.00947}$ = 2420 kg/m³

4.1.2.- Asentamiento: 6" Norma C143-58

4.1.3.- Flujo Norma C124

$$\% \text{ flujo} = \frac{15'' - 12''}{10''} \times 100 = \boxed{30.00\%}$$

4.1.4. Contenido de aire Norma C173

primera prueba: 3.3 %

segunda prueba: 3.3 %

Promedio = 3.3%

4.1.5. - Prueba por resistencia a la penetración:

Norma C 403-63T

T. A. B. L. A. No. 12

(en la agto. pag.)

TABLE 12

horas	1. tiempo (hrs)	No. aguja	Area (pi ²)	resistencia	p.s.f. (lbs)
10hrs					
13h30m	3.5	2	1/2	155	310
14h00	4.0	3	1/4	175	700
14h30m	4.5	4	1/10	168	1680
15h00	5.0	5	1/20	152	3040
15h30m	5.5	6	1/40	168	4320
16h00	6.0	6	1/40	162	6480
16h15m	6.5	6	1/40	192	7680

fragua inicial....~~3h46m~~

fragua final~~5h22m~~

4.1.6. - Exposición

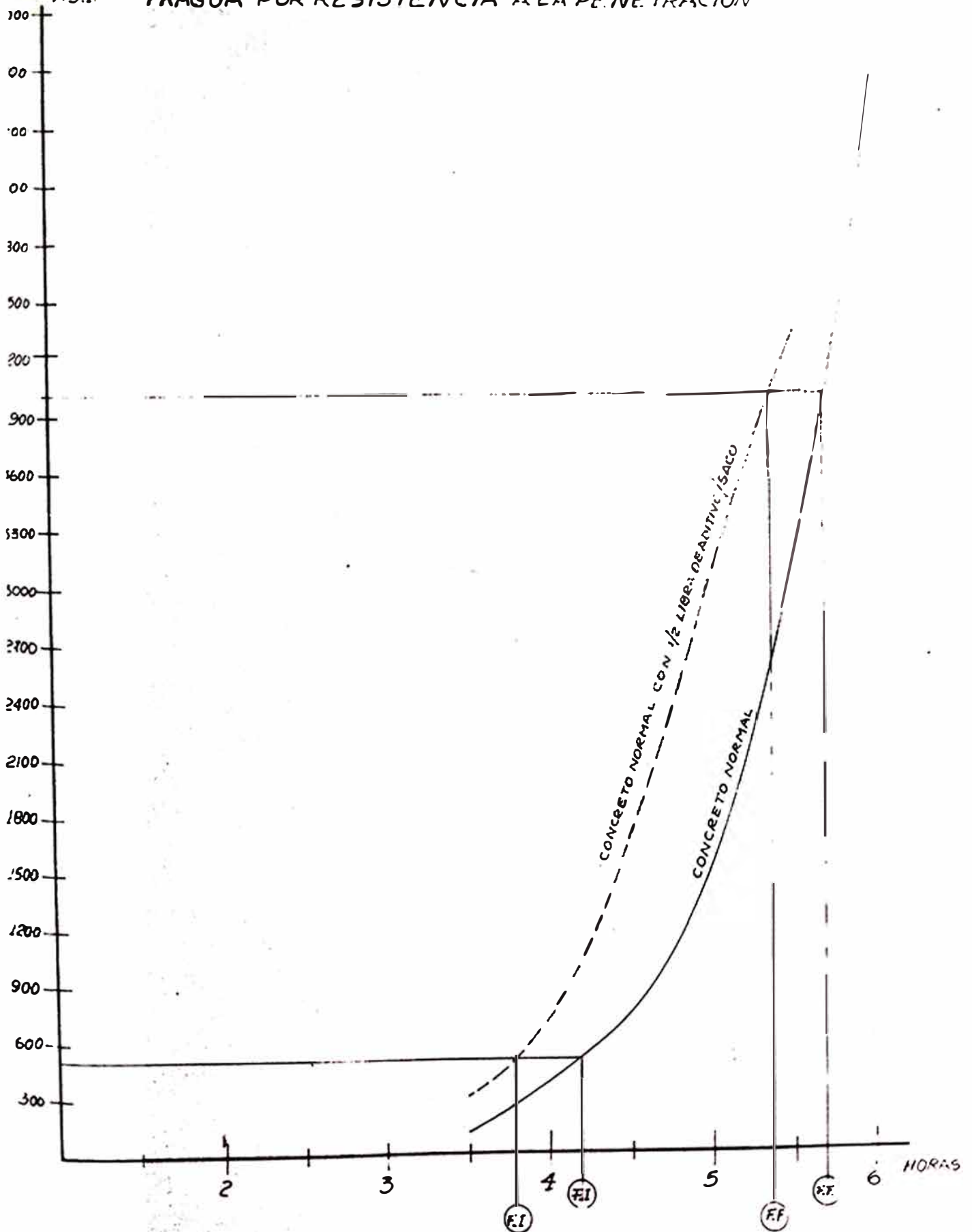
Norma 0232-58 ASTM

Dosificación: Cemento = 9.00 kg.
arena 23.940 "
piedra 28.620 "
agua (W₁) 5.490 "
aditivo 0.0486"

suma (W₂) = 67.0986 Kg.

PS.1

FRAGUA POR RESISTENCIA A LA PENETRACION



C.N: F.I=4h11m
F.F=5h42m

C.N.+1/2 libA./s: F.I=3h46m
F.F=5h22m

T.A.M.L.A. No. 18

hora	tiempo (min)	vol. de agua acumulado (cm)	incremento de volumen (V)	de velocidad de flujo (V/A)
11h10m	10	11	11	0.0217
11h30m	20	27	16	0.0315
11h40m	30	35	8	0.00158
11h.50m	40	45	10	0.0197
12h20m	70	77	32	0.063
12h50m	100	105	28	0.055
13h20m	130	110	5	0.0099

Peso del recipiente con concreto 39.400 kg.
(P₁)

Peso del recipiente (P₂) 9.100 "

P₁ - P₂ = B 30.000 "

Peso del agua en el recipiente

C = $\frac{2.475 \times 67.0986}{1000}$ = 2 475 gr.

Volumen total erudado = B 110.00 ml.

% de erudación: $\frac{110.00}{2475} \times 100 = 4.44\%$

481.7. - rendimiento

Norma C123-63 ASTM

$$Y = \frac{W}{N} = \frac{2.2272}{0.212} = 0.131 \text{ m}^3/\text{saco}$$

CUADRO COMPARATIVO DEL CONCRETO FRESCO

	concreto normal	concreto con 1 lb. Aditivo/ca
peso unitario (kg/m ³)	2418	2420
asentamiento (pulg)	2.5	6
flujo (%)	58.7	50
contenido de aire (%)	1.95	3.3
fragua inicial	4h 11m.	3 h 46m.
fragua final	5h 42m.	5 h 22m.
exudación(%)	4.3	4.44
rendimiento (m ³ /saco)	0.131	0.131

4.2.0. - CONCRETO ARMADO

4.2.1.- Resistencia a la compresión

Forma 039-64 ASTM

Concrete normal con 1/2 lb. de aditivo/cubo

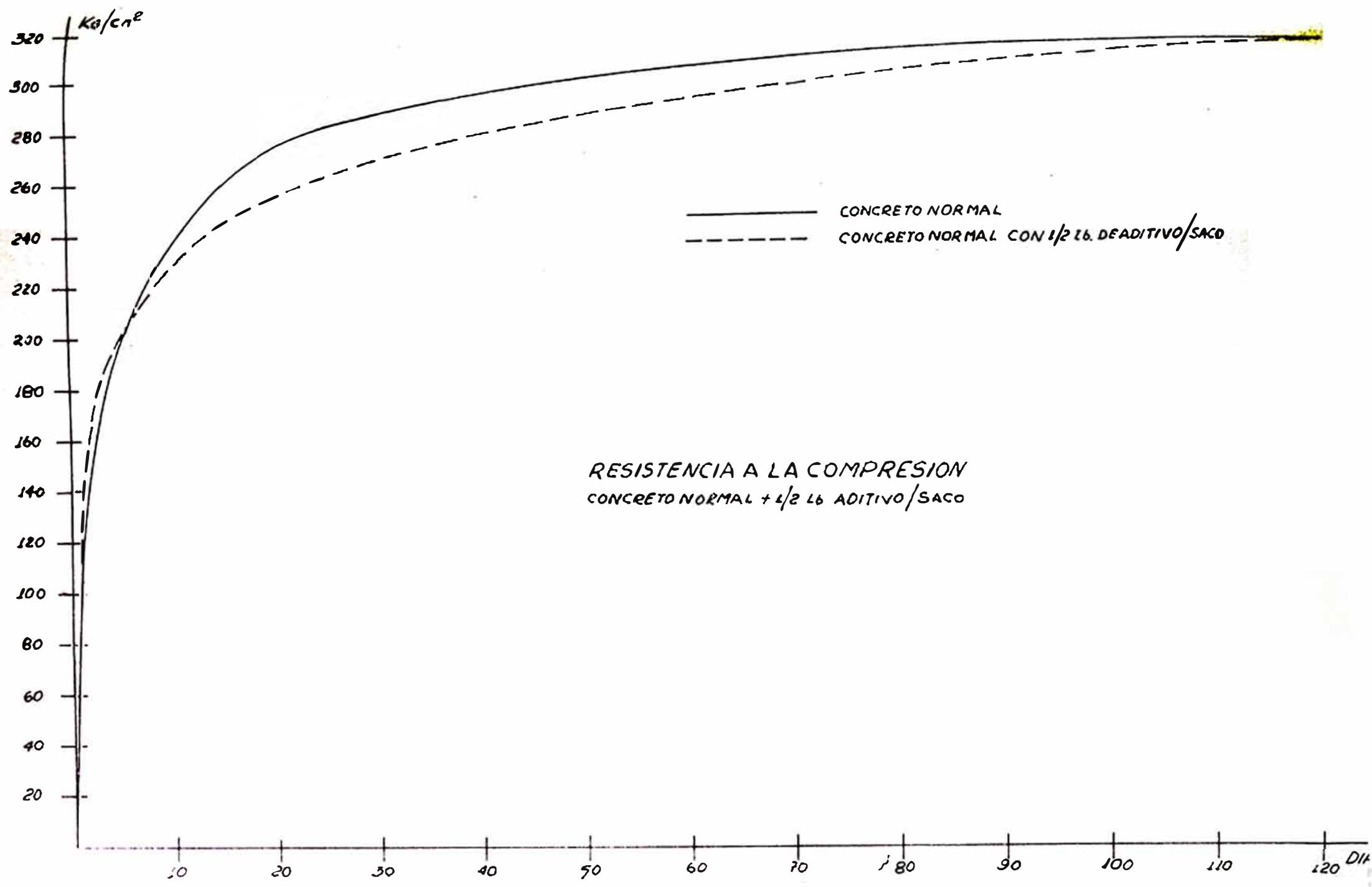
T A B L A 12

edad (dias) 1	e s a y o s					prom. (kg/cm ²)	% Incr.	% del C. N.	
	2	3	4	5	6				
1	103	110	112	112	111	112	43	115.2	
3	160	173	189	170	177	190	161	110.8	
7	212	211	206	219	220	190	210	61	99.9
28	264	247	255	271	261	260	260	100	91.6
60	293	298	257	250	249	286			
	283	288				276	106	95.9	
90	313	313	296	317	313	318	312	120	100
120	297	312	318	306	326	312	120	100	

VALORES DE LAS DISPERSIONES Y DEL COEFICIENTE

DE VARIACION

Concrete Normal con 1/2 lb. aditivo/cubo.



Find 1 dia

$\bar{x} = 112$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
109	3	9
118	6	36
112	-	-
112	-	-
112	-	-
111	1	1

SUMA = 46

$80 / 46/6 = 2.8$

$CV = 100 \times 2.8/112 = 2.5\%$

EXCELLEN

Find 1 dia

$\bar{x} = 181$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
180	1	1
175	6	36
184	3	9
170	11	121
177	4	16
198	17	289

SUMA = 472

$$S = / 472/6 = 9$$

$$C V = 100 \times 9/181 = 5 \%$$

EXCELENTE

Ejerc 1. 2 días

$$\bar{x} = 210$$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
212	2	4
212	2	4
208	4	16
215	5	25
220	10	100
198	12	144
SUMA =		295

$$S = / 295/6 = 7$$

$$C V = 7 \times 100/210 = 3.33 \%$$

EXCELENTE

Ejerc 1. 20 días

$$\bar{x} = 260$$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
-----	---------------	-------------------

(la tabulación en la agte pag)

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
264	4	16
247	13	169
255	5	25
271	11	121
261	1	1
260	-	-

SUMA = 332

$$s = / 332/6 = 7.5$$

$$C V = / 7.5 \times 100 / 260 = 3\%$$

EXCELENTE

Edad 1 60 días

$$\bar{x} = 276$$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
298	22	484
257	18	361
254	22	484
249	27	729
286	10	100
293	17	289
283	7	49
288	12	144
SUMA =		2580

$$s = / 2580/8 = 18$$

$$C V = 18 \times 100 / 276 = 6.5\%$$

EXCELENTE

Edad : 90 días

$\bar{x} = 312$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
313	1	1
313	1	1
296	16	256
317	5	25
313	1	1
318	6	36

SUMA = 320

$s = \sqrt{320/6} = 7.35$

$CV = 7.35 \times 100/312 = 2.35\% \quad \text{EXCELENTE}$

Edad : 120 días

$\bar{x} = 312$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
297	15	225
312	-	-
318	6	36
306	6	36
326	14	196

SUMA = 493

$s = \sqrt{493/5} = 9.95$

$CV = 9.95 \times 100/312 = 3.18\% \quad \text{EXCELENTE}$

4.2.2.- Resistencia a la tracción por compresión diametral

Concreto normal con $\frac{1}{2}$ libra aditivo/saco.

Norma C495-AST ASTM

T A B L A No. 29

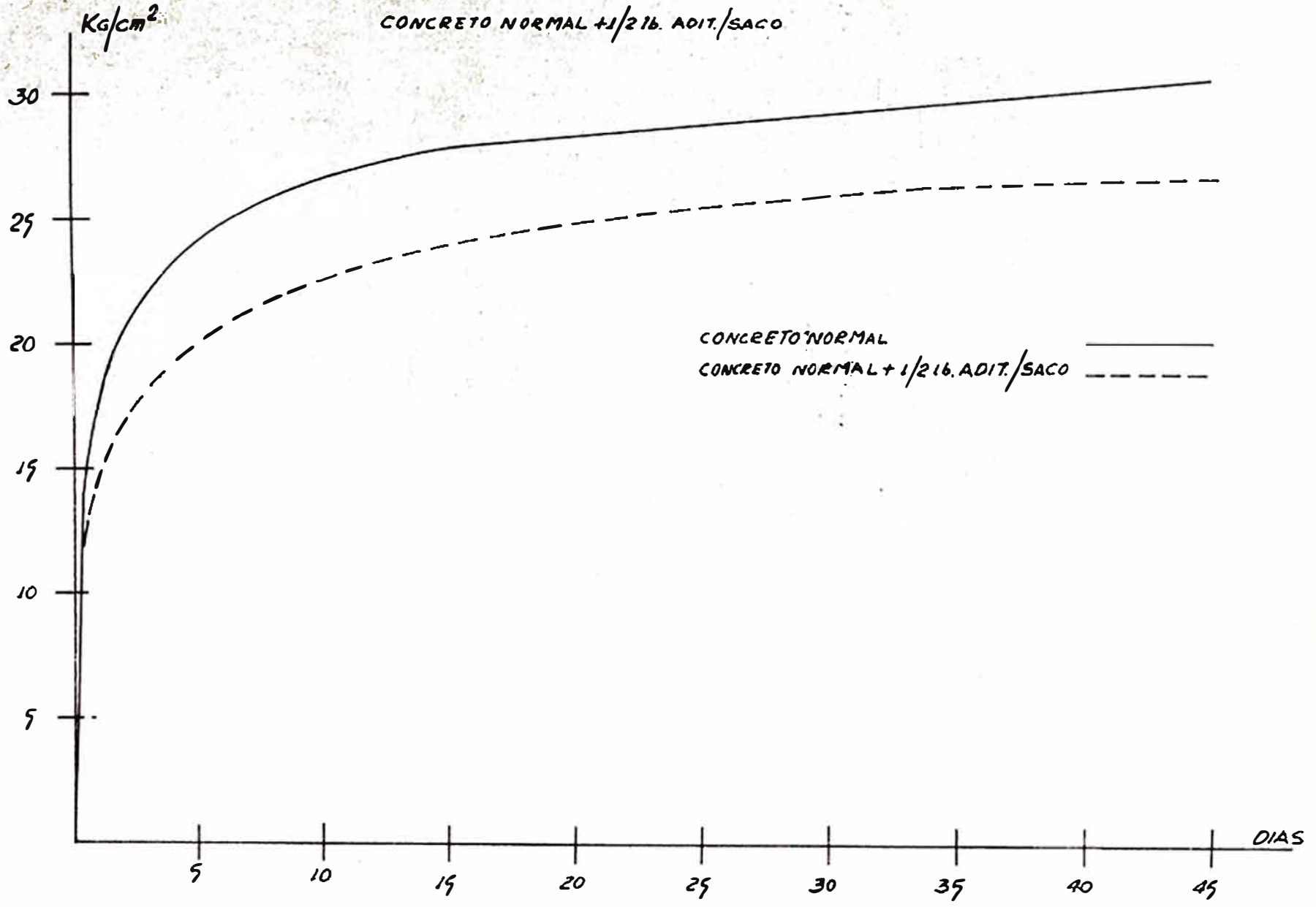
edad días	resist. en kg/cm^2	promedio (kg/cm^2)	% incre	% de compresión	% del concreto normal
7	20.8				
	21	21.5	88	10.00	82
	22.7				
	-				
28	21.6				
	23.0	24.4	100	9.40	84
	25				
	27.2				
45	30.1				
	22.8	26.4	108	9.85	84
	27.1				
	25.6				

4.2.3. - Resistencia a la flexión Norma C78-54 ASTM

Concreto normal con $\frac{1}{2}$ lb aditivo/saco

Edad 7 días

RESISTENCIA A LA TRACCION
CONCRETO NORMAL + 1/2 lb. ADIT./SACO



Ensayo No. 1

$$b = 6.1/8''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 3230 \text{ libras}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3230 \times 28 / 6.1/8 \times (6.1/16)^2 = 407 \text{ lbs/ft}^2$$

$$R = 28.3 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6.3/32$$

$$d = 6.1/8''$$

$$P = 3120 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3120 \times 28 / 6.1/32 \times (6.1/8)^2 = 362 \text{ lbs/ft}^2$$

$$R = 27 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio} = \frac{26.3 + 27}{2} = 27.7 \text{ kg/cm}^2$$

Edad 28 días

Ensayo No. 1

$$b = 6.1/32''$$

$$d = 6''$$

$$P = 3830 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3830 \times 28 / 6.1/32 \times 6^2 = 494 \text{ lbs/ft}^2$$

$$R = 34.8 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6''$$

$$d = 6.1/32''$$

$$P = 3650 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3650 \times 28 / 6 \times (6.1/32)^2 = 468 \text{ lbs/ft}^2$$

$$R = 93 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio} = \frac{34.8 + 33}{2} = 33.9 \text{ kg/cm}^2$$

Edad 45 días

Ensayo No. 1

$$b = 6.1/16''$$

$$d = 6''$$

$$P = 4090 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 4090 \times 28 / 6.1/16 \times 6^2 = 525 \text{ lbs/ft}^2$$

$$R = 37 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6.1/16''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 3670 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3670 \times 28 / 6.1/16 \times (6.1/16)^2 = 462 \text{ lbs/ft}^2$$

$$R = 32.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio} = \frac{327 + 32.6}{2} = 34.8 \text{ kg/cm}^2$$

RESUMEN DE LA RESISTENCIA A FLEXION

T A B L A 21

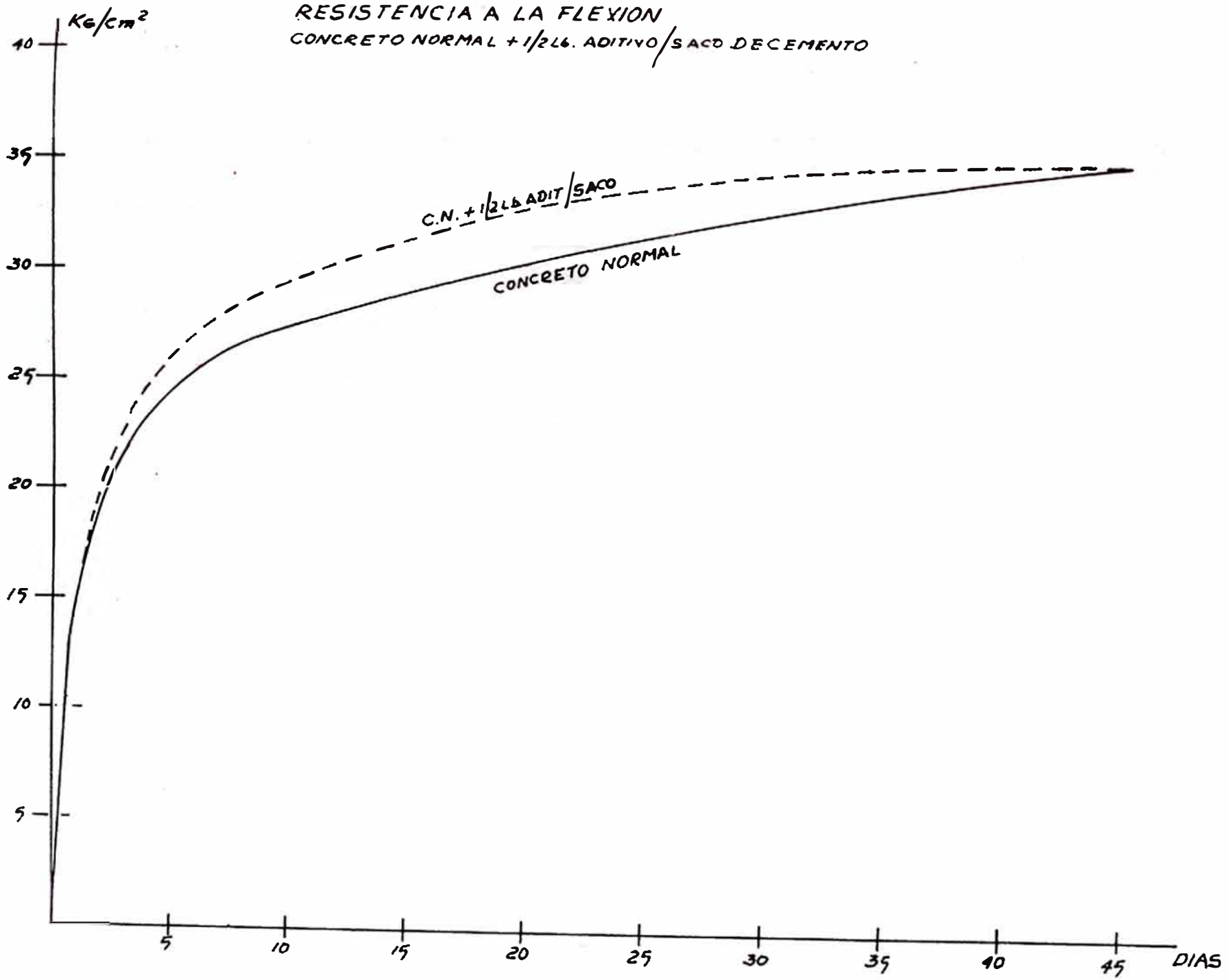
edad en días	resistencia promedio (kg/cm ²)	incremento	% de la resistencia a la compresión	% de la resistencia del C. N.
7	27.7	29.5	13.2	106.5
28	33.9	97.0	13.05	105.0
45	34.8	100	13.0	100.0

4.2.4. - Resistencia al desgaste por abrasión

T A B L A 22

l a j a	peso inicial gr.	peso final gr.	% pérdida gr/cm ²	Promedio gr/cm ²	% pérdida del C.N.
SUPERIOR	466.00	465.5	0.00985	0.013775	96
	382.7	381.8	0.01770		
	441.25	440.90	0.0069	0.00785	84
	558.5	558.1	0.0078		

RESISTENCIA A LA FLEXION
CONCRETO NORMAL + 1/2 LB. ADITIVO / SACO DE CEMENTO



4. - 2 .5. - Determinación del módulo dinámico de elasticidad

Concreto normal con 1 lb. de aditivo/saco

T A B L A 23

edad en días	No prob.	No cic/sac	Kd(lbs/plg ²)	Kd(Kg/cm ²)	Promo- dío Kg cm ²	%ino.	% del Kd. C.M.
1	1	1055	3 703 934	260 387	249 958	84.5	97
	2	1025	3 482 077	239 870			
	3	1030	3 556 256	250 003			
	4	1055	3 550 061	249 569			
3	1	1100	3 990 137	280 507	289 780	98	92.8
	2	1110	3 967 006	278 947			
	3	1130	4 355 801	306 192			
	4	1120	4 174 597	293 474			
7	1	1125	4 158 464	292 340	293 615	99.3	96
	2	1130	4 096 262	287 967			
	3	1150	4 215 062	296 319			
	4	1130	4 236 624	297 835			
28	1	1130	4 187 369	294 372	296 282	100	94
	2	1130	4 096 262	287 967			
	3	1135	4 240 940	298 158			
	4	1145	4 333 600	304 692			

4.2.6. - Retracción

Norma C157-64T ASTM

Concreto normal con 4 lb de aditivo/saco

TA BLA 24

No.	Lo	Li	Lo - Li	(pulg)	$\epsilon = \delta / L$	PROMEDIO
Edad (1 día)						
1	15v50	12v61	2	v89	0.0289	0.00262
2	15v50	12v51	3	v19	0.0319	0.00290
Edad (4 días)						
1	15v50	11v49	2	v61	0.0261	0.00257
2	14v10	11v15	2	v95	0.0295	0.00268
Edad (7 días)						
1	14v15	11v53	2	v62	0.0262	0.00258
2	14v15	11v25	2	v90	0.0290	0.00263
Edad (14 días)						
1	14v12	11v47	2	v65	0.0265	0.00241
2	14v12	12v21	2	v91	0.0291	0.00264
Edad (28 días)						
1	14v25	11v57	2	v68	0.0268	0.00244
2	14v25	11v28	2	v97	0.0297	0.00270
Edad (8 semanas)						
1	14v19	11v51	2	v68	0.0268	0.00249
2	14v19	11v22	2	v97	0.0297	0.00270

INDICACION DEL MUESTRO DE RETRACCION

Norma C157-SAT ASTM

edad	Ca. δ/l	retracción del concreto normal	% incremento del concreto normal
1	0.002760	0.0009625	0.1798
4	0.002523	0.00091	0.1615
7	0.002505	0.00090	0.1615
14	0.002525	0.00068	0.1345
28	0.002970	0.00082	0.179
56	0.002570	0.00082	0.175

4.2.7. - Resistencia por adherencia

Concreto normal con \dagger lb aditivo/saco.

edad en dias.	resistencia (Kg/cm ²)	% de la res. a la compres. del C.N.	% de la ad herencia
28	66.21	25.4%	95.5

A continuación se presenta la tabulación de los datos co -
respondientes a los ensayos efectuados.

A D H E R E N C I A

Edad : 20 años

φ 1/2"

T A B L A No. 25

1er. ensayo		2do. ensayo	
superficie adherencia: 60.8cm ²		superficie adherencia	
deformación (cm)	adherencia (kg/cm ²)	deformación (cm)	adherencia (kg/cm ²)
0.003	5.56	0.014	42.5
0.012	9.87	0.022	45.7
0.019	13.2	0.051	49.0
0.028	16.45	0.063	52.3
0.042	19.8	0.080	55.5
0.060	23.0	0.095	58.8
0.080	26.3	0.114	62.1
0.097	29.6	0.136	65.4
0.117	32.8	0.169	68.5
0.135	36.25	0.294	69.92
0.152	39.50		
0.167	42.80		
0.183	46.2		
0.197	49.4		
0.212	52.7		
0.224	56.0		
0.232	59.2		
0.252	62.5		

PROMEDIO : 66.21 kg/cm²

4.3.- CONCLUSIONES REFERENTES AL CONCRETO NORMAL CON 1 LIBRA DE ADITIVO POR SACO DE CEMENTO COMPARADO CON EL CONCRETO NORMAL.

- Los resultados de asentamiento y flujo nos indican que hay un exceso de agua en el concreto con aditivo acelerante.
- El aditivo incorpora aire al concreto, como lo prueba el examen correspondiente.
- Hasta el momento se puede afirmar que el aditivo es efectivamente un acelerante de fragua, la fragua inicial ocurre a 3 h 46m., mientras que en el normal ocurre a las 4 h.11m. La fragua final ocurre a las 5h22m y en el concreto normal a las 5 h.42m. Siendo el intervalo entre fragua final e inicial casi igual : - 1h 36m para concreto normal y 1 h.31m. para concreto normal con aditivo).
- La velocidad de flujo en general es lenta y se prolonga por mucho más tiempo que en el concreto normal; habiendo exudado ambos concretos el mismo volumen.

• La resistencia a la compresión presenta un incremento a las edades de 1 a 3 días que es aproximadamente del 11%; luego a los siete días se hace igual a la del concreto normal. De aquí empieza a ser inferior hasta los 28 días, se va incrementando hasta que a los 90 y 120 días iguala la resistencia del concreto normal.

A las 24 horas presenta el 67.5% de la resistencia de los 3 días del concreto normal. A los 7 días el 85.5% de los 7 del concreto normal y a los 7, el 174% de los 28 del concreto normal.

- La resistencia a la tracción representa el 10% de la resistencia a la compresión siendo ligeramente inferior a la resistencia a la tracción del concreto normal en un 17%.

- La resistencia a la flexión es el 15% de la resistencia a la compresión viéndose incrementada en las edades de 7 y 28 días en un 6% respecto a la resistencia del concreto normal. Es igual al a los 45 días.

• La resistencia por abrasión es menor que la del concreto normal; pero siempre mayor en las lajas supe -

riores de las probetas que en las inferiores. Esta disminución podría ser debida a la menor exudación que presenta este concreto, permitiendo una distribución más uniforme del concreto, pero mas que nada parece ser por el sistema del aparato.

- El módulo dinámico de elasticidad disminuye con respecto al del concreto normal, oscilando entre el 93 y 97 % de éste. Presenta el valores altos desde las 24 horas donde ya es el 84,5% de los 29 días. Se puede apreciar en ambos concretos que desde 7 días el módulo dinámico no sufre gran aumento hasta llegar a los 28 días.

- En el ensayo de retracción se han obtenido grandes variaciones aumentando esta hasta en un 300%. Esto es debido a la incorporación de aire que acompaña a este tipo de concreto. Como en el concreto anterior se presenta una expansión entre los 4 y 14 días para luego contraerse nuevamente. Esto se debe a que las probetas fraguaron en ambiente húmedo, para luego estar sumergidas en agua, así como también al valor de hidratación del cemento.

- La resistencia por adherencia, como en el concreto

normal, representa el 24% de la resistencia a la compresión y es consiguientemente igual a la resistencia por adherencia del concreto normal.

4.0.0.- CONCRETO NORMAL CON 4 LIBRAS DE ADITIVO/SAGO Y 5% MENOS DE AGUA

4.1.0. - Diseño de mezclas

En este diseño se trata de conseguir la trabajabilidad del concreto número 1. Para conseguir esto se hizo pruebas bajando ciertos porcentajes de agua; se consiguió la trabajabilidad buscada al bajar el 5% de agua:

volumen de agua del concreto No.1	=	0.1918	m ³ .
" " agua del concreto " 2			
0.1918 x 0.95	=	0.1822	"
" " cemento	=	0.0998	"
" " agregado grueso	=	0.3723	"
" " aire atrapado	=	0.0200	"
		<hr/>	
	SUMA	=	0.6743 "
volumen de arena: 1.0000-0.6743	=	0.3257	"
<u>Correcciones por humedad:</u>			
agregado grueso: 0.47x0.3723/100	=	0.00185	m ³ .
" fino : 0.47x0.3257/100	=	0.00153	"

Volumenes finales :

agua:	0.1822+0.00185+0.00153	= 0.1856 m ³
cemento:		= 0.0998 "
arena:	0.3257 - 0.0015	= 0.3242 "
piedra:	0.3723 - 0.00185	= 0.3704 "
aire		= 0.0200 "
		<hr/>
SUMA		= 1.0000 "

Pesos finales :

cemento		= 314.4 kg/m ³
arena:	0.3242x 2625	= 850.0 "
piedra		= 1002.0 "
agua		= 185.6 "
aditivo		= 1.7 "
		<hr/>
SUMA		= 2353.7 "

PROPORCION :

1:2.7:3.18/ 0.59

aditivo: 1 lb/saco.

5.1.0. - CONCRETO FRESCO

Concrete No. 3.

5.1.1. - Peso unitario

Norma 0138-29 ASTM

Peso del recipiente + peso del concreto = 29.540 kg.

peso del recipiente = 6.760 "

peso del concreto = 22.780 "

volumen del recipiente = 0.00947m³

peso unitario = $22.780 / 0.00947 = 2405 \text{ Kg}$

5.1.2. - Asentamientos 2.5" Norma C143-58 ASTM

5.1.3. - Flujo

$$\% \text{ de flujo} = \frac{14'' - 10''}{10} \times 100 = 40.00\%$$

5.1.4. - Contenido de aire Norma C173 ASTM

Primera prueba = 4.0 %

Segunda prueba = 4.2 %

PROMEDIO = 4.1%

5.1.5. - Fragua por resistencia a la penetración

Norma C403-63T ASTM

horas	tiempo (hr)	No. aguja	area (plg ²)	resistencia (lbs)	Pes. l.
9h20m					
12h50m	3.5	2	‡	150	300
13h20m	4.0	3	1/4	186	744
13h50m	4.5	4	1/10	132	1320
14h20m	5.0	5	1/20	144	2880
14h50m	5.5	6	1/40	132	5280

fragua inicial 3h46m
fragua final 5h12m

5.1.6. - Exudación

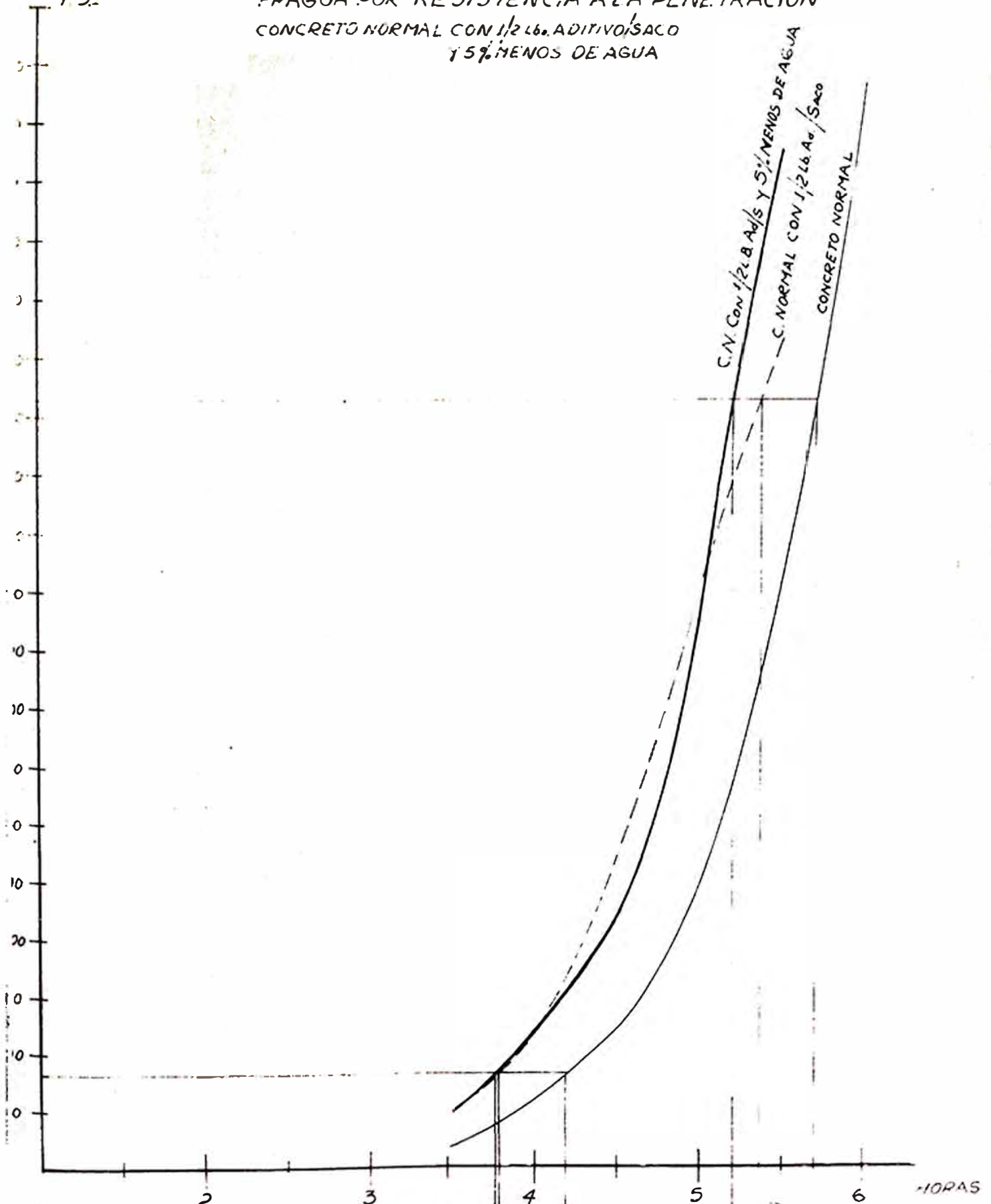
Norma 0232-58 ASTM

Dosificación :

Cemento	9.0000 kilos
arena	24.3000 "
pedra	28.6200 "
agua (W ₁)	5.3100 "
Aditivo	<u>0.0486 "</u>
SUMA (W ₂)	=67.2786 "

PSI

FRAGA POR RESISTENCIA A LA PENETRACION
 CONCRETO NORMAL CON 1/2 LB. ADITIVO/SACO
 Y 5% MENOS DE AGUA



	C.N	C.N+1/2LB Ad/SACO	C.N+1/2LB Ad/SACO Y 5% A
F.I.	4h 11m	3h 46m	3h 40m
F.F.	5h 42m	5h 22m	5h 12m



T A B L A N º 26

hora	tiempo min.	vol. de agua a- cumulado. ml.	incremento de volumen (V)	velocidad de flujo (V/A)
11h55a				
12h05a	10	51	51	0.101
12h15a	20	88	37	0.073
12h25a	30	108	20	0.0395
12h35a	40	122	14	0.0276
13h05a	70	152	30	0.0992
13h45a	100	163	11	0.0217

Peso del recipiente con concreto (P₁) = 39.00 kg.

peso del recipiente (P₂) = 9.200 "

peso del agua en el recipiente =

~~2.21x29.8x1000 = 0~~ = 2 350 gr.

67.270

Volumen total exudación (e) 163 ml.

% de exudación $\frac{163 \times 100}{2350} = 6.5\%$

% de exudación = 6.5 %

5.1.7. - Rendimiento Norma 0105-65 ASTM

$$Y = S/W = 0,028/0,212 = 0,132 \text{ m}^3/\text{saco}$$

RENDIMIENTO = 0,132 m³/saco

RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE CONCRETO FRESCO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CONCRETO ENSAYADO

prueba	concreto normal	C M con aditivo	C M con aditivo y reducción de agua
peso unitario (kg/m ³)	2418	2420	2405
acostamiento (plg)	2.5	6	2.5
f l u j o (%)	38.7	50	40
contención de aire (%)	1.95	3.3	4.1
fragua 1 (hrs, min)	4, 11	3, 46	3, 40
2	5, 42	5, 22	5, 12
exudación %	4.3	4.44	6.5
rendimiento (m ³ /saco)	0.131	0.131	0.131

5.2.0. - CONCRETO ENFERMEDOSO

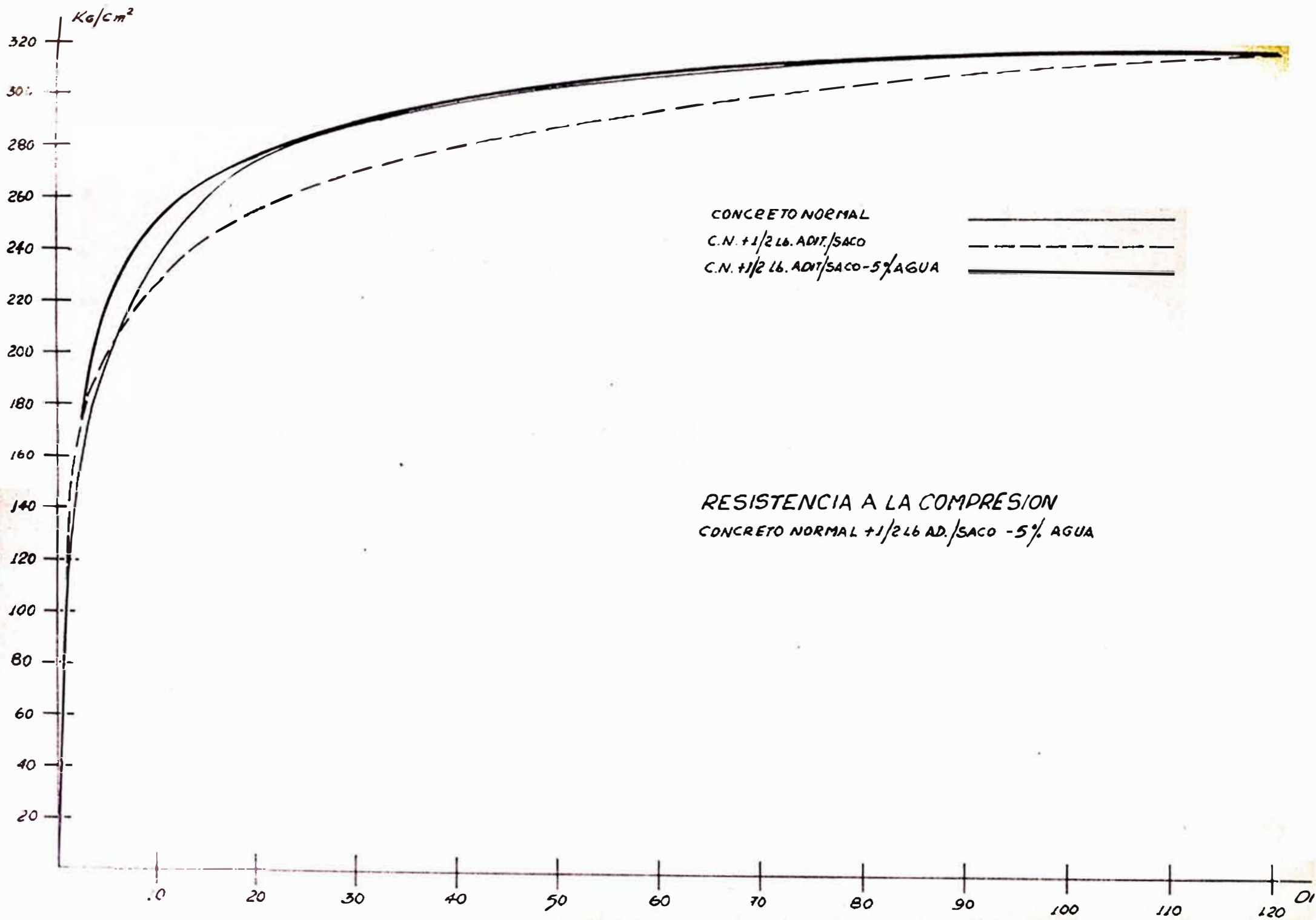
Norma 039-04 ASTM

5.2.1. - Resistencia a la compresión

Concreto normal con aditivo y reducción de agua.

T A B L A 27

EDAD días	e n s a y o s						pro- medio Kg/cm ²	%incm	% de la resist. del CN.
1	108	101	100	109	103	105	104	36.8	112.2
3	184	182	188	168	182	174	180	63.5	110.7
7	234	240	235	226	227	242	234	82.5	111.1
28	283	282	285	286	280	285	283	100	99.5
45	282	293	285	280		285	285	101	100.
60	283	280	285	288		285	285	101	100
90	312	323	296	299	334	307	312	110	100
120	317	308	313			312	312	110	100



) 103 -

CALCULO DE DISPERSION

Y COEFICIENTE DE VARIACION

Concreto con aditivo y 5% menos de agua.

Edad : 141a

$\bar{x} = 104$

<u>x</u>	<u>x - \bar{x}</u>	<u>(x - \bar{x})²</u>
108	4	16
101	3	9
100	4	16
109	5	25
103	1	1
105	1	1
SUMA =		68

$S = \sqrt{68/6} = 3.4$

$C V = 100 \times 3.4 / 104 = 3.2 \%$

EXCELENTE
.....

Edad : 3 dias

$\bar{x} = 180$

<u>x</u>	<u>x - \bar{x}</u>	<u>(x - \bar{x})²</u>
184	4	16
182	2	4
188	8	64
168	12	144
182	2	4
174	6	36
SUMA =		268

SUMA = 268

$$S = \sqrt{268/8} = 6.7$$

$$CV = 100 \times 6.7/230 = 3.7 \%$$

EXCELENTE

Edad 1 7 días $\bar{x} = 234$

<u>x</u>	<u>x - \bar{x}</u>	<u>(x - \bar{x})²</u>
234		
240	6	36
235	1	1
226	8	64
227	7	49
242	8	64
<u>suma =</u>		<u>214</u>

$$S = \sqrt{214/6}$$

$$S = 6$$

$$CV = 100 \times 6/234 = 2.5$$

EXCELENTE

edad 1 20 días $\bar{x} = 285$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
283		
282	1	1
285	2	4
286	3	9
280	3	9
289	2	4

SUMA = 27

$$s = \sqrt{27/6} = 2.1$$

$$C V = 100 \times 2.1/285 = 0.75 \quad \text{EXCELENTE}$$

Edad 45 días $\bar{x} = 285$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
282	3	9
293	8	64
285		
280	5	25

SUMA = 78

$$s = \sqrt{78/4} = 4.3$$

$$C V = 4.3 \times 100 / 285 = 1.5 \quad \text{EXCELENTE}$$

Edad : 60 dias $\bar{x} = 283$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
283		
280	3	9
285	2	4
288	5	25
SUMA =		38

$$S = \sqrt{38/3} = 3.56$$

$$CV = 3.56 \times 100/283 = 1.27 \% \quad \text{EXCELENTE}$$

.....

Edad 90 dias $\bar{x} = 312$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
312		
223	11	121
296	16	256
299	13	169
334	22	484
307	5	25

SUMA = 1055

$$S = \sqrt{1055/6} = 13.3$$

$$C V = 13.3 \times 100 / 312 = 4.25 \% \quad \text{EXCELENTE}$$

.....

Edad 12o dias

$$\bar{x} = 312$$

<u>x</u>	<u>x - \bar{x}</u>	<u>(x - \bar{x})²</u>
317	5	25
306	6	36
313	1	1

SUMA = 62

$$S = \sqrt{62/3} = 4.55$$

$$C V = 4.55 \times 100 / 312 = 1.46 \% \quad \text{EXCELENTE}$$

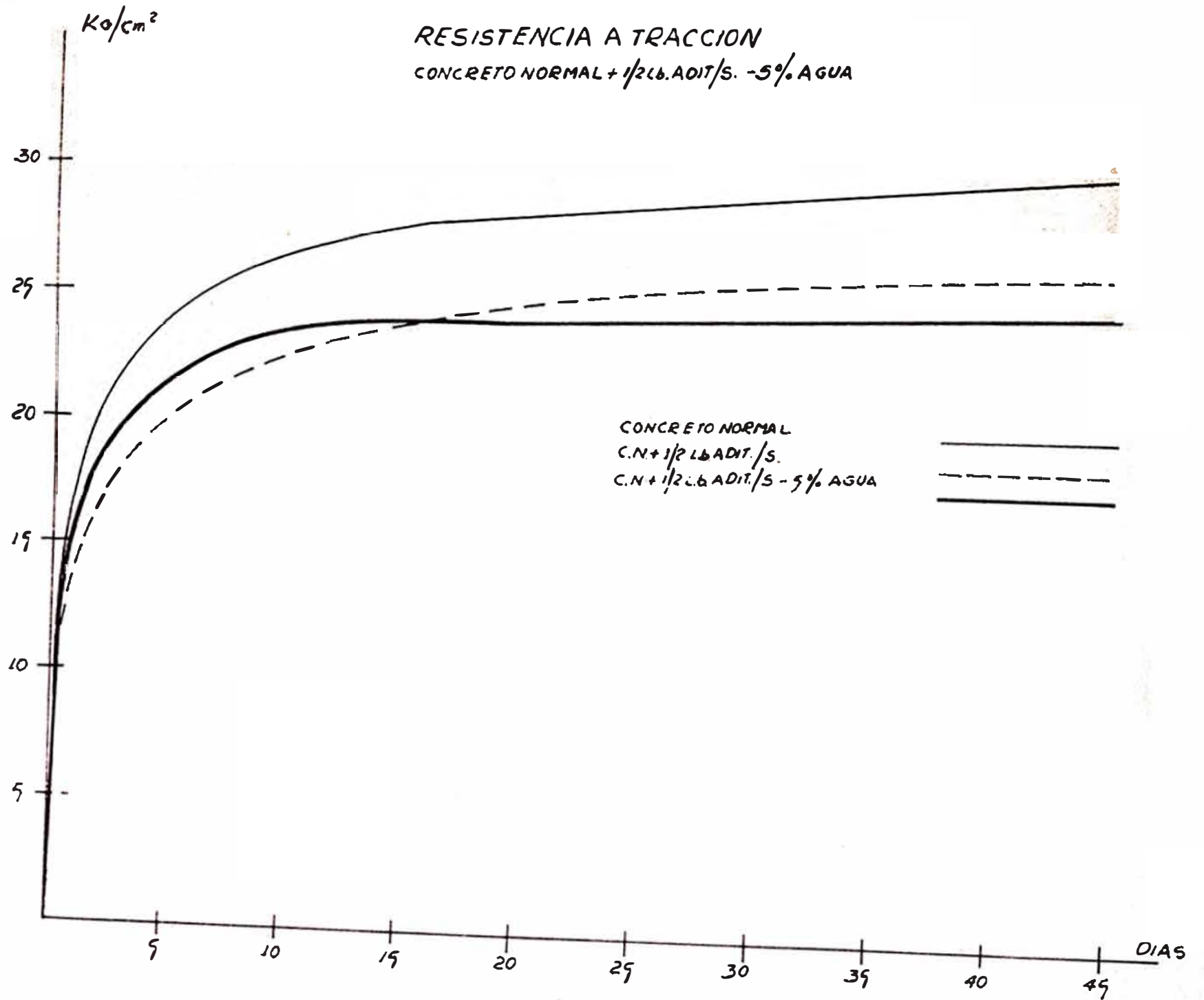
.....

3.2.2.- Resistencia a la tracción Norma C495-62T ASTM

Concreto normal con aditivo y reducción de agua

T A B L A 25

edad dias	resisten cia (kg/cm ²)	promedio (kg/cm ²)	% incre- mente	% de la resisten cia a compres	% de la re- sist. del concreto n o r m a l
7	30.7				
	21.2	23.6	96	10	94
	22.4				
	20.0				
28	23				
	24.8	24.2	100	0.6	87
	22.7				
	26.2				
45	24.3				
	24.6	24.3	100	0.5	80
	24.0				



3.2.3. - Resistencia a la flexión

Norma 078-64 ASTM

Concreto normal con aditivo y reducción de agua.

Edad 2 días

Ensayo No. 1

$$b = 6.1/8''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 3710 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3710 \times 28 / 6.1 \times 8 \times (6.1/16)^2 = 465 \text{ lbs/ft}^2$$

$$= 32.7 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6.1/8''$$

$$d = 6.1/8''$$

$$P = 3320 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3320 \times 28 / 6.1 \times 8 \times (6.1/8)^2 = 405 \text{ lbs/ft}^2$$

$$= 28.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio} = \frac{32.7 + 28.5}{2} = 30.6 \text{ kg/cm}^2$$

Edad 28 días

Ensayo No. 1

$$b = 6.1/16''$$

$$d = 6''$$

$$P = 3850 \text{ lbs}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3850 \times 28 / 6.1 / 16 \times 6^2 = 495 \text{ lbs/in}^2$$
$$= 35 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6.1/16''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 4300 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 4300 \times 28 / 6.1 / 16 (6.1/16)^2 = 540 \text{ lbs/in}^2$$
$$= 38.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio} = \frac{52 + 38.4}{2} = 36.7 \text{ kg/cm}^2$$

Edad 45 días

Ensayo No.1

$$b = 6.1/8''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 4850 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 4850 \times 28 / 6.1 / 8 \times (6.1/16)^2 = 607 \text{ lbs/in}^2$$
$$= 42.7 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2. -

$$b = 6''$$

$$d = 6''$$

$$P = 4400 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 4400 \times 28 / 6 \times 6^2 = 972 \text{ lbs/ft}$$

$$= 40.5 \text{ kg/cm}^2$$

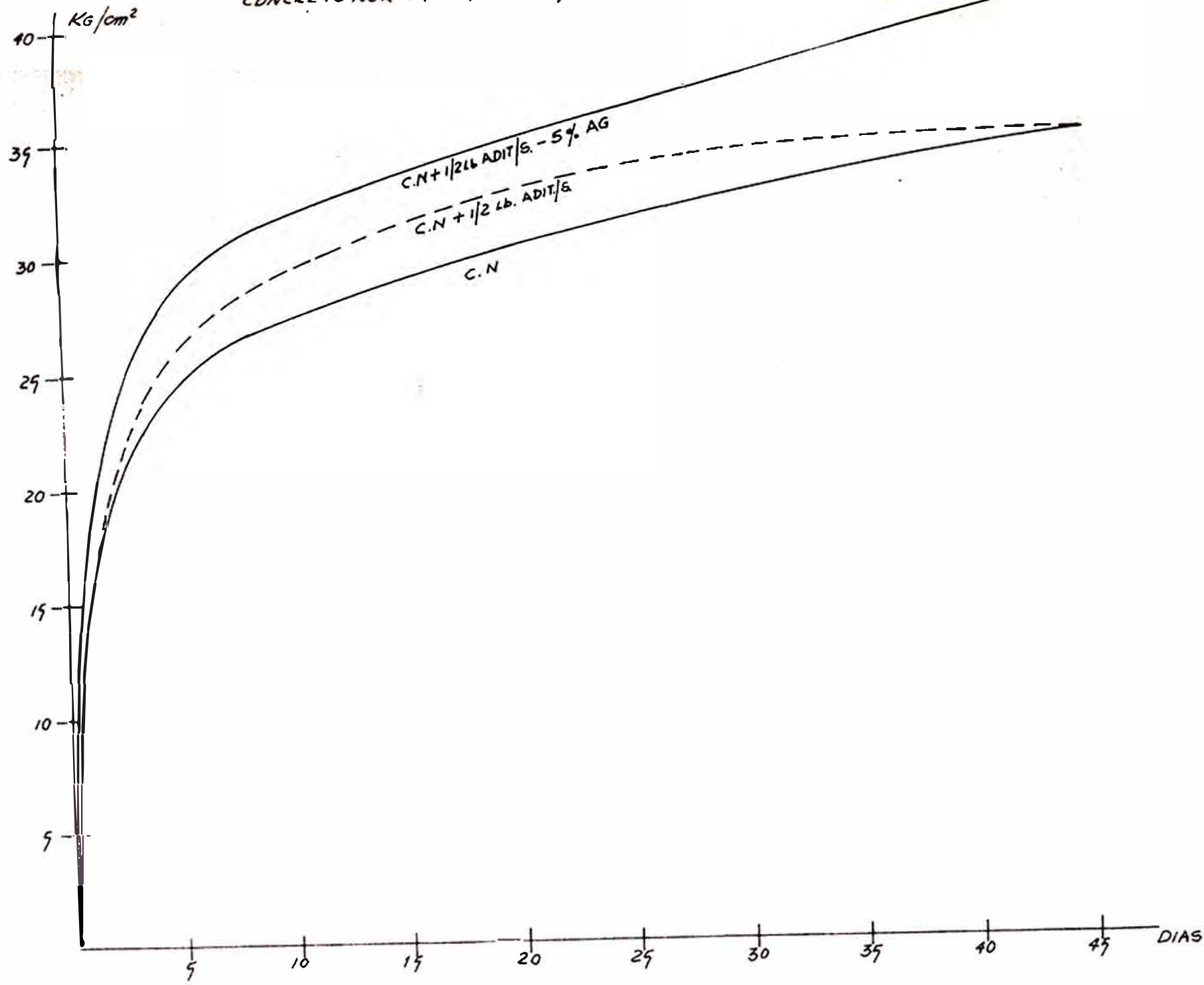
$$\text{resistencia promedio} = \frac{42.7 + 40.5}{2} = 41.5 \text{ kg/cm}^2$$

RESUMEN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION

TABLA No. 29

edad dias.	resistencia pro- medio (kg/cm²)	% de la resisten- cia a la com- presion	% de la re- sistencia del C.N.
7	30.6	13.1	110
28	36.7	13.0	114
45	41.5	14.5	119

CONCRETO NORMAL + 1/2 LB. ADIT./GAL. ...



5.2.4. - Resistencia al desgaste por abrasión

Concreto normal con aditivo y reducción de agua

lagas	F. inicial gr	F. final gr	pérdida gr/cm ²	promedio gr/cm ²	% del.C.N.
supe-	518.56	517.2	0.029		
rior	527.4	526.7	0.0138	0.02145	149
info-	558.75	557.7	0.0205		
rior	553.2	552.9	0.059	0.0181	207

5.2.5. - Modulo dinámico de elasticidad

Norma 0215-60 ASTM

Concreto normal con aditivo y reducción de agua.

T A B L A 31

edad días	No. de pruebas	"n" -ciclos seg.	Ed lbs/plg ²	"Ed" (kg/cm ²)	"Ed" Prome- (kg/cm ²)	% INC	% del "Ed" del CN
1	1	1075	3 895 005	273 819	265 968	87	103
	2	1055	3 695 711	259 808			
	3	1050	3 655 048	255 644			
	4	1090	3 907 650	274 701			
3	1	1150	4 420 392	310 754	300 846	98.6	100
	2	1165	4 250 713	299 106			
	3	1110	3 960 577	278 429			
	4	1160	4 482 176	315 097			
7	1	1150	4 420 392	310 754	304 724	99	99.5
	2	1145	4 350 017	304 400			
	3	1120	4 105 907	288 645			
	4	1160	4 482 176	315 097			
28	1	1155	4 452 116	312 984	305 060	100	96.5
	2	1150	4 334 573	304 721			
	3	1120	4 075 937	286 588			
	4	1165	4 494 966	315 996			

5.2.6. - Refrescos

Norma C157-64T ASTM

Concreto normal con aditivo y reducción de agua.

T A B L A 32

No.	Lo	Li	Lo - Li	δ	$\epsilon = \delta/2$	Promedio
Edad 1 día						
1	15v20	12v50	2 v70	0.0270	0.00245	
2	15v30	13v46	1 v75	0.0175	0.00152	0.00251
3	15v20	12v01	3 v18	0.0319	0.00290	
Edad 4 días						
1	14v15	11v45.5	2v69.5	0.02605	0.00245	
2	14v15	12v59	1v76	0.0176	0.00160	0.00227
3	14v15	11v11	3v04	0.0304	0.00276	
Edad 7 días						
1	14v07	11v41	2v66	0.0266	0.00242	
2	14v07	12v60	1v57	0.0157	0.00143	0.00218
3	14v07	11v12	2v95	0.0295	0.00268	
Edad 14 días						
1	14v12	11v48	2v65	0.0264	0.00240	
2	14v12	12v51.5	2v60.5	0.01605	0.00146	0.00220
3	14v12	11v12.5	2v30.5	0.02998	0.00273	
Edad 28 días						
1	14v14	11v46	2v68	0.0268	0.00244	
2	14v14	12v48	1v66	0.0166	0.00151	0.00223
3	14v14	11v14	3v00	0.0300	0.00273	
Edad 8 semanas						
1	14v19	11v37	2v82	0.0282	0.00257	
2	14v19		1v68	0.0168	0.00155	0.00230
3	14v19	1v11	3v08	0.0308	0.00280	

RESUMEN DE LA CONTRACCION

edad	$\sum = \delta / l$	% del concreto normal
1	0.00231	0.255
4	0.00227	0.136
7	0.00218	0.128
14	0.00220	0.152
28	0.00223	0.191
56	0.00230	0.192

5.2.7. - Adhesencia

Norma C234-59T

ASTM

Edad : 28 días

δ 1/2"

Concreto normal con aditivo y reducción de agua.

T A B L A - 24

(en la este. pag.)

T A B L A No. 33.

1er. ensayo		2do. ensayo	
superficie adherencia= 60.5cm ²		superf. adherencia= 60.8cm ²	
deformación cm	adherencia kg. cm ²	deformación cm.	adherencia kg/cm ²
0.008	46.25	0.012	56
0.027	49.5	0.025	59.2
0.044	52.8	0.038	62.5
0.061	59.5	0.067	69.0
0.064	56.2	0.048	66.8
0.101	62.8		
0.122	66.1	0.2	<u>70.56</u>
0.197	69.5		
0.254	71.4		

RESUMEN DE LA PRUEBA DE ADHERENCIA

adherencia kg/cm ²	% de la resist. a la compresión	% de la adherencia del concreto normal
70.98	25.1	101

5.5. - Conclusiones correspondientes al concreto normal con Aditivo y reducción de agua

- Este concreto presenta ciertas ventajas sobre el anterior semejándose al concreto normal. Estos efectos se deben a la reducción de agua.

- Como estaba previsto el asentamiento y flujo disminuyeron hasta ser iguales al asentamiento y flujo del concreto normal.

- El contenido de aire aparentemente sube con respecto al segundo concreto; pero si se compensan volúmenes serían iguales. La subida del contenido de aire se debe a que el aditivo es un incorporador de aire como ya se ha hecho notar anteriormente.

La fragua se ha reducido aún más con una diferencia de 31 minutos en la inicial y 30 minutos en la final, esto con respecto al concreto normal.

- La velocidad de flujo se asemeja a la del concreto normal; pero el volumen total exudado aumenta.

- En la resistencia a la compresión se tiene un al-

sa de 1 á 7 días a partir de entonces se hace igual a la del concreto normal. Esta medida en la resistencia se debe a la reducción de agua .

del C.N. a 1 día da el 62 % de la resistencia de los 3 días

A 3 " " " 85 " " " " " 7 "

del C.N.

A 7 " " " 85 " " " " " 28 "

del C.N.

- La resistencia a tracción es aproximadamente el 9% de la compresión , siendo inferior a la del concreto normal e igual a la del concreto con aditivo.

- La resistencia a la flexión está por el rango del 15% de la compresión; es superior a la del concreto normal en un porcentaje superior al 15%. Lo mismo sucede si lo comparamos con el concreto normal con aditivo, el cual lo supera en un porcentaje mayor al 15% .

- La resistencia al desgaste por abrasión baja con respecto al segundo concreto por haber subido la resistencia , pero es siempre mayor a la del concreto

normal debido al aire que se ha incorporado y la exudación.

- El módulo dinámico de elasticidad sube respecto del segundo concreto y tiende a ser igual del concreto normal.

- Se reduce la contracción por secado, con respecto al segundo concreto ensayado entre el 10 y 15%. Siempre se manifiesta la expansión entre los 4 y 14 días.

- La resistencia por adherencia se hace igual a la del concreto normal, superando por ciento en 7% a la del concreto con aditivo.

6.0.0.- CONCRETO NORMAL CON ADITIVO Y REDUCCION DE AGUA Y CEMENTO

6.1. - Diseño de mezclas

Obtenida la trabajabilidad en el concreto número 3, reducimos la cantidad de cemento en la proporción de 0.9 sacos/m³, debido al aumento de resistencia que experimenta el concreto número 2. Este estudio se hizo a tem -

prueba edad: 7 días, posteriormente a 28 días ya el concreto con reducción de agua igualó la resistencia del normal. Este estudio se continuó como un complemento.

Peso de cemento: 16.5×42.5	= 276.25 kg/m ³
vol. de cemento: $276.25/3150$	= 0.0877 m ³
vol. de agua	= 0.1822 "
vol. de agregado grueso	= 0.3723 "
vol. de aire atrapado	= 0.0200 "
	<hr/>
suma	= 0.6622 "

$$\text{volumen de arena: } 1.0000 - 0.6622 = 0.3378 \text{ "}$$

Correcciones de humedad :

agregado grueso	= 0.00185 m ³
agregado fino: $0.3378 \times 0.47/100$	= 0.00159 "

Volúmenes finales:

Agua : $0.1822 + 0.00185 + 0.00159$	= 0.1856 m ³
cemento	= 0.0877 "
arena $0.3378 - 0.0016$	= 0.3362 "
pedra: $0.3723 - 0.00185$	= 0.3704 "
aire	= 0.0200 "
	<hr/>
suma	= 1.0000 "

Fases finales :

Cemento:	= 276.25 Kg/m ³
arena: 0.3352x2625	= 882.53 "
pedra	= 1002.00 "
agua:	= 185.60 "
Aditivo	= 1.7 "
<hr/>	
suma	= 2348.08 "

PROPORCION :

1:3.19:3.62/0.67

Aditivo $\frac{1}{4}$ lb/saco

6.1.0. - CONCRETO FERRO

Norma C138-29 ASTM

6.1.1. - Peso unitario

Peso del recipiente + peso del concreto	= 29.380 kg.
peso del recipiente	= 6.760 "
peso del concreto	= 22.620 "
peso del recipiente	0.00947 m ³
peso unitario	22.620/0.00947
	= 2389 Kg/m³

6.1.2. - Asentamiento 2.5" Norma C143-58 ASTM

6.1.3. - Flujo

Norma C124 ASTM

% de flujo = $\frac{14" - 12"}{10}$ = 40 %

6.1.4. - Contenido de aire Norma C173

primera prueba : 3.1 %

segunda prueba : 3.1 %

Promedio

: 3.1 %

6.1.5. - Fragua por resistencia a la penetración.

Norma C403-63T.

T A B L A 34

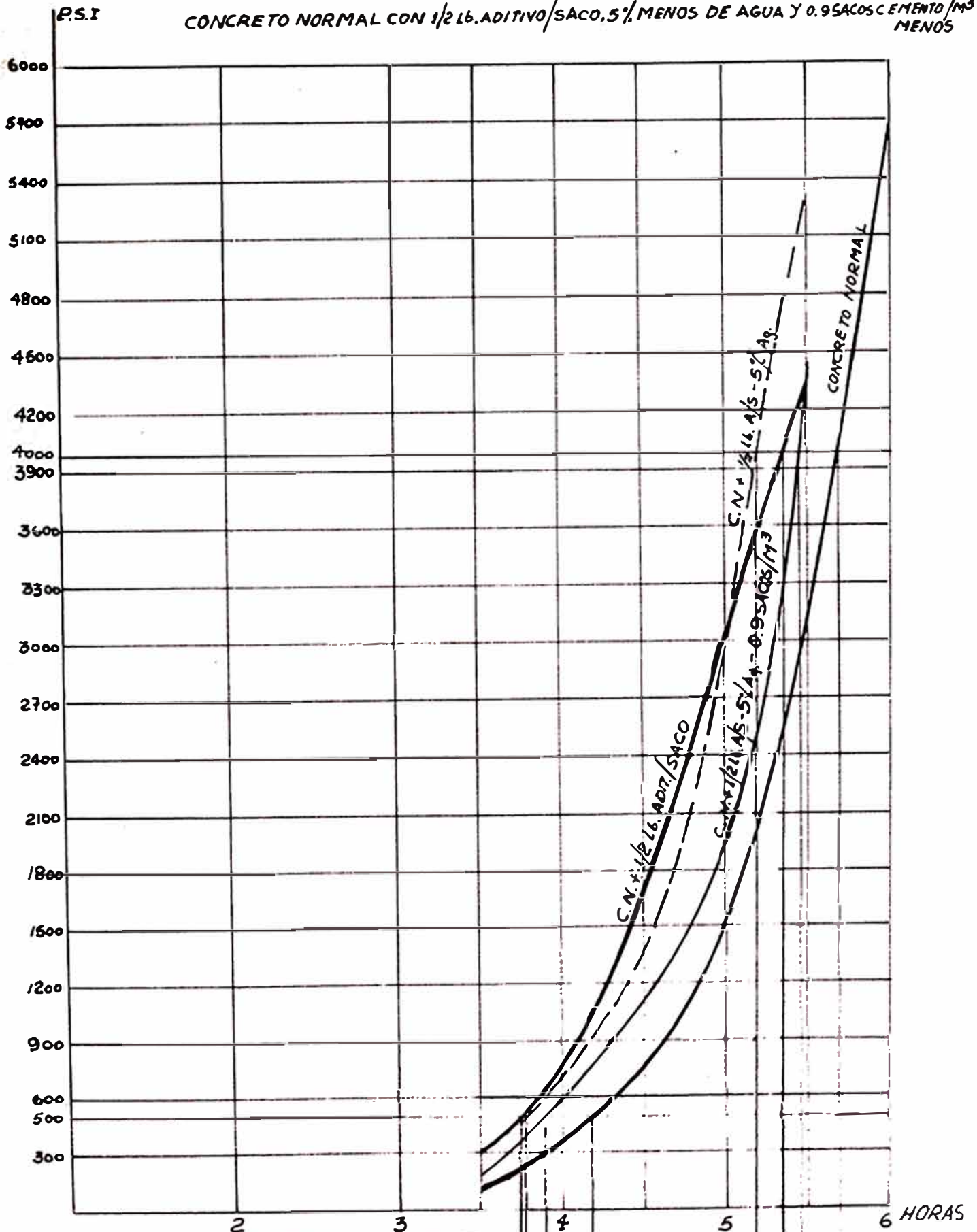
hora	tiempo lbs.	no. aguja	área pulg ²	resistencia lbs.	P.S.I.
9h30					
13h00	3.5	1	1	179	179
13h30	4.0	3	1/4	150	600
14h00	4.5	4	1/10	112	1120
14h30	5.0	4	1/10	190	1900
15h00	5.5	6	1/40	112	4480
15h30	6.0	6	1/40	170	6800
16h00	6.5	6	1/40	200	8000

fragua inicial 3 h54m.

fragua final 5 h28m

FRAGUA POR RESISTENCIA A LA PENETRACION

CONCRETO NORMAL CON 1/2 LB. ADITIVO/SACO, 5% MENOS DE AGUA Y 0.9 SACOS CEMENTO/M³ MENOS



	F.I	F.F
C. N	4h. 11m.	5h. 28m.
C. N + 1/2 lb. A.	3h. 46m.	5h. 22m.
C. N + 1/2 lb. A. - 5% Ag.	3h. 40m.	5h. 12m.
C. N + 1/2 lb. A. - 5% Ag. - 0.9 SACOS	3h. 54m.	5h. 28m.



6.1.6. - Exudación

Norma C232 - 58 ASTM

Dosificación: Cemento	8.0000 kg.
arena	25.5200 "
piedra	28.960 "
agua (W_1)	5.360 "
aditivo	0.0432 "
<hr/>	
s u m a (W_2)	67.8832 "

T A B L A 35

hora	tiempo	vol. de agua acumulada	incremento de volumen	velocidad de flujo (V/A)
	min.	ml.	(V)	
11h35m				
11h45m	10	10	20	0.0395
11h55m	20	36	16	0.0315
12h05m	30	74	38	0.073
12h15m	40	107	33	0.065
12h45m	70	159	52	0.102
15h15m	100	162	23	0.0433
15h45m	130	184	8	0.00393

Peso del recipiente con concreto $P_1 = 39.100 \text{ kg.}$

" " " (P_2) = 9.400 "

$P_1 - P_2 = 29.700 "$

Peso del agua en el recipiente :

$$C = 5.36 \times 29.7 \text{ litros} / 57.885 = 2750 \text{ gr.}$$

Volumen total exudado: $D = 184 \text{ ml.}$

% de exudación: $\text{ml}/C = 184 \text{ ml} / 2750 = 7.82 \%$

1.7. - RESUMEN

Norma 0183-63 ASTM

$$Y = S/N = 0.0284 / 0.188 = 0.151 \text{ m}^3/\text{saco}$$

CUADRO COMPARATIVO DEL CONCRETO FRESCO

	concreto normal	concreto normal c. aditivo	concreto normal c. aditi y reduc. de agua	concreto normal con aditivo con reduccion de agua y cemento
Peso unitario kg/m ³	2418	2420	2405	2389
segregacion (plg)	2.5	6	2.5	2.5
flujo s	38.7	50	40	40
contenido de aire %	1.95	3.3	4.1	3.1
Fragua I (hrs)	4h11m	3h46m	3h40m	3h54m
Fragua II	5h42m	5h22m	5h12m	5h28m
Exudacion %	4.3	4.44	6.50	7.82
Rendimiento m ³ /saco	0.151	0.151	0.151	0.151

6.2.1. - Resistencia a la compresión Norma 039-64 ASTM

Concreto normal con aditivo y reducción de agua.

T A B L A No. 26

edad dias	e s a y o s						Resist pres. kg/cm ²	% incrom	% del C.N.
	1	2	3	4	5	6			
1	106	98	100	100	105	109	103	43.2	121
3	140	148	144	129	158	158	140	58.5	83.5
7	172	190	190	184	190	192	188	78.5	88.8
28	248	227	240	228	253		239	100	84.2
45	235	230	235	236			239	100	84.0
60	252	238	238	247	252	255	243	101.5	83.8
90	276	268	275	266	260	279	271	113.0	86.5

CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

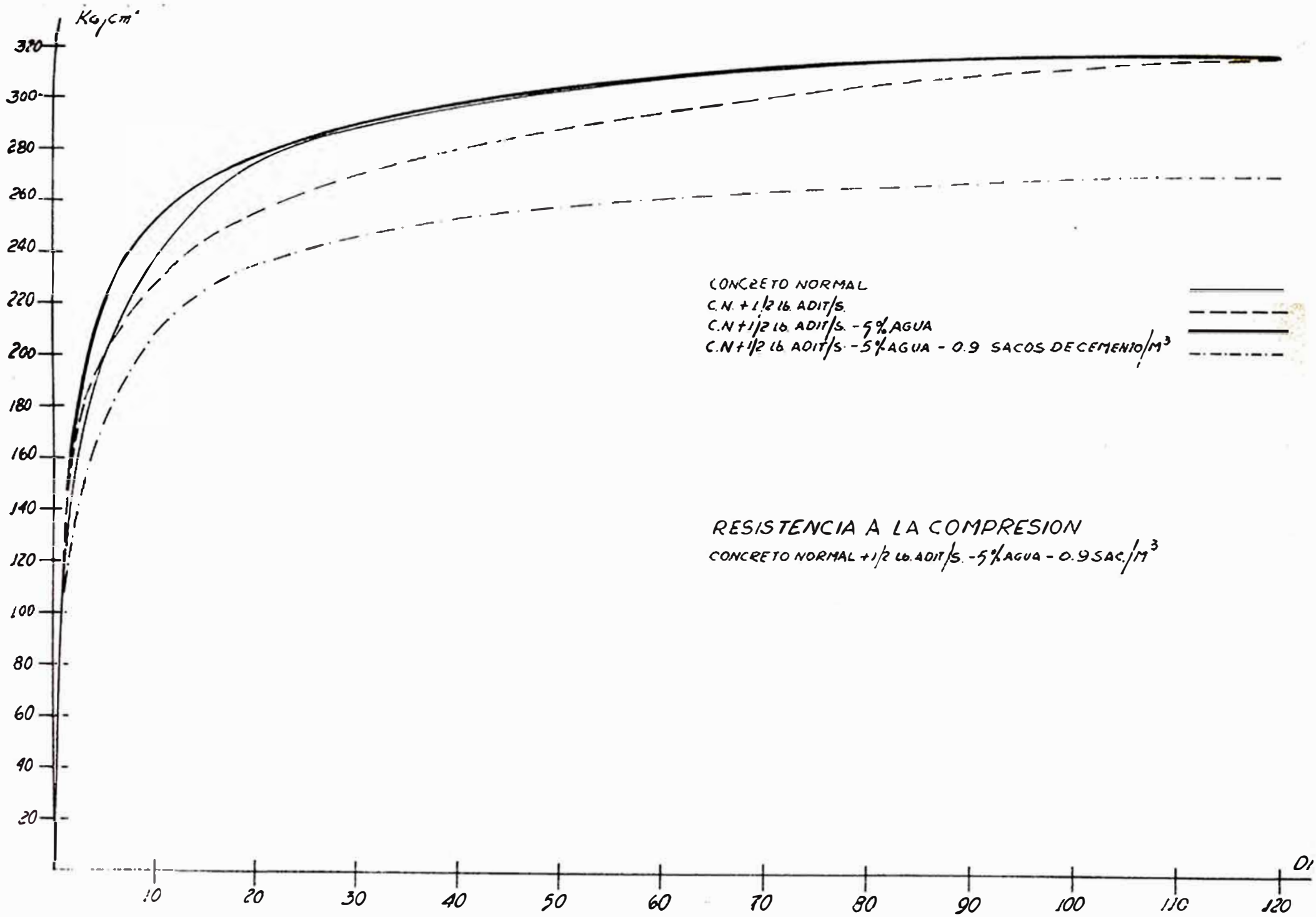
T.A.B.L.A. No. 22

edad dias	concreto normal	C M con aditivo	C M con aditi- vo y reducción de agua .	C M con adi- tivo y reduc- ción de agua y cemento.
1	85	112	104	103
3	168	181	180	140
7	212	210	234	188
28	284	260	283	239
45	285	269	285	239
60	291	277	284	243
90	312	312	312	271
120	313	312	312	

CALCULO DE DISPERSIONES I

COEFICIENTE DE VARIACION

Concreto normal con aditivo y reducción de agua y cemento.



~~Ejerc. 1.1.41a~~ $\bar{x} = 105$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
106	1	1
98	-7	49
100	-5	25
100	-5	25
105	0	0
109	4	16

suma : 92

$$s = \sqrt{92/6} = 3.9$$

$$O V = 3.9 \times 100 / 105 = 3.8 \quad \text{EXCELENTE}$$

~~Ejerc. 1.3.41a~~ $\bar{x} = 140$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
140	0	0
148	8	64
144	4	16
129	-11	121
138	-2	4
138	-2	4

suma = 209

$$s = \sqrt{209/6} = 5.9$$

$$CV = 5.9 \times 100 / 140 = 4.2 \quad \text{EXCELENTE}$$

Edad 1.7 años

$$\bar{x} = 168$$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
172	16	256
194	6	36
194	6	36
184	4	16
195	7	49
192	4	16

suma 409

$$s = \sqrt{409/6} = 8.3$$

$$CV = 8.3 \times 100 / 188 = 4.4 \quad \text{BUENO}$$

Edad 1.28 años

$$\bar{x} = 239$$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
246	9	81
227	12	144
240	1	1
228	11	121
253	14	196

Suma = 543

$$S = \sqrt{343/5} = 10.3$$

$$C V = 100 \times 10.3 / 239 = 4.4 \% \quad \text{EXCELENTE}$$

Edad : 45 días $\bar{x} = 239$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
235	4	16
230	11	121
235	4	16
236	3	9

SUMA = 162

$$S = \sqrt{162/6} = 6.3 \%$$

$$C V = 6.3 \times 100 / 239 = 2.67 \quad \text{EXCELENTE}$$

Edad : 60 días $\bar{x} = 243$

x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
252	9	81
230	-13	169
238	-5	25
247	4	16
252	9	81
235	-8	64

SUMA = 292

$$s = \sqrt{292/6} = 7$$

$$C V = 7 \times 100/245 = 2.87 \% \text{ EXCELENTE}$$

Med. 9o 41er.

$$\bar{x} = 271$$

$$x \quad x - \bar{x} \quad (x - \bar{x})^2$$

276	5	25
268	3	9
275	4	16
266	5	25
279	8	64
260	11	121

$$\text{suma} = 260$$

$$s = \sqrt{260/6} = 6.6$$

$$C V = 6.6 \times 100/271 = 2.43 \% \text{ EXCELENTE}$$

6.2.2. - Resistencia a la tracción

Norma 0495 -62 y ASTM

Concreto normal con aditivo y reducción de agua y cemento.

E. A. P. I. A. No. 32

(en la sgte. pag.)

T. A. B. L. A. No. 37

edad dias	resistencia (kg/cm ²)	resistencia promedio	% de la Inc. compresión	% de la re- sistencia del C N	
7	16.5 17 19.8 16.4	18	29.3	9.6	69
28	20.8 20.7 21.5 18.1	20.5	100	8.55	73
45	22.7 24.2 22.2 25.4	23.6	116	9.9	78

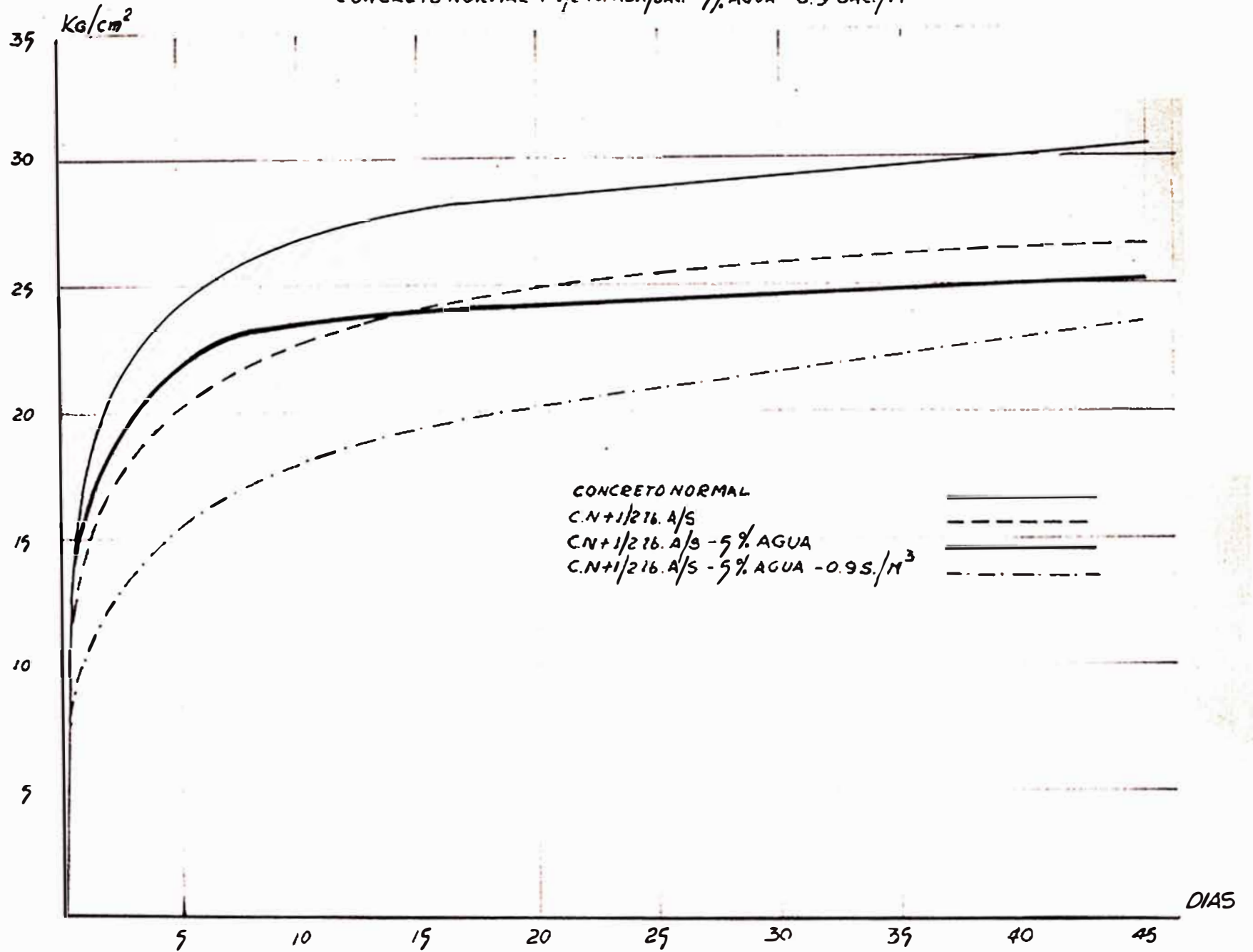
CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION

T. A. B. L. A. No. 39

edad	concreto normal	C N con aditivo	C N con aditivo y reduc. de agua	C N con aditivo y reduc. de agua y con.
7	26.2	21.5	23.6	18
28	28	24.4	24.2	20.3
45	30.4	26.4	24.3	25.6

RESISTENCIA A LA TRACCION

CONCRETO NORMAL + 1/2 TB. ADIT/SAC. - 5% AGUA - 0.9 SAC./M³



6.2.3. - Resistencia a la flexión Norma 028-64 ASTM

**Concreto normal con aditivo y reducción de agua ;
esente.**

Edad 1 7 días

Ensayo No. 1

$$b = 6.1/16''$$

$$d = 6''$$

$$P = 3740 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3740 \times 28 / 6.1/16'' \times (6)''^2 = 472 \text{ lbs/ft}^2$$

$$= 33.2 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6.1/8''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 3720 \text{ lbs}$$

$$l = 28''$$

$$R = 4720 \times 28 / 6.1/8'' \times (6.1/16)''^2 = 463 \text{ lbs/ft}^2$$

$$= 32.7 \text{ kg/cm}^2$$

**resistencia = 33 kg/cm²
promedio**

Edad 28 días

Ensayo No.1

$$b = 6.5/32''$$

$$d = 6.1/16''$$

$$P = 3050 \text{ lbs.}$$

$$l = 28''$$

$$R = 3050 \times 28 / 6.3 / 32'' \times (6.1 / 16'')^2 = 342 \text{ lbs/ft}^2 \\ = 27 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6.3 / 32''$$

$$d = 6''$$

$$P = 2710 \text{ lbs}$$

$$l = 28''$$

$$R = 2710 \times 28 / 6.3 / 32 \times 36 = 345 \text{ lbs/ft}^2 \\ = 24.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{resistencia promedio} = 25.6 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 3

Ensayo No. 1

$$b = 6.1 / 16''$$

$$d = 6.1 / 8''$$

$$P = 4100 \text{ lbs}$$

$$l = 28''$$

$$R = 4100 \times 28 / 6.1 / 16 \times 6.1 / 8^2 = 506 \text{ lbs/ft}^2$$

$$= 35.6 \text{ kg/cm}^2$$

Ensayo No. 2

$$b = 6.1 / 8''$$

$$d = 6.1 / 8''$$

$$P = 3750 \text{ lbs}$$

$$l = 28 \text{ pulg.}$$

$$R = 3750 \times 28 / 6.1 / 8'' \times (6.1 / 8)^2 = 455 \text{ lbs/ft}^2$$

$$= 32.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{resistencia promedio} = 33.9 \text{ kg/cm}^2$$

RESISTENCIA A LA FLEXION.

T A B L A 40

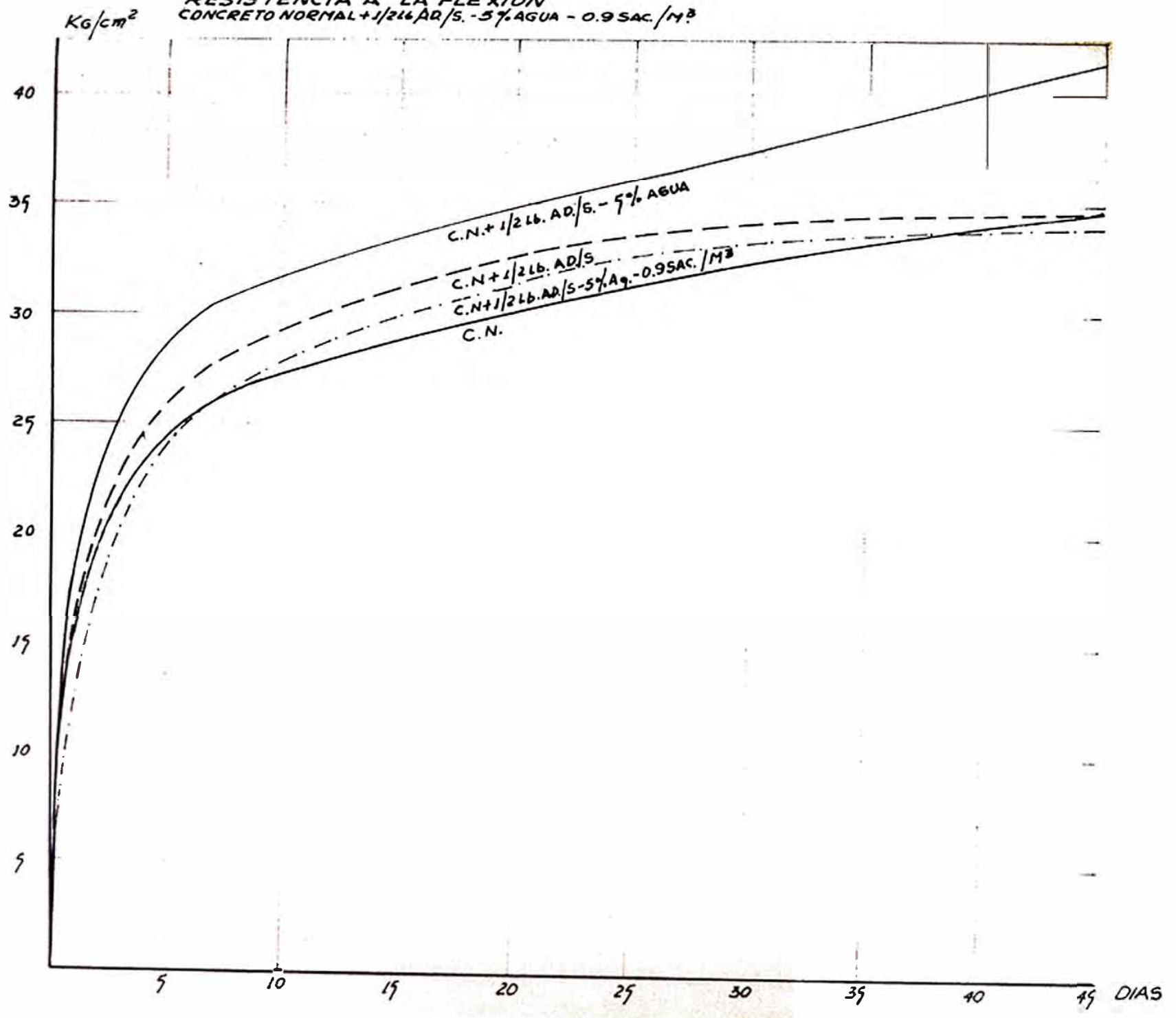
edad dias	resist. prom. kg/cm ²	% de incr.	% de la res. a la compr.	% de la res. al sist. del CH
7	25.6	77.5	13.6	98.5
28	33.0	100	13.8	102.5
45	33.9	103	14.15	98.5

GRANDE COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION

T A B L A 41

edad dias	C Normal	C H con aditi. vo.	C H con edit. y reduc. agua	C H con edit. y reduc. agua y concreto
7	26	27.7	30.6	25.6
28	32.2	33.9	36.7	33
45	34.7	34.8	41.5	33.9

RESISTENCIA A LA FLEXION
CONCRETO NORMAL + 1/2 LB. AD/S. - 5% AGUA - 0.9 SAC./M³



6.2.4. - Resistencia al desgaste por abrasión

Concreto normal con aditivo y reducción de agua y sanante.

T A B L A 42

laja	peso inicial gr.	peso final gr.	pérdida gr/cm ²	promed. %	% del cong. del C N
SUP	535.5	534.25	0.025	0.0315	219
	554.2	552.26	0.038		
INF.	586.5	585.76	0.0146	0.0148	169
	591.76	591.0	0.0149		

**CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE
POR ABRASION**

T A B L A 43

laja	concreto	C N con adit	C N con adit. y reduc.agua	C N con adit. reduc. de a - gua y cemento
SUP	0.0144	0.01578	0.02145	0.0315
INF	0.00875	0.00735	0.0161	0.01475

6.2.5. - Módulo dinámico de elasticidad Norma C215-50

Concreto normal con aditivo y reduc. de agua y cemento.

T A B L A 44

edad días	No. prob	"n" cic/seg.	"Ed" kg/cm ² .	"Ed" Prom.	% Iner.	% del "Ed" del C N.
1	1	970	227 330	212 497	74	82.5
	2	930	210 140			
	3	930	209 359			
	4	945	205 161			
3	1	1080	278 126	277 523	96.5	92.5
	2	1070	279 171			
	3	1080	297 277			
	4					
7	1	1090	282 657	287 016	100	93.5
	2	1120	300 583			
	3	1080	277 810			
28	1	1090	282 228	295 582	103	93.5
	2	1150	316 543			
	3	1100	287 976			

CUADRO COMPARATIVO DEL MÓDULO DINÁMICO TABLA 45

Edad	C. normal	C N con aditivos	C N con adit y reduc. agua	C N con adit. y reduc. agua y cemento
1	237 287	249 958	265 968	212 497
3	301 159	289 780	300 846	277 523
7	306 103	293 615	304 724	287 016
28	316 708	296 282	305 060	295 582

5.2.6. - R. E. T. E. G. C. I. C. D.

Concreto normal con aditivo y reducción de agua y cemento.

T. A. B. L. A. 46

No	Lo	Li	Lo- Li	δ	$\varepsilon = \delta/l$	Promedio
<u>Edad : 1 día</u>						
1	14v10	11v80	2 v30	0.0230	0.00208	0.00213
2	14v10	12v09	2 v 01	0.0201	0.00183	
3	14v10	11v36	2 v74	0.0274	0.00248	
<u>Edad : 4 días</u>						
1	14v15	11v92	2 v23	0.0223	0.00203	0.00211
2	14v15	12v16	1 v99	0.0199	0.00181	
3	14v15	11v42	2 v 73	0.0273	0.00248	
<u>Edad : 7 días</u>						
1	14v19	11v94	2 v16	0.0216	0.00196	0.00203
2	14v19	12v27	2 v02	0.0192	0.00174	
3	14v19	11v45	2 v94	0.0204	0.00240	
<u>Edad : 14 días</u>						
1	14v10	11v88	2 v22	0.0222	0.00201	0.00206
2	14v10	12v23	1 v10	0.0193	0.00175	
3	14v10	11v46	2 v63	0.0265	0.00241	
<u>Edad : 28 días</u>						
1	14v14	11v28	2 v26	0.0226	0.00205	0.00207
2	14v14	12v22	1 v93	0.0193	0.00175	
3	14v14	11v49	2 v63	0.0265	0.00241	
<u>Edad : 56 días</u>						
1	14v19	11v91	2 v28	0.0228	0.00207	0.00209
2	14v19	12v25	1 v94	0.0194	0.00176	
3	14v19	11v51	2 v68	0.0268	0.00244	

CADRO COMPARATIVO DE LA RESTRACCION

TABLA 46

edad	concr. normal	C H con adit.	C H con adit y Reduc. agua	C H con adit y Reduc. agua y cemento.
1	0.000963	0.00276	0.00251	0.00213
4	0.00091	0.00253	0.00227	0.00211
7	0.0009	0.00251	0.00218	0.00203
14	0.00068	0.00253	0.00220	0.00206
28	0.00082	0.00257	0.00223	0.00207
56	0.00088	0.00257	0.00230	0.00209

6.2.7. - A d h e r e n c i a Norma C234-57T ASTM

Concreto normal con aditivo y reducción de agua y cemento.

T A B L A 48.

1er. ensayo		2do. ensayo	
superficie adherencia=60.3cm ² .		superficie adherencia=60.3	
deformación	adherencia	deformación	adherencia
cm	kg/cm ²	cm	kg/cm ²
0.013	43	0	33.1
0.04	46.3	0.019	36.3
0.07	49.6	0.039	39.7
0.091	52.9	0.056	43
0.116	56.2	0.076	46.3
0.17	59.5	0.094	49.6
0.201	62.8	0.111	52.9
0.238	66.1	0.129	56.2
0.250	66.54	0.164	59.5
		0.18	62.8
		0.199	66.1
		0.241	69.4
		0.254	69.5

RESUMEN DE LA RESISTENCIA POR ADHERENCIA

<u>adherencia promedio</u> <u>(kg/cm²)</u>	<u>% de la resistencia a compresión</u>	<u>% de la adherencia del concreto normal</u>
68.08	28.5	97.2

CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA POR ADHERENCIA

T A B L A 49

<u>concreto normal</u>	<u>C N con aditi.</u>	<u>C N con adit. y redus. de agua.</u>	<u>C N. con adit. y redus. de agua y cemento.</u>
69.93	66.21	70.98	68.08

6.3.e. - CONCLUSIONES CORRESPONDIENTES AL CONCRETO NORMAL CON ADITIVO Y REDUCCION DE AGUA Y CEMENTO

- Este concreto baja en muchos aspectos en los resultados obtenidos. Esto ya se preveo si se tiene en cuenta la reduccion del cemento.

- En lo referente a la fragua deja sentir sus efectos el aditivo aunque en menor grado que en los concretos segundo y tercero; o sea que una disminucion de

concreto causa un retardo en la fragua.

El aire disminuye por la reducción del cemento que a la vez reduce el aditivo.

- La exudación aumenta por la falta de finos.
- La resistencia a la compresión baja en general y no se deja sentir el efecto del aditivo a las 24 horas.
- La resistencia a tracción es aproximadamente el 10% de la compresión e inferior a anteriores concretos.
- La resistencia a la flexión es igual al concreto normal.
- La atracción aumenta y el módulo elástico baja, ya que se trata de concreto más pobre.
- La retracción baja ligeramente con relación a los otros concretos, ya que baja el contenido de cemento y el contenido de aire. Pero siempre es mayor que la del concreto normal.

CONCLUSIONES GENERALES

Al incorporar el aditivo en el concreto normal, se producen los cambios siguientes :

La fragua inicial se produce 25 minutos antes que en el concreto normal.

La fragua final ocurre 20 minutos antes que en el concreto normal.

El agua se reduce, como máximo en 5% para mantener la resistencia y la trabajabilidad del concreto normal.

Aumenta la trabajabilidad del concreto en forma elevada.

El aire incorporado aumenta en 1.35%.

Al incorporar el aditivo en el concreto normal y reducir el agua en 5% para mantener la resistencia y la trabajabilidad del concreto normal encontramos los siguientes cambios:

La fragua inicial se produce 30 minutos antes que en el concreto normal.

La fragua final, 30 minutos antes que en el concreto normal.

El aire incorporado sube en 2.15% con relación al aire del concreto normal.

Se ha encontrado en el concreto que la incorporación del aditivo que la resistencia a la compresión aumenta al 1 día en 13.2% y a los 3 días en 10.7% de la resistencia a la compresión del concreto normal. A los 7 días se nota una ligera disminución la cual llega a su máximo a los 28

días, donde llega a ser del orden del 8.4%, luego empieza a recuperarse nuevamente hasta los 90 días en que la resistencia a la compresión se hace igual a la del concreto normal, igualdad que persiste aún a los 120 días.

Al reducirse el agua en 5% las variaciones halladas en la resistencia a la compresión son: al 1 día aumenta 12.2%, a los 3 días aumenta 10.7% y a los 7 días aumenta el 11.1% de la resistencia a la compresión del concreto normal. A partir de los 28 días la resistencia a la compresión se hace igual a la del concreto normal sin ninguna variación hasta los 120 días. Los aumentos traen como resultado que la resistencia a la compresión represente :

Al 1 día el 62 % de la resistencia de los 3 días del concreto normal.

A 3 días el 85% de la resistencia de los 7 días del concreto normal.

A 7 días el 85% de la resistencia de los 28 días del concreto normal.

Al incorporar el aditivo en el concreto normal la resistencia a la flexión sube en 6.5% a los 7 días comparada con la resistencia a la flexión del concreto normal y a los 28 días sube 5% de la resistencia del normal.

Al incorporar el aditivo y reducir el agua este aumento varía así:

A los 7 días aumenta a el 18%, a los 28 días el 14% y a los 45 días el 19% de aumento de la resistencia a la

Elexión del C.N.

La incorporación del aditivo produce un cambio de valores a los 28 días, dicho cambio es de 0.175% de aumento expresado en porcentaje de la longitud original del espécimen y comparado con el cambio de volumen del concreto normal.

La incorporación de aditivo y la reducción de agua produce un cambio de volumen a los 28 días de 0.141% de la lg. original del espécimen, comparado con el cambio de volumen que experimenta el concreto normal.

En lo referente al módulo dinámico de elasticidad se operan las siguientes variantes: Al incorporar el aditivo el módulo del 1 día es el 97%, el de los 3 días es el 97%, el de los 7 días es el 95.5% y el de los 28 días representa el 95.5% del módulo del concreto normal.

Al incorporar el aditivo y reducir el agua se presenta lo siguiente: a 1 día el módulo es el 104%, a los 3 días es el 100.5%, a los 7 días el 99.5% y a los 28 días el módulo es el 98.5% del módulo del concreto normal.

La resistencia a la tracción por compresión diametral varía tanto al incorporar aditivo como al reducir el agua.- Al incorporar el aditivo la variación es de 18 a 15 %, menor entre los 7 y 45 días respectivamente de la resistencia a tracción del concreto normal. Al reducir el agua la disminución es de 10, 13 y 20%, a los 7, 28 y 45 días respectivamente de la resistencia a la tracción del concreto normal.

BIBLIOGRAFIA

- **Book of A.S.T.M. Standard**
Part 9 cement, lime, gypsum
Part 10 Concrete and mineral aggregates.
- **Publicaciones Pensoliteh**
- **Beton Kalender, traducción de la 44. Edición.**
- **Notas sobre el comportamiento del concreto**
Roger Diaz de Cosío-Cuadernos 1 y 2.
- **Propiedades del concreto**
Neville.
- **Revista IMCYC Vol. 3 N° 13**
Instituto Mexicano del cemento y del concreto.
- **Bureau of Reclamation**
Del Departamento Interior de los E.E.U.U.
1952.
- **Preparación del Concreto y sus aplicaciones.**
L. J. Mardock
- **Selection and use of aggregate for concrete-Nov.1961**
ACI CONITE 621
- **Admixtures for concrete.- Nov 1963**
ACI CONITE 212
- **El cloruro de calcio como acelerador en la prefabricación del hormigón.**
Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento
Consejo Superior de Investigación Científica.
- **Apuntes sobre Tecnología del Concreto**
Ingo. Enrique Riva López
- **Efecto del aire en el concreto**
Ingo. Enrique Riva López
- Temas Consultados:**
- **Efecto del agua de mar en la preparación del concreto**
Ingo. Domingo Oro y Wilfredo Valdivia
- **Investigación de los efectos de un aditivo sobre las propiedades del concreto - Ingo. Alberto Icaza Vega**
- **Ánula de elasticidad del Concreto**
Ingo. Adolfo Ibarra y Augusto Pillaca.

TRANSLACION DEL JOURNAL OF THE AMERICAN

CONCRETE INSTITUTE DE NOVEMBRE DE 1963

P. O. E. I.

Jorge Chang y Carlos Alcántara

revisado por el Ing^o

Enrique Rivva López

ADITIVOS PARA CONCRETO

Publicado por ACI Comité 212

BROOK B. FOSTER

Presidente

Robert F. Adams	George L. Kalousek	Meville E. Prier
Harold Allen	Alexander Klein	Emil Schmid
John O. Dempsey	Bryant Mather	W. Jack Snyder
D. F. Griffin	Willie T. Moran	Byron Vasteele
W. C. Hansen	Robert F. MacDonell	Rudolph G. Valore Jr
Frank H. Jackson	Richard C. Nielsen	T.V. Woodford
	T.O. Powers	

Esta es la tercera publicación del Comité ACI 212, Aditivos para Concreto, hasta la fecha, previos informes de 1940 y 1950. En este informe los Aditivos son clasificados en 15 grupos, de acuerdo al tipo de materiales que constituyen los aditivos o a los efectos característicos de su uso. - Donde un aditivo posee propiedades identificables en más de un grupo, se discute con el grupo que describe su más importante efecto sobre concreto. Los tipos de aditivos discutidos son: (1) acelerante; (2) reductor de agua y controlador de fragua; (3) inyección en lechado; (4) incorporador de aire; (5) reductor de aire; (6) formador de espuma; (7) productor de expansión; (8) mineral finamente dividido; (9) impermeabilizante y reductor de permeabilidad; (10) reductor de la expansión alcali-agregado; (11) adherentes; (12) inhibidor de corrosión; (13) fungicida, germicida e insecticida; (14) floculante; y (15) colorante. Una ex -

tenza lista de referencias es incluida.

Palabras claves: aditivo acolorante; publicación del Comité ACI; aditivo; aditivo incorporador de aire; reaccio - ción alcali-agregado; aditivo adherente; aditivo químico; aditivo colorante; concreto; aditivo controlador de contrac - ción; aditivo impermeabilizante; aditivo productor de ex - pansi6n; aditivo mineral finamente dividido; aditivo flo - culante; aditivo funcional; aditivo formador de espuma; a - ditivo germicida; aditivo inyección en lechadas; evolución gradual del calor; aditivo insecticida; aditivo reductor de permeabilidad; aditivo controlador de fragua; contrac - ción, resistencia al sulfato; aditivo reductor de agua.

JOURNAL DEL INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO

Nov 1963

El Comité 212 del AOI, Aditivos, fue organizado en 1943, para estudiar, reunir y publicar información sobre los efectos de varios aditivos, incluyendo agentes incorporadores de aire, sobre las propiedades del concreto. El último informe previo del Comité fue publicado en el JOURNAL de octubre de 1954.

P R E F A C I O

Esta es la tercera publicación del Comité 212, sobre Aditivos para concreto, la primera y segunda aparecieron en 1944 y 1954, respectivamente. En general el método de presentación es similar a aquel de las anteriores publicaciones y algunas de sus secciones están esencialmente idénticas a las de la última edición. La más amplia difusión del empleo de los aditivos y la disponibilidad de nueva información sobre sus propiedades y aplicaciones son la razón de esta revisión.

El Simposio de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales celebrada en 1959, sobre los efectos de aditivos controladores de agua y aditivos retardadores de fragua, sobre las propiedades del concreto, es una señal del aumento de interés creciente en este grupo particular de aditivos, como es el cálculo estimado que ellos son ahora empleados sobre 23000,000 yardas cúbicas de concreto en los Estados Unidos cada año. De acuerdo a ello, la breve mención de este

grupo en el reporte de 1954, ha sido simplificado en el presente.

La sección sobre aditivos incorporadores de aire ha sido revisada para incluir información sobre las características de las burbujas de aire del concreto con aire incorporado y el uso del aire incorporado en concreto estructural colado liviano. La sección sobre materiales cementantes, materiales puzolánicos, y sobre consideraciones técnicas sobre el uso de materiales puzolánicos y polvos minerales como aditivos ha sido reescrito y cambiado. Información más detallada sobre conchas muy finas ha sido añadida. Nuevas secciones sobre aditivos colorantes, sobre fungicidas, germicidas, y aditivos insecticidas; sobre aditivos adherentes; sobre aditivos floculantes; sobre aditivos inhibidores de oxidación; y sobre aditivos floculantes ha sido añadida. - La discusión de permeabilizantes y aditivos reductores de permeabilidad ha sido revisada y reducida, mientras varias secciones han sido omitidas.

Una de las principales secciones omitidas del presente reporte es aquella sobre agentes de trabajabilidad. Los efectos sobre trabajabilidad de los aditivos varios son discutidos en su debida oportunidad a través de la publicación. El informe incluye un número de recomendaciones relativas al uso de aditivos.

NOTA.- Un extenso índice aparecerá con su nueva impresión para la fácil localización de discusión de los efectos de los varios aditivos sobre las propiedades del concreto.

C O N T E N I D O

Introducción.

Aspectos económicos del uso de aditivos.

Clasificación de aditivos.

1.- Aditivos acelerantes

Generalidades

Cloruro de calcio

Uso de acelerantes en productos de concreto.

2.- Aditivos reductores de agua y aditivos controlado-

res de fragua

Generalidades

Uso

Aplicaciones

3.- Aditivos para inyecciones en lechada

4.- Aditivos incorporadores de aire.

Efectos del aire incorporado

Materiales incorporadores de aire usados como adi-

tivos.

Adiciones incorporadores de aire

Preparación del concreto con aire incorporado

Uso de los aditivos incorporadores de aire en pro-

ductos de concreto

Concreto celular

Uso de aditivos incorporadores de aire en concreto

con agregado ligero.

5. -Aditivos reductores de aire

4.- Aditivos formadores de espuma

Uso de aditivos formadores de espuma para impedir

asentamiento y exudación.

7.- Aditivos productores de expansión

8.- Aditivos mineral finamente divididos

Generalidades

Tipos de materiales finamente divididos

Efectos sobre las propiedades de la mezcla de concreto fresco.

Proporciones

Efectos sobre la resistencia

Efectos sobre la resistencia a los sulfatos

Efectos sobre el aumento de temperatura.

Efectos sobre la expansión creada por la reacción alcali - agregado.

7.- Aditivos impermeabilizantes y reductores de permeabilidad.

Aditivos impermeabilizantes o a prueba de agua.

Aditivos reductores de permeabilidad.

10.-Aditivos adherentes.

11.-Aditivos químicos para reducir la expansión alcali - agregado.

12.-Aditivos controladores de corrosión.

13.-Aditivos fungicidas, germicidas e insecticidas.

14.-Aditivos floculantes.

15.-Aditivos colorantes.

Agradecimiento

Referencias.

INTRODUCCION

Un aditivo es definido por el A.S.T.M. en las definiciones estándares de términos relativos a concreto y agregados de concreto (C 125) como " Un material diferente que agua, agregados y cemento portland (incluyendo cemento portland con incorporador de aire y cemento portland de escoria de alto horno) que es usado como un ingrediente del concreto y es añadido a la colada inmediatamente antes y durante su mezclado.

Un aditivo es usado para modificar las propiedades del concreto en tal forma que lo haga más conveniente para el trabajo a mano. El uso de un aditivo adecuado puede dar ciertas características deseables, las cuales no pueden lograrse por otros métodos, o no tan económicamente. En otros casos, los objetivos deseados pueden ser obtenidos más económicamente por cambios en la composición e proporciones de la mezcla, más bien que por el uso de un aditivo. Los aditivos no son un sustituto para buenas prácticas de concretado. Un aditivo deberá ser empleado solamente después de evaluar apropiadamente sus efectos, si es necesario empleando con el concreto en el que va a ser utilizado y bajo ciertas condiciones de obra en las que va a ser empleado. Debe exigirse que los aditivos cumplan con las especificaciones A.S.T.M. u otras especificaciones apropiadas. En el uso de cualquier aditivo deberá darse cuidadosa atención a las instrucciones proporcionadas por el fabricante del producto.

Algunos de los más importantes propósitos para los cuales los aditivos han sido usados son :

- Mejora la trabajabilidad.
- 2.- aceleración de la velocidad de desarrollo de resistencia en las primeras edades.
- 3. - incremento de la resistencia
- 4. - retardo o aceleración de la fragua inicial.
- 5. - retardo o aceleración del calor desarrollado.
- 6. - modificación de la velocidad y capacidad de exudación.
- 7. - incremento de la durabilidad o de la resistencia bajo condiciones especiales de exposición, incluyendo aplicaciones de sales para remover el hielo.
- 8. - control de la expansión alcali - agregado.
- 9. - disminución en el flujo capilar de agua.
- 10.- disminución en la permeabilidad a líquidos.
- 11.- producción de concreto celular.
- 12.- mejoramiento de penetración, capacidad de bombeo y reducción de la segregación en mezclas de inyección.
- 13.- prevención de asentamiento o creación de libre expansión en concreto y mortero usado para llenar aberturas y otras aberturas en estructuras de concreto y en lechada de cemento para asentado de máquinas, columnas o vigas, o para llenar ductos de cables post tensionados o huecos en agregados pre colados.
- 14.- incremento en la adherencia de concreto con el acero reforzado
- 15.- incremento de la adherencia entre un nuevo y viejo concreto.
- 16.- producción de mortero o concreto colorado.
- 17.- producción de propiedades de fungicidas, germicidas o insecticidas.
- 18.- inhibidores de corrosión.

Al considerar los efectos de un aditivo en el concreto hay que señalar que : (1) un cambio en el tipo de cemento o porcentaje de cemento usado, o una modificación de la granulometría del agregado o proporciones de la mezcla puede ser deseable (2) varios aditivos afectan más de una propiedad del concreto, algunas veces afectando inversamente las propiedades deseadas; (3) los efectos de algunos aditivos son significativamente modificados por ciertos factores como humedad y riqueza de la mezcla, granulometría del agregado y por las características y tiempo de resulado; (4) los efectos específicos de algunos aditivos varían con el tipo, cantidad y propiedades del cemento usado; y (5) de consiguiente, algunos efectos específicos de un aditivo usualmente pueden no ser predichos exactamente con anterioridad a la prueba.

ASPECTOS ECONOMICOS DEL EMPLEO DE ADITIVOS

El empleo de un aditivo puede aumentar o disminuir el costo del concreto. El efecto de un aditivo dado puede algunas veces ser obtenido, al menos en cierto grado por otros medios o por otros aditivos. Siempre que sea posible, el costo de un aditivo deberá ser comparado con aquel de materiales alternativos o métodos para conseguir el resultado deseado. Igualmente la posible economía debida a la disminución en los costos de construcción por el empleo de aditivos también debe ser considerado.

Al valorar un aditivo, sus efectos sobre el volumen

de una desificación, deberá ser considerados. Si añadiendo el aditivo, cambia el volumen como en el caso corriente, en ese corriente, el cambio en las propiedades del concreto será debido no solamente a los efectos directos del aditivo, sino también al cambio en el total (por unidad de volumen) de los ingredientes originales. Si el uso del aditivo aumenta el volumen de la masa, deberá considerarse que el aditivo origina un desplazamiento ya sea de una porción de la mezcla original o de uno u otro de los ingredientes básicos - cemento, agregado, o agua. Tales cambios en la composición de una unidad de volumen de concreto deberá ser tenido en cuenta cuando se prueba el efecto directo del aditivo, y en estimación del costo de empleo de un aditivo.

El costo de manipulación de un ingrediente extra, y cualquier efecto que el uso del aditivo pueda tener sobre el costo de transporte, colocación, y acabado del concreto deberá de tomarse en cuenta. Frecuentemente un aditivo permite el uso de métodos de construcción menos caros e aún de diseños estructurales menos caros, de tal manera que así se puede lograr contrarrestar cualquier incremento del costo de materiales, atendiendo al uso de un aditivo. Por ejemplo, nuevos y económicos diseños de unidades estructurales han sido divulgados basándose en el uso de aditivos retardadores que permiten la colocación del concreto, sobre largos períodos de unidades homogéneas de tamaño largo y gran volumen, de este modo disminuye la necesidad de encofrados y la colocación y unión de unidades de

esperadas. El uso de aire incorporado y aditivos reductores de agua comúnmente hace posible la obtención de las propiedades físicas requeridas en concretos livianos de bajo costo unitario.

La evaluación del costo de un aditivo dado deberá basarse sobre los resultados obtenidos con el concreto particular en cuestión, bajo condiciones similares a aquellas esperadas en el trabajo. Esto es sumamente deseable, ya que los resultados obtenidos son influenciados en grado tan importante por las características del cemento y agregado y sus proporciones relativas, tan igual como por temperatura, humedad y curado.

CLASIFICACION DE ADITIVOS

En esta publicación, son clasificados en 13 grupos, de acuerdo al tipo de materiales constituyentes de los aditivos, o a los efectos característicos de su uso. La información que caracteriza cada grupo es presentada de por medio con expresiones resumidas de las utilidades generales y los efectos esperados del uso de materiales de este grupo. El vasto alcance del campo de los aditivos, el continuo ingreso de materiales nuevos o modificados dentro de este campo y las variaciones de efectos con diferentes materiales homologados y condiciones, excluye una lista detallada de aditivos comerciales y sus efectos sobre concreto. Los grupos están indicados en los contenidos.

Los aditivos comerciales pueden contener materiales que separadamente pertenecían a 2 ó más de estos grupos. Por ejemplo un aditivo reductor de agua puede ser combinado con un aditivo incorporador de aire. Aquellos tipos de aditivos que poseen propiedades identificables con más de un grupo están considerados en la discusión siguiente como perteneciendo al grupo que describe su mayor importancia o efecto importante sobre concreto.

ADITIVOS ACELERANTES

Generalidades:

Los aditivos acelerantes son añadidos al concreto, ya sea; (a) para incrementar la cantidad de resistencia inicial desarrollada; (b) para disminuir el tiempo de fraguado; (c) para ambos propósitos. El uso de acelerantes a menudo permite mayor rapidez en el trabajo. Los beneficios de un aumento en la resistencia inicial puede incluir (1) desencofrado más rápido, (2) reducir los periodos requeridos de curado y protección, (3) rápida puesta en servicio de una estructura, (4) compensación parcial o total de los efectos de baja temperatura en el desarrollo de la resistencia. Los beneficios de un reducido tiempo de fraguado puede incluir: (1) pronta terminación de las superficies, (2) reducción de presiones sobre encofrados o del periodo de tiempo durante los cuales las formas son sujetas a presión hidráulica, (3) sellado más efectivo de puntos de escape contra presiones hidráulicas.

Los productos químicos los cuales aceleran el endurecimiento de masclas de cemento portland y agua incluye algunos de los cloruros, carbonatos, silicatos, fluorosilicatos y hierbices y también algunos compuestos orgánicos tales como trietanolamina. Cementos calcio aluminatos y cemento portland hidratado finamente molido también han sido utilizados.

Algunos de los cloruros solubles, particularmente cloruro de calcio y en sucho menor extensión trietanolamina tienen aplicaciones generales como aditivos en concreto. Algunos de los otros materiales son adecuados solamente para usarlos en la preparación de cementos de fragua instantánea.

Información disponible permite solamente una breve discusión de aceleradores que no sean cloruro de calcio.

Trietanolamina es usado en cantidades relativamente pequeñas, usualmente en combinación con otros materiales. El uso de cloruro de estaño, cloruro de fierro y trisulfato de sodio es mencionado en la sección sobre aditivos inhibidores de corrosión.

Ha sido publicado que el tiempo de fraguado de cemento portland puede ser disminuido en grado variable por el empleo de cemento aluminato en 5 a 20 % en peso del cemento portland. También el tiempo de fraguado de cementos aluminatos de calcio puede ser grandemente disminuido por adiciones de lino a cemento portland. La resistencia a la

compresión al primer día o más, de pasta pura, mortero y concreto preparado con mezcla de cemento y cemento calcio-aluminate generalmente será, de manera muy importante inferior a aquellas obtenidas con cualquiera de los dos cementos solos. La contracción por desecación y esponjamiento en agua es más alto para tales mezclas y la durabilidad puede ser seriamente afectada.

La muestra de concreto de cemento portland con 2% en peso del cemento con cemento portland completamente hidratado sólido ha sido reortado por ser equivalente al uso de 2% de cloruro de calcio, con la ventaja adicional de incrementar la resistencia a los 90 días del 20 al 25 % y no incrementar la contracción por desecación. Los efectos del sembrado y adiciones de cloruro de calcio son ensayados para ser sumados.

Algunos de los productos químicos indicados anteriormente para producir morteros de fragua rápida, para sellados (escapes, fugas) y para otros efectos especiales. Varios compuestos apropiados son disponibles. Estos son proporcionados en líquidos o bajo forma de polvo para ser mezclados con cemento o cemento y arena. Usados bajo solución con cemento, los tiempos de fraguado obtenidos son tan pequeños como 15 o 30 segundos. Hay listas para usar mezclas de cemento acelerador , y arena que tendrían una fragua inicial en 1 o 4 minutos, y una fragua final de 3 a 10 minutos. Morteros de este tipo preparadas son empleados para sellado en estructuras de bajo nivel de la superficie, para trabajos de reparación o para trabajos de reparación urgente.

te, la resistencia final de tal mortero generalmente será mayor que la de un mortero que no tiene ningún acelerador de curado.

Los aceleradores aparentes para aplicación general en concreto deberán reunir los requerimientos A.S.T.M. C-494 "Especificaciones Tentativas para Aditivos Químicos para Concreto", Tipo C" y cloruro de calcio deberá también reunir los requerimientos del A.S.T.M. D-98, "Especificaciones Tentativas para Cloruro de Calcio".

Cloruro de Calcio

El cloruro de calcio es utilizado en dos formas: lámina regular de cloruro de calcio, A.S.T.M. D-98 Tipo 1, contiene un mínimo de 77% de CaCl_2 . Lámina concentrada, pelotilla o cloruro de calcio granular, A.S.T.M. D-98, Tipo 2, contiene un mínimo de 94% de CaCl_2 . El cloruro de calcio puede generalmente ser usado sin peligro hasta el 2% en peso del cemento. Porcentajes mayores pueden ser perjudiciales, y excepto en casos raras proporciona pequeñas ventajas adicionales. / Los beneficios del uso del cloruro de calcio son generalmente más pronunciados cuando se emplea en concreto con mezclado y curado bajo 70 °F. A altas temperaturas de mezclado y curado, la resistencia a largo plazo, especialmente la resistencia a la flexión puede disminuir y la contracción y fisuración pueden aumentar.

Ensayos de Laboratorio han indicado que los mayores aumentos de resistencia a la compresión de concreto se obtienen del uso del 2% de cloruro de calcio por peso de

concreto está en el rango de 400 a 1,000 psi, de 3 a 7 días para curado a 70 °F. Para curado a 40 °F el aumento en la resistencia obtenido al 1 y 7 días con cloruro de calcio, está en el mismo rango como aquella para curado a 70 °F. El aumento en resistencia usualmente alcanza el máximo en 1 a 3 días y luego generalmente decrece. Al primer año aún aumento es todavía evidente en concreto, hecho con mejores cementos. El efecto específico del uso de cloruro de calcio varía, sin embargo, para cementos diferentes como es indicado por el rango de aumentos de resistencia citados arriba - para edades tempranas.

El aumento relativo en resistencia a la flexión de concretos resultantes del uso del 1 a 2 % de $CaCl_2$ no es tan grande como el aumento en el esfuerzo de compresión. El cloruro de calcio aumenta la resistencia a la flexión en los 1 a 3 días, pero disminuye la resistencia a la flexión a los 28 días o a mayor edad.

Las resistencias a la flexión de concretos contienen de 1 a 2 % de cloruro de calcio son generalmente aumentados de 40 a 90 % al primer día y de 5 a 35 % a los 3 días respectivamente, cuando el curado húmedo se hace a 70 °F, con relación a la resistencia de concreto similar sin el aditivo. A los 28 días, el decremento al 12% ha sido publicado por pruebas de laboratorio de concreto curado húmedo.

El uso de 1% de cloruro de calcio por peso de cemento es suficiente la mayoría de los casos para acelerar la

fragua y aumentar suficientemente la resistencia para horas ~~cuando~~ en tiempo frío, con el conocimiento que la protección ~~en~~ un tiempo frío se proveída. La selección del óptico porcentaje deberá estar basada sobre el tipo de cemento, la temperatura del concreto y la temperatura del ambiente (aire).

Las discusiones precedentes sobre resistencia han sido limitadas al uso de CaCl_2 con cemento portland en el concreto. Hay datos insuficientes en el uso del CaCl_2 con cemento portland de escoria de altos hornos u otras clases de cemento para justificar cualquier conclusión en los efectos de su combinación en concreto. El cloruro de calcio no deberá ser usado con cementos Calcio Aluminatos.

Otros efectos resultantes del uso de CaCl incluyen un pequeño incremento en la trabajabilidad del concreto fresco, incremento en contenido de aire y tamaño promedio de las burbujas cuando se usa con agentes incorporadores de aire, y rápida iniciación del endurecimiento con algunos cementos, y por consiguiente, una reducción en la exudación.

La contracción por desecación generalmente, pero no siempre, se ha encontrado que se incrementa cuando se emplea cloruro de calcio las diferencias observadas por varios investigadores se pueden deber a las diferencias en el procedimiento de curado. El grado de evolución del calor se aumentó materialmente a edades tempranas, consecuentemente, donde las diferencias de temperatura en el concreto son factor importante, este efecto deberá ser tomado en consideración. El calor total liberado no varía apreciablemente. El

uso de CaCl_2 en concreto tibio, que se puede obtener en un clima caliente puede resultar en un endurecimiento demasiado rápido hasta impedir la colocación o acabado.

El cloruro de calcio generalmente aumenta la expansión causada por la reacción álcali - agregado, pero el efecto del CaCl_2 aparece sin importancia cuando la expansión es controlada por el uso de cemento de bajo álcali o puzolana. También baja la resistencia del concreto al ataque del sulfato. La resistencia a la helada y deshielo es aumentada a edades tempranas por el cloruro de calcio, pero es reducida a edades más avanzadas. El cloruro de calcio aumenta significativamente la resistencia del concreto a la acción de la abrasión y erosión especialmente en edades tempranas.

No se ha encontrado que el cloruro de calcio favorezca la corrosión del refuerzo usual en concreto, donde y una adecuada cobertura de concreto se provee al acero. Sin embargo, esto no deberá ser usado donde corrientes eléctricas parásitas son esperadas y no deberá ser usado en concreto pretensado debido a una posible corrosión del acero del pretensado. El cloruro de calcio en concreto puede agravar la corrosión del metal galvanizado y de formas galvanizadas que se dejan en el sitio. Combinaciones de metales, así como aluminio con conductos eléctricos y refuerzos de acero, no deberán ser usados en concreto que contiene cloruro de calcio.

El cloruro de calcio puede ser especialmente beneficioso para el concreto expuesto a bajas temperaturas o

heladas a tempranas edades si es que se usa como se recomienda en el ACI Standard" Práctica recomendada para concreto en invierno "(ACI 604-56).

El cloruro de calcio aumenta el grado de desarrollo de calor inicial y acelera la fragua, pero baja el punto de congelación del agua en el concreto en una cantidad muy pequeña. No hay materiales conocidos que puedan ser usados en forma efectiva para bajar el punto de congelación del agua en el concreto.

Puede experimentarse dificultades algunas veces si el cloruro de calcio es pre-mezclado con otros aditivos tales como reductores de agua o aditivos incorporadores de aire, antes de su adición al concreto. Algunas combinaciones son compatibles y pueden ser envasado juntamente, los componentes de otras combinaciones pueden ser añadidos separadamente. Las recomendaciones de los productores deberán ser consideradas.

El cloruro de calcio puede ser añadido ya en seco o en solución, pero el uso en solución es más preferible que el uso en forma sólida. Cuando se usado en solución es conveniente preparar la solución tal que 1/4 galón contenga 1 libra de cloruro de calcio. Cuando se prepara la solución, debe tenerse cuidado para asegurar la propia mezcla. Cloruro de calcio deberá ser añadido al agua y no el agua al cloruro de calcio, desde que un precipitado se puede formar el cual es difícil de disolver. Los controles deberán ser hechos sobre el peso específico de la solución, para estar seguro que la concentración apropiada está siendo manten-

nida.

El empleo del cloruro de calcio en seco, en forma de masa seca puede resultar en empollamiento en la superficie de concreto. Sin embargo ha sido flosamente usado después de eliminar las masas a través del tamiz de 1/4". Cuando se usa en seco, puede ser medido por volumen o por peso. Usando el material seco, debe tenerse cuidado de asegurar que el material seco, no se vuelva duro, durante el almacenamiento. Las condiciones de almacenaje requeridas para cemento portland son adecuadas para cloruro de calcio.

Uso de acelerantes en productos de concreto

Los materiales los cuales aceleran el endurecimiento y favorecen el desarrollo de la resistencia inicial del concreto, pueden ofrecer ventajas en la manufactura de una variedad de productos de concreto. El temprano logro de resistencia en un bloque de construcción por ejemplo reduce el período de curado, compensado en parte por el bajo endurecimiento en tiempo frío, y disminuye el tiempo requerido para producir un bloque plenamente curado. Ventajas similares pueden ser obtenidas en la manufactura de otros productos de concreto. Durante tiempo cálido, los acelerantes deberán ser usados cuidadosamente de tal manera de no producir una fragua demasiado rápida. Muchas plantas emplean solamente altas temperaturas de curado durante los meses de verano, y una combinación de temperatura alta de curado con un acelerador durante los meses de invierno.

ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA

Y

ADITIVOS CONTROLADORES DE FRAGA

Generalidades:

Ciertos compuestos orgánicos o sales de compues-
tos orgánicos o inorgánicos son usados como aditivos tanto
en concreto con aire incorporado y sin aire incorporado, pa-
ra reducir el agua requerida por la mezcla o para retardar
la fragua, o ambos. Generalmente los efectos del uso de es-
tos materiales sobre el concreto endurecido es mejorar la
resistencia a la compresión y algunos mejoran en impermeabi-
lidad y, para los tipos de aditivos que originan educción la
corporación de aire, mejorar la durabilidad, bajo condicio-
nes de congelación y deshielo. Una reducción en la relación
A/C aumenta la resistencia del concreto, pero la ganancia en
resistencia a la compresión frecuentemente es mejor que la
que es indicada por la relación en sí.

2 Los materiales que son generalmente ventajosos para
usarlos como aditivos reductores de agua y aditivos contro-
ladores de fragua caen dentro de cuatro clases generales:

- 1.- ácidos lignosulfónicos y sus sales
- 2.- modificaciones y variaciones del ácido lignosul-
fónico y sus sales.
- 3.- ácido hidroxilar carbónico y sus sales; y
- 4.- modificaciones y derivados del ácido hidroxilar

carbonilo y sus sales.

Los aditivos de las clases 1 y 3 pueden ser usados solos o en combinación con otros orgánicos e inorgánicos activos o esencialmente inertes. Ellos son reductores de agua y aditivos retardadores de fragua.

Los aditivos de las clases 2 y 4 son aditivos reductores de agua ejercidos como combinaciones de sustancias disímiles ambas para tener efectos no sustanciales sobre el grado de endurecimiento, o para obtener varios grados de aceleración o retención en el grado de endurecimiento de concreto; estos aditivos pueden incluir un agente incorporador de aire.

Además de estas clases principales, aditivos de otras composiciones son algunas veces usados. Carencia de información y experiencia pertinente de esos materiales, impide discusión específica de sus propiedades y uso en este tiempo.

Lignosulfonatos son utilizados como el calcio, sodio o sales de amonio. Tales sales pueden ser usadas para aumentar el tiempo de fragua de concreto de 30 a 60 % a temperaturas de 65-100 °F. En los porcentajes normalmente usados, los retardadores a base de lignosulfonato arrastran de 2 a 6 % de aire en el concreto, aunque hay datos disponibles, los cuales indican que 6 a 10 % ha sido incorporado. Aditivos reductores de agua pueden ser usados para reducir el contenido de aire si se requiere (ver la sección sobre aditivos reductores de agua). La composición del cemento portland afecta las propiedades de incorporación de

aire de aditivos lignosulfonatos en concreto.

Concreto conteniendo un retardador lignosulfonato, generalmente requiere 5 ó 10 % menos de agua que un concreto similar hecho sin el aditivo.

Resistencia a la compresión a los 2 ó 3 días son y usualmente equivalentes o algo más altas que aquellas que corresponden al concreto sin el aditivo y la resistencia a los 28 días ó después pueda ser 10 ó 20 % más alta.

Las sales del ácido hidroxilar carboxílico actúan como reductores de agua, retardadores de un incorporadores de aire. El % de empleo es ajustado para producir el grado de retardación requerido. Usado en la proporción necesaria para retardar la fragua en 50%, el contenido de agua puede ser reducido de 5 ó 8% en concretos con aire incorporado o concreto sin aire incorporado. La velocidad de exudación y capacidad de exudación son incrementadas. Las resistencias a la compresión durante las primeras 24 horas son menores, pero después de 3 días son mayores alrededor de 10 ó 20 %.

Las sales del ácido lignosulfónico, sales del ácido carboxílico ó modificaciones o derivados de equales, pueden ser mezclados ó reaccionados con otros productos químicos que incorporan aire, modifique el tiempo de fragua, ó afecta el desarrollo de resistencia del concreto. El cloruro de calcio, resinas de madera neutralizadas, sulfonate aryl - alkil, y triethanolamine son ejemplo de aditivos que han sido usados. El empleo de reductores de agua compuestos ó modificados usualmente causan una re -

ción de agua de 5 á 10 % e igual contenido de aire. Los esfuerzos de compresión a edades mayores que 2 días son generalmente de 10 á 20 % más altas que aquellas de concretos similares sin aditivo. Los materiales lino-sulfónicos, clases 1 y 2) pueden originar alguna reducción en la exudación y asentamiento de mezcla de concreto fresco, dependiendo del grado con el cual ellos incorporan aire al concreto. Todas las 4 clases de materiales aumentan las propiedades incorporadoras de aire de cementos con incorporadores de aire también como porcentaje de aire incorporado por una proporción dada de un aditivo incorporador de aire.

U s e

Aditivos reductores de agua, aditivos retardadores de fragua, aditivos reductores de agua y retardadores de fragua y aditivos reductores de agua y acelerantes deberán cumplir los requerimientos aplicables de "Especificaciones Tentativas de Aditivos Químicos para Concreto " A.S.T.M. C490. Las pruebas deberán ser hechas, si la información adecuada no es útil, para evaluar los efectos del aditivo sobre las propiedades del concreto preparado con materia - les de obra bajo las condiciones previstas de ambiente y procesos de construcción. Para asegurar resultados correctos en ensayos de aditivos reductores de agua, controlador de fragua, la misma atención deberá darse al contenido de aire, exudación, granulación del agregado, contenido de arena, rendimiento y todos los aspectos de consistencia pertinentes para el trabajo, como deberá ser requerido, sinó se emplea el aditivo. La proporción del aditivo empleado es de gran importancia porque la proporción empleada puede a-

fectar simultáneamente propiedades tales, como agua requerida, contenido de aire, velocidad de endurecimiento, exudación y resistencia del concreto. Las pruebas de aditivos reductoras de agua y aditivos controladores de fragua deberán indicar sus efectos sobre las siguientes propiedades, en la medida como ellas son pertinentes para el trabajo. (1) agua requerida; (2) contenido de aire; (3) consistencia; (4) exudación; (5) velocidad de endurecimiento; (6) resistencia a la compresión y flexión; (7) resistencia a la congelación y deshielo; y, (8) contracción por desecación.

Los aditivos de las 4 clases son disponibles en polvo o en forma líquida. Los polvos pueden ser añadidos con el cemento, o con el agregado, pero preferible con el último, o, si son enteramente solubles, ellos pueden ser disueltos en agua y añadidos como una solución. Líquidos, incluyendo soluciones mezcladas en obra pueden ser añadidas después que otros constituyentes del concreto han sido parcialmente mezclados; ellos no deberán entrar en contacto con el cemento anterior a la adición del agua de la mezcla. Para un proyecto dado, deberá establecerse un procedimiento adoptado para el control de las operaciones de incorporación. Se deberá tener cuidado de proporcionar suficiente mezcla del concreto con posterioridad a la adición del aditivo, para asegurar que sea uniformemente distribuida a través de la colada de concreto.

Desde que cantidades relativamente pequeñas (ordinariamente 1 a 15 onzas fluidas ó 0.2 a 1 libra por sacado de concreto) son usadas, es importante que el equipo dosificador

adecuado y exactamente ajustado.

Dos o más aditivos de diferentes tipos, tal como un aditivo incorporador de aire, y un reductor retardador de agua pueden ser usados en combinación en una mezcla de concreto en proporciones convenientes para obtener ciertas propiedades deseables. Como fué mencionado en la sección sobre aceleradores, sin embargo ciertas combinaciones de aditivos ingredientes no deberán ser empujados juntamente o dispersados al concreto a través de la misma línea de descarga. Las recomendaciones de los productores deberán tenerse en cuenta. A menos que pruebas demuestren que los varios aditivos para ser usados simultáneamente son compatibles cuando son entremezclados con anterioridad a su adición al concreto, los aditivos deberán ser añadidos separadamente a diferentes componentes del concreto o al concreto en la mezcladora durante la operación del mezclado. La incompatibilidad de tales aditivos cuando el entremezclado es solo o en agua, no indica que tales aditivos no serán individualmente, completamente efectivos cuando se combina en la mezcla del concreto.

Aplicaciones

Aditivos reductores de agua son usados para mejorar la calidad del concreto, obtener una resistencia específica a menor contenido de cemento, ó para incrementar la trabajabilidad de una mezcla dada sin aumento en el contenido de agua. Ellos también pueden mejorar las propiedades del concreto conteniendo agregados que son ásperos o de perra gradación, o ambos, ó pueden ser usado en concre-

te, que puede ser colocado bajo condiciones difíciles. Ellos son útiles cuando la colocación del concreto es por medio de una bomba ó usando una sanga.

Aditivos retardadores de fragua, son usados principalmente para balancear la aceleración y los efectos dañinos de alta temperatura, y para mantener concreto trabajable durante el período completo de colocación y con eso eliminar las grietas de la deflexión. Este método es de particular valor para prevenir el agrietamiento de vigas de concreto, grietas en puentes o trabajos de elementos constructivos compuestos. Retardadores de fragua también son usados para mantener concreto plástico por un período suficientemente largo de tiempo tal que las subsiguientes capas puedan ser colocadas sin desarrollo de juntas frías o discontinuidad en la unidad estructural. Sin embargo sus efectos sobre la tasa de pérdida de trabajabilidad varía con las combinaciones particulares de materiales usados.

Los efectos específicos de aditivos reductores de agua y controladores de fragua, varía con los diferentes cementos, tasa de agua, cemento, temperatura de la mezcla, temperatura ambiente, y otras condiciones de trabajo. Es generalmente recomendado que las proporciones del retardador y agua sean ajustados para adaptarse mejor a las condiciones de trabajo. Cuando la temperatura del concreto aumenta, deberá ser añadido mayor retardador, o uno de una fórmula diferente, para mantener un aceptable tiempo de fraguado. El ajuste en las proporciones de una combinación de aditivos retardadores e incorporadores de aire, para dar al mismo

tiempo adecuado retardo y contenido de aire puede no ser posible. La adición de porcentajes recientes de un cierto aditivo para mantener el contenido de aire requerido, bajo condiciones adversas puede también causar excesiva retardación y resultados retardantes en la exudación y acabado.

Los retardadores no son recomendados y no son normalmente efectivos en el control de falen fragua.

ADITIVOS INYECTABLES

Los retardadores son especialmente usados en inyecciones de lechada de cemento, particularmente si los huecos inyectados van a ser nuevamente barrenados o cuando la inyección es prolongada, o en los casos donde la lechada puede ser bombeada a una distancia considerable, o donde es encontrada agua caliente bajo tierra.

Lechada de cemento puro y lechada de cemento conteniendo materiales puzolánicos son usados a menudo en pozos de petróleo cementados bajo condiciones que requieran q' la lechada permanezca fluida por 1 ó más horas a elevada temperatura y presión. En pozos profundos las temperaturas pueden ser levantadas a 400 °F y las presiones tal altas como 18000 p.e.i. Cementos especiales para pozos de petróleo, ya sin retardadores o conteniendo retardadores introducidos durante la operación de molido, son también utilizados. Los retardadores pueden ser añadidos en la mezcla ya sea a un cemento normal ó a uno que ya contiene un

retardador, procurando que en el último caso los efectos del uso de aditivos retardadores juntos, ya hayan sido establecidos.

En la cementación de juntas de patrones y en algunas otras operaciones de inyección, los aditivos con algunas veces usados para prevenir la pérdida rápida de agua de la pasta de cemento hacia los alrededores. Algunos de los materiales sugeridos para este caso son materiales gelatinosos, arcillas (barro, greda), almidón pregelatinizado, y metilo de celulosa.

Materiales tales como arcillas de bentonita, son usados para reducir el peso de las lechadas, mientras otros materiales tales como baritina (sulfato de bario) y limalla de hierro son usados para aumentar el peso. Espesantes tales como gomas, pueden ser añadidos a estas lechadas para prevenir el fraguado de componentes pesados.

Muchos otros aditivos tales como aditivos formadores de espuma acelerantes y otros son empleados en operaciones de inyección para aplicaciones especiales y están descritos en otra sección de esta publicación.

ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE

Efectos de Aire Incorporado

Los beneficios del aire incorporado han sido des-

critos en muchos artículos. Experiencias han demostrado la mayor durabilidad de concreto de aire incorporado. Su uso deberá siempre ser requerido bajo severas condiciones naturales de intemperismo y donde el cloruro de sodio o cloruro de calcio es usado para remover hielo sobre pavimentos. Concreto de aire incorporado manteniendo gran cantidad de pequeños globitos de aire es más resistente a la acción de congelares que el concreto sin aire incorporado, hecho con los mismos materiales. El concreto de aire incorporado debe ser una mezcla impermeable, densa, que esté bien colocada, protegida, terminada, y curada, si es que se va a obtener la máxima durabilidad.

La incorporación del aire materialmente altera las propiedades de la mezcla fresca y el concreto endurecido.- El concreto de aire incorporado es considerablemente más plástico y trabajable que un concreto sin aire incorporado. Puede ser trabajado y colocado con menor segregación y hay menor tendencia para la exudación. La durabilidad del concreto endurecido es mejorada por incremento en la uniformidad, decremento en la absorción y permeabilidad, y por la eliminación de planos débiles en la parte alta de las elevaciones. Estos efectos son hechos por un cambio en las características del concreto, originado por la presencia de un gran número de burbujas minúsculas de aire en la pasta. Para un contenido de aire dado, la capacidad de protección por los vacíos contra los efectos dañinos de congelación y deshielo usualmente es mayor cuando mayor es la cantidad de vacíos por unidad de volumen de pasta. Esto significa que los vacíos son más efectivos cuando están más jun-

See. La pasta de cemento en concreto es normalmente protegida contra los efectos de congelación y deshielo si el factor espaciamiento del sistema de vacíos de aire es 0.008pulg. ó menos, determinado de acuerdo con A.C.I.M. 0457, pero para algunas condiciones puede ser requerido un factor espaciamiento menor que 0.008pulgadas.

El aire contenido y la distribución por tamaño de burbujas de aire producido en concreto de aire incorporado son influenciados por varios factores, entre los cuales los de mayor importancia son : (1) naturaleza y concentración del agente incorporador de aire ; (2) naturaleza y proporciones de los componentes de la mezcla de concreto; (3-) tipo y duración del esquelado empleado; (4) consistencia; y (5) clase y tipo de compactación empleado en el concreto.

El uso del aire incorporado no elimina la necesidad para el control de la relación agua - cemento. Cuando la relación A/C es incrementada, el tamaño promedio de las burbujas de aire, la distancia entre las burbujas de aire, y el agua congelable de la pasta de cemento aumenta bajo condiciones dadas, resultando en disminución de la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo. La resistencia. No se ha encontrado que la resistencia en laboratorio al congelamiento y deshielo sea afectada adversamente por pérdida de aire, como un resultado de la vibración, mientras que, el concreto originalmente contuvo un adecuado sistema de aire. Se presume que lo mismo es cierto de la resistencia a la helada bajo condiciones de

obra.

El aire incorporado, mientras mejora la trabajabilidad y durabilidad, puede reducir la resistencia. Dentro del rango del contenido de aire normalmente usado el decremento en la resistencia usualmente es más ó menos proporcional al importe de aire incorporado. Para la mayoría de tipos de concreto expuesto, una ligera reducción en la resistencia es menos importante que la resistencia mejorada a la acción de la helada. La reducción en la resistencia será raramente excedida del 15% en el caso de la resistencia a la compresión y 10% en el caso de la resistencia a la flexión. Estas figuras son para contenidos iguales de cemento y con la arena y contenido de agua del concreto de aire incorporado reducido al grado permitido por el aumento de la trabajabilidad de este tipo de mezcla.

La discusión anterior se refiere al uso de porcentajes moderados de aire incorporado, usualmente no mayor de 15% por volumen de la fracción del mortero del concreto. En algunas aplicaciones de concreto, particularmente en unidades prevaciadas, mayores cantidades de aire incorporado son empleados, para producir productos ligeros con propiedades superiores aislantes del calor. La última aplicación es discutida en la sección sobre concreto celular.

Materiales incorporadores de aire usados como aditivos.

Varios materiales incluyendo resinas naturales de

madera natural, grasas y aceites pueden ser usados en la preparación de aditivos incorporadores de aire. Estos materiales son generalmente insolubles en agua y generalmente pueden ser tratados químicamente antes de ser usados como aditivos referidos.

Ya que no todos los materiales producen un deseable sistema de burbujas de aire, los aditivos incorporadores de aire deberán cumplir los requerimientos de las especificaciones A.S.T.M. para aditivos incorporadores de aire para concreto, C260. De acuerdo con estas especificaciones se asumirá que las funciones del aditivo como un agente incorporador de aire, que puede efectuar una mejora sustancial en la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo, y que ninguna de las propiedades esenciales del concreto (resistencia, cambio de volumen) son seriamente comprometidas.

Adiciones de aire incorporado

El concreto con aire incorporado puede también ser hecho usando un cemento portland incorporador de aire. El cemento portland incorporador de aire es cemento portland que contiene una ~~o más~~ adiciones de aire incorporado (ver A S T M C219), las cuales han sido medidas conjuntamente con él durante su fabricación. El cemento incorporador de aire deberá cumplir las especificaciones A.S.T.M. para ~~Cemento~~ Portland Incorporador de Aire, C175.

Preparación del concreto con aire incorporado

Actualmente ambos métodos de incorporación de aire están siendo usados ampliamente y ambos están proporcionando concretos mejorados. La adición del aditivo a la mezcladora es el que se prefiere porque el contenido de aire puede ser controlado dentro de los límites ajustados o puede ser cambiado conforme a los requerimientos del trabajo. - Los cementos con aire incorporado pueden ser referidos porque su uso es conveniente, y producen cierta seguridad de incremento en la durabilidad, aún cuando no hay facilidades disponibles para medir el contenido de aire resultante. Deberá cumplirse en cada caso la "Práctica recomendada para seleccionar las proporciones para Concreto" A C I Standar 613-54.

Independientemente del método de incorporación de aire empleado en la preparación del concreto para aire incorporado, las propiedades de los materiales del concreto elaborado, el proporcionamiento de la mezcla de concreto, y todos los aspectos de la mezcla, manipulación y procesos de elaboración deberán ser mantenidos tan constantes como sea factible, tal que el contenido de aire del concreto sea uniforme, y dentro del rango especificado en el trabajo. El contenido de aire del concreto deberá ser chequeado y controlado durante el curso del trabajo, de acuerdo con las recomendaciones del Comité ACI 611, reportado en el ACI Manual de Inspección de Concreto. Particular atención deberá darse al tipo porcentaje de aditivo incorporador de aire peso usado, a menudo requerido en concreto conteniendo

ceemento portland de alta resistencia inicial (Tipo III)
ceemento portland, ceemento portland, puzolánicos, cenizas
muy finas, aditivos minerales finamente divididos, tal co
mo pasolanas o aditivos colorantes finamente divididos
tal como carbón negro no tratado.

Como se ha señalado en las secciones relacionadas
con aceleradores, reductores de agua, aditivos controla
dores de agua, algunos aditivos incorporadores de aire no
son compatibles con otros aditivos si son entremezclados
antes de la adición al concreto y por tanto deberán ser
añadidos separadamente a la mezcla. Las recomendaciones
de los fabricantes deberán seguirse en tales circunstan -
cias.

El contenido de aire, factor espaciamiento y o -
tros parámetros importantes del sistema de burbujas de ai
re en concreto endurecido puede ser determinado independien
temente por varios métodos. Siendo el más frecuentemen
te usado el de atravesar lineal y modificando el punto de
partida , procedimiento descrito en A.S.T.M.C457. Estos
métodos proporcionan medios para determinar el contenido
de aire y características del sistema de vacíos en con
creto de estructuras. El uso de estos métodos en coordina -
ción con investigaciones de proporcionamiento de concreto
para nuevos proyectos proporcionan mayor seguridad que se
obtendrá concreto de resistencia satisfactoria al congela
miento y deshielo.

Uso de los aditivos incorporadores de aire en produc -

tes de Concreto.

Generalmente no hay un criterio general sobre los beneficios que pueden obtenerse del uso de un aditivo incorporador de aire en la manufactura de block de concreto. Con los métodos usuales de manufactura, el uso de un aditivo incorporador de aire es considerado por algunas por permitir mayor compactación y en consecuencia mayor densidad de block y ahorrar desgaste de los moldes. La apariencia del block puede ser mejorada, las fallas en las máquinas son reducidas y el bloque queda con sus esquinas y bordes menos esabados. Desde que hay algunas cuestiones referentes a cuanto aire es actualmente incorporado en las mezclas muy secas usadas en block fabricado, algunos creen que los beneficios no son debidos al aire incorporado, pero si a una superficie menos lisa, resultado del tipo particular de aditivo incorporador de aire usualmente usado. Otros han acreditado el uso de cemento incorporador de aire con beneficios en la fabricación de block, mientras todavía otros usan un tipo de aditivo incorporador de aire, el cual probablemente no tendría efecto sobre otra superficie que lo que se produce a través de la producción de aire incorporado. El cambio en la textura de la superficie, resultado del uso de un aditivo incorporador de aire, puede ser considerado como una ventaja o como una desventaja, dependiendo sobre el efecto que ha sido solicitado por el arquitecto.

Similares resultados satisfactorios usando aditivos incorporadores de aire han sido publicados en la prg

ducción cillares de concreto y tuberías de concreto. En aquellos procesos empleando concreto de consistencia plástica, el aire no es dificultosamente incorporado y tales beneficios como reducción en la exudación, reducción de segregación, reducción de permeabilidad, mayor resistencia a los efectos de congelamiento y deshielo, y más exacta reproducción del contorno de los moldes, son aquellos que deberán esperarse en concreto convencional. Donde mezclas de plásticas son usadas, los resultados son probablemente similares a aquellos obtenidos con concreto en block.

En algunas instalaciones de unidades de concreto prevaciado, tales como encubado y erillado hay considerable exposición al congelamiento y deshielo. El uso de concreto con aire incorporado adecuadamente preparado y controlado es la mejor manera para mejorar la resistencia al congelamiento y deshielo.

Las mezclas hechas con agregados ligeros y sin aire incorporado son generalmente gruesas, de allí que el aire incorporado es particularmente ventajoso en tal concreto. Resultados beneficiosos son obtenidos por la adición de aire incorporado a concreto pobre y rico, con teniendo cierta graduación o tipo de agregado, incluyendo agregado ligero. Los mejores resultados son obtenidos, sin embargo en mezclas gruesas deficientes en finos.

Para mejores resultados, es generalmente deseable añadir un aditivo incorporante de aire en la mezcladora, porque aparentes porcentajes son necesarios para producir

Los resultados óptimos de varios productos y con el uso de diferentes métodos de elaboración del mismo producto. El óptimo valor en algún caso particular debe ser determinado por experimento. Se deberá ejercer cuidado, para evitar q' los contenidos de aire sean tan grandes que reduzca considerablemente la resistencia del producto.

Concreto Celular. -

Concretos celulares son aquellos en los cuales el aire o burbujas de gas constituyen en forma total o en parte a los agregados. Concretos de este tipo son conocidos como gas, espuma, o concretos celulares. Los concretos celulares pueden ser divididos en 2 grupos generales: concreto gas, y concreto espuma. Ambos son producidos por medio del uso de aditivos. Concreto gas, será tratado en una sección posterior.

El aire puede ser incorporado en porcentajes de 30 % á 60% por volumen, para concreto celular y 70 á 85% para concreto celular aislante. El aire puede ser vapuleado dentro de la masa por rápida agitación juntamente con la adición de aditivos incorporadores de aire así como sodio, sulfato de laurilo, sulfonatos alkyl - aryl, ciertos jabones, resinas, y otros agentes. Las cantidades usadas deben ser mayores que aquellas empleadas en el concreto con aire incorporado corriente.

En otro proceso la espuma es producida separadamen

te usando agentes de los tipos empleados para combatir la combustión de la gasolina, tales como espumas de aire estabilizado por residuos de proteínas hidrolizadas. Con tal operación la espuma es añadida a las lechadas cementosas en la mezcladora en lugar del agregado convencional.

Los concretos espumosos pueden variar desde materiales que pesan tan poco como 20 libras por pie cúbico, hasta aquellos que pesan 110 libras por pie cúbico o más y contienen agregado convencional.

Los materiales más livianos que poseen junto la resistencia para conservar su forma en manipulación, son y cada vez principalmente para aislamiento térmico. Algunos de los más pesados tienen suficiente resistencia para aplicaciones estructurales tal como en paredes de tabiquería.

Una comparación entre bloques de concreto celular de 40 libras por pie cúbico, hecho con curado normal y bloques de concreto de peso similar curados con autoclave, muestra que los últimos tienen mejores propiedades de aislamiento, 2 o 3 veces la resistencia, y 1/4 a 1/6 el cambio de volumen por secado y humedecido. Tal reducción de contracción y esponjamiento es especialmente deseable en concreto espumoso. La contracción y esponjamiento de concretos normales son restringidos por los agregados, por cuanto no provee limitación alguna.

Productos de autoclave con pesos unitarios de 30

de 45 libras por pie cúbico han sido publicados con resistencias a la compresión desde 300 hasta 1000 psi, mientras aquellos de 70 a 90 libras por pie cúbico pueden tener resistencias del rango de 3000 a 10,000 psi. El coeficiente de conductividad térmica varía de 0.85 Btu-pulg. por pie cuadrado-hora-°F para concreto de 30 lb. por pie cúbico, a 3 ó 3.5 para concreto de 90 libras por pie cúbico.

El uso de autoclave hace posible la adición de altas proporciones peso usadas de materiales silíceos finamente divididos a la mezcla. Ha sido preparado concreto experimental usando una parte de cemento por dos partes de ceniza muy fina por volumen absoluto, en combinación con suficiente espuma para producir 50% de contenido de vacíos.

El llamado concreto sin fines ha sido producido con aditivos incorporadores de aire en cantidades suficientes para obtener aire incorporado de 20 a 30 % del volumen del concreto. En efecto el aire incorporado reemplaza al agregado fino. Varían agregados gruesos con utilidades. Tal concreto puede tener pesos unitarios que van desde 105 a 120 libras por pie cúbico y resistencias a la compresión desde 200 a 1000 psi.

Uso de aditivos incorporadores de aire en concreto de agregado ligero. -

Es ahora práctica común el uso de aditivos incorporadores de aire en todos los tipos de concreto con arre-

gado liviano, incluyendo no solamente aislante y concreto relleno, en donde tales agregados como perlita y vermiculita expandidos son usados, sino también concreto estructural liviano contenido agregados tales como esquisto, aguililla, pizarra o escorias expandidas. El aire incorporado mejora la trabajabilidad y cohesión, reduce la exudación, y mejora la resistencia a la congelación y deshielo. Usado en proporción óptima el aire incorporado incrementa el esfuerzo a la compresión del concreto pobre.

Concreto aislante conteniendo perlita o vermiculita generalmente contiene "20 a 30 % de aire. Esta proporción de contenido de aire baja tanto el peso unitario como la resistencia a la compresión. La cantidad de aditivo incorporador de aire requerido para obtener tales contenidos es comúnmente 10 veces a aquel necesario para remanecer la acción de la helada en concreto ordinario. Tan alto contenido de aire reduce grandemente el agua requerida del concreto; estas mezclas son más fluidas en consistencia que concretos convencionales y ellos no requieren otra vibración o agitación que el amparejamiento por colocación. Aunque el asentamiento ordinariamente no es medido, la óptima manejabilidad es obtenida con concretos que tienen asentamiento entre 5 y 6 pulgadas. Sin aire incorporado, los concretos que contienen agregados vermiculita o perlita son difíciles de manipular; también el contenido de agua y peso unitario son relativamente altos y las propiedades de aislamiento térmico del concreto endurecido no son tan favorables.

Debido a lo desfavorable de la forma y textura en

tura superficial de la fracción fina de la mayoría de los agregados livianos usados para concreto estructural, es generalmente deseable el uso de aditivos incorporadores de aire para incrementar la trabajabilidad.

Sin aire incorporado tal concreto es generalmente grueso, tiene un alto grado de exudación y alto requerimiento de agua. Concretos que contienen más de 5 sacos de cemento por yarda cúbica generalmente no requieren aire incorporado para una adecuada trabajabilidad, pero en varias instancias sin embargo estos concretos son mejorados en calidad del acobado y colocación.

Donde quiera que la exposición al intemperismo se vere sea considerado, la proporción de aditivo incorporador de aire deberá ser establecido al mínimo requerido para resistencia a la helada. En otros casos el importe deberá ajustarse teniendo en cuenta la trabajabilidad, sin una reducción excesiva de resistencia.

ADITIVOS REDUCTORES DE AIRE

Ha habido casos donde los agregados han liberado gas dentro, a causano excesivo aire incorporado, en concreto plástico lo cual hizo necesario el uso de un aditivo capaz de disipar el exceso de aire y otro gas. También es algunas veces deseable remover parte del aire incorporado de una mezcla de concreto. Compuestos tales como : fosfato de tributilo, talato dibutil, alcoholes insolu-

bles en agua, estere de carbónico y ácido bórico insolubles en agua, también como silicatos, han sido propuestos para este caso, sin embargo, fosfato tributyl es el material más usado.

ADITIVOS FORMADORES DE ESPUMA

Uso de aditivos formadores de espuma para contrarrestar el asentamiento y la exudación.

El asentamiento y la exudación en la mezcla fresca de concreto son causados por asentamiento gravitacional de las partículas sólidas individuales en la mezcla, algunas veces acompañada por pérdida de agua a través de las juntas o entre el adyacente o suelo subyacente. El grado de asentamiento y exudación depende de varios factores y el tiempo que es excesivo, o bajo ciertas condiciones concretas, puede resultar en características no deseables de concreto endurecido o mortero. La acumulación de un aglomerante de baja calidad, espesa de lechada y vesículas sobre el lado inferior de encofrados, cavidades de bloques, acero de refuerzo u otras partes empotradas, o bajo maquinaria, puede prevenir o reducir la adherencia, impermeabilidad, uniformidad, o resistencia del concreto o mortero. Esto precisa en algunos casos, costo elevado y operaciones de inyección.

El polvo de aluminio cuando es añadido al mortero o concreto reacciona con los hidróxidos presentes en la pasta de concreto fresco, para producir burbujas pequeñas de gas hidrógeno a través del conjunto. Otros metales tales

como magnesio y sino tambien reaccionan con álcalle para formar hidrógeno, pero solamente el aluminio ha recibido cierto uso considerable como un aditivo para concreto. La medida y extensión de la reacción depende del tipo y porcentaje de polvo de aluminio, finura y composición del cemento, temperatura, proporciones de la mezcla y otros factores. Generalmente el polvo áspere es preferido, aunque cuando se desea una reacción más lenta, la forma pulida puede ser ventajosa. Los porcentajes añadidos están generalmente en el rango de 0.005 á 0.02 por peso de cemento, aunque se pueden usar porcentajes más altos en la producción de concreto celular de baja resistencia.

Debido a las cantidades muy pequeñas de polvo de aluminio generalmente usado (alrededor de 1 cucharadita por peso de cemento) y porque tiene una tendencia a flotar sobre la mezcla de agua, generalmente se mezclado con arena fina, cemento, o pusolana, o incorporando un aditivo comercialmente utilizable, teniendo efecto de reductor de agua y retardador de fragua.

El escape de hidrógeno cuando es adecuadamente controlado causa una ligera expansión de la mezcla fresca de concreto o mortero, y así reduce o elimina el asentamiento. Cuando la expansión es fija este incrementará la ligazón al acero de refuerzo horizontal y mejorará la efectividad de la inyección de lechada saturando fisuras sin reducción efectiva en resistencia. El uso de polvo de aluminio es particularmente útil para inyección bajo máquinas e relleno bajo superficie horizontal. Es usado también en inyecciones de elementos pes tensionados en con-

creta pre reforzada. Demasiado polvo de aluminio pueda causar una acumulación de vacíos de gas debajo de la superficie horizontal limita disminuyendo de este modo el soporte proporcionado por la lechada de cemento. El efecto sobre la resistencia depende en forma considerable del grado en el cual se restringe la tendencia de la mezcla a expandirse restringida, sin restringir, la pérdida de resistencia puede ser considerable, pero con un completo restringimiento la resistencia no es afectada apreciablemente, y en algunos casos puede aún ser incrementada ligeramente. Por esto es importante que los encofrados de confinamiento estén hermeticos y completamente cerrados. El uso de polvo de aluminio u otros agentes formadores de gas en lechada o concreto no superará la contracción después del endurecimiento causado por secado o carbonatación.

En tiempo caluroso, el hidrógeno puede ser liberado demasiado rápidamente y ser perdido. En tiempo frío, la reacción química no puede progresar lo suficientemente rápido para producir suficiente hidrógeno antes que la mezcla tenga fragua, la generación retardada de gas puede ser o no nociva, dependiendo de la razón y porcentaje ^{de} gas generado después que el concreto o lechada tienen fragua y sobre el grado de limitación impuesta. La cantidad de gas generado puede ser aumentado por la adición de algunos materiales alcalinos como se mencionó en la sección inmediata anterior. A temperaturas normales, la reacción del aluminio empieza al tiempo del mezclado y puede continuar por 1 ½ a 4 horas. A temperaturas superiores a 90° y la reacción puede ser completada en 30 minutos y el proceso puede continuar hasta que el concreto o lechada de cemento tomen su fragua inicial. Aproximadamente el doble de aluminato es

requerido a 40 °F como a 70 °F para producir el mismo porcentaje de expansión.

Uso de aditivos formadores de espuma en productos de concreto. -

Por el uso de mayores cantidades de polvo de aluminio que lo indicado arriba, pueden ser producidos concretos livianos. En algunos casos compuestos alcalinos tales como hidróxido de sodio, sal hidratada o fosfato tricálcico se añaden para acelerar la generación de gas. La reacción es controlada de manera tal que el gas es formado al tiempo conveniente y en apropiados porcentajes, la masa aumenta grandemente en volumen. Se ha encontrado también conveniente añadir algún tipo de agente incorporador de aire u otros materiales tales como benzonato de sodio para estabilizar las celdas de gas. Luego reducir la tendencia hacia la fusión de las burbujas de gas con segregación resultante y formación de plenos. Variando las proporciones del aditivo formador de espuma y controlando cuidadosamente otros factores, tal como la temperatura y la uniformidad del cemento usado, es posible producir concretos de un amplio rango de densidades. Tal concreto es hecho con o sin agregados, pero generalmente para evitar la debida segregación deberá ser usado solamente agregado grueso liviano. - El proceso es conveniente no solamente para productos de concreto, sino también para concreto e mortero soldado en el lugar, tal como rellenos para aislamiento donde la decomposición resultante del alto potencial de contracción por desecación no es perjudicial.

Para este efecto aproximadamente una libra de pol-

ve de aluminio por yarda cúbica de concreto es usado, pero el porcentaje será ajustado cuando cambien algunos de los otros ingredientes o condiciones de manufactura.

Polvos de zinc y magnesio también son usados para este propósito mientras peróxido de hidrógeno y cloruro de sodio pueden ser usados en combinación para producir oxígeno en lugar de burbujas de hidrógeno en el concreto.

En general, las propiedades de concreto gas son similares a aquellas de concreto de peso unitario comparable producido con espuma o con alto contenido de aire incorporado. Para información sobre propiedades, será consultada la sección de esta publicación sobre concreto celular.

ADITIVOS REDUCTORES DE EXPANSION

Generalmente los materiales productores de expansión son incorporados en cementos que originan expansión o cementos que compensan la contracción por desecación, pero ya que ellos pueden ser usados como aditivos, una breve discusión es considerada apropiada en este reporte.

Aditivos productores de expansión son materiales los cuales durante el período de hidratación del concreto, o se expanden o reaccionan con otros constituyentes del concreto con expansión resultante. La expansión puede ser aproximadamente de la misma magnitud como la contracción por desecación esperada a edades mayores, o puede ser ma-

yer. Para una aplicación dada, la extensión de la expansión y el intervalo de tiempo durante el cual tiene lugar son muy importantes y deben estar bajo control para los más satisfactorios resultados.

Para concreto no rígido, la expansión no debe tener lugar antes que el concreto gane suficiente resistencia a la tensión para ser solicitado en tensión antes que rete por las fuerzas de expansión.

Para aplicaciones limitadas, el concreto debe ser lo suficientemente fuerte para resistir los esfuerzos compresivos desarrollados. Se dice que la restricción es solamente en una dirección.

Se requiere realizar algunos rangos y grados de compresión en las otras dos direcciones ortogonales.

La expansión medida con propiedades de valores convenientes puede ser empleado en el estado de máquinas, de remolque, producción de concreto libre de contracciones y grietas, y producción de preesfuerzo y concreto pretensado. Un número de agentes expansivos han sido reportados, incluyendo lo siguiente :

1. - Hierro granulado o finamente dividido y productos químicos que producen la oxidación del hierro con un uso para prevenir algunas dilataciones e contracciones compensando morteros y concretos. La expansión es producida por el incremento en volumen del óxido como, el hierro es convertida en óxido y tiene lugar

cuando aire y humedad tienen acceso al hierro. Al control de la proporción de catalizador oxidante es requerido para producir el volumen deseado de oxidación y expansión; óxidos no podrían añadirse separadamente como un acelerador del mortero o concreto. Experiencias temporales han sido variadas, el uso de mortero preparado con baja relación agua cemento bien compactado, y curado, han sido encontrados adecuados en muchos casos para prevenir la continua oxidación y expansión; la cual de otro modo ocurriría en el subsecuente rehumedecido del mortero o concreto. Inyecciones conteniendo más altas proporciones de estas admixturas pueden ser empleadas donde hay confinamiento y la superficie de exposición serian selladas o cubiertas por una conveniente pintura, mortero de cemento - arena, o concreto.

Las instrucciones del fabricante serian seguidas.

2. - Un cemento sulfoaluminoso para uso de cemento portland, hecho por cohesión de mezclas de yeso, heurita y limonita, ha sido manufacturado en Francia. Es usada una cantidad de 9 á 25 % por peso de cemento portland y escoria molida es también añadida en un valor del 15 al 20% del total. El tiempo al cual tiene lugar la expansión es controlado por cantidades variables de escorias y la finese de ambas, escoria y cemento sulfoaluminoso. La terminación de la expansión también ha sido perfecta de extremo a extremo reteniendo el agua para una cara más distante.

La escoria es llamada a una combinación eventual con

el exceso de sulfato de calcio.

La expansión, es juicio de que, debe de ser por la formación de sulfatoaluminato de calcio hidratado, la reacción de hidratación tiene lugar en el estado sólido.

3. - Un cemento de preesforzado constituido por cemento Portland, yeso plástico y cemento aluminoso ha sido reportado en el cual la expansión es controlada por efectos hidrotermales de cura.

4. - Un trabajo reciente en U.S. ha sido informado como un sulfatoaluminato- anhídrido el cual agregado al cemento Portland produce grados de expansión de un rango de magnitud como el que se requiere para obtener un cemento compensante de la contracción por desecación el que produce autosefuerzo en concreto restringido tan alto como 1200 p.s.i. fue encontrado que la actuación de este material fué afectado por las características del cemento Portland con el que es usado, la relación agua cemento y las condiciones de curado.

5. - La producción de concretos autoseforzados utilizando la magnesita al natural en el cemento (o agregando éste a él).

La hidratación de la magnesita es acelerada y controlada por un tratamiento de control a vapor.

Fines divisiones de mezclas y minera

Aditivos minerales finamente divididos

Generalidades. -

Finalmente los aditivos de minerales finamente divididos pueden ser clasificados en tres tipos: aquellos que son químicamente relativamente inertes, aquellos que son puzolánicos y aquellos que son cementantes. Muchos de los materiales usados son sólidos tan finos o más finos que el cemento portland, ellos así mismo sirven para influenciar las propiedades físicas de la pasta fresca en manera similar a la del cemento y pueden ser usados para incrementar el aumento en mezclas deficientes en materiales finos. - Puesto que la distinción entre un material fino en el cemento y los agregados es más o menos arbitrario, esas mezclas minerales sirven para corregir defectos en gradación de agregado. Muchas mezclas de concreto para poder tener la necesaria trabajabilidad y plasticidad deben tener una gran cantidad de cemento portland para desarrollar adecuadamente su fuerza. Una porción de todo este cemento adicional es muy frecuente dejado de lado cuando la mezcla es proporcionada con un adecuado aditivo mineral, en esta aplicación las características químicas del aditivo son secundarias.

Los materiales finamente divididos que son ya sea puzolánicos o cementantes contribuyen al desarrollo de resistencia del concreto y mezclas en las cuales son una -

don, usualmente requieren considerablemente menor cemento para producir la resistencia. En adición a los cambios en la dureza del concreto que puede resultar de una modificación de las propiedades físicas de una pasta fresca a través del uso de mezclas puzolánicas o cementantes, verifican más adelante las propiedades físicas y químicas del producto final. Como los materiales finamente divididos discutidos en esta sección en cuanto a si son químicamente inactivos, puzolánicos o cementantes cuando son usados en concreto, tanto no son ni agregados ni cemento portland, ellos son pues por definición aditivos cuando son agregados a la colada del concreto como ingrediente. Separado no importa esto, sea antes o durante la mezcla.

Estos materiales son por definición adiciones cuando son molidos conjuntamente o mezclados con cemento portland.

Como se ha notado más arriba la mezcla de concreto conteniendo dicho material, si es adecuada y económicamente proporcionada deberá usualmente incluir una porción menor de cemento portland que la que de otra manera no requeriría.

Por eso hay la tendencia de referir a estos materiales como sustitutos o reemplazantes de parte del cemento portland. Algunas mezclas de concreto teniendo características deficientes en algunos aspectos pueden ser mejoradas por aditivos o mezclas de mineral finamente dividido como un ingrediente adicional sin alterar las proporciones rela-

tivas de otros ingredientes.

Tipos de materiales finamente divididos

1. - Materiales químicos relativamente inertes.

En esta clase se incluye materiales de cuarzo sólido; limonita sólida; bentonita, cal hidratada y talco.

2. - Materiales cementantes incluyen cemento natural; cal hidráulica, cemento de escorias (mezclas de escorias y cal de alto horno) y escoria granulada de hierro de alto horno.

3. - Puzolanas -

Las puzolanas son definidas en la norma ASTM U219 como " un silíceo o silíceo y aluminoso material; el cual posee peso o nada de valores cementantes, finamente dividido y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias y forma compuestos con propiedades cementantes.

Cenizas; vidrio volcánico; tierra de diatomeas y algunas arcillas esquistosas o arcillosas, cualquiera de las dos cuidadosamente tratadas al calor o puras, son ejemplos de materiales puzolánicos. Un resumen del significado de exámenes y propiedades de estos materiales ha sido dado por Meissner.

4. - Especificaciones.

Las especificaciones para mezclas de minerales finamente divididos están incluidas en :

- a. - cemento natural - ASTM C10 - Especificación Federal SS - C185a.
- b. - cal hidráulica - ASTM C141
- c. - cemento de escoria - ASTM C358 - Especificación Federal SS - C218a
- d. - puzolanas naturales calcinadas o pures - ASTM C402.
- e. - cenizas - ASTM C350. - Esta especificación cubre el uso de cenizas cualquiera como puzolanas o también mezclas donde el uso de cantidades incrementadas de fino material le da trabajabilidad y plasticidad; o como una mezcla con estas dos propiedades.

Efectos en propiedades de mezclas de concreto fresco

Las mezclas deficientes de finos (particularmente el material que pasa la número 200). La adición o mezcla de mineral finamente dividido mejora la trabajabilidad, reduce la velocidad y porcentaje de exudación e incrementa la resistencia. En general es mas alta la superficie específica de la mezcla y es más pequeño el volumen requerido para producir efectos de la trabajabilidad.

Cuando una cantidad apropiada de mezcla mineral es u-

cada, no incrementa el total de agua requerido en el concreto, las contracciones secas y abstracciones del concreto endurecido no son muy afectadas.

La adición de mineral en polvo en mezclas no deficientes en fines, particularmente mezclas ricas en cemento portland; generalmente decrece la trabajabilidad para un contenido de agua dado. Por esta razón la adición de mineral en polvo en tales mezclas sin una reducción del cemento generalmente ocasiona un incremento en el total de agua contenida en el concreto y puede resultar un incremento en la contracción por secado y capacidad de absorción y un decremento en la resistencia.

De los varios factores que determinan las características de la exudación y el grado de plasticidad del concreto fresco, el valor del área superficial del sólido por unidad de volumen de agua es lo más importante. En una mezcla de concreto en la cual la razón de área superficial de sólido al volumen de agua es baja, la pasta es rara y aguada. En consecuencia las partículas de agregado son solitamente separadas por capas de pasta y la mezcla carece de plasticidad y tiende a segregarse. Una razón de superficie a volumen de agua, baja, denota también excesiva integridad de partículas, de acuerdo al criterio de Weymouth.

Quando la razón de área de superficie de sólido a volumen de agua es baja, el valor de exudación es relativamente alto. Además la mayor de las exudaciones no aparece en la superficie; esto es, las partículas de agregado asientan por un corto período hasta que establecen contacto con

te a punto que impiden un posterior asentamiento. La pasta aguada continúa exudando adentro de los bolsones dejados por partículas de agregados que han dejado capas de agua en los lados inferiores de las partículas.

Así con mezclas que tienen las características mencionadas la exudación tiende a reducir la homogeneidad del concreto. En casos extremos la falta de homogeneidad es manifestada por la apertura de fisuras bajo la partícula de agregados grandes suficientemente visibles en una sección transversal del concreto.

Estos no deseables efectos pueden ser evitados por el incremento de la razón de área superficial de sólido a volumen de agua en la pasta. Esto generalmente incrementa la rigidez de la pasta y en un slump dado efectúa mejor separación en las partículas de agregados en el concreto. - La razón de área superficial de sólido a volumen de agua puede ser incrementada por aumento en la cantidad de cemento (bajando la relación agua cemento de la pasta) o adicionando un sustituto mineral adecuado. Aunque bajo algunas circunstancias la adición de minerales en polvo bajo los valores de agua y vacíos de aire en el concreto ; tales aditivos no estarían considerados como llenadores de vacíos al menos no en el sentido de proveer pequeñas partículas para llenar los vacíos entre las partículas grandes.

Una mezcla de cemento y agua (o de cemento, mezcla mineral y agua) forma una suave, plástica pasta que envuelve las partículas de agregado y en el curso del proce-

se del mezclado, se separa de ellas. Así en un sentido, la función de una mescla mineral es incrementar la pasta obtenida en la mescla y así también su capacidad de deformación plástica.

Es deseable seleccionar un aditivo teniendo características físicas favorables. El aditivo será tal que la pasta contendrá una máxima proporción de materia sólida y una mínima proporción de agua. Esto requiere que las partículas de mineral no tengan forma desfavorable y que el área superficial no sea demasiado alta.

Sea o no la pasta en una mescla de concreto dada puede ser beneficiada por mescla mineral dependiendo de varios factores. Un criterio es que el contenido de sólido en la mescla puede por eso ser incrementada o, en otras palabras, la suma de agua y aire contenido es reducida.

Para aserlar que este criterio puede ser encontrado por el uso de mesclas minerales es necesario conocer la interrelación entre el contenido de agua más aire, relación agua - cemento, y contenido de pasta para el cemento especificado y agregada a ser usado. Una discusión de esta relación es presentada por el uso de mesclas minerales dada en las páginas 139-143 del informe de 1954.

Proporcionamiento

Las mezclas de minerales finamente divididos han sido usadas en un gran rango de proporciones de mezclas para cemento Portland.

En algunos casos, el peso de cualquier volumen sólido de una mezcla usada en una mezcla reproporcionada será igual al del cemento que es reemplazado. Usualmente, sin embargo el volumen de aditivo empleado deberá ser mayor, si el concreto que contiene el aditivo es proporcional para propiedades óptimas y máxima economía. Estos materiales por lo tanto propiamente estarían vistos como otra clase de ingredientes de concretos y no como reemplazantes de cemento.

Algunos materiales, especialmente esos de gran finura, usualmente son empleados en proporciones de 5 á 15% del valor del cemento; y otros usualmente en el rango de 15 á 30 % ; y en algunos casos el valor de una puzolana o mezcla cementante usada es más grande que el valor del cemento Portland. Recomendaciones han sido hechas para puzolanas cenizas volantes, en concreto estructural en el cual las mezclas sin puzolana contienen 4, 5 á 6 bolsas de cemento Portland por yarda de cúbica y puede reproporcionarse dejando de lado 94, 83 y 71 libras de cemento Portland respectivamente, cuando 150 á 175, 125 á 137 y 100 libras de ceniza volante son usadas, para producir concreto de resistencia y trabajabilidad equivalente.

Esas recomendaciones también contemplan que en

general; cerca de 2 galones menos de agua se requiere por yarda cúbica en las mezclas de igual trabajabilidad y resistencia proporcionada con cenizas volantes que la que es requerida en mezclas comparables sin cenizas volantes. La reducción de agua contenida en concretos con cenizas volantes, es atribuida a los efectos beneficiosos en la trabajabilidad del concreto producido por las formas típicas esféricas de las partículas, suavidad de las mismas y la textura superficial densa de la partícula de ceniza. Muchos materiales punzolánicos debido a sus dimensiones, formas, textura superficial y granulometría de partículas, causa un incremento de agua requerida en preparar el concreto en el cual ellos se usan; en comparación con los concretos sin punzolanas. Cuando el agua contenida es incrementada, la absorción, contracción por secado y permeabilidad del concreto puede ser incrementado.

En el proceso Trief, el que ha sido usado en construcción pesada en Europa, la escoria granulada de altos hornos es molida con agua y añadida al concreto como ligante. Para la presa Mort, la que contiene 863,000 yardas cúbicas de concreto, el cementante medio consiste en 68.3 % de tierra húmeda molida de escorias, 30% de cemento portland y 1.5 % de cloruro de sodio.

Alguna indicación sobre proporciones satisfactorias para el uso de aditivos coescentes y punzolánicos añadidos en concreto son dados por especificaciones para cementos molados. Las normas ASTM y especificaciones fede-

rales para cemento portland de escorias de altos hornos requieren el uso de 25 a 65 % de escorias de altos hornos ag ne una mezcla solida conjuntamente en el producto terminado. Las especificaciones federales para cemento portland puzolánico requieren que el porcentaje de puzolanas por peso esté entre 15 y 35 %, las normas ASTM requieren entre el 15 y 50%. Una lista de materiales que pueden ser usados como aditivos puzolánicos en la fabricación de cemento portland puzolánico incluye: arcilla esquistosa, arcilla, tierra de diatomeas, tufa, ceniza volcánica, pomas, tierra calcinada o sin calcinar y ceniza volante.

EFFECTOS SOBRE LA RESISTENCIA

Los efectos de un aditivo mineral sobre la resistencia del concreto varía marcadamente con las propiedades de las partículas usadas en la mezcla y con las características de la mezcla de concreto en la cual se usa. Generalmente la resistencia de mezclas pobres es incrementada y la resistencia de mezclas ricas es decrecida. La contribución a la resistencia por puzolanas y mezclas cementantes y usualmente son relativamente lentas, particularmente a bajas temperaturas. Bajas condiciones favorables de cura, las resistencias a más edad típicamente será más alta que la que se obtiene con cemento portland solo, no obstante, grandes variaciones resultan con el uso de diferentes aditivos.

En todos los casos la cura húmeda será continua.

da más tiempo para proporcionar el desarrollo de la resistencia potencial que es necesario con concreto que no contiene puzolanas o mezcla cementante.

EFFECTOS DE RESISTENCIA A SULFATOS

Puzolanas y materiales cementantes han sido usados en estructuras expuestas al agua del mar u otras aguas con teniendo sulfatos. Los materiales puzolánicos generalmente son empleados en la proporción de una parte de puzolana a cinco partes de cemento portland a una de puzolana a dos partes de cemento portland, calculados cada una por peso o por volumen absoluto.

Ellos generalmente tienen una gravedad específica más baja que el cemento portland; por eso; si se usa en bases pesadas, resultará un mayor total de volumen absoluto de material cementante. El uso de materiales puzolánicos como cemento portland resistente a sulfatos generalmente incrementará la resistencia del concreto al agresivo ataque del agua de mar, soluciones de sólidos conteniendo sulfatos y aguas naturales ácidas. El progreso relativo es más grande para concretos de bajo contenido de cemento. El uso de puzolanas con cemento portland resistente a sulfatos no incrementa la resistencia a los sulfatos y si componentes aluminicos químicamente activos están presentes en las puzolanas puede actualmente causar una reducción en la resistencia al sulfato del concreto.

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA DE FRAGUA

Puzolanas y aditivos cementantes han sido usados en grandes estructuras hidráulicas donde es deseable reducir el contenido de cemento portland para bajar la temperatura de fragua que resulte del calor liberado por hidratación del cemento. Las proporciones usadas para este efecto son usualmente, similares a los usados para el mejoramiento de resistencia a sulfatos.

EFFECTOS SOBRE LA EXPANSION CAUSADA POR LA REACCION DE ALCALI-AGREGADO

El uso de puzolanas para el específico efecto de prevenir la excesiva expansión causada por la reacción de alcali - agregado fue recomendada en 1947.

Sin embargo, han sido solo en pocos casos en los cuales una mezcla ha sido usada en concreto conteniendo agregados reactivos conocidos y cementos altamente alcalinos conocidos la puzolana alivia la excesiva expansión esperada. Los datos sobre esos proyectos no estuvieron en disposición por el comité.

La reacción del alcali - agregados involucra la interacción de alcali en el cemento portland con ciertos constituyentes silíceos de los agregados en el concreto. Los productos de esta reacción pueden causar excesiva expansión, agrietamiento, en general deterioro del concreto.

El término "Alcali" se refiere al sodio y potasio presente en relativamente pequeñas proporciones expresadas como brido de sodio (suma del porcentaje de Na_2O y 0.658 veces el porcentaje de K_2O). Cuando este tipo particular de afección de concreto fué primero descrito por STAFON en 1940, el solo aparente remedio fué el uso de cemento portland de bajo contenido alcalino (0.60% o menos computado como Na_2O) o el evitar agregados reactivos.

Los datos como fiel experiencia y record de servicio de concreto en el cual cementos de bajo contenido alcalino y agregados reactivos fueron empleados no han indicado que expansión excesiva ocurrirá. Sin embargo, un considerable número de pruebas de laboratorio han indicado que expansiones excesivas son posibles bajo algunas condiciones de exposición si algunos tipos de agregados son combinados con cemento de bajo alcali. Ha sido también indicado por pruebas de laboratorio que ciertas puzolanas naturales o artificiales son capaces de reducir la expansión causada por la reacción alcali - agregados; sin embargo algunas otras puzolanas han mostrado pequeña habilidad para prevenir la excesiva expansión. Es, por eso, necesario evaluar por pruebas la habilidad individual de los materiales puzolánicos para controlar la reacción alcali - agregado. Un examen acelerado para determinar la reacción que afecta la expansión de mortero es usualmente usado para este propósito.

Tres clases de puzolanas incluyen los materiales los cuales han sido encontrados que reducen significativa-

mente la expansión causada por la reacción alcali-agregados en morteros o concretos:

1. - Silices amorfas o silices y sustancias silíceas incluyendo algunos opales y resas altamente opalinas, ciertos vidrios volcánicos, tierra de diatomeas, arcillas calcinadas del tipo caolín, y ~~algunas cenizas volantes~~.

2. - Arcillas del tipo montmorillonita contienen de calcio como cation intercambiable las cuales han sido calcinadas entre los 1000 a 1800 °F, pero no a una temperatura suficientemente alta como para destruir la estructura original.

3. - Combinaciones sobre las dos categorías incluyendo silice arcilla - esquistosa; ejemplo: ciertos silices arcilla esquistos y ciertas pomas alteradas las cuales son mezclas de arcilla montmorillonita y vidrio volcánico. La cantidad conveniente requerida de pusolana en un concreto para controlar esta reacción variará con los agregados individuales y con el contenido de alcalí del cemento.

Amplia protección sería generalmente obtenida por el uso de proporciones colocando de 20 a 35 % por peso del cemento. El uso de estos valores usualmente no alteran las propiedades físicas del concreto como resistencia y trabajabilidad. Ciertos materiales sin embargo, cuando están fi

amente divididos y con alto contenido opaline (ejemplo : ciertas tierras de diatomas y horsteno opalino) prevendrán la expansión cuando son usados en cantidades menores que el 15% o menor peso del cemento. La proporción del 10 % menos por peso del cemento ciertas pusolanas pueden incrementar la expansión del concreto conteniendo agregados que reaccionan y cemento altamente alcalino presumiblemente porque la interacción de una porción del cemento alcalino con la pusolana produce una proporción de reacción sílice hacia los aloalis útiles los cuales en mayor grado aproximado terminantemente que sea el óptimo (o pésimo) para formación de gel expansiva sílice - alcalina.

Consideraciones tambien deben ser dadas en el uso de materiales finamente divididos el incremento usualmente servido en el agua requerida. Vemos tambien la necesidad de este reporte sobre aditivos químicos para reducir la expansión por agregado alcalino.

Aditivos a prueba de humedad y reductores de permeabilidad.

Algunas presas de concreto en diques, muros de retención, tanques y otras estructuras muestran evidencia de derrame, usualmente tal derrame es el resultado de defectuosa producción y colocación de concreto, o es debido a grietas en la estructura.

Quando se usan mezclas de concreto propiamente proporcionadas y son colocadas con alta calidad de sang

fastura bajo calificada inspección, el concreto en una estructura sería virtualmente impermeable, aunque el derre-no puede ocurrir todavía por medio de grietas. El uso de ciertos aditivos ha sido admitido como un medio de corrección de deficiencia de la mezcla, o de facilitar mejor manufactura.

Tal uso de aditivos es con el propósito de modificar beneficiosamente las características del concreto fresco.

Un aditivo descrito a prueba de agua, o como un agente reductor de permeabilidad; puede tener algunos efectos beneficiosos sobre las propiedades del concreto fresco no directamente indicadas por el nombre.

Por ejemplo, puede promover aire incorporado y así propiamente puede ser considerado un aditivo incorporador. En este caso, no solamente esta acción sino también la acción de este reporte sobre aditivos incorporadores de aire es pertinente. En esta acción tratamos de esos aspectos directamente implicados por los términos a prueba de humedad o reductores de permeabilidad. Tales términos implican un efecto sobre las propiedades del concreto endurecido, a parte de otros como los efectos que los aditivos podrían tener sobre mezclas de concreto fresco. La siguiente discusión por eso trate los posibles efectos de tales agentes sobre las propiedades del concreto endurecido.

Los términos a prueba de humedad y prueba de a -

gua implican prevención de penetración de agua de concreto fresco; e impedimento de transmisión de agua a través del concreto sin saturar. Sin embargo, aditivos no han sido encontrados para producir tales efectos; los términos han venido a significar una reducción en valor de penetración de agua en concreto seco, o en valor de transmisión de agua en concreto sin saturar desde el lado húmedo al lado seco.

El término permeabilidad usualmente se refiere a un coeficiente dando el valor al cual el agua es transmitida a través de un espécimen saturado de concreto, bajo una gradiente hidráulica mantenida externamente.

ADITIVOS A PRUEBA DE HUMEDAD O A PRUEBA DE AGUA

Aditivos a prueba de humedad incluyen jabones, butil estearato y ciertos productos de petróleo. Los jabones comprenden sales de ácidos grasos, usualmente calcio o estearato u oleato de amonio. Con la excepción del butil estearato, ellos causan incorporación de aire durante el mezclado. Entre los productos de petróleo terence acetos minerales, emulsiones de asfaltos y ciertos asfaltos Cut-back. Aditivos tales como esos por reducir la penetración de los poros visibles, pueden retardar la penetración de lluvia en bloques de concreto hechos de mezclas de plásticas.

Datos de pruebas muestran que ellos se reducen

también el valor de penetración de humedad en los microporos del concreto seco, pero no hay indicación que hay efectos comparables en la transmisión de humedad a través del concreto sin saturar, excepto cuando el concreto contiene pasta teniendo relativamente alta porosidad. Una pasta de alta porosidad resulta de bajo contenido de cemento y correspondientemente alta relación agua cemento; falta de cura, o ambos factores. Si el concreto tiene una porosidad suficientemente baja tal como la obtenida de la producción de pasta bien curada teniendo una relación agua - cemento no sobre 0.6 por peso, los agentes a prueba de humedad no dan apreciable mejoría.

La Building Research Advisory Board informó que en la opinión de la mayoría de 61 observadores interrogados, los aditivos a prueba de humedad no son efectivos o aceptables en el control de liberación de humedad a través de losas sobre suelo. También reportaron que el consejo especial de un comité al Building Research Advisory Board llegaron a la siguiente conclusión en base de datos de pruebas sobre transmisión de humedad a través de losas de concreto sin saturar:

"El comité no encontró adecuados datos para demostrar la ineficiencia de cualquier aditivo para reducir la transmisión de humedad a través de losas de concreto sobre tierra en una manera suficiente para reemplazar a una de las dos un obstáculo de vapor a base granular, o ambas, bajo condiciones donde tal protección sería necesaria.

ADITIVOS Y REDUCTORES DE PERMEABILIDAD

Aditivos sobre la clase discutida anteriormente no reduce el coeficiente de permeabilidad de concreto saturado. Sin embargo, minerales en polvo, propiamente proporcionalizado, reducen la permeabilidad de mezclas en las cuales el contenido de cemento de la pasta es relativamente bajo. Bajo condiciones donde estos efectos son obtenidos. Hay usualmente también una reducción con el valor de agua por yarda cúbica, y así una pequeña reducción de porosidad.

La reducción del total de agua contenida por medio de aditivos reductores de agua reducirían el total de porosidad lentamente, pero no hay adecuado dato para demostrar que la permeabilidad se con eso reducida materialmente.

Aditivos acelerantes tales como el cloruro de calcio incrementan el valor promedio de hidratación y con eso reducen el período de tiempo requerido para una mezcla de concreto para alcanzar una función dada en su último grado de impermeabilidad. Sin embargo, cualquier ventaja obtenida por este camino es solo temporal donde que, si las condiciones son tales que el agua está siendo transmitida a través del concreto, ellos son también condiciones a continua hidratación del cemento.

ADITIVOS LIGANTES

Los aditivos ligantes son aguas emulsionadas con cualquiera de los varios materiales orgánicos que son mezclados con cemento portland y lechada de mortero para aplicación a una superficie vieja de concreto justo antes de colocar mortero o concreto de remiendo, o son mezclados con los materiales de remiendo de la capa superior, sus funciones incrementan la resistencia por adherencia entre el viejo y nuevo concreto o reducir o evitar de las modificaciones de las propiedades del nuevo concreto, los esfuerzos de adherencia desarrollados, o ambos. Este proceso se usó en remiendes de concretos corroídos e descascarados o añadido relativamente en capas delgadas de nueva superficie. Estos materiales han sido hallados útiles también en la formación de pinturas de cemento y para ligas de estacas de cemento portland.

Los aditivos ligantes comúnmente usados son los de caucho natural, caucho sintético, o cualquiera del gran número de polímeros orgánicos o copolímeros. El polímero incluye el grupo de polivinil, acetato de polivinil, acrílicos y butadieno - estireno copolímero.

Los aditivos ligantes caen dentro de dos categorías generales, a saber, tipos reemulsionantes y tipos no reemulsionantes. Los tipos no reemulsionantes son resistentes al agua y son por eso mejor acondicionados a exterior aplicación y usados en áreas donde la humedad prevalece. La capacidad de un aditivo ligante, de curar y

duresa en contacto con concreto húmedo, y la retención de resistencia de curado en la presencia de agua, con factores importantes para ser considerados en la selección de materiales para este uso.

Esas emulsiones son generalmente añadidas a la mezcla en proporciones equivalentes de 5 a 20 % por peso de cemento. La cantidad usada actualmente depende del tipo de mezcla ligante a ser preparada y de las condiciones de trabajo. Los aditivos ligantes usualmente originan incorporación de aire y una consistencia viscosa en mezclas de lechadas. Ello solo son efectivos en limpias y finas superficies puesto que la resistencia de la liga es solamente tan buena como la resistencia del material al cual es añadido.

ADITIVOS QUÍMICOS PARA REDUCIR LA EXPANSION ALCALI- AGREGADOS

Datos de pruebas indican que pequeñas adiciones de ciertas sustancias químicas pueden ser efectivas en de crecer la expansión resultante de la reacción alcali- a agregados. Reducciones muy marcadas en expansión de especímenes de mortero de Laboratorio han sido informados por adición de 1% por peso del cemento de sales de litio y por adición de 2 a 7 % de ciertas sales de bario. Reducciones moderadas de expansiones fueron también obtenidas con ciertas proteínas usadas con aditivos de aire incorporado y con algunos reductores de agua, aditivos retardadores de fragua.

Fue encontrado que algunas de esas sustancias fueron más efectivas en reducir la expansión que otras. - Los resultados informados son limitados y nuevos trabajos son necesarios. Hay alguna evidencia que las expansiones debidas a la reacción alcalí - agregados son lentamente bajadas por aire incorporado. El uso de puzolanas para prevenir la excesiva expansión causada por la reacción alcalí - agregados es descrita en la sección de aditivos de mineral finamente divididos.

ADITIVOS QUE INHIBEN LA CORROSION

Muchos investigadores han estudiado la corrosión del hierro y el acero con partículas referencias o revestimientos protectores. CUSHMAN AND GARDNER presient: " Las consecuencias parecen ser que el concreto proporciona amplia protección al acero embebido en él, excepto en ciertos casos en los cuales infiltraciones o percolaciones de agua encuentran un camino a través del concreto llevando en su recorrido el alcalí libre presente en forma de cal o hidróxido de calcio. De acuerdo a CUSHMAN, los óxidos ligeramente solubles serían teóricamente los mejores protectores contra la corrosión del hierro y acero.

Sin embargo, en estudios de pinturas preparadas con pigmentos granudos, él encontró que pigmentos que cualquier impureza soluble que tienda a estimular la corrosión no proveerá protección para el metal.

El concluye que: "Al la superficie del acero está sujeta a la acción de 2 influencias que cumplen e contienen, una tendiendo a estimular la corrosión y la otra a inhibirla, el resultado será un requerimiento de la acción defensiva del inhibidor en los puntos debilitados, de ese modo localizando la acción y acondicionando a efectos de pinturas.

El problema de corrosión del acero de refuerzo en concreto ha sido generalmente limitado a concreto expuesto a aguas salinas o aguas sulfúreas, o suelos conteniendo cloruros en los cuales los cloruros pueden llegar hasta el acero por difusión o través del concreto o por entrada a través de grietas. Probablemente porque está reconocido que el concreto está protegido así mismo, y por que el trabajo con pinturas que indican que inhibidores tal como arsenitos proveerían protección bajo condiciones donde cloruros podrían entrar al concreto, hay poca información en la literatura técnica perteneciente al uso de aditivos para inhibir la corrosión en el concreto.

Levie Mason y Brereton informaron sobre un trabajo hecho con referencia a los procesos patentados por DOUGILL por el North Thames Gas Board en el cual el benzoato de sodio es usado como un aditivo inhibidor de corrosión para proteger el acero en concreto reforzado. En este proceso 2% de benzoato de sodio es usado mezclado con el agua; o un 1% de lechada de cemento benzoato es usado para pintar el concreto reforzado.

de 6 años. El benzoato de sodio es también un acelerador de resistencia⁹ la compresión, se ha encontrado por análisis químicos que el benzoato de sodio permanece presente como tal en el concreto después de 5 años de exposición, 1.5% ha sido recuperado para concreto en el cual ha sido añadido 2%.

Kondo, Takeda y Hideohima estudiaron la corrosión del concreto expuesto a cualquier corriente alterna o continua y encontraron muy pequeña corrosión en concreto que no tiene aditivos y severa corrosión en concretos que contienen cloruros. Ellos encontraron que un aditivo conteniendo ligero sulfato de calcio decrece el grado de corrosión del acero en el concreto que contiene cloruro de calcio.

En la manufacture de ciertos productos de concreto conteniendo acero, puede ser deseable acelerar el grado de desarrollo de resistencia, por uso de aceleradores químicos y calor; el último usualmente en forma de vapor a presión atmosférica.

Cuando el cloruro de calcio es usado como acelerante en este tipo de cura el grado de corrosión del acero ha sido estudiado mediante estudios de laboratorio que puede ser acelerado. Sin embargo Arthur y Vivian, encontraron que ciertos compuestos los cuales contienen un ion trivalente, tal como cloruro de estaño, cloruro de hierro, trisulfato de sodio, actúan con acelerantes como con base el

cloruro de calcio, pero también parece causar menos corrosión que el flúor de los nombrados. El cloruro de estaño parece ser el mejor de los productos probados y 2% de la sal por peso de concreto fué más efectivo que el 1% y tal g feste con porcentajes mayores, embon desde los puntos de vista de aceleración y resistencia a la corrosión. El cloruro estafioso oxida el cloruro de estaño cuando está en solución y puede también oxidar in situ donde el concreto relativamente pobre permeable proporciona una adecuada protección contra el acceso de oxígeno. Para uso efectivo la sal debe ser añadida al concreto en forma estafiosa y debe ser usado en concreto denso.

El nitrato de sodio ha sido investigado por MURK-VIN y ALEXBYER como un inhibidor de corrosión de acero en productos tratados en autoclave. Estos autores sugieren que la alta alcalinidad, la cual está normalmente presente en concreto y lo cual sirve para pasivizar (proteger el acero de corrosión) el acero puede ser considerablemente reducido por tratamientos especiales de autoclave en presencia de aditivos silicio, 2 a 3 % de nitrato de sodio por peso de cemento fue encontrado que es un eficiente inhibidor bajo esas condiciones. Garapin encontró por testigos al macenado que 2% de nitrato de sodio fue efectivo en prevenir corrosión del acero en concreto conteniendo cloruro de calcio. Han sido hechas advertencias contra el uso de inhibidores. Por ejemplo la South African National Building Research Institute hizo la siguiente sugerencia: "Aditivos integran": aunque cierto tipo de materiales inertes y

reactivos han mostrado ventajas. Su uso no puede ser recomendado en este momento porque la evidencia que se tiene de insuficiente efectividad o posible desventaja o utilidad.- EVANS hizo la siguiente relación " Un beneficioso efecto para la adición de inhibidores puede razonablemente ser explotado si la superficie del acero está limpia y ausente de óxidos, pero bajo tales condiciones es improbable tener serios disturbios aún sin adicionar inhibidor. Pende de las PARTÍCULAS de cemento que hay un peligro de que el modo implícito que el inhibidor llegue hasta el metal que está bajo él, pudiendo establecerse la combinación de pequeños nodos con largos estados, originando malos resultados.

ADITIVOS FUNGICIDAS, GERMICIDAS INSECTICIDAS

Ha sido sugerido que ciertos materiales pudiendo ser incorporados como adición en el cemento o adicionando como aditivo para impartir propiedades fungicidas, germicidas e insecticidas en pasta de cemento adonadas, morteros y concretos. Esos materiales incluyen fenoles polihidrogenados, emulsión de cloro y compuestos de cobre.

ADITIVOS FLOCULANTES

La adición de pasta de cemento, morteros y concretos de ciertos polielectrolitos sintéticos, está informado que incrementa la tasa de erosión y decrece la capacidad de erosión de partes de cemento. Para reducir el

flujo de pastas y morteros, y para incrementar la resistencia y cohesividad de morteros.

ADITIVOS COLORANTES

Los pigmentos son a menudo adicionados para producir color en el concreto terminado. Los requisitos para aditivos colorantes incluyen :

1. - color ligero cuando está expuesto a la luz del sol.
2. - estabilidad química en la presencia de alcalinidad producida en el cemento fraguado.
3. - efectos no adversos sobre el tiempo de fraguado o desarrollo de resistencia del concreto.
4. - estabilidad de color en concreto autoclavado producido durante las exposiciones a las condiciones en el autoclave. Para información en colores ligeros resistencia de alcalía y estabilidad a elevadas temperaturas de varios pigmentos debe ser hecha por " Payne".

Los pigmentos frecuentemente usados son.....

T A B L A 1

Colores de varios pigmentos

(a la siguiente pg.

Colores de varios pigmentos

grado de color	pigmentos
grises o negro	óxido negro de hierro negro mineral negro carbón
azul	azul ultramarino azul pentacianuro
rojo brillante o rojo oscuro	óxido rojo de hierro
marrón	óxido marrón de hierro
saffil, crema, o amarillo rojizo	óxido amarillo de hierro.
verde	óxido de cromo pentacianuro verde
blanco	dióxido de titanio

Pigmentos inorgánicos son usualmente añadidos en valores de 2 a 10% por peso de cemento y no serían añadidos en valores mayores que el 10% excepto como se indica más g

delante, muchos de estos pigmentos son disponibles como color natural o tierra de color o como un material sintético. Sin embargo el precio unitario puede ser más alto; los materiales sintéticos son a menudo más económicos en uso porque traen mejores colores y gran firmeza y pureza. Ellos también pueden ser más uniformes que los materiales naturales.

Los pigmentos preferiblemente podrían ser cuidadosamente mezclados o entremezclados con el cemento seco, pero ellos también son usados con éxito cuando son mezclados en la mezcla de concreto seco antes de la adición de agua de mezclado.

Muestras de prueba con observación del concreto seco resultante deberá hacerse para determinar el dosaje requerido de pigmentos. El color producido en concreto varía también con el equipo y procesos empleados en el acabado de la superficie y las condiciones de cura.

Negro carbón es añadido en valores de 1/2 a 1% por peso de cemento. La adición de negro usualmente requiere un considerable incremento sobre el volumen normal del agente requerido de aire incorporado, para producir el deseado aire contenido en el concreto.

Cemento blanco más bien que el verde es a menudo más efectivo y económico que pigmentos blancos tal como dióxido de titanio, para ligeros y claros colores se requerido el uso de aguas limpias ligeramente y finos agregados como

así cemento blanco.

Los primeros pentalecianuros orgánicos verdes y azules no fueron satisfactorios para uso en concreto como los materiales de que ahora se dispone disueltos en agua o como pigmentos secos son satisfactorios.

Algunos pigmentos se destruyen durante el autoclave, muchos de los óxidos amarillos de hierro, naranja y los marrones se deshidratan a rojas y las porciones de óxido ferroso de algunos óxidos negros de hierro se oxidan a óxido ferroso color rojo, durante el enfriamiento. En productos de autoclave y pigmentos conteniendo níquel, tal como las tierras y minerales negros, pueden ser añadidos en valores mayores que el 1% por peso de cemento porque ellos pueden causar una compensación de la ganancia en resistencia a través de su acción volcánica.

RECONOCIMIENTO

El comité desea agradecer su esfuerzo a los autores del Report COMITE ACI 954 el cual fue preparado bajo la dirección de W. T. Moran. El presente presidente del Comité 212 desea agradecer su ayuda a los miembros del presente comité y particularmente MERRIS HANSEN, RAYNER NIELSEN, FOWER, y PRIOR quien sirvió con jefes del sub comité y responsable para la preparación del material sobre varias clases de aditivos, y como un comité editorial para el completo informe.