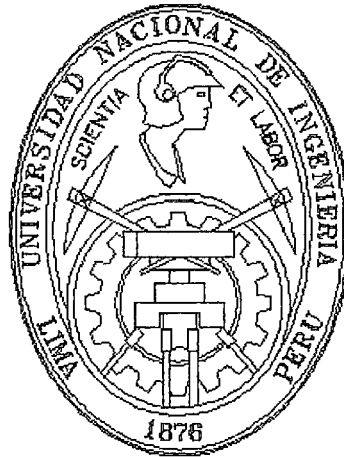


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL
CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO
PORTLAND TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55”**

**TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**GUIDO ROGER HUAYLLAS COSME
(PROMOCION 1,996-II)**

**LIMA – PERU
2,000**

Digitalizado por:

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

Gracias al:

Ing° Enrique Pasquel Carbajal, por su apoyo brindado durante la elaboración de los ensayos y sobretodo por autorizar el uso de los equipos de laboratorio de la empresa UNICON C+H.

Un agradecimiento especial al Ing°
Carlos Barzola Gastelu, por su valioso
apoyo y asesoramiento en la elaboración
de esta tesis.

Gracias...

Un agradecimiento especial al Ing°
Amaru López Benavides, por su apoyo
incondicional para la culminación de la
presente tesis.

Gracias...

Con todo cariño

A la memoria de mi padre, por ser un trabajador ejemplar, por desear y apoyar la superación de sus hijos, por sus enseñanzas, grande pa'.

A mi querida madre por su amor incondicional, por su sufrimiento al vernos caer, por su alegría al vernos reponer, por ser quien nos ilumina el camino de la vida, por ser mi madre.

A mis hermanos, gracias por el apoyo brindado.

A mis hermanas Erlinda, Elsa y Ofelia, por hacer posible la culminación de mis estudios...

Gracias...

A Karim
Por su amor, compañía y apoyo

INDICE

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCIÓN	001
CAPITULO I:	
"EL CEMENTO"	
1.1 CEMENTO PORTLAND (DEFINICION NORMALIZADA)	004
1.1.1 EL CLINKER	
1.1.2 TIPOS DE CEMENTO	
1.2 COMPOSICION QUÍMICA	006
1.2.1 COMPONENTES PRINCIPALES	
1.2.2 COMPONENTES SECUNDARIOS	
1.2.3 COMPUESTOS PRINCIPALES	
1.2.4 COMPUESTOS SECUNDARIOS	
1.3 CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS	011
1.3.1 PROPIEDADES FISICAS	
1.3.2 PROPIEDADES MECANICAS	
CAPITULO II:	
"CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS"	
2.1 GENERALIDADES	018
2.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	
2.2.1 AGREGADO FINO	019
2.2.1.1 GRANULOMETRIA Y MODULO DE FINURA	
2.2.1.2 SUPERFICIE ESPECIFICA	
2.2.1.3 PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION	
2.2.1.4 PESO UNITARIO Y COMPACTADO	
2.2.1.5 CONTENIDO DE HUMEDAD	

	PAGINA
2.2.2 AGREGADO GRUESO	028
2.2.2.1 GRABULOMETRIA, MODULO DE FINURA Y TAMAÑO MAXIMO	
2.2.2.2 SUPERFICIE ESPECIFICA	
2.2.2.3 PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION	
2.2.2.4 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO	
2.2.2.5 CONTENIDO DE HUMEDAD	
2.2.3 AGREGADO GLOBAL	036
2.2.3.1 PESO UNITARIO COMPACTADO	

CAPITULO III:

"DISEÑO DE MEZCLAS"

3.1 INTRODUCCION	039
3.2 CRITERIO DE DISEÑO	040
3.3 COMBINACION DE AGREGADOS CON MAYOR PESO UNITARIO	041
3.4 DISEÑO DE MEZCLAS (PARA A/C = 0.40, 0.45, 0.50 Y 0.55)	044
3.5 DOSIFICACION DE CONCRETO PARA LOS ENSAYOS	046

CAPITULO IV:

"ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

4.0 GENERALIDADES	047
4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	048
4.1.1 METODO PARA MEZCLADO DE CONCRETO EN EL LABORATORIO	
4.1.2 CONSISTENCIA (ASENTAMIENTO)	
4.1.3 PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO	
4.1.4 TIEMPO DE FRAGUADO	
4.1.5 CONTENIDO DE AIRE	
4.1.6 EXUDACION	
4.1.7 FLUIDEZ	
4.1.8 ELABORACION DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO	
4.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	056
4.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION	
4.2.2 RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL	
4.2.3 MODULO ELASTICO ESTATICO	

CAPITULO V:**"CUADROS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO"**

5.1 GENERALIDADES	062
RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN EL ESTADO FRESCO	064
RESUMEN DE LOS VALORES OBSERVADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	065
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA POR COMPRESION DIAMETRAL	066
MODULO ELASTICO ESTATICO	067

CAPITULO VI:**"ANALISIS DE REGRESION Y CORRELACION DE LOS RESULTADOS
OBTENIDOS"**

6.0 GENERALIDADES	068
6.1 AJUSTE DE LAS CURVAS DE REGRESIÓN POR EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS	069
6.1.1 CORRELACION	
6.2 EVALUACION DEL GRADO DE CONTROL	073
6.3 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LAS CURVAS DE REGRESIÓN CUADROS DEL ESTUDIO DE REGRESION GRAFICOS DEL ESTUDIO DE REGRESION	076

CAPITULO VII:**"CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS"**

RELACION DE CUADROS	109
RELACION DE GRAFICOS	109
CUADROS DEL CONCRETO FRESCO	
GRAFICOS DEL CONCRETO FRESCO	
GRAFICOS DE LOS ANALISIS DE REGRESION Y CORRELACION EFECTUADOS	

CAPITULO VIII:**"ANALISIS DE LOS RESULTADOS"**

8.1 GENERALIDADES	156
8.2 ANALISIS DE LOS ENSAYOS PARA EL CONCRETO FRESCO	157
8.3 CORRELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y LA RELACION AGUA/CEMENTO	161
8.4 DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN	161
8.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	162
8.5.1 RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y LA RELACION AGUA/CEMENTO	
8.5.2 RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y LA EDAD	
8.5.3 INCREMENTOS PORCENTUALES DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION	
8.6 RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESIÓN DIAMETRAL Y LA RELACION AGUA/CEMENTO	164
8.7 MODULO ELASTICO ESTATICO	165

CAPITULO IX:**"CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"**

9.1 GENERALIDADES	167
9.2 CONCLUSIONES	
CONCLUSIONES DEL CONCRETO FRESCO	168
CONCLUSIONES DEL CONCRETO ENDURECIDO	169
9.3 RECOMENDACIONES	171

ANEXOS

	PAGINA
ANEXO I: "ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS"	185-196
ANEXO II: "DISEÑO DE MEZCLAS"	197-216
ANEXO III: "COSTO POR M³ DE CONCRETO"	217-219
ANEXO IV: "RESULTADOS DE LOS ENSAYOS"	220-255
ANEXO V: "ANALISIS ESTADISTICO DE REGRESION Y CORRELACION"	256-273
ANEXO VI: "NORMA ASTM C – 469 - 94"	274-285
ANEXO VII: "FOTOGRAFIAS" "BIBLIOGRAFÍA"	

INTRODUCCION

INTRODUCCION

En la actualidad el concreto es frecuentemente utilizado en obras diversas y en volúmenes grandes, tal es así que la técnica actual de la construcción con concreto exige la predeterminación de las propiedades de éste con la mayor exactitud posible, para lo cual su dosificación debe efectuarse racionalmente.

La calidad del concreto depende de sus propiedades, tanto al estado fresco como al endurecido. La más notable y la más corrientemente usada para referirse a él, es la resistencia al esfuerzo de compresión. Por ello, la información necesaria para el cálculo de mezclas, por lo general, se dan en función de la resistencia a la compresión y/o durabilidad del concreto endurecido.

Generalmente, las tendencias de fabricación de mezclas de concreto, nos conlleva a realizar los procesos de dosificación en base a tablas elaboradas por el comité del A.C.I (American Concrete Institute), para Cementos Portland Normales de la clasificación ASTM C-150. Sin embargo, cuando se emplea éstas tablas nos dan valores que al ser utilizados resultan mezclas inapropiadas, con asentamiento diferente al esperado, obligando al usuario añadir agua para mejorar su trabajabilidad, lo que a su vez varía la relación a/c , por consiguiente la resistencia obtenida no será la requerida.

Es por ello, que la finalidad que persigue el presente trabajo, es encontrar ecuaciones y gráficos que describan mejor la relación que existe entre la resistencia al esfuerzo de compresión con la relación agua/cemento, apoyado en análisis estadísticos y/o expresiones matemáticas de regresión, correlación y ajustes por mínimos cuadrados.

Los ensayos se hicieron en mezclas con relaciones a/c de 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55 utilizando cemento tipo V – Andino.

La importancia que reviste el tema es de aportar e innovar para nuestro medio, los parámetros establecidos por las tablas del A.C.I (en lo que respecta a la determinación de a/c a través de la resistencia f_c), lo que servirá al usuario como diseño preliminar del concreto a usar en determinada estructura.

A continuación se presenta un resumen de cada uno de los nueve capítulos en los cuales se ha dividido el presente estudio:

En el Capítulo I; tratamos sobre las características físicas y químicas del cemento tipo V – producido por la empresa Cemento Andino S.A.

En el Capítulo II; se estudia a los componentes inertes del concreto; se utilizó los agregados fino y grueso, provenientes de las canteras San Martín y Gloria respectivamente, determinando sus características físicas en base a ensayos normalizados.

En el Capítulo III; merece destacarse especialmente puesto que está dedicado al diseño de mezclas, las mismas que se diseñan con un criterio de optimización; se detalla el procedimiento de diseño de mezclas del concreto utilizando volúmenes absolutos, para diferentes relaciones agua/cemento ($a/c = 0.40, 0.45, 0.50$ y 0.55).

En el Capítulo IV; se describen los procedimientos de ensayos efectuados en el concreto, tanto en el estado fresco (peso unitario, asentamiento, tiempo de fraguado, contenido de aire, exudación y ensayo de fluidez) como en el endurecido (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por compresión diametral y módulo elástico estático), adicionalmente se detalla el método de mezclado y la forma de elaborar las probetas cilíndricas de concreto.

En el Capítulo V; se muestran los valores obtenidos de los resultados de los ensayos descritos en el capítulo IV, para cada relación agua/cemento.

En el Capítulo VI; se muestran cuadros y gráficos que se elaborarán como consecuencia del análisis de regresión y correlación, para poder visualizar mejor el comportamiento de la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción del concreto respecto a los diferentes parámetros que intervienen en la presente investigación.

En el Capítulo VII; se muestra los resultados de los cuadros y gráficos obtenidos del análisis de regresión y correlación.

En el Capítulo VIII; se realiza un análisis de los resultados de cada uno de los diferentes ensayos realizados, ya sea del concreto al estado fresco como endurecido.

En el Capítulo IX; desarrollamos las conclusiones y recomendaciones resultantes de la investigación realizada.

Además, se incluyen **siete anexos**, que permiten un mejor entendimiento de algunos capítulos (análisis granulométricos, diseño del concreto paso a paso, comparación de costos del concreto, resultados de los ensayos, teoría de los análisis de regresión y correlación, norma ASTM-469-94 y fotografías).

Todos los ensayos necesarios para la realización de este trabajo de investigación fueron hechos en el Laboratorio de la empresa concretera UNICON C+H, agradeciendo especialmente al

superintendente de control de calidad el Ing. Enrique Pasquel Carbajal, quien dió la autorización y demás facilidades para hacer uso de las instalaciones y equipos de la mencionada empresa.

Nos sentiremos satisfechos si este trabajo, contribuye en aportar algunas respuestas y soluciones, a los problemas cotidianos en el empleo del concreto con cemento tipo V.

Así mismo estoy convencido de que el aporte de esta investigación contribuirá a enriquecer el conocimiento sobre el concreto usando los recursos de nuestro medio y por lo mismo ayudará a mejorar la calidad y servicio de las estructuras hechas con Cemento Portland tipo V,

CAPITULO I

CAPITULO I

EL CEMENTO

1.1 CEMENTO PORTLAND (Definición Normalizada)

El cemento portland es el producto artificial, obtenido por la pulverización del clinker, con la adición eventual de un porcentaje en peso de yeso natural (sulfato de calcio), se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total, siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Este material combinado con el agua produce una masa capaz de endurecer en forma similar a la piedra, el fenómeno químico generado es conocido como hidratación cuya velocidad de reacción esta directamente influenciado por la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápido y va disminuyendo paulatinamente con el tiempo, el proceso es exotérmico, pues genera un calor hacia el exterior denominado calor de hidratación.

1.1.1 CLINKER

Es un producto constituido en su mayor parte por silicatos de calcio, resultado de la sinterización de una mezcla convenientemente seleccionada y proporcionada de calizas, arcillas y otros minerales, o simplemente de calizas. La sinterización de la mezcla se obtiene en un horno rotativo, donde se produce la cocción a elevadas temperaturas (1400° - 1450°C) hasta la fusión parcial (clinkerización), donde los componentes mineralógicos de la mezcla se recombinan produciéndose el clinker. Si quisiéramos utilizar el clinker molido finamente como cemento, al mezclarlo con agua fraguaría tan rápido que no permitiría su manipuleo, por ello al momento de la molienda se le adiciona sulfato de calcio (yeso), para retardar el tiempo de fraguado.

Compuestos Principales del Clinker:

Silicato Tricálcico	: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	(40% - 65%) = C_3S
Silicato Bicalcico	: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	(10% - 30%) = C_2S
Aluminato Tricálcico	: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	(07% - 15%) = C_3A
Ferro Aluminato Tetracálcico	: $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$	(04% - 15%) = C_4AF

1.1.2 TIPOS DE CEMENTO

El cemento portland, se produce en cinco tipos, mismos que responden a diferentes requerimientos constructivos. Según la Norma Técnica Americana ASTM C-150 los tipos son:

CEMENTO PORTLAND TIPO I, NORMAL: Para usos generales en la construcción, donde no se requiere que el cemento tenga propiedades especiales.

CEMENTO PORTLAND TIPO II: Destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación.

CEMENTO PORTLAND TIPO III: Cuando se requiere una alta resistencia inicial.

CEMENTO PORTLAND TIPO IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

CEMENTO PORTLAND TIPO V: Es el cemento adecuado para estructuras de concreto expuestos al ataque de sales y/o sulfatos.

Nota: En el Perú solo se fabrica los Cementos Portland tipo I, II y V.

CEMENTO PORTLAND TIPO V

En el presente trabajo de investigación se utilizó el cemento Portland tipo V – fabricado por CEMENTO ANDINO S.A., según norma americana ASTM C-150 y la norma técnica peruana NTP 334.040.

Como se ha descrito líneas arriba, la característica más importante es su alta resistencia a las aguas agresivas (sales y/o sulfatos), debido a que presenta mayor proporción de compuesto férrico y menor proporción de aluminatos, que lo hace especial respecto a los otros tipos de cemento.

1.2 COMPOSICION QUIMICA

Las características y propiedades del cemento están íntimamente ligadas a sus componentes y compuestos mineralógicos.

1.2.1 COMPONENTES PRINCIPALES

Cuantitativamente el componente más importante del cemento es la cal siguiéndola a gran distancia la sílice, a ésta la alúmina y finalmente el óxido de hierro.

Estos son óxidos que provienen de la materia prima de tipo calizo arcilloso.

El grupo de componentes principales son :

-Cal (óxido de calcio)	C_aO	60 - 67%
-Sílice (óxido de silico)	SiO_2	17 - 25%
-Alúmina (óxido de aluminio)	Al_2O_3	3 - 8%
-Oxido férrico	Fe_2O_3	0.5 - 6%

Los componentes principales, indicados, no se encuentran como tales en el cemento portland, sino formando los constituyentes hidráulicamente activos, compuestos principales, a los que aquel debe sus propiedades conglomerantes.

A continuación se comentan brevemente :

- Oxido de Cal (CaO).**- Componente más importante del cemento, su predominio esta representado por un valor que oscila entre 60 y 67%.Proviene de la roca caliza ($CaCO_3$) que al recalentarse a una temperatura de $1000^{\circ}C$ se descompone en óxido de calcio y anhídrido carbónico.

- b) **Oxido de Silico (SiO_2).**- Constituye el 17-25% en el cemento, proviene de la mayor parte de las rocas en forma de cuarcita, arena de cuarzo, y areniscas. Es resistente e insoluble en agua.
- c) **Oxido de Aluminio (Al_2O_3).**- Proviene de las arcillas, es fundente. Se encuentra en un porcentaje que oscila entre 3% - 8%.
- d) **Oxido Férrico (Fe_2O_3).**- Su porcentaje oscila entre 0.5 y 6%, en el cemento blanco este óxido no debe existir. Este óxido es conocido como fundente, ya que gracias a él las combinaciones químicas indispensables para la elaboración del cemento se pueden dar a temperaturas menores de la necesaria.

1.2.2 COMPONENTES SECUNDARIOS

En el análisis químico de un cemento cabe distinguir dos grupos de componentes : el de los que, por su participación cuantitativa y su función puede denominarse principales y el de los que, en correspondencia, pudieran considerarse como componentes secundarios.

EL grupo de los componentes secundarios incluye :

-Pérdida por calcinación	P.C.
-Residuo insoluble	R.I
-Anhídrido sulfúrico	SO_3

Se hace a continuación un comentario de cada componente:

- a) **Pérdida por Calcinación (P.C).**- Calentada a una temperatura de 1000°C , una muestra de cemento disminuye su peso, a esta disminución se le conoce como "Perdida por calcinación", en este proceso de calentamiento se liberan anhídrido carbónico y agua. Según normas dadas por el ITINTEC, la P.C. para los cementos portland I, II y V debe ser de 3% y para los cementos portland puzolánicos de 6% como máximo. Si la pérdida por calcinación es mayor que los porcentajes dados, el cemento no puede ser utilizado en elementos estructurales, debido a que se encontraría en un proceso de hidratación que hace perder al cemento sus cualidades hidráulicas perjudicando al desarrollo de resistencia en relación con la edad.

Factores que originan P.C.

- Durante el proceso de fabricación del cemento, el clinker es rociado con agua a la salida del horno para acelerar su enfriamiento y hacer más fácil el molido, esta agua produce una mínima hidratación en la superficie del clinker.
- Ya almacenado, el clinker absorbe humedad del medio ambiente.
- El yeso que se le añade posee un 21% de agua químicamente combinado, además de la humedad propia de cantera que trae.

Por lo tanto; como el cemento es un material que absorbe la humedad del medio ambiente, es necesario que su almacenamiento se realice en lugares secos y exentos de aire.

- b) **Residuo Insoluble (R.I).**- Si consideramos la mezcla cruda del cemento vemos que la parte arcillosa, durante la cocción reacciona con la cal transformándose en minerales del clinker con solubilidad en los ácidos. Sin embargo, siempre existe una porción de cemento que no ha logrado disolverse con ácido clorhídrico, a esta porción se le conoce como R.I

El R.I. nos indica el nivel de perfección de las reacciones que se dan en el horno, durante la cocción.

- c) **Anhídrido Sulfúrico (SO₃).**- Presente en pequeños, porcentajes proviene del yeso que se le añade al clinker para retardar la fragua.

El contenido de SO₃ permite realizar el cálculo del valor de calcio presente en el cemento, así como la cal combinada.

1.2.3 COMPUESTOS PRINCIPALES

Conformado por silicatos, cálcicos, aluminatos y ferritos, los cuales constituyen entre el 90 y 95% del clinker; son ellos los que forman las propiedades del cemento portland, siendo los compuestos principales los siguientes:

a) **SILICATO TRICALCICO (3CaO.SiO₂ <> C₃S)**

Es el compuesto activo por excelencia del clinker, porque desarrolla una resistencia inicial elevada, (a los 3 y 7 días), incrementándose el calor de hidratación, que llega a 380 J/gr. a los 28 días. Su fraguado es lento y su endurecimiento bastante rápido. Por ello, aparece en gran proporción en los cementos de endurecimiento rápido y en los de altas resistencias iniciales. Debe limitarse el contenido de C₃S, en los cementos para obras de grandes masas de concreto,

no debiendo rebasarse un 35%, con objeto de evitar valores elevados de calor de hidratación. Para tales casos, se preferirán contenidos altos en silicatos bicálcico, a costa de tricálcico.

En resumen influye en el cemento de la siguiente manera :

- Una gran velocidad de hidratación.
- Un fuerte calor de hidratación.
- Confiere al cemento resistencias mecánicas elevadas en las primeras edades.
- Su estabilidad química es aceptable, aunque menor que la del silicato bicálcico.

b) SILICATO BICALCICO ($2\text{CaO}.\text{SiO}_2 \leftrightarrow \text{SC}_2$)

Es el componente que comunica al cemento su resistencia a largo plazo, al ser lento su fraguado y muy lento su endurecimiento, su calor de hidratación es el más bajo de los cuatro llega hasta 105 J/gr. a los 28 días y su estabilidad química es mayor que la del silicato tricálcico. Por ello, los cementos con alto contenido en silicato bicálcico son más resistentes a los sulfatos que los de bajo contenido.

Influye en el cemento de la siguiente manera :

- Una pequeña velocidad de hidratación.
- Un calor de hidratación bastante más débil que el del silicato tricálcico.
- Confiere al cemento buenas resistencias mecánicas, aunque a plazo más largo.
- Su estabilidad química es buena y mucho mejor que la del silicato tricálcico.

c) ALUMINATO TRICALCICO ($3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3 \leftrightarrow \text{C}_3\text{A}$)

Su efecto con relación a las resistencias a compresión, es a aumentarla a la edad inicial de 24 horas y 3 días. Por lo que es el compuesto que gobierna las resistencias a corto plazo. Su estabilidad química es buena frente a ciertas aguas agresivas (de mar, por ejemplo) y muy débil frente a sulfatos. En ausencia de yeso, la reacción del C_3A con el agua es muy violenta y conduce al endurecimiento inmediato de la pasta. Desarrolla una gran velocidad de hidratación y su calor de hidratación es muy elevado, llegando hasta 1380 J/gr. a los 28 días.

Influye en el cemento de la siguiente manera:

- Una velocidad de hidratación muy grande, hasta el punto de ser esta casi instantánea.
- Un calor de hidratación muy elevado.
- Confiere al cemento alguna resistencia mecánica dentro de las primeras 24 horas.
- Su estabilidad química es escasa frente a las aguas que contienen sulfatos.

d) FERRO-ALUMINATO TETRACÁLCICO ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}_3 \leftrightarrow \text{C}_4\text{AF}$)

Su presencia es de menor importancia en comparación a los anteriores compuestos mencionados, su presencia se debe a la necesidad de utilizar fundentes que contienen hierro en la fabricación del clinker. No contribuye en forma importante a las resistencias y además su calor de hidratación es más alto que el del silicato tricálcico, llegando a 495 J/gr. a los 28 días.

Influye en el cemento de la siguiente manera:

- Una gran velocidad de hidratación y/o fraguado
- Un calor de hidratación relativamente bajo.
- Confiere al cemento una muy escasa o prácticamente nula resistencia mecánica.
- Su estabilidad química frente a aguas agresivas y al agua de mar es muy grande.
- Su color oscuro le hace prohibido para los elementos blancos por lo que en este caso se utilizan los fundentes en la fabricación.

NOTA.- "En el cemento no se desea la presencia de C_3A , pues contribuye poco o nada a reforzarlo, excepto a muy tempranas edades, y cuando la pasta de cemento endurecida es atacada por sulfatos, puede favorecer un rompimiento debido a la expansión motivada por la formación de sulfoaluminato de calcio a partir del C_3A de la pasta endurecida. Sin embargo, el C_3A actúa como fundente y, de este modo, reduce la temperatura de cocción del clinker y facilita la combinación de cal y sílice; por esta razón, el C_3A es útil en la fabricación del cemento. El C_4AF también actúa como fundente. Si no, se formará algo de líquido durante el quemado, la reacción en el horno avanzaría en forma mucho más lenta, y probablemente sería incompleta" (Neville Adam M., TECNOLOGIA DEL CONCRETO – 1era Edición – Mexico – Editorial Abeja S.A.-1977- pag. 18).

1.2.4 COMPUESTOS SECUNDARIOS

Son compuestos necesarios y/o inocuos pero en grandes cantidades dañan el concreto, constituyen el 5% a 10% del total del clinker.

a) Óxido de Magnesio (M_3O).- Procede de los materiales calizos y arcilloso, generalmente acompañados al óxido de calcio.

Los cristales de magnesio suelen estar mejor formados cuando el enfriamiento de clinker ha sido lento. La presencia de este óxido le da al cemento un color verde grisáceo. Actúa como fundente en la formación del clinker y aporta fase líquida. En contacto con el agua se hidrata y aumenta de volumen. La expansión se manifiesta lentamente y en concretos ya fraguados y endurecidos. Esto se da a partir de los 5 años, todo ello origina agrietamientos en el concreto.

Según las normas NTP, los cementos Portland Tipo I y Puzolánico no deben tener más de 5% de óxido de magnesio, mientras que en el resto de los cementos el porcentaje máximo es el 6%.

b) Óxido de Sodio y Óxido de Potasio.- Ambos son conocidos con el nombre de álcalis. Están presentes en toda la materia prima del cemento.

En pequeñas cantidades ambos óxidos son inofensivos, pero si alcanzan mayores proporciones pueden producirse expansiones que destruyen al concreto y propician la entrada de humedad.

1.3 CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS

1.3.1 PROPIEDADES FISICAS

Las propiedades físicas más significativas del Cemento Portland Tipo V (Andino) son:

a) PESO ESPECIFICO (NTP 334.005)

El Peso Específico del cemento corresponde al de un material compactado y su valor suele variar entre 3.0 y 3.2 gr/cc.

Las normas norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15 gr/cc, este valor corresponde a Cementos Portland Normales ; sin embargo, en el caso del cemento portland Tipo V, el peso específico dado por el fabricante es de 3.18 gr/cc. Esta es la única propiedad del cemento que se emplea directamente en el cómputo de las proporciones de la mezcla de concreto.

El método de ensayo para determinar el peso específico de los cementos es por medio de un frasco volumétrico de Le Chatelier, se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material con respecto a un mismo volumen de agua destilada.

$$Pe = 3.18 \text{ gr/cc}$$

b) SUPERFICIE ESPECIFICA (NTP 334.002)

Está dado por la suma de las área en cm^2 de los granos contenidos en un gramo de cemento. El método de ensayo para la determinación de la fineza expresada por la superficie específica, es medido indirectamente, por la resistencia al paso de aire de una capa de cemento con el Permeabilímetro de Blaine.

Su importancia radica en la influencia que ejerce sobre la velocidad de hidratación, sobre la resistencia tanto inicial como final, además influye sobre la trabajabilidad, segregación, exudación, cohesividad, etc.

Para el Cemento Portland Tipo V – Andino, se tiene:

$$Se = 3400 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

c) CONTENIDO DE AIRE (NTP 334.046)

El ensayo de contenido de aire nos da un índice indirecto de la finura del cemento y por ende del grado de molienda. Representa el porcentaje de aire atrapado en un mortero con cemento y arena Standard de Ottawa, mas agua. El mortero será de proporción en peso (1:4) y agua tal que produzca un flujo de 80 a 95% en la mesa de flujo al dar diez golpes en el lapso de seis segundos.

$$\text{Contenido de aire} = 5.22 \%$$

d) CONSISTENCIA NORMAL (NTP 334.006)

La presente norma establece el método para obtener pastas y morteros de cemento de consistencia plástica por mezcla mecánica.

Esta se expresa en porcentaje del agua con relación al peso del cemento de una pasta sometida a la sonda de Vicat.

El conocimiento de esta propiedad es la base para la determinación del tiempo de fraguado de los cementos.

$$\text{Consistencia Normal} = 21.0 \%$$

e) TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 334.006)

Se dice que la pasta de cemento ha fraguado cuando logra una rigidez suficiente como para soportar una presión determinada de tipo arbitrario, determinados usando el aparato de Vicat.

El fraguado alude al paso del material del estado fluido al estado sólido. Este paso se pone un lapso que tiene dos etapas : La primera "fragua inicial"; cuando en el ensayo presente una penetración de 25mm. con la aguja usada y la segunda "fragua final"; cuando ya no se presenta huella de penetración.

Una vez finalizada estas etapas, se inicia un nuevo período de endurecimiento en el cual el cemento, incrementa su rigidez y resistencia, llamada endurecimiento.

Fragua Inicial = 2hr. 15m.
Fragua Final = 3hr. 45m.

f) CALOR DE HIDRATACION (NTP 334.047)

La fragua y el endurecimiento de la pasta de cemento con el producto de reacciones dadas entre los compuestos del cemento y el agua, generan una cantidad de calor conocido con el nombre de calor de hidratación que depende de la composición química y de la finura del cemento.

En lo referente a la composición química, la cal es el compuesto que ejerce mayor influencia. Se sabe que, en cuanto a la finura, un incremento de esta produce una mayor calor de hidratación. Así mismo una alta temperatura inicial de curado, acelera el desarrollo de calor de hidratación.

La utilidad del conocimiento de esta propiedad física radica en que, en base a ella, se puede determinar que tipo de cemento usar en la construcción de determinar obras. El calor de hidratación cumple funciones de auto protección cuando se trata de un medio de clima frío.

Para el Cemento Tipo V tenemos:

Calor de Hidratación (7días) = 59 cal/gr.
Calor de Hidratación (28días) = 73 cal/gr.

1.3.2 PROPIEDADES MECANICAS

Las propiedades físicas más significativas del Cemento Portland Tipo V (Andino) son:

a) RESISTENCIA A LA COMPRESION (NTP 334.051)

Se define la capacidad del cemento para soportar esfuerzos sin falla. La velocidad de desarrollo de la resistencia es mayor durante el período inicial de endurecimiento, haciéndose más lenta a través del tiempo. El valor de la resistencia del cemento es el que se obtiene a los 28 días.

EDAD	RESISTENCIA
3	184 Kg/cm ²
7	243 Kg/cm ²
28	362 Kg/cm ²

b) EXPANSION AUTOCLAVE O ESTABILIDAD DE VOLUMEN (NTP 334.054)

Se refiere a las variaciones volumétricas que tienen lugar en la pasta de cemento cuando es sometida a vapor saturado y a una presión determinada. La determinación de éstas variaciones volumétricas nos indica la capacidad de cambio de volumen de los elementos estructurales previéndose entonces la posibilidad de agrietamientos o descaramientos cuando estos cambios son importantes.

Dependen de factores tales como la humedad relativa del ambiente, de la constitución de la pasta, del tipo de cemento, etc.

Expansión Autoclave = -0.01 %

CUADRO N° 1.2.1

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL CEMENTO CEMENTO PORTLAND "ANDINO" TIPO I Y TIPO V

COMPONENTES	FORMULA QUIMICA	CEMENTO ANDINO TIPO I (%)	NORMA ITINTEC 334.009 (%)	CEMENTO ANDINO TIPO V (%)	NORMA ITINTEC 334.040 (%)
Oxido de Silicio	SiO ₂	22.00		22.70	
Oxido de Fierro	Fe ₂ O ₃	3.33		4.40	
Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	4.99		3.20	
Oxido de Calcio	CaO	63.10		63.20	
Oxido de Magnesio	MgO	1.79	6.0 max	2.15	6.0 max
Oxido de Azufre	SO ₃	2.39	3.0 max	1.93	2.3 max
Perd. Por Calcinación	P.C.	2.00	3.0 max	1.84	3.0 max
Residuo Insoluble	R.I.	0.20	1.0 max	0.78	1.0 max
Cal Libre	CaO	0.22		0.11	
Alcalis	Na ₂ O	—		—	0.6 max
Silicato Tricálcico	C ₃ S	44.70		51.30	
Silicato Bicálcico	C ₂ S	29.30		26.40	
Aluminato Tricálcico	C ₃ A	7.60		1.04	5.0 max
Ferroaluminato Tetracálcico	C ₄ AF	10.20		13.40	

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C= 0.40, 0.45, 0.50, 0.55"

CUADRO N° 1.2.2

**INFLUENCIA DE LOS COMPUESTOS QUIMICOS
SOBRE LAS CARACTERISTICAS DEL CEMENTO PORTLAND**

COMPONENTES	SILICATO TRICALCICO C ₃ S	SILICATO DICALCICO C ₂ S	ALUMINATO TRICALCICO C ₃ A	FERRO ALUMINATO TETRACALCICO C ₄ AF
Velocidad Hidratación	Grande	Pequeña	Casi Instantánea	Muy Grande
Calor de Hidratación	Fuerte	Bajo	Elevada	Regular
Resistencia Inicial	Grande	-----	Pequeña	Negativa
Resistencia a Largo Plazo	-----	Grande	-----	Negativa
Resistencia Química	Aceptable	Bueno	Escasa a Sulfatos	a sales y sulfatos
Resistencia a la Compresión Máxima (kg/cm ²)	700	700	70	42
Tiempo que Alcanza el 75% de Resistencia Máxima	2 Semanas	6 Meses	3 a 6 Meses	3 a 6 Meses

CUADRO N° 1.3.1

**CARACTERISTICAS FISICAS DEL CEMENTO
CEMENTO PORTLAND "ANDINO" TIPO I Y TIPO V**

PROPIEDAD FISICA	UNIDADES	CEMENTO ANDINO TIPO I	NORMA NTP 334.009	CEMENTO ANDINO TIPO V	NORMA NTP 334.040
Peso Específico	gr/cm ³	3.11		3.18	
Fineza Blaine	cm ² /gr	3300		3400	
Contenido de Aire	%	6.50		5.22	
Consistencia Normal	%	23.38		63.20	
Tiempo de Fragua Vicat Inicial Final	hora minuto	2h. 50m. 3h. 45m.	45m. (mín.) 375m. (máx)	2h. 15m. 3h. 45m.	45m. (mín.) 375m. (máx)
Resistencia a la Compresión 3 días 7 días 28 días	kg/cm ²	204 289 292	125 (mín.) 195 (mín.) ---	184 243 362	150 (mín.) 210 (mín.) ---
Expansión Autoclave	%	0.02	0.8 (máx.)	-0.01	0.8 (máx.)

h:hora; m:minutos; mín:mínimo; máx:máximo.

CAPITULO II

CAPITULO II

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 GENERALIDADES

Los agregados son los materiales inertes que entran en la composición de morteros y concretos; pero que no experimentan cambios de estructura química o mineralógica al formar parte de los compuestos mencionados.

De acuerdo con sus dimensiones se les clasifica y denomina agregados finos y agregados gruesos; de acuerdo a la forma pueden ser redondeados y angulares.

Los agregados ocupan generalmente del 60 al 80% del volumen del concreto. Por tanto, sus características influyen en las propiedades del mismo. Los agregados también influyen en las proporciones de la mezcla para el concreto, en resistencia, en calidad, en economía, etc.

2.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS

En general obtener mediante ensayos normalizados ciertas características físicas de los agregados, nos permite certificar la calidad del mismo, dependiendo de los resultados obtenidos para ser empleado en la fabricación del concreto.

Entre las pruebas que pueden ser necesarias para trabajos especiales o de gran tamaño, existen los exámenes petrográfico y las pruebas de reactividad química, solidez, durabilidad, resistencia a la abrasión y a diversas sustancias deteriorantes. Dichas pruebas proporcionan información de valor para juzgar la utilidad del concreto a largo plazo.

El tamizado, el contenido de humedad, el peso específico y la absorción de ambos agregados, grueso y fino, así como el peso unitario varillado en seco del agregado grueso, son propiedades físicas útiles para el cálculo de la mezcla.

En la presente investigación se estudiaron las propiedades del agregado útiles para el diseño de mezclas, incluyéndose además los pesos unitarios suelto y compactado del agregado fino.

2.2.1 AGREGADO FINO

Se define como agregado fino aquel que pasa el tamiz ITINTEC 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el Tamiz 74 μm (N°200), proveniente de la desintegración natural (arena) o artificial de rocas.

Para la presente investigación, el agregado fino usado es proveniente de la cantera "San Martín", ubicada en el distrito de Ate-Vitarte; esta cantera es un depósito fluvio aluvial, ubicado a la altura del Km. 6.1 de la Carretera Central.

2.2.1.1 GRANULOMETRÍA Y MODULO DE FINURA

a) GRANULOMETRIA (NTP 400.011)

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena.

La granulometría, o distribución del agregado según su tamaño se determina con un análisis granulométrico, que divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según los tamices estándar utilizados.

Los tamices para determinar la gradación de los agregados finos son: N°3/8, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

Como no es fácil modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad- la atención principal se dirige al control de su homogeneidad.

La Norma NTP 400.037 especifica la granulometría basado en la norma ASTM C33-86, donde se definen los llamados husos granulometricos que representa los rangos dentro de los cuales debe encuadrarse determinada gradación para obtener la distribución de partículas más adecuada para el concreto y que en teoría producen mezclas más densas y mejor graduadas.

Para el presente trabajo, el requerimiento y/o huso correspondiente al agregado fino, se aprecia en el siguiente cuadro, (ver cuadro completo de husos en anexo I – cuadro a-1-1).

<u>TAMIZ ITINTEC</u>		<u>PORCENTAJE QUE PASA</u>
9.51 mm	(3/8")	100
4.75 mm	(N° 4)	95 a 100
2.38 mm	(N° 8)	80 a 100
1.19 mm	(N° 16)	50 a 85
0.595 mm	(N° 30)	25 a 60
0.297 mm	(N° 50)	10 a 30
0.149 mm	(N°100)	2 a 10

CUADRO 2.2.1

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante una gráfica, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa el tamiz; y las abscisas, las aberturas correspondientes, estas últimas en escala logarítmica. En el anexo I – grafico N° a-1-1, se observa la respectiva curva logarítmica cuyos datos se detalla en el cuadro 2.2.2.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

MUESTRA: ARENA GRUESA
 CANTERA: "SAN MARTIN"
 PESO: 500 gr.

N° MALLA	PESO RETENIDO Gr.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMUL. QUE PASA
N°4	21.64	4.33	4.33	95.67
N°8	105.92	21.18	25.51	74.49
N°16	111.51	22.30	47.81	52.19
N°30	85.88	17.18	64.99	35.01
N°50	58.37	11.67	76.66	23.34
N°100	63.69	12.74	89.40	10.60
FONDO	52.99	10.60	100.00	0.00
TOTAL	500			

CUADRO 2.2.2

b) MODULO DE FINURA (NTP 400.011)

El módulo de finura se define como un factor empírico que se obtiene por la suma de los porcentajes totales de la muestra de arena, retenidos en cada uno de los tamices estándar especificados y dividiendo la suma por 100.

El módulo de finura representa un tamaño promedio ponderado de la arena, pero no representa la distribución de las partículas. La norma ASTM C33 lo incorpora en las regulaciones del agregado fino. Establece que la arena debe tener un módulo de finura no menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

Existe general prevención contra las arenas que se encuentran en el límite del huso granular que corresponden a las más finas, en razón de originar concretos más caros por su mayor exigencia de agua. Sin embargo, esta situación puede corregirse aumentando la relación piedra/arena.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2. y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y a las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para concretos de alta resistencia.

Resultado :

$$\text{MODULO DE FINURA} = (\text{Suma de porcentajes retenidos acumulados}(\text{N}^{\circ}4 + \text{N}^{\circ}8 + \text{N}^{\circ}16 + \text{N}^{\circ}30 + \text{N}^{\circ}50 + \text{N}^{\circ}100)) / 100$$

Del cuadro 2.2.2 tenemos:

$$\text{MODULO DE FINURA} = \frac{4.33 + 25.51 + 47.81 + 64.99 + 76.66 + 89.40}{100}$$

$$\boxed{\text{MODULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO} = 3.09}$$

2.2.1.2 SUPERFICIE ESPECIFICA

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis:

1° Todas las partículas son esféricas.

2° El tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas.

N° MALLA	% RETENIDO (1)	DIAMETRO PROMEDIO (2)	(1) / (2)
N°4	4.33	0.714	6.06
N°8	21.18	0.357	59.34
N°16	22.30	0.179	124.59
N°30	17.18	0.089	192.99
N°50	11.67	0.044	265.32
N°100	12.74	0.022	579.00
FONDO	10.60	0.011	963.45
T O T A L =			2190.75

CUADRO 2.2.3

$$Se = \frac{6 \times (T)}{100 \times Pe} = \frac{6 \times 2190.75}{100 \times 2.57} = 51.15 \text{ cm}^2/\text{gr.}$$

Se = 51.15 cm²/gr.

2.2.1.3 PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad, conforme al Sistema Internacional de Unidades, adquiere importancia en la construcción, cuando requiere que el concreto tenga un peso límite, sea máximo o mínimo; además su conocimiento es necesario para la dosificación de mezclas de concreto.

DEFINICIONES

- 1) **PESO ESPECIFICO DE MASA.**- Relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables y impermeables, naturales del material).

- 2) **PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO.**- Relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

- 3) **PESO ESPECIFICO APARENTE.**- Relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

- 4) **PORCENTAJE DE ABSORCION.**- Está dado por el porcentaje de agua que le es necesario para llegar a la condición de saturado superficialmente seco (condición de equilibrio), representada por la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta.

La cantidad de agua que absorbe el agregado responde a diferentes características como porosidad, permeabilidad, etc.

Para efectos de cálculo se ha efectuado 3 ensayos, el promedio de los resultados es el que interviene en algunos cálculos posteriores. (cuadro 2.2.4).

DESCRIPCION	COD.	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Warena sss + Peso del balón + Peso del agua		gr.	975.40	972.90	973.40	
Warena sss + Peso del balón		gr.	665.50	663.50	666.30	
Peso del agua	W	gr.	309.90	309.40	307.10	
Warena secada al horno + Peso del balón		gr.	655.50	653.50	656.30	
Peso del balón		gr.	165.50	163.50	165.30	
Warena secada al horno	A	cm ³	490.00	490.00	491.00	
Volumen del balón	V	cm ³	500.00	500.00	500.00	
A) PESO ESPECIFICO DE MASA: $A / (V-W)$		Gr/cm³	2.578	2.571	2.545	2.57
B) PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA: $500 / (V-W)$		Gr/cm³	2.630	2.623	2.592	2.62
C) PESO ESPECIFICO APARENTE: $A / ((V - W) - (500 - A))$		Gr/cm³	2.721	2.713	2.670	2.70
D) PORCENTAJE DE ABSORCION: $(500 - A) / A \times 100$		%	2.041	2.041	1.833	1.97

CUADRO 2.2.4

2.2.1.4 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO (NTP 400.017)

Se denomina así al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente expresado en Kg/m^3 .

El peso unitario del agregado varía de acuerdo a condiciones intrínsecas, como la forma, granulometría, y tamaño máximo (en el caso de agregado grueso). Asimismo, depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación impuesta, la forma de colocación, del grado de compacidad, de humedad, etc. En consecuencia, para ser de utilidad, el ensayo de peso unitario deberá ceñirse estrictamente a normas, definiendo si la determinación corresponde al agregado suelto o compactado, según el procedimiento utilizado.

Se determina dos pesos unitarios:

- a) **Peso Unitario Suelto (P.U.S.)**- Es cuando se llena el recipiente dado suavemente sin ninguna presión.
- b) **Peso Unitario Compactado (P.U.C.)**- Es cuando se ejerce presión (compactación) al llenar el recipiente en tres (3), capas según norma.

En los cuadros siguientes se detallan los resultados obtenidos para tres ensayos de PUS y PUC.

A) PESO UNITARIO SUELTO:

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Peso muestra suelta + Peso de la vasija	Kg.	6.40	6.36	6.46	
Peso de la vasija	Kg.	1.80	1.80	1.80	
Peso muestra suelta	Kg.	4.60	4.56	4.66	
Constante $(1/10 \text{ pie}^3)^{-1}$		353.15	353.15	353.15	
PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	Kg/m^3	1624	1610	1646	1627

CUADRO 2.2.5.a

B) PESO UNITARIO COMPACTADO:

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Peso muestra suelta + Peso de la vasija	kg.	6.98	7.02	7.06	
Peso de la vasija	kg.	1.80	1.80	1.80	
Peso muestra suelta	kg.	5.18	5.22	5.26	
Constante $(1/10 \text{ pie}^3)^{-1}$		353.15	353.15	353.15	
PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	Kg/m³	1829	1843	1858	1843

CUADRO 2.2.5.b

2.2.1.5 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.016)

Se define como el porcentaje de agua que posee el agregado en el estado natural. El ensayo para su determinación se realice de acuerdo a normas establecidas, las que indican, que la muestra debe ser representativa.

A continuación se muestran los resultados de tres (3) ensayos obtenidos en el laboratorio.

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Peso humedo	Gr.	500.00	500.00	500.00	
Peso seco	Gr.	480.50	479.80	480.60	
Contenido de agua	Gr.	19.50	20.20	19.40	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.06	4.21	4.04	4.10

CUADRO 2.2.6

2.2.2 AGREGADO GRUESO

Se define como agregado grueso a aquel retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

El agregado grueso usado en este trabajo se le conoce comunmente como piedra triturada o chancada, procede de la cantera "La Gloria", que es un depósito fluvio aluvial ubicada a la altura del Km 14.8 de la Carretera Central, en Gloria Grande.

2.2.2.1 GRANULOMETRÍA, MODULO DE FINURA Y TAMAÑO MAXIMO

a) GRANULOMETRIA (NTP 400.011)

La definición es la misma que para el agregado fino.

Los tamices que se usan con frecuencia para los agregados gruesos son: 2 1/2", 2", 1", 1/2", 3/8" y N° 4.

El estudio de la granulometría de los agregados ha ocupado un importante lugar dentro de las primeras investigaciones realizadas sobre el concreto, que buscan proporcionar los agregados fino y grueso para producir mezclas de más alta compacidad, y por ende, más resistentes y económicas, lo que dio origen a la propuesta de numerosas curvas ideales o prototipo.

En la actualidad, existe consenso que las granulometrías ideales no pueden generalizarse, por no asegurar ventajas ciertas en lo que respecta a la trabajabilidad y resistencia del concreto. Las Normas NTP 400.037 y ASTM C33-86 especifican la granulometría de los agregados gruesos en 10 series granulométricas (ver anexo I - cuadro a.1.2).

La respectiva curva granulométrica se aprecia mejor en el gráfico N° a-1-2 - anexo I, cuyos datos, promedio de tres (3) ensayos, se detalla en el cuadro 2.2.7.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

MUESTRA: PIEDRA CHANCADA
 CANTERA: "LA GLORIA"
 PESO: 11100 gr.

N° MALLA	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL. QUE PASA
1 ½"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	1382.0	12.45	12.45	87.55
¾ "	4553.0	41.02	53.47	46.53
½"	4500.0	40.54	94.01	5.99
3/8"	640.0	5.77	99.77	0.23
N°4	25.0	0.23	100.00	0.00
FONDO	0.0	0.00	100.00	0.00
TOTAL	11100			

CUADRO 2.2.7

Las granulometrías se definen también en función de los conceptos: **tamaño máximo del agregado y tamaño nominal máximo.**

b) TAMAÑO MAXIMO (NTP 400.037)

El tamaño máximo se utiliza para seleccionar el agregado según las condiciones de geometría del encofrado y el refuerzo de acero. Corresponde a la malla más pequeña que produce el primer retenido.

El Reglamento Nacional de Construcciones recomienda que el tamaño máximo del agregado no debe ser mayor de:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o alambres de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de refuerzo.
- 1/3 del peralte de la losa.

Del cuadro 2.2.7 se tiene:

$$\boxed{\text{T.M.} = 1 \frac{1}{2}''}$$

c) TAMAÑO NOMINAL MAXIMO

En general el tamaño máximo nominal será la malla que produce el primer retenido, teniendo siempre como referencia el análisis granulométrico (cuadro 2.2.7).

$$\boxed{\text{T.N.M.} = 1''}$$

d) MODULO DE FINURA

La definición es la misma dada para el agregado fino, se calcula como la suma de porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 dividido entre 100.

Resultado :

$$\text{MODULO DE FINURA} = (\text{Suma de \% retenidos acumulados}(3''+1 \frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+\text{N}^{\circ}4+\text{N}^{\circ}8+\text{N}^{\circ}16+\text{N}^{\circ}30+\text{N}^{\circ}50+\text{N}^{\circ}100) / 100$$

Del cuadro 2.2.7 tenemos:

$$\text{MODULO DE FINURA} = \frac{(0+0+53.47+99.77+100+100+100+100+100+100)}{100}$$

$$\boxed{\text{MODULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO} = 7.53}$$

2.2.2.2 SUPERFICIE ESPECIFICA

La definición es la misma dada para el agregado fino.

N° MALLA	% RETENIDO (1)	DIAMETRO PROMEDIO (2)	(1) / (2)
1"	12.45	0.714	3.93
3 / 4"	41.02	0.357	18.50
1 / 2"	40.54	0.179	25.60
3 / 8"	5.77	0.089	5.20
N°4	0.23	0.044	0.30
FONDO	0.00	0.011	0.00
T O T A L =			53.33

CUADRO 2.2.8

$$Se = \frac{6 \times (T)}{100 \times Pe} = \frac{6 \times 53.33}{100 \times 2.77} = 1.16 \text{ cm}^2/\text{gr.}$$

Se = 1.16 cm²/gr.

2.2.2.3 PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

La misma definición que para el agregado fino.

Para efectos de cálculo se ha efectuado 3 ensayos, el promedio de los resultados es el que interviene en cálculos posteriores. (cuadro 2.2.9).

DESCRIPCION	COD.	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	A	gr.	4972.20	4973.80	4974.20	
Peso de la muestra saturada con superficie seca	B	gr.	5000.00	5000.00	5000.00	
Peso de la muestra saturada dentro del agua + Peso de la canastilla		gr.	4720.80	4739.10	4748.60	
Peso de la canastilla		gr.	1533.40	1533.40	1533.40	
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C	gr.	3187.40	3205.70	3215.20	
A) PESO ESPECIFICO DE MASA: A / (B - C)		gr/cm ³	2.743	2.772	2.787	2.77
B) PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA: B / (B - C)		gr/cm ³	2.758	2.787	2.801	2.78
C) PESO ESPECIFICO APARENTE: 1 + (C / (A - C))		gr/cm ³	2.786	2.813	2.828	2.81
D) PORCENTAJE DE ABSORCION: (B - A) / A x 100		%	0.559	0.527	0.519	0.54

CUADRO 2.2.9

2.2.2.4 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

(NTP 400.017)

La misma definición que para el agregado fino.

En el cuadro 2.2.10 se detallan los resultados obtenidos para tres ensayos de pesos unitarios suelto y compactado:

A) PESO UNITARIO SUELTO:

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Peso muestra suelta + Peso de la vasija	kg.	27.96	28.02	28.00	
Peso de la vasija	kg.	7.68	7.68	7.68	
Peso muestra suelta	kg.	20.28	20.34	20.32	
Constante $(1/2 \text{ pie}^3)^{-1}$	$1/\text{m}^3$	70.63	70.63	70.63	
PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	kg/m^3	1432	1437	1435	1435

B) PESO UNITARIO COMPACTADO:

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Peso muestra suelta + Peso de la vasija	kg.	30.32	30.26	30.36	
Peso de la vasija	kg.	7.68	7.68	7.68	
Peso muestra suelta	kg.	22.64	22.58	22.68	
Constante $(1/2 \text{ pie}^3)^{-1}$	$1/\text{m}^3$	70.63	70.63	70.63	
PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	kg/m^3	1599	1595	1602	1599

CUADRO 2.2.10

2.2.2.5 CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM C-566)

La misma definición que para el agregado fino.

A continuación se muestran los resultados de tres (3) ensayos obtenidos en el laboratorio.

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	RESULTADO PROMEDIO
Peso humedo	gr.	1000.00	1000.00	1000.00	
Peso seco	gr.	997.50	997.00	996.50	
Contenido de agua	gr.	2.50	3.00	3.50	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.25	0.30	0.35	0.30

CUADRO 2.2.11

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS

PROPIEDAD	UNIDAD	AGREGADO FINO CANTERA "SAN MARTIN"	AGREGADO GRUESO CANTERA "LA GLORIA"
Peso Especifico de Masa	gr/cm ³	2.57	2.77
Peso Especifico de Masa S.S.S	gr/cm ³	2.62	2.78
Peso Especifico Aparente	gr/cm ³	2.70	2.81
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1627	1435
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1843	1599
Contenido de Humedad	%	4.10	0.30
Porcentaje de Absorción	%	1.97	0.54
Módulo de Finura	pulg.	3.10	7.53
Tamaño Nominal Máximo	—	—	1"
Tamaño Máximo	—	—	1 1/2"
Superficie Especifica	cm ² /gr.	51.15	1.16

CUADRO 2.2.12

2.2.3 AGREGADO GLOBAL

En lo que respecta a la granulometría, lo más importante es la gradación total. Los agregados fino y grueso, por separado no necesariamente cumplirán con los usos granulométricos establecidos por las normas ASTM C-33 y que sin embargo mezclándolos adecuadamente nos suministren una distribución de partículas eficiente. La misma norma ASTM C-33, admite esto, ya que nos indica que se podrán emplear agregados que no cumplan los requerimientos, si se demuestran que con ellos se obtienen concretos que satisfacen las especificaciones técnicas del proyecto.

Es de suma importancia el estudio de los agregados por lo que estos ocupan aproximadamente las 2/3 partes del volumen total del concreto, que influirán en las propiedades del concreto.

Para que nuestro caso, de ahora en adelante denominaremos como agregado global, a la mezcla del agregado fino con el agregado grueso.

Para la evaluación granulométrica nos remitiremos a los husos DIN 1045 para el agregado global.

REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GLOBAL HUSOS DIN			
PORCENTAJE DE PESO QUE PASA - ACUMULADO			
TAMIZ	CURVA A	CURVA B	CURVA C
1 1/2" (31.50 mm)	100	100	100
3/4" (16.0 mm)	62	80	89
1/2" (8.0 mm)	38	62	77
N°4 (4.0 mm)	23	47	65
N°8 (2.0 mm)	14	37	53
N°16 (1.0 mm)	8	28	42
N°50 (0.25 mm)	2	8	15

CUADRO 2.2.13

Donde:

- Concreto de mejor trabajabilidad del huso "A" al "B"
- Concreto de trabajabilidad aceptable del huso "B" al "C"

2.2.3.1 PESO UNITARIO COMPACTADO

Para lograr una mezcla de los agregados óptima, que nos permita diseñar un concreto de calidad, trabajable y económico, es necesario determinar proporciones de agregado fino y grueso, de manera que nos resulte un agregado global de mayor peso unitario compactado.

Esta combinación de máxima densidad, creará un volumen mínimo de vacíos, necesitando menos cantidad de pasta de cemento cuando forma parte del concreto.

Para ello, se hizo mezclas en diversas proporciones en peso, del agregado fino y grueso (cuadro 2.2.14) determinándose sus respectivos pesos unitarios compactados del agregado global y en el grafico N° 2.2.1, se obtiene la proporción con el máximo peso unitario compactado.

Para calcular el peso unitario compactado del agregado global, se realizó mezclas en peso del agregado fino y el agregado grueso, con las siguientes proporciones:

% ARENA	42	44	46	48	50	52	54
% PIEDRA	58	56	54	52	50	48	46

CUADRO 2.2.14

Los resultados obtenidos son:

% ARENA	% PIEDRA	PESO UNITARIO COMPACTADO kg/m ³
44	56	2067.48
46	54	2120.20
48	52	2145.74
50	50	2124.55
52	48	2060.20

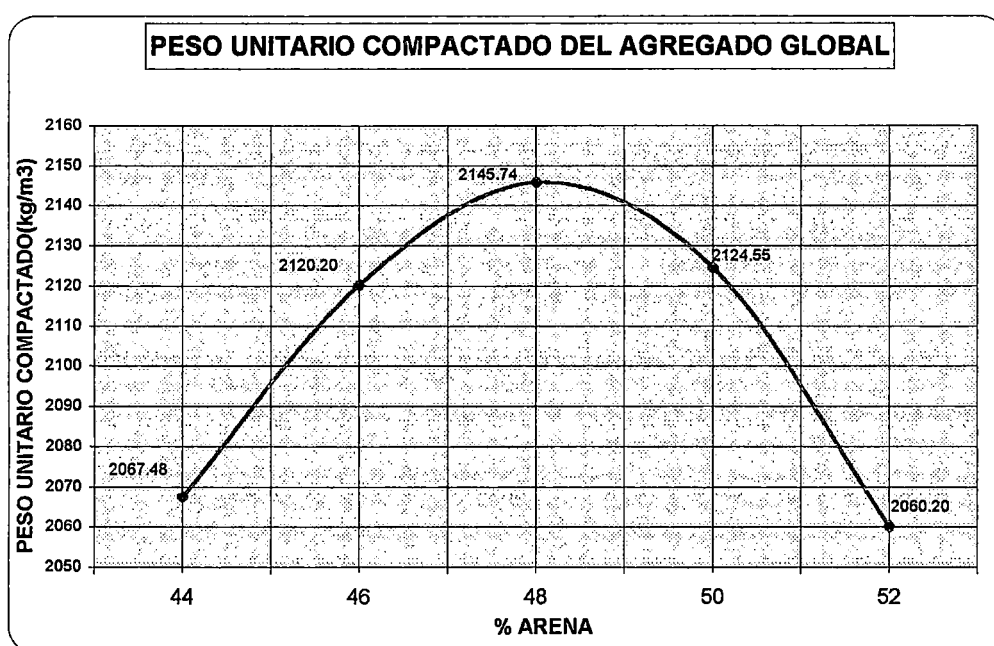


GRAFICO 2.2.1

En el gráfico N° 2.2.1 se observa que para la proporción 48% de arena y 52% de piedra, se obtiene el mayor peso unitario compactado. Este es el primer indicador de los porcentajes de agregados en la mezcla, pero no es el definitivo.

En el capítulo III, se definirá la combinación de agregados con mayor peso unitario, en la que se trabajará para el diseño de mezcla, con sus ajustes respectivos, para alcanzar un asentamiento de 3 a 4 pulgadas.

CAPITULO III

CAPITULO III

DISEÑO DE MEZCLAS

3.1 INTRODUCCION

En el presente trabajo se ha planteado el diseño de mezclas desde el punto de vista de la optimización, que consiste en seleccionar de la forma más adecuada, conveniente y económica sus componentes como son: agua, cemento, agregados (fino y grueso), aditivos, con la finalidad de obtener un concreto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada y en el estado endurecido tenga la resistencia y durabilidad que cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en las especificaciones técnicas.

De la gran variedad de métodos de diseño de mezclas que con mayor o menor refinamiento establecen tablas y/o gráficos, no existe método perfecto, ni que nos proporcione una receta infalible para solucionar todos los casos prácticos, por lo que las bondades de un método sobre otro residen finalmente en el criterio personal de quien los aplique.

En efecto, en nuestro país el método dosificación de mezclas más usado es del ACI 211.1.81, a pesar de ser reconocido como un criterio de dosificación bueno, e incluso para algunos excelente, pero no nos asegura que la mezcla de concreto obtenida mediante este procedimiento sea la más ideal, que cumpla las condiciones de economía, trabajabilidad, resistencia y durabilidad.

Las dos condiciones principales que debe reunir una mezcla son resistencia y durabilidad; y de acuerdo a la clase de estructura deberá dosificarse para que satisfaga esas dos condiciones; **la resistencia** como función de las tensiones admisibles que se adapten, tanto sea a la compresión, a la tracción o a la flexión según los requisitos del cálculo, y **la durabilidad** para resistir la acción de los agentes exteriores. Una tercera condición, que sin ser tan fundamental como las anteriores es un importante factor, **la economía**.

Además de estas condiciones existe aún otra impuesta durante la colocación del concreto, éste debe ser **trabajable**. Estas cuatro condiciones: resistencia, durabilidad, economía y trabajabilidad son las que deben ser consideradas en la adecuada dosificación del concreto. Es decir que, el concreto deberá ser colocable con el grado apropiado y que, con el aprovechamiento más económico de los materiales disponibles, cuando haya endurecido, deberá tener la resistencia prevista a los esfuerzos considerados y a los agentes exteriores.

Pues bien, en el presente trabajo seguiremos los procedimientos del método de dosificación del ACI-211.1.81, pero con la variación de que no usaremos la relación b/b_0 de la tabla para calcular el peso del agregado grueso, partiremos asumiendo una cantidad de agua para la unidad cúbica del concreto; posteriormente con la relación a/c conocida, calculamos la cantidad de cemento, calculando los agregados basándonos en los porcentajes de piedra y arena obtenidos en el capítulo II.

3.2 CRITERIO DE DISEÑO

El principio básico y común para la dosificar de mezclas de concreto, es la conocida ley, de la relación agua/cemento de Abrams: "Para mezclas plásticas, con agregados limpios y de buena calidad, la resistencia y otras propiedades convenientes del concreto, en las condiciones dadas de obra, es una función de las cantidades netas del agua de mezclado por unidad de cemento, expresadas en peso".

En el presente trabajo el diseño de mezclas se basa en el criterio de optimización de los materiales, especialmente del cemento, por ser el de mayor costo, de modo que la mezcla ha

elaborarse sea económico. Y para lograr el objetivo es indispensable realizar una buena combinación de los agregados de tal manera que dada una relación agua/cemento y dado un asentamiento, obtener una mezcla de concreto con la mínima dosificación de cemento y/o máxima resistencia a la compresión en el concreto endurecido.

3.3 COMBINACION DE AGREGADOS CON MAYOR PESO UNITARIO

Lograr una mezcla de concreto óptima implica, en cierto modo, hallar la relación que proporcione una combinación de agregados con máximo peso unitario; es decir, con mínima relación de vacíos, mismos que serán ocupados por la pasta de cemento, asegurando de este modo la condición de economía

Desde luego, la combinación de agregados (agregado global), con máximo peso unitario compactado será en general el punto de partida de los diseños preliminares (48% arena y 52% de piedra), que nos permitirá en la mayoría de los casos obtener una mezcla con la más alta compacidad.

Teniendo en cuenta la resistencia a la compresión del concreto, diseñaremos mezclas variando en dos puntos (2%), debajo y encima, de la relación porcentual de agregados con el que se ha obtenido el máximo peso unitario compactado del agregado global.

Para nuestro caso, diseñaremos para los siguientes porcentajes de agregados, mismo que fue extraído del gráfico 2.2.1 del capítulo II – agregado global.

AGREGADO FINO %	AGREGADO GRUESO %	PESO UNITARIO COMPACTADO Kg/m ³
46	54	2120.20
48	52	2145.74
50	50	2124.55

CUADRO 3.3.1

El presente trabajo proyecta estudiar las relaciones agua/cemento = 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55.

El diseño que definirá los porcentajes ideales para mezclar los agregados, será realizado para la relación intermedia agua/cemento = 0.50 y para un slump o asentamiento de 3" a 4", lo que posteriormente generalizaremos a las otras relaciones a/c.

Ensayaremos a la resistencia a la compresión tres (3) probetas a la edad de 14 días, para cada variación de porcentajes de agregados. En el cuadro 3.3.2, se muestran los resultados.

DISEÑO DE MEZCLA DE PRUEBA Y RESISTENCIA A LA COMPRESION (14 DIAS)
A/C = 0.50

CEMENTO PORTLAND TIPO V - "ANDINO".

ARENA

: CANTERA "SAN MARTIN".

PIEDRA

: CANTERA "LA GLORIA".

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m3 DE CONCRETO		TANDA DE PRUEBA			ENSAYO DE COMPRESION (14 DIAS)		
		PESOS EN (Kg/m3)		PROPORCIONAMIENTO		DISEÑO PARA 0.02m3	INDIVIDUAL	MEDIA	
		SECO	HUMEDO	MATERIAL	SECO				HUMEDO
a/c=0.50 r/f=0.46 a(f)=224	CEMENTO	448	448	0.141	CEMENTO	1.00	1.00	8.96	243.7 244.8 242.4
	AGUA	224	209.8	0.224	AGUA	0.50	0.47	4.20	
	ARENA	763.3	794.6	0.297	ARENA	1.70	1.77	15.89	
	PIEDRA	894.7	897.4	0.323	PIEDRA	2.00	2.00	17.95	
	Sum. Total	2330	2349.8	0.985	Sum. Total	5.20	5.24	47.00	
%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =		2.7"				
a/c=0.50 r/f=0.48 a(f)=227	CEMENTO	454	454	0.143	CEMENTO	1.0	1.0	9.08	260.4 262.3 258.7
	AGUA	227	212.2	0.227	AGUA	0.50	0.47	4.25	
	ARENA	789	821.3	0.307	ARENA	1.74	1.81	16.43	
	PIEDRA	853.2	855.8	0.308	PIEDRA	1.88	1.89	17.12	
	Sum. Total	2323.2	2343.3	0.985	Sum. Total	5.12	5.17	46.87	
%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =		2.8"				
a/c=0.50 r/f=0.50 a(f)=230	CEMENTO	460	460	0.145	CEMENTO	1.00	1.00	9.20	250.4 251.8 248.8
	AGUA	230	214.7	0.230	AGUA	0.5	0.47	4.30	
	ARENA	812.1	845.4	0.316	ARENA	1.77	1.84	16.91	
	PIEDRA	814.4	816.8	0.294	PIEDRA	1.77	1.78	16.34	
	Sum. Total	2316.5	2336.9	0.985	Sum. Total	5.04	5.09	46.74	
%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =		2.8"				

TESIS : "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C =0.40, 0.45, 0.50, 0.55"

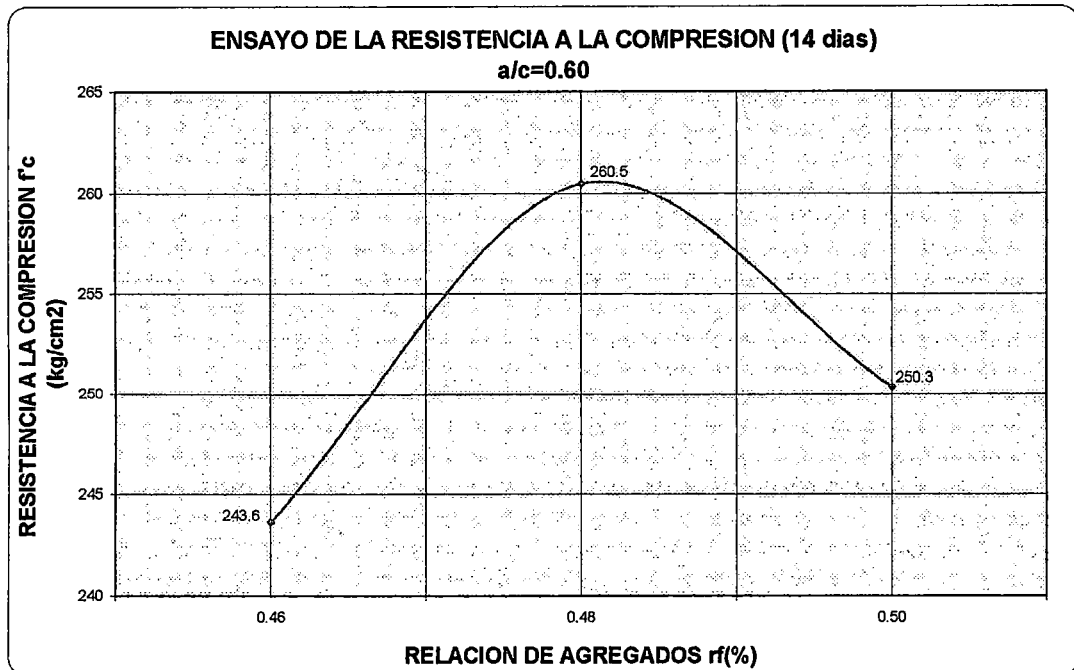


GRAFICO 3.3.1

Del gráfico se puede observar que la mejor relación de agregados con una mayor resistencia a la compresión es con un 48% de arena y 52% de piedra en peso. Por lo tanto, esta es la relación r_f óptima que se utilizará para el diseño de mezcla.

3.4 DISEÑO DE MEZCLAS (Para $a/c = 0.40, 0.45, 0.50$ Y 0.55)

Ya obtenido el porcentaje de la mejor combinación de agregados ($r_f=48\%$) que nos garantiza obtener un concreto de máxima resistencia y adecuada consistencia, procedemos a diseñar las mezclas de concreto para cada una de las relaciones de $a/c = 0.40, 0.45, 0.50, 0.55$; estimaremos una primera aproximación de la cantidad de agua, que luego por medio de ajustes sucesivos y trazando sus gráficos correspondientes encontraremos la cantidad de agua necesaria para conseguir un asentamiento de 3" a 4" (trabajable), luego utilizando el principio de volúmenes absolutos y al r_f óptimo, calcularemos las cantidades de piedra y arena para un metro cúbico de concreto.

Los detalles de los diseños se encuentran en el anexo II.

DISEÑO DE MEZCLAS FINALES

RELACION	MATERIAL	DOSIFICACION POR m3 DE CONCRETO				TANDA DE PRUEBA			
		PESOS EN (Kg/m3)		VOLUMEN m3	PROPORCIONAMIENTO		DISEÑO PARA 0.04m3		
		SECO	HUMEDO		SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	
N° 1 A/C = 0.40	CEMENTO	637.5	637.5	0.201	CEMENTO	1	1	25.50	
	AGUA	255	242.3	0.255	AGUA	0.4	0.38	9.69	
	ARENA	678.5	706.3	0.264	ARENA	1.06	1.11	28.25	
	PIEDRA	734.1	736.3	0.265	PIEDRA	1.15	1.16	29.45	
	Sum. Total	2305.1	2322.4	0.985	Sum. Total	3.62	3.64	92.89	
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =	3.6"			
N° 2 A/C = 0.45	CEMENTO	544.4	544.4	0.171	CEMENTO	1	1	21.78	
	AGUA	245.0	231.4	0.245	AGUA	0.45	0.42	9.26	
	ARENA	729.9	759.8	0.284	ARENA	1.34	1.40	30.39	
	PIEDRA	789.5	791.9	0.285	PIEDRA	1.45	1.45	31.67	
	Sum. Total	2308.8	2327.5	0.985	Sum. Total	4.24	4.27	93.10	
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =	3.6"			
N° 3 A/C = 0.50	CEMENTO	470	470	0.148	CEMENTO	1	1	18.80	
	AGUA	235	220.6	0.235	AGUA	0.5	0.47	8.82	
	ARENA	771	802.6	0.300	ARENA	1.64	1.71	32.10	
	PIEDRA	836.5	839.0	0.302	PIEDRA	1.78	1.79	33.56	
	Sum. Total	2312.5	2332.2	0.985	Sum. Total	4.92	4.97	93.28	
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =	3.6"			
N° 4 A/C = 0.55	CEMENTO	418.2	418.2	0.132	CEMENTO	1	1	16.73	
	AGUA	230.0	215.1	0.230	AGUA	0.55	0.51	8.60	
	ARENA	799.3	832.1	0.311	ARENA	1.91	1.99	33.28	
	PIEDRA	864.2	866.8	0.312	PIEDRA	2.07	2.07	34.67	
	Sum. Total	2311.7	2332.2	0.985	Sum. Total	5.53	5.57	93.28	
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =	3.5"			

3.5 DOSIFICACION DE CONCRETO PARA LOS ENSAYOS

En el cuadro N° 3.3.2 se muestra las dosificaciones para las relaciones agua/cemento con $r_f=48\%$ (óptimo).

Más detalle en anexo II.

RELACION	MATERIAL	PARA 1 m ³ DE CONCRETO	TANDA (KG)
			PARA 0.04m ³
A/C = 0.40	CEMENTO	637.5	25.50
	AGUA	242.3	9.69
	ARENA	706.3	28.25
	PIEDRA	736.3	29.45
	Sum.Total	2322.4	92.89
A/C = 0.45	CEMENTO	544.4	21.78
	AGUA	231.4	9.26
	ARENA	759.8	30.39
	PIEDRA	791.9	31.67
	Sum.Total	2327.5	93.10
A/C = 0.50	CEMENTO	470.0	18.80
	AGUA	220.6	8.82
	ARENA	802.6	32.10
	PIEDRA	839.0	33.56
	Sum.Total	2332.2	93.28
A/C = 0.55	CEMENTO	418.2	16.73
	AGUA	215.1	8.60
	ARENA	832.1	33.28
	PIEDRA	866.8	34.67
	Sum.Total	2332.2	93.28

CUADRO 3.3.2

CAPITULO IV

CAPITULO IV

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO

4.0 GENERALIDADES:

Se considera al concreto en estado fresco, como aquel que aún no alcanza su fragua inicial, para la realización del presente trabajo fue necesario controlar su calidad, hemos ensayado sus propiedades según normas NTP, mediante las cuales podemos certificar del tiempo que disponemos para transportarlo y colocarlo, así como garantizar una buena trabajabilidad sin segregación de sus componentes, también el peso por m³ de concreto, el contenido de aire, etc.

En el presente capítulo se verá también los procedimientos para obtener las propiedades del concreto endurecido, siendo de gran importancia ya que los resultados indican la forma de cómo se comportará en el futuro, permitiendo verificar si reúne las condiciones mínimas para el que fue diseñado.

Para determinar las propiedades del concreto al estado endurecido, se ha realizado los siguientes ensayos:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción por compresión diametral (método brasileño).
- Módulo de elasticidad estático.

Tanto para el concreto fresco como para el endurecido se describirán, no sólo los ensayos a efectuarse, sino también los métodos y procedimientos a seguir necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

4.1.1. METODO PARA MEZCLADO DE CONCRETO EN EL LABORATORIO

(NTP 339.036)

Este método describe los procedimientos recomendados para el mezclado del concreto en el laboratorio.

APARATOS.- Debe disponerse de un recipiente de metal, de fondo plano, impermeable y de capacidad suficiente para permitir el volcado de la carga completa de la mezcladora, así como permitir remezclar en el recipiente.

Se dispondrá de una mezcladora con suficiente capacidad para mezclar las cantidades requeridas para los ensayos.

Se dispondrá de palas; baldes, cucharas, metálicas, enrasadores, recipientes metálicos, etc.

La cantidad de mezcla que se elabore deberá ser tal que quede un exceso de aproximadamente el 10% del volumen de mezclado después de moldear las probetas.

MEZCLADO.- Se colocará en la mezcladora el agregado grueso, parte del agua de mezclado. Se echará a andar la mezcladora y luego se agregará el agregado fino, el cemento y el resto del agua. Después que todos los materiales estén dentro de la mezcladora, se mezclarán durante 3 minutos, seguido de 3 minutos de reposo y finalmente 2 minutos más de mezclado. La compuerta de descarga de la mezcladora deberá cerrarse durante el periodo de reposo para prevenir la evaporación. Para eliminar la segregación se descargará el concreto de la mezcladora en un recipiente limpio y ligeramente húmedo, remezclando con la pala metálica hasta que la mezcla quede uniforme.

4.1.2 CONSISTENCIA (ASENTAMIENTO) (NTP 339.035)

Este método es de fácil aplicación tanto en laboratorio como en el campo. Se determina basándose en el asentamiento o "slump", la prueba indica la capacidad del concreto para adaptarse con facilidad al encofrado o molde, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento depende de varios factores; se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

No debe confundirse el concepto de consistencia con el de trabajabilidad, que en su acepción más amplia expresa la propiedad del concreto para ser mezclado con facilidad, brindando un material homogéneo, capaz de ser transportado y colocado en molde sin segregar con la mayor compacidad, actualmente no existe una prueba válida capaz de caracterizar la trabajabilidad, definida con rigor como la cantidad de trabajo interno útil requerido para realizar la completa consolidación del concreto.

El ensayo es de utilidad para evaluar la aptitud de las mezclas en la consolidación en diferentes tipos de estructuras.

METODO DEL "CONO DE ABRAMS"

Esta prueba desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

APARATOS:

El "cono de Abrams" estará constituido de una plancha metálica con un espesor mínimo de 1.5 mm y su forma será de un tronco de cono. Los dos círculos de las bases serán paralelos entre sí:

de 20 cm. de diámetro la superior, formando ángulo recto con el eje del cono, la altura del cono será de 30 cm. dicho molde estará provisto de asas y aletas de pie.

Debe disponerse de una barra compactadora recta de acero, lisa, de 16 mm (5/8") de diámetro, con los extremos terminados en semiesfera y de aproximadamente 60 cm. de longitud.

PROCEDIMIENTO:

El molde se colocará sobre una superficie plana no absorbente, habiendo humedecido previamente las áreas que estarán en contacto con el concreto; se le mantendrá inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se llenará vaciando el concreto en 3 capas, de modo que cada capa ocupe aproximadamente la tercera parte del volumen del molde.

Cada capa se deberá compactar dando 25 golpes con la barra compactadora, distribuidos uniformemente en toda la sección. La capa inferior se compactará en todo su espesor. Las capas siguientes se compactarán de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.

El molde se llenará por exceso antes de compactar la última capa. Luego se enrasa utilizando una cuchara de albañilería o la barra compactadora.

Luego se levantará el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se medirá el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado. Esta operación se hará en aproximadamente 5 segundos, evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado hasta la remoción del molde se hará sin interrupción y en un tiempo no mayor de 1.5 minutos.

4.1.3 PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (NTP 339.046)

Este ensayo tiene por objeto determinar el grado de densidad del concreto, obteniendo el rendimiento de la mezcla y el contenido de aire.

El empleo de aditivos incorporadores de aire, reductores de agua y retardadores de fragua, pueden modificar el peso unitario de una mezcla dada, aunque tales variaciones generalmente son pequeñas.

La prueba consiste en la determinación del peso de concreto por unidad de volumen, El molde a utilizar será metálico de:

1/2 pie³ para agregados hasta de 2".

1 pie³ para agregados de más de 2".

El procedimiento es muy simple y se reduce a llenar el molde mencionado en 3 capas con 25 golpes por capa utilizando la barra compactadora. En la última capa se coloca material en exceso para enrasar a tope con el borde superior del molde sin agregar material. Después de consolidar cada capa se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde con la barra compactadora, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado.

Luego el concreto y el recipiente que lo contiene son pesados, obteniéndose por diferencia el peso de concreto, que al ser dividido por el volumen del recipiente nos dará el peso unitario del concreto fresco que generalmente se expresa en kilogramos por metro cúbico.

4.1.4 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082)

El ensayo, nos permite conocer el tiempo que disponemos para las operaciones de transporte, colocación y acabado del concreto, que en obra es muy importante.

La presente norma establece el método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de concretos con asentamientos superior a cero, por medio de penetración sobre la muestra tamizada. Determina también la velocidad de endurecimiento que experimenta una muestra de concreto fresco.

El fraguado se ha dividido en dos periodos:

Fraguado inicial: Se caracteriza por un aumento en la viscosidad y temperatura de la mezcla, se obtiene cuando el concreto expuesto a una presión de 500 lb/pulg², equivalente a 35 kg/cm², para conseguir una penetración de 1".

Fraguado final: Es aquel tiempo que necesita el concreto para conseguir 1" de penetración, con una presión de 4000 lb/pul² que equivale a 250 kg/cm².

PREPARACION DEL MORTERO:

Preparamos una tanda de 0.02m³ de mezcla de concreto. Luego la tamizamos por la malla N°4, mezclando la muestra completamente por métodos manuales sobre una mesa vibratoria. La

mezcla que pasa por dicha malla (muestra de mortero para el ensayo), es llenada en los 2 moldes cilíndricos de:

Diámetro = 17.70 cm (Norma 150 mm).

Altura = 17.70 cm (Norma mínimo 150 mm).

Se llena cada molde en una sola capa hasta una altura mínima de 14 cm, se compacta con la varilla compactadora, dando un golpe por cada 650mm² de superficie en la muestra. Para dichos moldes corresponden 38 golpes de cada uno. Se golpea ligeramente con la varilla los costados del molde para eliminar el aire y nivelar la superficie.

Las muestras se almacenan y conservan a la temperatura ambiente.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

Antes del ensayo se retira el agua que haya exudado a la superficie de la muestra. Según el estado de endurecimiento del mortero, se debe colocar una aguja de tamaño apropiado y se pone esta en contacto con el mortero. Se aplica una fuerza vertical gradual y uniforme hacia abajo hasta lograr una penetración de 25 mm en un tiempo aproximado de 10 segundos.

Se registra la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora de ensayo.

En posteriores ensayos de penetración se debe tener cuidado en eludir sitios en los cuales el mortero ha sido alterado por penetraciones previas. La distancia libre entre la aguja y el sitio de cualquier penetración anterior, debe ser al menos 2 veces el diámetro de la aguja que se use, pero en ningún caso inferior a 15 mm. Se debe dejar una distancia libre entre la aguja y la pared del recipiente por lo menos de 25mm. Para muestras normales a temperaturas normales, el primer ensayo se debe hacer cuando haya transcurrido 3 a 4 horas y los demás ensayos cada hora. Para mezclas aceleradas o altas temperaturas, se recomienda hacer el primer ensayo cuando haya transcurrido 1 a 2 horas y los demás ensayos a intervalos de 0.5 horas. Para condiciones de baja temperatura o mezclas de concreto retardado, el primer ensayo debe hacerse cuando haya transcurrido 4 a 6 horas o más, los posteriores deben hacerse a intervalos de 1 hora, a menos que el incremento de resistencia a la penetración indique que son aconsejables intervalos más cortos.

Para cada ensayo de fraguado se debe hacer por lo menos 6 penetraciones y los intervalos de tiempo entre ellas serán tales que suministren puntos adecuados y lo suficientemente espaciados para dibujar una curva satisfactoria de velocidad de endurecimiento. Las penetraciones deben continuarse hasta alcanzar una resistencia de por lo menos 280 daN/cm² (280 kgf/cm²). Se calcula la resistencia a la penetración en daN/cm² (kgf/cm²), como el cociente de la fuerza requerida para que la aguja penetre 25 mm y el área de la superficie de contacto de la aguja.

4.1.5 CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.046)

Nos indica la cantidad de aire atrapado en la mezcla. Se sabe que mientras más aire tenga internamente el concreto, su resistencia a la compresión disminuirá. Pero a veces es necesario cuando se trata de climas con condiciones severas (muy bajas), favoreciendo sobre todo en casos en que el agua, atrapada internamente, aumente su volumen debido al congelamiento.

En nuestro caso utilizaremos el volumen absoluto del concreto, ya que una vez medido el peso del concreto por metro cúbico se procede a calcular las cantidades de material utilizado. Luego procedemos a llevarlo a la condición de diseño seco, es cuando los agregados están superficialmente secos, hallamos los volúmenes de cada material y por diferencia obtenemos la cantidad de aire en un m³ de concreto.

METODO GRAVIMETRICO

Previamente debe realizarse el ensayo de peso unitario del concreto fresco.

Se calcula el volumen de la tanda realizada como:

$$V_1 = (W_c + W_w + W_f + W_g) / W$$

Donde :

- W_c = Peso del cemento.
- W_w = Peso del agua.
- W_f = Peso del agregado fino.
- W_g = Peso del agregado grueso.
- W = Peso unitario del concreto fresco.

Nota.- Obsérvese que V₁, viene a ser el rendimiento de la tanda.

A continuación se calcula el volumen teórico de la tanda como suma de los volúmenes absolutos de los materiales:

$$V_2 = V_c + V_w + V_f + V_g$$

En el caso de los agregados, se tomarán los pesos específicos en estado de saturado superficialmente seco.

La diferencia entre V_1 y V_2 dará el volumen de aire.

$$\text{Contenido de Aire en \%} = 100 \times \frac{V_1 - V_2}{V_1}$$

4.1.6 EXUDACION (NTP 339.077)

Es el flujo de agua o mezcla de agua cemento que tiende a subir hacia la superficie del concreto recién colocado. Es considerada como un tipo especial de segregación, la exudación empieza momentos después de que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados. Esto se produce porque los componentes sólidos de la mezcla no pueden retener todo el agua de mezclado cuando se asientan en el fondo. Por causa de la exudación la superficie del concreto puede quedar demasiado húmeda y si el agua queda atrapada entre elementos superpuestos de concreto, el resultado sería un concreto poroso, débil y poco durable.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

Llenamos el recipiente (1/2 pie³) en tres capas, cada capa con 25 golpes dejándose una pulgada libre en la parte superior del recipiente. Inmediatamente después de llenar, nivelar y alisar la superficie se coloca el recipiente sobre la plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones y se tapa, manteniendo la misma en su lugar durante el ensayo.

Una vez que empiece la exudación se extrae el agua que se halla acumulado en la superficie, después de cada extracción se transfiere el agua a un tubo graduado y se anota la cantidad de agua acumulada, repitiéndose el procedimiento hasta que la mezcla deje de exudar.

4.1.6 FLUIDEZ (NTP 339.085)

Llamado también ensayo de la mesa de sacudida o de escurrimiento. El ensayo responde principalmente a la variación del contenido de agua de la mezcla y sirve para indicar la consistencia, y también la proclividad a la segregación. Es con respecto a la segregación que este ensayo es de utilidad, pues además nos proporcionará un índice de mezclas rígidas, ricas y cohesivas.

En este ensayo, el índice de consistencia se determina con el aumento del diámetro que experimenta la base inferior de un tronco de cono de concreto fresco sometido a sacudidas sucesivas.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

El molde tronco-cónico se coloca previamente sobre la mesa de sacudidas, luego se llena con concreto en dos capas, cada una de ellas de igual volumen, compactadas con una varilla de 60cm de longitud y diámetro de 5/8". Se levanta el molde y luego procedemos con la manija a sacudir la mesa mediante 15 segundos a razón de 1 golpe por segundo. Posteriormente medimos los diámetros alcanzados por el concreto esparcido.

Para el cálculo del índice de fluidez tenemos:

$$F = \frac{(D-25)}{25} \times 100$$

Donde :

F = Porcentaje de fluidez.

D = Diámetro Promedio.

4.1.7 ELABORACION DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO

(NTP 334.0341)

APARATOS:

- Cuchara de muestreo y cuchara de albañilería.
- Moldes metálicos cilíndricos, de 152.5 mm \pm 2.5 mm de diámetro, por 304 mm \pm 6.0 mm de altura.
- Barra compactadora lisa con puntas semiesféricas (ya descrita).
- Base de molde de material no absorbente.

PREPARACION DEL MOLDE:

- El molde deberá estar limpio y su superficie interior aceitada. Sólo se permitirá el uso de aceites minerales y otros productos destinados a este efecto.
- La base del molde estará limpia a este efecto.

ELABORACION DE LA PROBETA:

- Se llenará el molde con concreto fresco hasta una altura aproximadamente de un tercio del total, compactando a continuación energéticamente con la barra compactadora mediante 25 golpes

uniformemente repartidos, tratando de abarcar toda la sección y de golpear en la misma dirección del eje del molde. Este proceso se repetirá en las dos capas siguientes hasta lograr el llenado completo del molde. En la última capa se colocará material en exceso, de manera tal que después de la compactación de la misma pueda enrasarse a tope con el borde superior del molde sin necesidad de añadir más material.

CURADO DE LA PROBETA

- Las probetas se retirarán de los moldes entre los 18 y 24 horas después de moldeadas.
- Después de desmoldadas, las probetas se colocarán en la cámara de curado, en recipientes conteniendo una solución saturada de agua de cal, a temperaturas de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- La saturación se puede obtener incorporando tentativamente 2 gr de cal hidratada por litro de agua.
- El agua utilizada será potable y limpia, no se encontrará en movimiento y cubrirá por completo todas las caras de la probeta.

4.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

Las propiedades del concreto endurecido son de gran importancia ya que refleja la forma de cómo se comportará en el futuro, permitiendo verificar si reúne las condiciones para el que fue diseñado.

Comúnmente se considera la resistencia a la **compresión** como la propiedad más representativa, por su fácil realización, además la mayoría de las propiedades del concreto mejoran al incrementarse la resistencia, por lo que esta propiedad se usa como índice de su calidad. Es también de importancia, conocer las propiedades de **elasticidad** y **tracción**, que influyen sobremanera en los cálculos estructurales.

Así mismo es necesario resaltar que el proceso de muestreo, preparación y curado de probetas, evita resultados erróneos de resistencia, que conllevan al cuestionamiento de la calidad del concreto, produciéndose una posible paralización de la obra y un dilatado proceso de evaluación.

4.2.1 RESISTENCIA A COMPRESION (NTP 339.034)

Las probetas o testigos deben ser los que establece la norma NTP 334.0341 descritos en el punto 4.1.7.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

- La sección de la probeta se determinará en su zona central y su diámetro de cálculo será el promedio de dos diámetros ortogonales, aproximados hasta el milímetro entero más cercano.
- Las irregularidades de las caras de compresión deberán ser rematadas con una mezcla de azufre (62 % de azufre, 36 % de arena que pasa la malla N° 20 (0.841 mm.) -o bentonita- y 2 % de negro de humo), con un espesor de 6 ± 2 mm. dispuesto en forma tal que tienda a lograr un paralelismo entre las caras a comprimir. Las superficies de compresión deberán ser planas, con una tolerancia de 0.05 mm.
- Se medirá la altura total de la probeta después de colocar su remate.
- Las probetas serán colocadas en la máquina de ensayos, centradas y comprimidas a una velocidad de 3 ± 1 kg/cm²/seg. Una vez que se fije la abertura del paso de aceite necesario para lograr esa velocidad de carga, ésta no podrá modificarse bajo ningún concepto, hasta lograr la franca rotura de la probeta.
- La resistencia a compresión será el cociente entre la carga máxima y la sección media de la probeta.
- En el informe deberá incluirse el peso de la probeta.

4.2.2 RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (NTP 339.084) – METODO BRASILEÑO

Cuando una estructura de concreto esta en servicio, generalmente se asume que el concreto no resiste tensiones, sin embargo el concreto al agrietarse durante la flexión, si resiste cierto valor de tensiones, siendo estos del orden del 8 - 20% de la resistencia a la compresión dependiendo de la edad y de la calidad de los elementos constituyentes.

Este método describe el procedimiento para determinar la resistencia del concreto a tracción indirecta en probetas cilíndricas.

APARATOS :

- Se requiere la máquina empleada para el ensayo a compresión, del tipo (ASTM E-4) que permita aplicar cargas a la velocidad de carga indicada más adelante.

- Si la dimensión mayor de la placa de carga superior o de la placa de apoyo inferior de la máquina de ensayo es menor que la longitud del cilindro por ensayar, se usará una placa adicional de acero. Tendrá un ancho de por lo menos 50 mm. y un espesor por lo menos igual a la distancia del borde de la placa de apoyo esférica o rectangular al extremo del cilindro.

- Para cada probeta se usarán dos tiras de contacto de madera contrachapada de un espesor nominal de 3.0 mm, libre de imperfecciones, de un ancho aproximado de 15 mm. y de una longitud igual o ligeramente mayor a la longitud de la probeta. Las tiras de contacto se colocarán entre la probeta y las placas de apoyo superior o inferior de la máquina de ensayo, o entre la probeta y las placas suplementaria, si éstas se usan.

PROCEDIMIENTO :

- Se marcarán líneas diametrales en cada extremo de las probetas usando un medio adecuado que asegure que estén en el mismo plano axial.

- Debe determinarse el diámetro de la probeta de ensayo con una aproximación de 1.0 mm. promediando tres diámetros medidos acerca de los extremos y a la mitad de la probeta, que queden el plano que contiene las líneas marcadas en los dos extremos. Debe determinarse la longitud de la probeta con una aproximación de 1.0 mm. por lo menos dos medidas longitudinales tomadas en un plano que contenga las líneas marcadas en los extremos.

- **Centrado.**- Céntrese una de las tiras de contacto a lo largo del centro de la placa de acero inferior. Colóquese la probeta sobre la tira y alinéese de tal modo que las líneas marcadas en el extremo de la probeta sean verticales y queden centradas sobre la tira de contacto. Colóquese la segunda tira longitudinalmente sobre el cilindro, centrada sobre las líneas marcadas en los extremos del mismo.

- **Velocidad de carga.**- Aplíquese la carga continuamente y sin impacto a una velocidad constante de manera que los esfuerzos en el plano diametral de rotura aumenten en $0.5 \pm 0.2 \text{ kg/cm}^2$ por segundo, hasta la falla de la probeta.

CALCULOS

El esfuerzo de tracción de la probeta se calculará como sigue:

$$f_t = \frac{2 P}{\pi L D}$$

Donde :

f_t = esfuerzo de tracción (kg/cm^2).

P = carga máxima aplicada por la máquina de ensayo (kg).

L = longitud (cm).

D = diámetro (cm).

Pi = 3.14159.

4.2.3 MODULO ELASTICO ESTATICO (NORMA ASTM C – 469-94)

ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga. El concreto no es un material completamente elástico, pero existen zonas donde si tiene un comportamiento elástico, y es precisamente ahí donde se define el módulo elástico. Las deformaciones no son proporcionales a las cargas, sino hasta un cierto límite y por otro lado las deformaciones elásticas están acompañadas generalmente de deformaciones permanentes cuya magnitud varía de un caso a otro.

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 280000 a 350000 kg/cm^2 y están en relación directa con la resistencia a la compresión del concreto y esta a la relación agua/cemento.

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

El ACI sugiere la siguiente expresión:

$$E_c = W^{1.5} \times 42.50 \times (f'c)^{1/2}$$

Donde:

W: Peso específico del concreto

En el presente trabajo para obtener los valores que se emplean en el cálculo del módulo elástico. Se ensayó tres (3) probetas para cada diseño de mezcla a la edad de 28 días en el laboratorio de ensayo de materiales de la empresa UNICON.

Se sometió a cada probeta a cargas que se incrementan constantemente originando así deformaciones para los rangos elásticos e inelásticos. De los cálculos obtenidos (ver anexo IV) se obtiene la gráfica deformación unitaria vs. esfuerzo, generándose una curva, lo que indica que el concreto no es perfectamente elástico. En la mencionada curva, se observa una zona de trabajo donde los esfuerzos y las deformaciones son proporcionales para fines prácticos.

Este límite de proporcionalidad para el caso del módulo elástico es el 40% de la resistencia a la compresión y la respectiva deformación en ese punto.

Del gráfico se obtendrá:

- El esfuerzo "E₀", que corresponde a la deformación unitaria constante de D₀ = 0.00005.
- La Deformación Unitaria "D₁" correspondiente al esfuerzo "E₁" que es igual al 40% de f'c, donde f'c es la carga máxima alcanzada por el espécimen.

Por lo tanto, el módulo elástico se obtiene de:

$$M.E. = \frac{E_1 - E_0}{D_1 - D_0}$$

De donde:

$D_0 = 0.0005$.

$E_1 =$ Esfuerzo a máxima carga en $\text{Kg/cm}^2 = 40\% f_c$.

$E_0 =$ Esfuerzo cuando la deformación unitaria es igual a 0.0005.

$D_1 =$ Es la deformación unitaria correspondiente al esfuerzo E_1 .

El procedimiento de ensayo esta basado en la Norma ASTM C 469-94, utilizando un compresómetro de 03 anillos, donde las lecturas describen las deformaciones del espécimen sometido a ensayo. (para más detalle ver anexo VI).

CAPITULO V

CAPITULO V

CUADROS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO

5.1 GENERALIDADES

A continuación se presenta los valores de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio, tanto para el estado fresco como en el endurecido. Estos resultados, son valores observados, de donde se hallan los promedios respectivos. El desarrollo de los mismos se detalla en el anexo IV.

En el capítulo anterior se ha desarrollado la descripción de los procedimientos de los ensayos, de tal manera que, para el presente capítulo se expone los resultados de los ensayos realizados.

El cuadro 5-1, describe los promedios de los valores observados de las propiedades del concreto en estado fresco para las diferentes relaciones agua/cemento.

El cuadro 5-2, muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto para diferentes relaciones agua/cemento ($a/c = 0.40, 0.45, 0.50$ y 0.55) y para las edades de 7, 14, 28 y 42 días.

El cuadro 5-3, muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral (método brasileño) para cada relación agua/cemento ($a/c = 0.40, 0.45, 0.50$ y 0.55) y para la edad de 28 días.

El cuadro 5-4, muestra los resultados del ensayo de módulo elástico estático, para cada relación agua/cemento ($a/c = 0.40, 0.45, 0.50$ y 0.55) y para la edad de 28 días de curado.

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN EL ESTADO FRESCO

CUADRO 5 - 1

RELACION a/c	ASENTAMIENTO (pulg.)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (hr. min)	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (hr. min.)	CONTENIDO DE AIRE X m ³ DE CONCRETO (%)	ENSAYO DE FLUIDEZ (%)
0.40	3.60	2376.70	03:40	05:07	1.163	68.67
0.45	3.60	2376.70	03:41	05:20	1.452	77.29
0.50	3.60	2375.30	03:46	05:37	1.996	80.47
0.55	3.50	2378.10	03:49	05:45	1.786	81.40

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO, UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C=0.40 A 0.55"

RESUMEN DE LOS VALORES OBSERVADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

CUADRO 5 - 2

RELACION a/c	RESISTENCIA A LA COMPRESION (f _{cr} en kg/cm ²)			
	EDAD (días)			
	7	14	28	42
0.40	273.0	308.7	357.3	370.2
0.45	245.4	289.9	320.1	336.2
0.50	208.0	245.0	277.6	303.4
0.55	183.9	215.1	272.7	245.6

**RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA
POR COMPRESION DIAMETRAL**

CUADRO 5 - 3

RELACION a/c	RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (ft en kg/cm ²)
EDAD: 28 DIAS	
0.40	38.37
0.45	35.43
0.50	33.50
0.55	31.83

MODULO ELASTICO ESTATICO

CUADRO 5 - 4

RELACION a/c	PROMEDIO DE MODULO ELASTICO ESTATICO $\times 10^5$ (kg/cm ²) EDAD: 28 DIAS
0.40	2.42
0.45	2.38
0.50	2.36
0.55	2.35

CAPITULO VI

CAPITULO VI

ANALISIS DE REGRESION Y CORRELACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

6.0 GENERALIDADES

En el presente capítulo se procederá con el análisis de regresión y correlación de los resultados obtenidos en los ensayos efectuados del concreto endurecido, donde debe cumplirse alguna correspondencia entre la resistencia a la compresión del concreto con respecto a la edad (tiempo de curado) y a la relación de agua – cemento, que generalice la interacción entre ellos, mediante el estudio estadístico correspondiente.

En el procedimiento se utilizaron diferentes expresiones matemáticas que hacen posible su aplicación (ver anexo V), luego se grafica tomando como ordenadas la resistencia promedio observada y las abscisas corresponden para el caso a la edad del concreto y a la relación agua/cemento, aquí apreciamos el diagrama de disposición de estos puntos obtenidos en los ensayos,

donde se determina la curva que presenta mejor ajuste, un indicativo es mediante el coeficiente de correlación (r), finalmente se adopta la ecuación que relaciona mejor los resultados. Si se tuviere dos regresiones con altos coeficientes de correlación y la variación de las mismas es poco significativa se elegirá la regresión que exprese una mejor disposición de estos puntos en las coordenadas X e Y.

6.1 AJUSTE DE LAS CURVAS DE REGRESION POR EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS

Para determinar la ecuación que mejor relacione las dos variables obtenidas en el laboratorio como son:

X = Valor de la edad del concreto y/o relación de agua – cemento (a/c).

Y = Valor de la resistencia del concreto endurecido en kg/cm^2

Se representa en el sistema de coordenadas rectangulares (x,y), cuyos puntos resultantes se denomina diagrama de disposición, este diagrama nos permitirá determinar la curva que se aproxime a nuestros datos.

A esta curva de aproximación aplicaremos el **método de mínimos cuadrados** para determinar la mejor curva de ajuste. El método de mínimos cuadrados se define: De todas las curvas de aproximación a una serie de "N" datos puntuales, la curva tiene la propiedad de que:

$$A^2 + B^2 + C^2 + \dots + N^2 \text{ es mínimo.}$$

Donde la expresión arriba anotada es: La suma de los cuadrados de las desviaciones verticales con respecto a la mejor curva de ajuste. Una curva que represente esta propiedad se dice que se ajusta a los datos por mínimos cuadrados y se llama curva de regresión.

6.1.1 CORRELACION

Es el grado de relación existente entre las dos variables para este caso entre X e Y. Este grado de relación viene expresado por el coeficiente de correlación " r ", que se puede calcular a partir de la ecuación de la curva dada. Su variación es de $-1 < r < +1$. A continuación se exponen los fundamentos básicos de la teoría de correlación a utilizarse, para mayor detalle remitirse al anexo V.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = a + b * x$$

Ecuac. 6.1

La ecuación 6.1 es una ecuación lineal entre las variables X e Y. De donde las ecuaciones normales son:

$$\left. \begin{aligned} a * N + b * \sum X &= \sum Y \\ a * \sum X + b * \sum X^2 &= \sum Y * X \end{aligned} \right\}$$

Ecuac.6.2

También :

$$a = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum YX)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Ecuaci.6.2.1

$$b = \frac{N(\sum YX) - (\sum X)(\sum Y)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Ecuaci. 6.2.2

REGRESION EXPONENCIAL DE Y SOBRE X

$$Y = a * e^{b * X}$$

Ecuac. 6.3

La ecuación 6.3 es una ecuación exponencial entre las variables X e Y, tomando logaritmo natural a ambos miembros de la ecuación, tenemos:

$$\ln Y = \ln a + b * X$$

Ecuac. 6.3.1

La ecuación 6.3.1 es una ecuación lineal entre las variables X y LogY que puede resolverse de la misma manera que la ecuación 6.1

REGRESION POTENCIAL DE Y SOBRE X

$$Y = a * X^b \quad \text{Ecuac. 6.4}$$

La ecuación 6.4 es una ecuación exponencial entre las variables X e Y. Tomando logaritmo a ambos miembros de la ecuación, tenemos:

$$\text{LogY} = \text{Loga} + b * \text{Log X} \quad \text{Ecuac. 6.4.1}$$

La ecuación 6.4.1. es una ecuación lineal entre las variables X y LogY que pueden ser resueltas de la misma forma que la ecuación 6.1.

REGRESION DE FORMA LOGARITMICA DE Y SOBRE X

$$Y = a + b * \text{LnX} \quad \text{Ecuac. 6.5}$$

La ecuación 6.5 es una ecuación lineal entre las variables X e Y. Siguiendo el proceso de la ecuación 6.1 tenemos:

$$A = \frac{(\sum Y - B \cdot \sum \text{LnX})}{N} \quad \text{Ecuaci 6.5.1}$$

$$B = \frac{N \sum Y \cdot \text{LnX} - \sum \text{LnX} \cdot \sum Y}{N \sum (\text{LnX})^2 - (\sum \text{LnX})^2} \quad \text{Ecuaci. 6.5.2}$$

DESVIACION TIPICA DE Y

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{N}} \quad \text{Ecuac. 6.6}$$

También:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2}{N} - \left[\frac{\sum Y}{N} \right]^2} \quad \text{Ecuac. 6.6.1}$$

ERROR TIPICO DE LA ESTIMA DE Y SOBRE X

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y_{est.})^2}{N}} \quad \text{Ecuac. 6.7}$$

Donde $Y_{est.}$ indica los valores de Y estimados con la ecuación de regresión.

- **CASO DE REGRESION LINEAL:** $Y = a + b \cdot X$

$$S^2_{y.x} = \frac{\sum Y^2 - a \sum Y - b \sum YX}{N} \quad \text{Ecuac. 6.7.1}$$

- **CASO DE REGRESION EXPONENCIAL:** $Y = a \cdot e^{b \cdot X}$

$$S^2_{y.x} = \frac{\sum Y^2 - 2a \sum Y e^{bx} + a^2 \sum e^{2bx}}{N} \quad \text{Ecuac. 6.7.2}$$

- **CASO DE REGRESION POTENCIA:** $Y = a \cdot X^b$

$$S^2_{y.x} = \frac{\sum Y^2 - 2a \sum Y X^b + a^2 \sum X^{2b}}{N} \quad \text{Ecuac. 6.7.3}$$

COEFICIENTE DE CORRELACION DE Y SOBRE X ($R_{y,x}$)

Esta dado por la raíz cuadrada de la razón entre la variación explicada y la variación total.

$$R_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(Y_{est.} - Y)^2}{\sum(Y - Y)^2}} \quad \text{Ecuac. 6.8}$$

$$R_{yx} = \sqrt{1 - \frac{S^2_{y.x}}{S^2_y}} \quad \text{Ecuac. 6.8.1}$$

Donde:

Yest. Indica los valores de Y estimados con la ecuación de regresión.

Y Indica los valores de Y observados.

Y Indica el promedio de los valores de Y observados.

CASO DE REGRESION LINEAL: $Y = a + bX$

$$S^2_{y.x} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2] [N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad \text{Ecuac. 6.8.2}$$

Nota : Las ecuaciones (6.6), (6.7),(6.8),(6.8.1) son válidas para cualquier ecuación de regresión, esto es, siendo o no lineales. Además linealizando las ecuaciones exponencial y potencial se podrán calcular sus respectivos coeficientes de correlación con la ecuación 6.8.2

6.2 EVALUACION DEL GRADO DE CONTROL

Todos los datos que se obtienen de ensayos están sujetos a variaciones, para gran número de datos existen ciertas medidas que indican la uniformidad del producto que se esta ensayando y el cuidado con que se ha hecho los ensayos.

El indicativo más común de la tendencia central de un conjunto de datos es el promedio (Y) y las más comunes de grado de uniformidad son la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación (V).

Al respecto el Ing°. Riva López comenta en su libro: DISEÑO DE MEZCLAS, la experiencia del constructor; su capacidad para producir un concreto de las propiedades deseadas, su habilidad para lograr una adecuada selección de los materiales, y su capacidad para planificar correctamente las diversas etapas del trabajo y producir un concreto de las propiedades deseadas, se expresan numéricamente en el coeficiente de variación y en la desviación estándar propios de la compañía, V y S".

La **desviación estándar (S)** se calcula por la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}} \quad \text{Para } n \text{ mayor o igual a } 30 \quad \text{Ecuac. 6.10}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{Para } n \text{ menor de } 30 \quad \text{Ecuac. 6.11}$$

El valor **promedio (X)** de las muestras se calcula con la siguiente expresión:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad \text{Ecuac. 6.12}$$

Para evaluar el **coeficiente de variación (V)** se tiene:

$$V = (S/X) * 100 \quad \text{Ecuac. 6.9}$$

En las expresiones anteriores:

S = Desviación estándar.

X = Promedio de todas las muestras.

Xi = Valor de cada muestra.

V = Coeficiente de variación.

n = Número de muestras.

De los estudios estadísticos y de la experiencia, se ha llegado establecer ciertos valores de los coeficientes de variación que indica el tipo de control que se tiene.

El cuadro que a continuación presentamos, indica los coeficientes de variación relacionado al grado de control de calidad.

ORIGEN DE LAS MUESTRAS	GRADO DE CONTROL	COEF. DE VARIACION (V%)
LABORATORIO	EXCELENTE	0 - 5
	BUENO	5 - 7
	REGULAR	7 - 10
	MAL	MAYOR DE 10
OBRA	EXCELENTE	10 - 12
	BUENO	15
	REGULAR	18
	INFERIOR	20
	MAL	25

Los cuadros 6-5 y 6-6 muestran calculos de valores necesarios para la aplicación de las fórmulas expuestas, el cuadro 6-5 sirve para el análisis de regresión de la resistencia a la compresión con respecto a la relación agua/cemento, donde el eje de las abscisas esta representada por la relación a/c y el eje de las ordenadas por la resistencia promedio observada; y el cuadro 6-6 sirve para análisis de regresión de la resistencia a la compresión con la edad del concreto, donde para las ordenadas corresponden a los valores de la resistencia ajustada y en el eje de las abscisas esta representada por la edad del concreto.

6.4 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LAS CURVAS DE REGRESION

Los cálculos que ha continuación se explican, consideran los resultados obtenidos de los ensayos al concreto endurecido, mismos que fueron realizados en el laboratorio de control de calidad de la empresa Unión de Concreteras C+H (UNICON), éstos se encuentran detallados en los cuadros del 6-1-A al 6-4-B.

En este capítulo se discutirá básicamente el análisis de regresión; donde se responderá la pregunta de rigor que es: ¿En qué funciones se describe mejor las diferentes inter-relaciones que existe entre la resistencia a la compresión – resistencia a la tracción por compresión diametral, respecto a las relaciones agua/cemento y también respecto a la edad del concreto endurecido?.

Para responder esta interrogante, se procedió de la siguiente manera; en primer lugar se ha planteado los puntos en el plano X e Y, donde se obtiene un conjunto de puntos dispersos, donde se observa que para el trazado de la curva "ideal" es necesario el ajuste de los valores observados haciendo uso del análisis de regresión.

Para tal fin, se ha elaborado dos cuadros, el cuadro 6-5 y el cuadro 6-6, donde se muestran los valores necesarios para la aplicación de las fórmulas por mínimos cuadrados como son: la función lineal, exponencial, logarítmica y potencial.

El cuadro 6-5 es para la regresión que existe entre la resistencia a la compresión del concreto con respecto a las diferentes relaciones de agua/cemento, la 3^{ra} columna "Y" esta representada por los valores observados, que viene a ser el promedio de los resultados de tres (3) probetas cilíndricas de dimensiones 15 x 30 cm ensayadas, con excepción para la edad de 28 días, donde se ensayaron 32 probetas con el objeto de tener una mayor precisión estadística en los resultados. En la 2^{da} columna "X" nos representa las diferentes relaciones de mezclas agua/cemento de 0.40 a 0.55, considerándose así diferentes edades del concreto.

En cambio, para el cuadro 6-6 que es para la regresión de la resistencia a la compresión con respecto a la edad del concreto aquí consideramos para la 3^{ra} columna "Y" valores observados y en la 2^{da} columna "X" esta la edad del concreto es decir de 7, 14, 28 y 42 días para las diferentes relaciones agua/cemento.

El cuadro 6-7 muestra el resumen de todas las ecuaciones que fueron estudiadas, determinando que el ajuste ideal de los resultados que describe mejor correlación de la resistencia a la compresión con respecto a la relación agua/cemento, corresponde a la función exponencial.

En el mismo cuadro se observa que los coeficientes de correlación para diferentes edades y ecuaciones son casi semejantes, pero como se ha dicho anteriormente consideramos la mejor disposición de los puntos que se presentan en las coordenadas cartesianas, dicha función es:

$$Y = A * e^{B * X}$$

Donde:

Y = Resistencia a la compresión en kg/cm² (valores ajustados).

X = Relación agua/cemento (a/c).

A,B = Coeficientes de la ecuación.

Esta correspondencia se aprecia para cada relación a/c en los cuadros del 6-8 al 6-12 y en el gráfico 6-1.

De igual manera se ha procedido para la correspondencia entre la resistencia a la compresión con respecto a la edad del concreto, mediante la utilización del cuadro 6-6, se concluye que la curva o función que más se adecua a los puntos distribuidos en las coordenadas es la ecuación potencial.

$$Y = A * X^B$$

Donde :

Y = Valores ajustados en Kg/cm²

X = Edad el concreto en días.

A,B= Coeficientes de la ecuación

El resumen de las funciones analizadas se muestra en el cuadro 6-12.

La correspondencia respectiva se puede apreciar en los cuadros 6-13 al 6-16 y su visualización en el gráfico 6-2.

También, como parte del estudio del comportamiento del concreto endurecido se ha observado que para el ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral con respecto a la relación agua/cemento su desarrollo es lineal; la disposición de estos puntos observados son linealmente distribuidos y cumpliéndose con la ecuación lineal:

$$Y = A + B * X$$

Donde:

Y = Resistencia a la Tensión (Compresión Diametral)

X = Relación agua – cemento (a/c)

A,B= Coeficientes de la ecuación.

La correspondencia se muestra en el cuadro 6-17 y también en el gráfico 6-3.

Adicionalmente se incluye los cuadros del 6-19 al 6-22 y los gráficos 6-4 al 6-7, que muestran los límites superior e inferior para un determinado porcentaje de aceptación de los resultados, para las edades del concreto de 7, 14, 28 y 42 días.

Una vez determinada la función que generaliza el comportamiento del concreto en sus diferentes formas de correspondencias se procede analizar los resultados de acuerdo a sus constantes estadísticas que están intrínsecamente ligados a la curva ideal.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)
A/C = 0.40

CUADRO 6-1-A

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.240	30.4	15.30	511	183.85	274.0	273.0
	2	13.260	30.5	15.37	516	185.54	274.1	
	3	13.300	30.5	15.30	505	183.85	270.8	
14	1	13.300	30.6	15.24	566	182.42	305.8	308.7
	2	13.300	30.5	15.18	571	180.98	311.0	
	3	13.280	30.5	15.18	568	180.98	309.4	
42	1	13.300	30.5	15.24	681	182.42	368.0	370.2
	2	13.280	30.5	15.18	689	180.98	375.0	
	3	13.350	30.4	15.18	675	180.98	367.6	

CUADRO 6-1-B

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.24	30.4	15.30	680	183.85	364.6	361.0
	2	13.26	30.5	15.24	669	182.42	361.5	
	3	13.28	30.5	15.30	666	183.85	357.1	
	4	13.27	30.6	15.30	648	183.85	347.4	349.3
	5	13.35	30.4	15.24	645	182.42	348.5	
	6	13.26	30.5	15.18	646	180.98	351.8	362.1
	7	13.36	30.5	15.18	657	180.98	357.8	
	8	13.29	30.5	15.24	681	182.42	368.0	359.0
	9	13.32	30.5	15.18	662	180.98	360.6	
	10	13.34	30.6	15.24	659	182.42	356.1	355.8
	11	13.35	30.5	15.24	658	182.42	355.5	
	12	13.34	30.4	15.24	676	182.42	365.3	361.2
	13	13.36	30.5	15.24	660	182.42	356.6	
	14	13.28	30.4	15.24	640	182.42	345.8	364.1
	15	13.30	30.6	15.18	670	180.98	364.9	
	16	13.30	30.5	15.24	671	182.42	362.6	364.1
	17	13.29	30.6	15.18	674	180.98	367.1	
	18	13.32	30.5	15.24	655	182.42	353.9	364.1
	19	13.35	30.4	15.18	655	180.98	356.7	
	20	13.26	30.4	15.18	676	180.98	368.2	351.1
	21	13.36	30.6	15.24	680	182.42	367.4	
	22	13.29	30.6	15.24	634	182.42	342.6	343.5
	23	13.32	30.5	15.18	650	180.98	354.0	
	24	13.34	30.5	15.18	655	180.98	356.7	363.0
	25	13.35	30.5	15.24	645	182.42	348.5	
	26	13.34	30.4	15.30	628	183.85	336.7	363.0
	27	13.35	30.4	15.30	644	183.85	345.3	
	28	13.34	30.6	15.37	684	185.54	363.4	361.4
	29	13.36	30.7	15.30	675	183.85	361.9	
	30	13.28	30.5	15.24	673	182.42	363.7	357.3
	31	13.30	30.6	15.24	676	182.42	365.3	
	32	13.30	30.5	15.37	673	185.54	357.5	
PROMEDIO							357.3	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)
A/C = 0.45

CUADRO 6-2-A

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.220	30.4	15.24	460	182.42	248.6	245.4
	2	13.250	30.5	15.30	450	183.85	241.3	
	3	13.280	30.5	15.24	456	182.42	246.4	
14	1	13.200	30.6	15.24	532	182.42	287.5	289.9
	2	13.300	30.5	15.18	538	180.98	293.0	
	3	13.280	30.5	15.24	535	182.42	289.1	
42	1	13.280	30.5	15.24	626	182.42	338.3	336.2
	2	13.300	30.5	15.30	630	183.85	337.8	
	3	13.260	30.4	15.30	621	183.85	332.7	

CUADRO 6-2-B

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.28	30.4	15.180	591	180.98	321.9	321.9
	2	13.26	30.5	15.240	591	182.42	319.3	
	3	13.32	30.5	15.180	596	180.98	324.6	
	4	13.34	30.5	15.300	596	183.85	319.5	318.6
	5	13.35	30.4	15.180	594	180.98	323.5	
	6	13.34	30.4	15.240	579	182.42	312.9	
	7	13.35	30.6	15.300	605	183.85	324.4	320.5
	8	13.34	30.7	15.240	590	182.42	318.8	
	9	13.36	30.5	15.300	594	183.85	318.5	
	10	13.28	30.6	15.180	588	180.98	320.3	319.8
	11	13.30	30.5	15.300	600	183.85	321.7	
	12	13.30	30.4	15.300	592	183.85	317.4	
	13	13.29	30.5	15.180	618	180.98	336.6	330.0
	14	13.32	30.4	15.240	604	182.42	326.4	
	15	13.28	30.6	15.300	610	183.85	327.0	
	16	13.30	30.5	15.240	586	182.42	316.6	319.3
	17	13.29	30.6	15.180	584	180.98	318.1	
	18	13.32	30.5	15.240	598	182.42	323.1	
	19	13.34	30.4	15.240	590	182.42	318.8	318.4
	20	13.35	30.4	15.180	592	180.98	322.4	
	21	13.34	30.6	15.240	581	182.42	313.9	
	22	13.36	30.6	15.180	579	180.98	315.3	318.5
	23	13.28	30.5	15.240	587	182.42	317.2	
	24	13.30	30.5	15.180	593	180.98	323.0	
	25	13.30	30.6	15.240	595	182.42	321.5	316.7
	26	13.28	30.4	15.300	583	183.85	312.6	
	27	13.36	30.5	15.240	585	182.42	316.1	
	28	13.29	30.5	15.110	590	179.32	324.3	319.6
	29	13.32	30.5	15.240	588	182.42	317.7	
	30	13.25	30.5	15.240	586	182.42	316.6	
	31	13.26	30.6	15.300	586	183.85	314.2	316.1
	32	13.27	30.5	15.180	584	180.98	318.1	
PROMEDIO								320.1

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f_c)
A/C = 0.50

CUADRO 6-3-A

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.200	30.4	15.24	393	182.42	212.4	208.0
	2	13.260	30.5	15.37	382	185.54	202.9	
	3	13.280	30.5	15.30	389	183.85	208.6	
14	1	13.200	30.6	15.18	457	180.98	248.9	245.0
	2	13.180	30.5	15.18	442	180.98	240.5	
	3	13.250	30.5	15.18	451	180.98	245.6	
42	1	13.280	30.5	15.24	564	182.42	304.8	303.4
	2	13.290	30.5	15.30	560	183.85	300.2	
	3	13.260	30.4	15.30	569	183.85	305.1	

CUADRO 6-3-B

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.32	30.5	15.180	520	180.98	283.2	282.8
	2	13.34	30.6	15.300	528	183.85	283.1	
	3	13.35	30.5	15.240	522	182.42	282.1	
	4	13.34	30.4	15.300	524	183.85	280.9	283.5
	5	13.36	30.4	15.240	522	182.42	282.1	
	6	13.28	30.6	15.180	528	180.98	287.6	
	7	13.30	30.3	15.240	490	182.42	264.8	270.3
	8	13.34	30.6	15.180	496	180.98	270.1	
	9	13.36	30.6	15.180	507	180.98	276.1	
	10	13.26	30.5	15.300	498	183.85	267.0	271.3
	11	13.27	30.5	15.240	506	182.42	273.4	
	12	13.29	30.4	15.180	502	180.98	273.4	
	13	13.28	30.5	15.240	531	182.42	286.9	283.0
	14	13.27	30.4	15.180	514	180.98	279.9	
	15	13.35	30.6	15.110	513	179.32	282.0	
	16	13.26	30.5	15.370	513	185.54	272.5	275.8
	17	13.36	30.6	15.300	520	183.85	278.8	
	18	13.32	30.5	15.300	515	183.85	276.1	
	19	13.35	30.4	15.240	516	182.42	278.8	275.4
	20	13.34	30.4	15.240	500	182.42	270.2	
	21	13.36	30.6	15.180	509	180.98	277.2	
	22	13.28	30.6	15.240	513	182.42	277.2	278.6
	23	13.30	30.5	15.240	510	182.42	275.6	
	24	13.36	30.5	15.240	524	182.42	283.1	
	25	13.28	30.5	15.240	502	182.42	271.3	277.6
	26	13.30	30.4	15.180	529	180.98	288.1	
	27	13.34	30.4	15.240	506	182.42	273.4	
	28	13.36	30.6	15.180	518	180.98	282.1	277.4
	29	13.26	30.7	15.180	510	180.98	277.8	
	30	13.30	30.5	15.300	508	183.85	272.4	
	31	13.34	30.6	15.300	513	183.85	275.0	278.6
	32	13.36	30.5	15.180	518	180.98	282.1	
PROMEDIO							277.6	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f_c)
A/C = 0.55

CUADRO 6-4-A

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.220	30.4	15.24	346	182.42	187.0	183.9
	2	13.250	30.5	15.24	344	182.42	185.9	
	3	13.280	30.5	15.24	331	182.42	178.9	
14	1	13.200	30.6	15.24	387	182.42	209.1	215.1
	2	13.300	30.5	15.18	407	180.98	221.7	
	3	13.280	30.5	15.24	397	182.42	214.5	
42	1	13.280	30.5	15.24	506	182.42	273.4	272.7
	2	13.300	30.5	15.18	501	180.98	272.9	
	3	13.260	30.4	15.18	499	180.98	271.8	

CUADRO 6-4-B

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.28	30.4	15.300	464	183.85	248.8	241.6
	2	13.26	30.5	15.300	442	183.85	237.0	
	3	13.27	30.5	15.300	446	183.85	239.1	
	4	13.29	30.5	15.240	468	182.42	252.9	250.1
	5	13.28	30.4	15.180	457	180.98	248.9	
	6	13.27	30.4	15.240	460	182.42	248.6	244.8
	7	13.35	30.6	15.240	451	182.42	243.7	
	8	13.26	30.7	15.240	459	182.42	248.0	
	9	13.36	30.5	15.240	449	182.42	242.6	251.7
	10	13.29	30.6	15.180	469	180.98	255.4	
	11	13.32	30.5	15.180	460	180.98	250.5	
	12	13.34	30.4	15.240	461	182.42	249.1	246.7
	13	13.35	30.5	15.370	452	185.54	240.1	
	14	13.34	30.4	15.180	463	180.98	252.2	
	15	13.36	30.6	15.180	455	180.98	247.8	247.7
	16	13.28	30.5	15.240	449	182.42	242.6	
	17	13.30	30.6	15.180	458	180.98	249.4	
	18	13.32	30.5	15.180	461	180.98	251.1	239.4
	19	13.25	30.5	15.370	447	185.54	237.5	
	20	13.26	30.5	15.240	438	182.42	236.7	
	21	13.32	30.6	15.180	448	180.98	244.0	237.1
	22	13.34	30.4	15.370	449	185.54	238.5	
	23	13.35	30.5	15.300	435	183.85	233.2	
	24	13.34	30.5	15.300	447	183.85	239.7	245.3
	25	13.35	30.5	15.300	457	183.85	245.0	
	26	13.34	30.4	15.370	464	185.54	246.5	
	27	13.36	30.4	15.240	452	182.42	244.2	249.9
	28	13.28	30.6	15.180	467	180.98	254.3	
	29	13.30	30.7	15.240	451	182.42	243.7	
	30	13.30	30.5	15.240	466	182.42	251.8	247.4
	31	13.29	30.6	15.240	452	182.42	244.2	
	32	13.32	30.5	15.180	460	180.98	250.5	
PROMEDIO							245.6	

**VALORES PARA LA CORRELACION DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
(f'c vs. a/c)**

CUADRO 6-5

EDAD	X a/c	Y f'c	X*Y	X ²	Y ²	LOGX	LOGY	X*LOGY	Y*LOGX	LOGX*LOGY	(LOGX) ²	(LOGY) ²	LnX	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²
7	0.40	273.0	109.2	0.16	74529.0	-0.398	2.436	0.974	-108.638	-0.969	0.158	5.935	-0.916	0.840	-250.15	5.609	2.244	31.47
	0.45	245.4	110.4	0.20	60221.2	-0.347	2.390	1.075	-85.102	-0.829	0.120	5.712	-0.799	0.638	-195.95	5.503	2.476	30.28
	0.50	208.0	104.0	0.25	43264.0	-0.301	2.318	1.159	-62.614	-0.698	0.091	5.373	-0.693	0.480	-144.17	5.338	2.669	28.49
	0.55	183.9	101.1	0.30	33819.2	-0.260	2.265	1.246	-47.747	-0.588	0.067	5.128	-0.598	0.357	-109.94	5.214	2.868	27.19
SUM.T.	1.90	910.3	424.8	0.92	211833.4	-1.305	9.409	4.454	-304.101	-3.084	0.437	22.148	-3.006	2.315	-700.22	21.684	10.257	117.43
14	0.40	308.7	123.5	0.16	95295.7	-0.398	2.490	0.996	-122.844	-0.991	0.158	6.198	-0.916	0.840	-282.86	5.732	2.293	32.86
	0.45	289.9	130.5	0.20	84042.0	-0.347	2.462	1.108	-100.534	-0.854	0.120	6.063	-0.799	0.638	-231.49	5.670	2.551	32.14
	0.50	245.0	122.5	0.25	60025.0	-0.301	2.389	1.195	-73.752	-0.719	0.091	5.708	-0.693	0.480	-169.82	5.501	2.751	30.26
	0.55	215.1	118.3	0.30	46268.0	-0.260	2.333	1.283	-55.848	-0.606	0.067	5.441	-0.598	0.357	-128.59	5.371	2.954	28.85
SUM.T.	1.90	1058.7	494.7	0.92	285630.7	-1.305	9.674	4.581	-352.978	-3.169	0.437	23.410	-3.006	2.315	-812.76	22.274	10.549	124.12
28	0.40	357.3	142.9	0.16	127663.3	-0.398	2.553	1.021	-142.184	-1.016	0.158	6.518	-0.916	0.840	-327.39	5.879	2.351	34.56
	0.45	320.1	144.0	0.20	102464.0	-0.347	2.505	1.127	-111.007	-0.869	0.120	6.276	-0.799	0.638	-255.60	5.769	2.596	33.28
	0.50	277.6	138.8	0.25	77061.8	-0.301	2.443	1.222	-83.566	-0.736	0.091	5.970	-0.693	0.480	-192.42	5.626	2.813	31.65
	0.55	245.6	135.1	0.30	60319.4	-0.260	2.390	1.315	-63.767	-0.621	0.067	5.713	-0.598	0.357	-146.83	5.504	3.027	30.29
SUM.T.	1.90	1200.6	560.8	0.92	367508.4	-1.305	9.892	4.685	-400.523	-3.241	0.437	24.478	-3.006	2.315	-922.24	22.777	10.787	129.78
42	0.40	370.2	148.1	0.16	137048.0	-0.398	2.568	1.027	-147.317	-1.022	0.158	6.597	-0.916	0.840	-339.21	5.914	2.366	34.98
	0.45	336.2	151.3	0.20	113030.4	-0.347	2.527	1.137	-116.590	-0.876	0.120	6.384	-0.799	0.638	-268.46	5.818	2.618	33.85
	0.50	303.4	151.7	0.25	92051.6	-0.301	2.482	1.241	-91.333	-0.747	0.091	6.160	-0.693	0.480	-210.30	5.715	2.858	32.66
	0.55	272.7	150.0	0.30	74365.3	-0.260	2.436	1.340	-70.803	-0.632	0.067	5.933	-0.598	0.357	-163.03	5.608	3.085	31.45
SUM.T.	1.90	1282.5	601.1	0.92	416495.3	-1.305	10.013	4.745	-426.043	-3.278	0.437	25.074	-3.006	2.315	-981.00	23.055	10.926	132.94

**VALORES PARA LA CORRELACION DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
(f'c vs. días)**

CUADRO 6-6

a/c	X edad	Y f'c	X*Y	X ²	Y ²	LOGX	LOGY	X*LOGY	Y*LOGX	LOGX*LOGY	(LOGX) ²	(LOGY) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²
0.40	7	273.0	1911.0	49.00	74529.0	0.845	2.436	17.053	230.712	2.059	0.714	5.935	531.23	5.609	39.266	31.47
	14	308.7	4321.8	196.00	95295.7	1.146	2.490	34.854	353.810	2.853	1.314	6.198	814.68	5.732	80.253	32.86
	28	357.3	10004.4	784.00	127663.3	1.447	2.553	71.485	517.070	3.695	2.094	6.518	1190.60	5.879	164.600	34.56
	42	370.2	15548.4	1764.00	137048.0	1.623	2.568	107.874	600.927	4.169	2.635	6.597	1383.69	5.914	248.390	34.98
SUM.T.	91.00	1309.2	31785.6	2793.00	434536.0	5.062	10.047	231.266	1702.518	12.776	6.757	25.248	3920.19	23.134	532.509	133.86
0.45	7	245.4	1717.8	49.00	60221.2	0.845	2.390	16.729	207.387	2.020	0.714	5.712	477.53	5.503	38.520	30.28
	14	289.9	4058.6	196.00	84042.0	1.146	2.462	34.471	332.263	2.822	1.314	6.063	765.06	5.670	79.374	32.14
	28	320.1	8962.8	784.00	102464.0	1.447	2.505	70.148	463.235	3.626	2.094	6.276	1066.64	5.769	161.522	33.28
	42	336.2	14120.4	1764.00	113030.4	1.623	2.527	106.117	545.736	4.101	2.635	6.384	1256.60	5.818	244.344	33.85
SUM.T.	91.00	1191.6	28859.6	2793.00	359757.6	5.062	9.884	227.466	1548.621	12.569	6.757	24.434	3565.83	22.759	523.759	129.55
0.50	7	208.0	1486.0	49.00	43264.0	0.845	2.318	16.226	175.780	1.959	0.714	5.373	404.75	5.338	37.363	28.49
	14	245.0	3430.0	196.00	60025.0	1.146	2.389	33.448	280.801	2.738	1.314	5.708	646.57	5.501	77.018	30.26
	28	277.6	7772.8	784.00	77061.8	1.447	2.443	68.416	401.731	3.536	2.094	5.970	925.02	5.626	157.533	31.65
	42	303.4	12742.8	1764.00	92051.6	1.623	2.482	104.245	492.494	4.029	2.635	6.160	1134.01	5.715	240.032	32.66
SUM.T.	91.00	1034.0	29401.6	2793.00	272402.3	5.062	9.633	222.335	1350.807	12.262	6.757	23.212	3110.35	22.180	511.946	123.07
0.55	7	183.9	1287.3	49.00	33819.2	0.845	2.265	15.852	155.414	1.914	0.714	5.128	357.85	5.214	36.501	27.19
	14	215.1	3011.4	196.00	46268.0	1.146	2.333	32.657	246.532	2.674	1.314	5.441	567.66	5.371	75.195	28.85
	28	245.6	6876.8	784.00	60319.4	1.447	2.390	66.926	355.422	3.459	2.094	5.713	818.39	5.504	154.104	30.29
	42	272.7	11453.4	1764.00	74365.3	1.623	2.436	102.299	442.660	3.954	2.635	5.933	1019.26	5.608	235.552	31.45
SUM.T.	91.00	917.3	22628.9	2793.00	214771.9	5.062	9.423	217.734	1200.028	12.000	6.757	22.215	2763.17	21.698	501.352	117.78

RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE REGRESION
RESISTENCIA A LA COMPRESION vs AGUA/CEMENTO
(f'c vs. a/c)

CUADRO 6-7

DIAS	ECUACIONES			CORRELACION
	TIPO		f'c = f(a/c)	
7	LINEAL	$Y = A + B \cdot X$	$f'c = 517.04 - 609.4 \cdot (a/c)$	-0.996812
	EXPONENCIAL	$Y = A \cdot e^{B \cdot X}$	$f'c = 811.702 \cdot e^{-2.701 \cdot (a/c)}$	-0.996844
	POTENCIAL	$Y = A \cdot X^B$	$f'c = 86.732 \cdot (a/c)^{-1.269}$	-0.994265
	LOGARITMICO	$Y = A + B \cdot \ln(X)$	$f'c = 11.976 - 286.913 \cdot \ln(a/c)$	-0.996735
14	LINEAL	$Y = A + B \cdot X$	$f'c = 574.09 - 651.4 \cdot (a/c)$	-0.989308
	EXPONENCIAL	$Y = A \cdot e^{B \cdot X}$	$f'c = 860.954 \cdot e^{-2.504 \cdot (a/c)}$	-0.986478
	POTENCIAL	$Y = A \cdot X^B$	$f'c = 108.724 \cdot (a/c)^{-1.171}$	-0.979506
	LOGARITMICO	$Y = A + B \cdot \ln(X)$	$f'c = 35.354 - 305.173 \cdot \ln(a/c)$	-0.984351
28	LINEAL	$Y = A + B \cdot X$	$f'c = 658.87 - 755.2 \cdot (a/c)$	-0.998653
	EXPONENCIAL	$Y = A \cdot e^{B \cdot X}$	$f'c = 990.279 \cdot e^{-2.534 \cdot (a/c)}$	-0.998899
	POTENCIAL	$Y = A \cdot X^B$	$f'c = 121.472 \cdot (a/c)^{-1.190}$	-0.996640
	LOGARITMICO	$Y = A + B \cdot \ln(X)$	$f'c = 32.883 - 355.670 \cdot \ln(a/c)$	-0.998894
42	LINEAL	$Y = A + B \cdot X$	$f'c = 629.66 - 650.6 \cdot (a/c)$	-0.999739
	EXPONENCIAL	$Y = A \cdot e^{B \cdot X}$	$f'c = 839.224 \cdot e^{-2.039 \cdot (a/c)}$	-0.999740
	POTENCIAL	$Y = A \cdot X^B$	$f'c = 155.063 \cdot (a/c)^{-0.958}$	-0.997540
	LOGARITMICO	$Y = A + B \cdot \ln(X)$	$f'c = 90.445 - 306.317 \cdot \ln(a/c)$	-0.999683

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{(B * (a/c))}$

CUADRO 6-8

$X = a/c = 0.40$			
DÍAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	273 $S_{n-1} = 1.877$ $\%v = 0.688$	275.5	A = 811.702419 B = -2.701181 r = -0.996844
14	308.7 $S_{n-1} = 2.663$ $\%v = 0.863$	316.2	A = 860.954266 B = -2.504157 r = -0.979506
28	357.3 $S_{n-1} = 8.142$ $\%v = 2.279$	359.4	A = 990.279486 B = -2.534134 r = -0.998899
42	370.2 $S_{n-1} = 4.162$ $\%v = 1.124$	371.2	A = 839.223954 B = -2.039335 r = -0.999740

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{(B * (a/c))}$

CUADRO 6-9

$X = a/c = 0.45$			
DIAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	245.4 $S_{n-1} = 3.745$ %v = 1.526	240.7	A = 811.702419 B = -2.701181 r = -0.996844
14	289.9 $S_{n-1} = 2.829$ %v = 0.976	279.0	A = 860.954266 B = -2.504157 r = -0.979506
28	320.1 $S_{n-1} = 4.806$ %v = 1.501	316.6	A = 990.279486 B = -2.534134 r = -0.998899
42	336.2 $S_{n-1} = 3.099$ %v = 0.922	335.2	A = 839.223954 B = -2.039335 r = -0.999740

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{(B * (a/c))}$

CUADRO 6-10

$X = a/c = 0.50$			
DÍAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	208.0 $S_{n-1} = 4.782$ $\%v = 2.299$	210.3	A = 811.702419 B = -2.701181 r = -0.996844
14	245 $S_{n-1} = 4.232$ $\%v = 1.727$	246.2	A = 860.954266 B = -2.504157 r = -0.979506
28	277.6 $S_{n-1} = 5.746$ $\%v = 2.070$	278.9	A = 990.279486 B = -2.534134 r = -0.998899
42	303.4 $S_{n-1} = 2.747$ $\%v = 0.905$	302.7	A = 839.223954 B = -2.039335 r = -0.999740

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{(B * (a/c))}$

CUADRO 6-11

$X = a/c = 0.55$			
DIAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	183.9 $S_{n-1} = 4.394$ $\%v = 2.389$	183.7	A = 811.702419 B = -2.701181 r = -0.996844
14	215.1 $S_{n-1} = 6.321$ $\%v = 2.939$	217.2	A = 860.954266 B = -2.504157 r = -0.979506
28	245.6 $S_{n-1} = 5.634$ $\%v = 2.294$	245.7	A = 990.279486 B = -2.534134 r = -0.998899
42	272.7 $S_{n-1} = 0.819$ $\%v = 0.300$	273.4	A = 839.223954 B = -2.039335 r = -0.999740

RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE REGRESION
RESISTENCIA A LA COMPRESION vs TIEMPO
(f_c vs. t)

CUADRO 6-12

DIAS	ECUACIONES			CORRELACION
	TIPO		f _c = f(t)	
0.40	LINEAL	Y = A + B*X	f _c = 264.305 + 2.769 * (t)	0.958263
	EXPONENCIAL	Y = A * e ^{B*X}	f _c = 267.319 * e ^{0.009 * (t)}	0.949669
	POTENCIAL	Y = A * X ^B	f _c = 194.153 * (t) ^{0.177}	0.994145
	LOGARITMICO	Y = A + B*Ln(X)	f _c = 162.477 + 56.568 * Ln(t)	0.994736
0.45	LINEAL	Y = A + B*X	f _c = 242.793 + 2.422 * (t)	0.941900
	EXPONENCIAL	Y = A * e ^{B*X}	f _c = 244.916 * e ^{0.008 * (t)}	0.926912
	POTENCIAL	Y = A * X ^B	f _c = 178.127 * (t) ^{0.174}	0.988054
	LOGARITMICO	Y = A + B*Ln(X)	f _c = 151.357 + 50.294 * Ln(t)	0.993744
0.50	LINEAL	Y = A + B*X	f _c = 199.383 + 2.599 * (t)	0.976952
	EXPONENCIAL	Y = A * e ^{B*X}	f _c = 203.091 * e ^{0.010 * (t)}	0.963821
	POTENCIAL	Y = A * X ^B	f _c = 139.901 * (t) ^{0.207}	0.998430
	LOGARITMICO	Y = A + B*Ln(X)	f _c = 106.155 + 52.285 * Ln(t)	0.998846
0.55	LINEAL	Y = A + B*X	f _c = 173.915 + 2.436 * (t)	0.985777
	EXPONENCIAL	Y = A * e ^{B*X}	f _c = 177.864 * e ^{0.011 * (t)}	0.974607
	POTENCIAL	Y = A * X ^B	f _c = 120.988 * (t) ^{0.216}	0.998873
	LOGARITMICO	Y = A + B*Ln(X)	f _c = 88.146 + 48.453 * Ln(t)	0.996489

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION POTENCIAL: $Y = A * X^B$

CUADRO 6-13

a/c = 0.40			
(t) DIAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	273 $S_{n-1} = 1.877$ $\%v = 0.688$	273.8	$A = 194.152606$ $B = 0.176741$ $r = 0.994145$
14	308.7 $S_{n-1} = 2.663$ $\%v = 0.863$	309.5	
28	357.3 $S_{n-1} = 8.142$ $\%v = 2.279$	349.9	
42	370.2 $S_{n-1} = 4.162$ $\%v = 1.124$	375.9	

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION POTENCIAL: $Y = A * X^B$

CUADRO 6-14

a/c = 0.45			
(t) DIAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	245.4 $S_{n-1} = 3.745$ %v = 1.526	249.9	A = 178.126971 B = 0.174072 r = 0.988054
14	289.9 $S_{n-1} = 2.829$ %v = 0.976	282.0	
28	320.1 $S_{n-1} = 4.806$ %v = 1.501	318.2	
42	336.2 $S_{n-1} = 3.099$ %v = 0.922	341.4	

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION POTENCIAL: $Y = A * X^B$

CUADRO 6-15

a/c = 0.50			
(t) DIAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	208.0 $S_{n-1} = 4.782$ $\%v = 2.299$	209.4	A = 139.900873 B = 0.207321 r = 0.998430
14	245 $S_{n-1} = 4.232$ $\%v = 1.727$	241.8	
28	277.6 $S_{n-1} = 5.746$ $\%v = 2.070$	279.2	
42	303.4 $S_{n-1} = 2.747$ $\%v = 0.905$	303.6	

CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION POTENCIAL: $Y = A * X^B$

CUADRO 6-16

a/c = 0.55			
(t) DÍAS	Y VALORES OBSERVADOS	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
7	183.9 $S_{n-1} = 4.394$ $\%v = 2.389$	184.1	$A = 120.988179$ $B = 0.215773$ $r = 0.998873$
14	215.1 $S_{n-1} = 6.321$ $\%v = 2.939$	213.8	
28	245.6 $S_{n-1} = 5.634$ $\%v = 2.294$	248.3	
42	272.7 $S_{n-1} = 0.819$ $\%v = 0.300$	271.0	

**CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS
DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
(método brasileño)**

**REGRESION LINEAL: $Y = A + B * X$
EDAD: 28 DIAS**

CUADRO 6 - 17

(X) a/c	Y VALORES OBSERVADOS	Y PROMEDIO	Y VALORES AJUSTADOS	COEFICIENTES
0.40	39.60 37.50 38.00	38.37	38.03	A = 55.39 B = -43.40 r = -0.9903
0.45	37.80 33.80 34.70	35.43	35.86	
0.50	33.60 32.20 34.70	33.50	33.69	
0.55	31.60 31.40 32.50	31.83	31.52	

**CUADRO DE AJUSTE DE LOS VALORES OBSERVADOS
DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION**

CUADRO 6-18

EDAD	RELACION AGUA/CEMENTO (a/c)			
	0.40	0.45	0.50	0.55
7	273 $S_{n-1} = 1.877$ $\%v = 0.688$	245.4 $S_{n-1} = 3.745$ $\%v = 1.526$	208.0 $S_{n-1} = 4.782$ $\%v = 2.299$	183.9 $S_{n-1} = 4.394$ $\%v = 2.389$
14	308.7 $S_{n-1} = 2.663$ $\%v = 0.863$	289.9 $S_{n-1} = 2.829$ $\%v = 0.976$	245.0 $S_{n-1} = 4.232$ $\%v = 1.727$	215.1 $S_{n-1} = 6.321$ $\%v = 2.939$
28	357.3 $S_n = 8.142$ $\%v = 2.279$	320.1 $S_n = 4.806$ $\%v = 1.501$	277.6 $S_n = 5.746$ $\%v = 2.070$	245.6 $S_n = 5.634$ $\%v = 2.294$
42	370.2 $S_{n-1} = 4.162$ $\%v = 1.124$	336.2 $S_{n-1} = 3.099$ $\%v = 0.922$	303.4 $S_{n-1} = 2.747$ $\%v = 0.905$	272.7 $S_{n-1} = 0.819$ $\%v = 0.300$

**CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR PARA LAS DIFERENTES
RELACIONES a/c**

FUNCION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{B * X}$

CUADRO 6-19

EDAD	N°	a/c = 0.40			a/c = 0.45			a/c = 0.50			a/c = 0.55		
		Yi	Y	(Yi - Y)²	Yi	Y	(Yi - Y)²	Yi	Y	(Yi - Y)²	Yi	Y	(Yi - Y)²
7	1	274.0	275.5	2.250	248.6	240.7	62.410	212.4	210.3	4.410	187.0	183.7	10.890
	2	274.1		1.960	241.3		0.360	202.9		54.760	185.9		4.840
	3	270.8		22.090	246.4		32.490	208.6		2.890	178.9		23.040
SUMATORIA				26.300		95.260		62.060		38.770			
14	1	305.8	316.2	108.160	287.5	279.0	72.250	248.9	246.2	7.290	209.1	217.2	65.610
	2	311.0		27.040	293.0		196.000	240.5		32.490	221.7		20.250
	3	309.4		46.240	289.1		102.010	245.6		0.360	214.5		7.290
SUMATORIA				181.440		370.260		40.140		93.150			
42	1	368.0	371.2	10.240	338.3	335.2	9.610	304.8	302.7	4.410	273.4	273.4	0.000
	2	375.0		14.440	337.8		6.760	300.2		6.250	272.9		0.250
	3	367.6		12.960	332.7		6.250	305.1		5.760	271.8		2.560
SUMATORIA				37.640		22.620		16.420		2.810			

Yi = VALORES OBSERVADOS.

Y = VALORES CALCULADOS.

EDAD (días)	DESVIACION ESTANDAR (S) kg/cm ²	
	7	$S = ((26.300 + 95.260 + 62.060 + 38.770) / 10) 0.5 =$
14	$S = ((181.440 + 370.260 + 40.140 + 93.150) / 10) 0.5 =$	8.28
42	$S = ((37.640 + 22.620 + 16.420 + 2.810) / 10) 0.5 =$	2.82

LIMITES SUPERIOR E INFERIOR DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

REGRESION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{(B * (a/c))}$

CUADRO 6-20

EDAD (DÍAS)	PORCENTAJE DE ACEPTACION		68.00%	95.50%	99.70%	COEFICIENTES A, B, r, S
	RELACION a/c	RANGO	$\pm 1S$	$\pm 2S$	$\pm 3S$	
7	0.40	LIMITE SUPERIOR	280.22	284.94	289.66	A = 811.702419 B = -2.701181 r = -0.996844 S = 4.72
		LIMITE DE REGRESION	275.5	275.5	275.5	
		LIMITE INFERIOR	270.78	266.06	261.34	
	0.45	LIMITE SUPERIOR	245.42	250.14	254.86	
		LIMITE DE REGRESION	240.7	240.7	240.7	
		LIMITE INFERIOR	235.98	231.26	226.54	
	0.50	LIMITE SUPERIOR	215.02	219.74	224.46	
		LIMITE DE REGRESION	210.3	210.3	210.3	
		LIMITE INFERIOR	205.58	200.86	196.14	
	0.55	LIMITE SUPERIOR	188.42	193.14	197.86	
		LIMITE DE REGRESION	183.7	183.7	183.7	
		LIMITE INFERIOR	178.98	174.26	169.54	
14	0.40	LIMITE SUPERIOR	324.48	332.76	341.04	A = 860.954266 B = -2.504157 r = -0.979506 S = 8.28
		LIMITE DE REGRESION	316.2	316.2	316.2	
		LIMITE INFERIOR	307.92	299.64	291.36	
	0.45	LIMITE SUPERIOR	287.28	295.56	303.84	
		LIMITE DE REGRESION	279	279	279	
		LIMITE INFERIOR	270.72	262.44	254.16	
	0.50	LIMITE SUPERIOR	254.48	262.76	271.04	
		LIMITE DE REGRESION	246.2	246.2	246.2	
		LIMITE INFERIOR	237.92	229.64	221.36	
	0.55	LIMITE SUPERIOR	225.48	233.76	242.04	
		LIMITE DE REGRESION	217.2	217.2	217.2	
		LIMITE INFERIOR	208.92	200.64	192.36	
42	0.40	LIMITE SUPERIOR	374.02	376.84	379.66	A = 839.223954 B = -2.039335 r = -0.999740 S = 2.82
		LIMITE DE REGRESION	371.2	371.2	371.2	
		LIMITE INFERIOR	368.38	365.56	362.74	
	0.45	LIMITE SUPERIOR	338.02	340.84	343.66	
		LIMITE DE REGRESION	335.2	335.2	335.2	
		LIMITE INFERIOR	332.38	329.56	326.74	
	0.50	LIMITE SUPERIOR	305.52	308.34	311.16	
		LIMITE DE REGRESION	302.7	302.7	302.7	
		LIMITE INFERIOR	299.88	297.06	294.24	
	0.55	LIMITE SUPERIOR	276.22	279.04	281.86	
		LIMITE DE REGRESION	273.4	273.4	273.4	
		LIMITE INFERIOR	270.58	267.76	264.94	

**CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR PARA LAS DIFERENTES
RELACIONES a/c**

FUNCION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{B * X}$

CUADRO 6-21

EDAD	N°	a/c = 0.40			a/c = 0.45			a/c = 0.50			a/c = 0.55		
		Yi	Y	(Yi - Y)²	Yi	Y	(Yi - Y)²	Yi	Y	(Yi - Y)²	Yi	Y	(Yi - Y)²
28	1	364.6	359.4	26.808	321.9	316.6	27.938	283.2	278.9	18.626	248.8	245.7	9.429
	2	361.5		4.376	319.3		7.534	283.1		17.504	237.0		76.117
	3	357.1		5.421	324.6		64.143	282.1		9.991	239.1		43.296
	4	347.4		143.495	319.5		8.653	280.9		4.159	252.9		51.583
	5	348.5		118.299	323.5		47.881	282.1		9.991	248.9		10.260
	6	351.8		57.135	312.9		13.983	287.6		75.221	248.6		8.176
	7	357.8		2.458	324.4		60.324	264.8		199.664	243.7		4.015
	8	368.0		73.547	318.8		4.859	270.1		76.662	248.0		5.378
	9	360.6		1.335	318.5		3.494	276.1		7.643	242.6		9.514
	10	356.1		10.967	320.3		13.335	267.0		141.622	255.4		94.846
	11	355.5		14.838	321.7		25.869	273.4		30.082	250.5		23.397
	12	365.3		34.506	317.4		0.635	273.4		30.116	249.1		11.558
	13	356.6		7.680	336.6		399.645	286.9		64.384	240.1		31.030
	14	345.8		184.369	326.4		95.438	279.9		1.098	252.2		41.874
	15	364.9		30.390	327.0		109.152	282.0		9.547	247.8		4.468
	16	362.6		10.065	316.6		0.002	272.5		40.495	242.6		9.514
	17	367.1		59.156	318.1		2.170	278.8		0.011	249.4		14.046
	18	353.9		29.955	323.1		42.604	276.1		7.762	251.1		28.963
	19	356.7		7.060	318.8		4.859	278.8		0.007	237.5		67.679
	20	368.2		77.098	322.4		33.993	270.2		76.157	236.7		81.509
	21	367.4		64.571	313.9		7.069	277.2		2.807	244.0		2.885
	22	342.6		282.924	315.3		1.563	277.2		2.898	238.5		51.326
	23	354.0		28.947	317.2		0.340	275.6		11.044	233.2		155.689
	24	356.7		7.060	323.0		40.640	283.1		17.991	239.7		36.528
	25	348.5		118.299	321.5		24.070	271.3		58.463	245.0		0.466
	26	336.7		515.373	312.6		16.227	288.1		84.965	246.5		0.648
	27	345.3		199.474	316.1		0.247	273.4		30.082	244.2		2.142
	28	363.4		15.856	324.3		59.533	282.1		10.411	254.3		74.816
	29	361.9		6.235	317.7		1.263	277.8		1.278	243.7		4.015
	30	363.7		18.089	316.6		0.002	272.4		42.759	251.8		37.228
	31	365.3		34.506	314.2		5.856	275.0		14.887	244.2		2.142
	32	357.5		3.467	318.1		2.170	282.1		10.411	250.5		23.397
SUMATORIA			2193.8			1125.5			1108.7			1017.9	

Yi = VALORES OBSERVADOS.

Y = VALORES CALCULADOS.

EDAD (días)	DESVIACION ESTANDAR (S) kg/cm ²
28	$S = ((2193.8 + 1125.5 + 1108.7 + 1017.9) / 128) 0.5 = 6.52$

**LIMITES SUPERIOR E INFERIOR DE LA
RESISTENCIA A LA COMPRESION
(a los 28 días)**

REGRESION EXPONENCIAL: $Y = A * e^{(B * (a/c))}$

CUADRO 6-22

EDAD (DÍAS)	PORCENTAJE DE ACEPTACION			68.00%	95.50%	99.70%	COEFICIENTES A,B,r
	RELACION a/c	RANGO		±1S	±2S	±3S	
28	0.40	LIMITE SUPERIOR		365.92	372.44	378.96	A = 811.702419 B = -2.701181 r = -0.996844 S= 6.52
		LIMITE DE REGRESION		359.4	359.4	359.4	
		LIMITE INFERIOR		352.88	346.36	339.84	
	0.45	LIMITE SUPERIOR		323.12	329.64	336.16	
		LIMITE DE REGRESION		316.6	316.6	316.6	
		LIMITE INFERIOR		310.08	303.56	297.04	
	0.50	LIMITE SUPERIOR		285.42	291.94	298.46	
		LIMITE DE REGRESION		278.9	278.9	278.9	
		LIMITE INFERIOR		272.38	265.86	259.34	
	0.55	LIMITE SUPERIOR		252.22	258.74	265.26	
		LIMITE DE REGRESION		245.7	245.7	245.7	
		LIMITE INFERIOR		239.18	232.66	226.14	

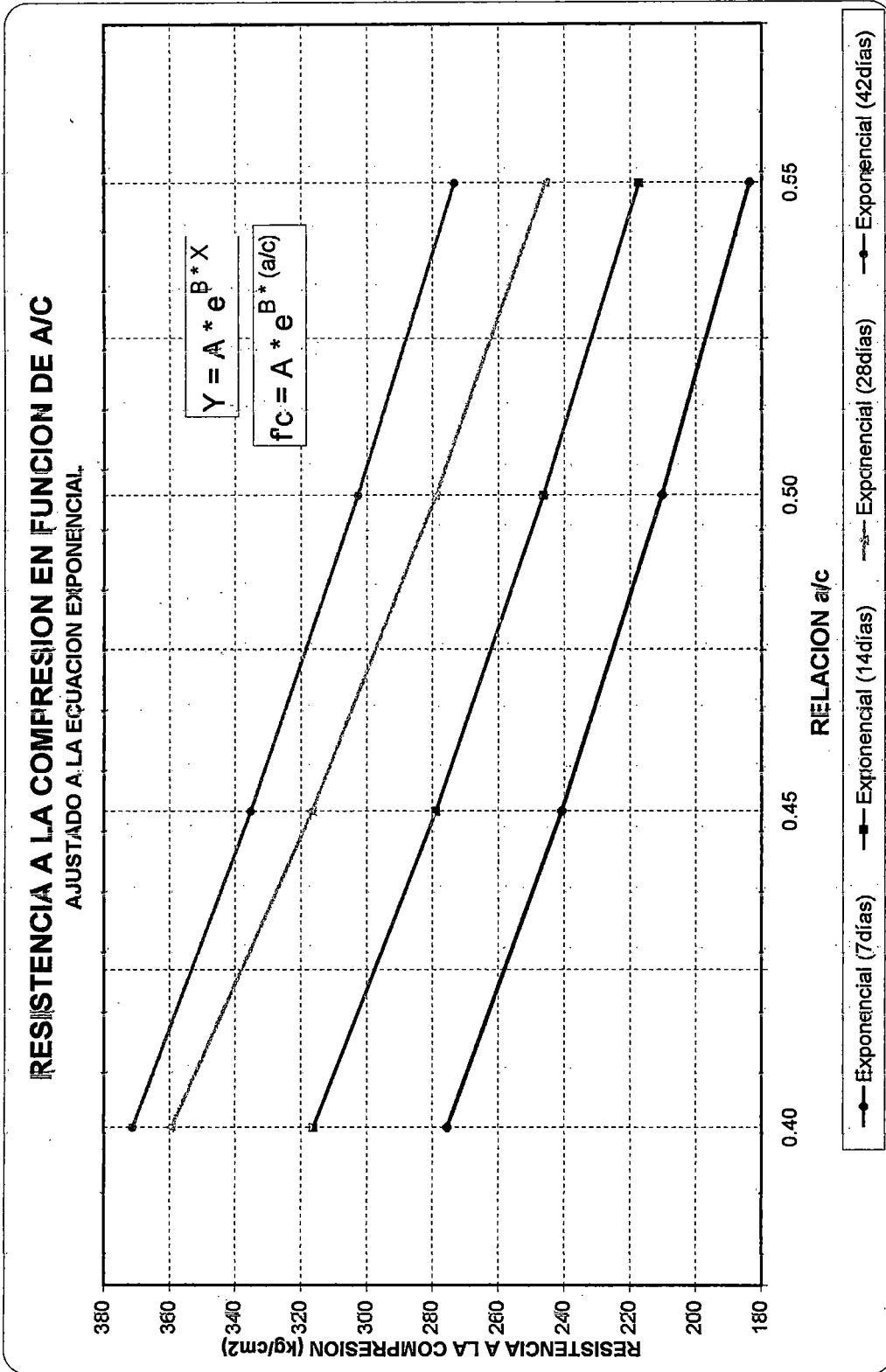


GRAFICO 6-1

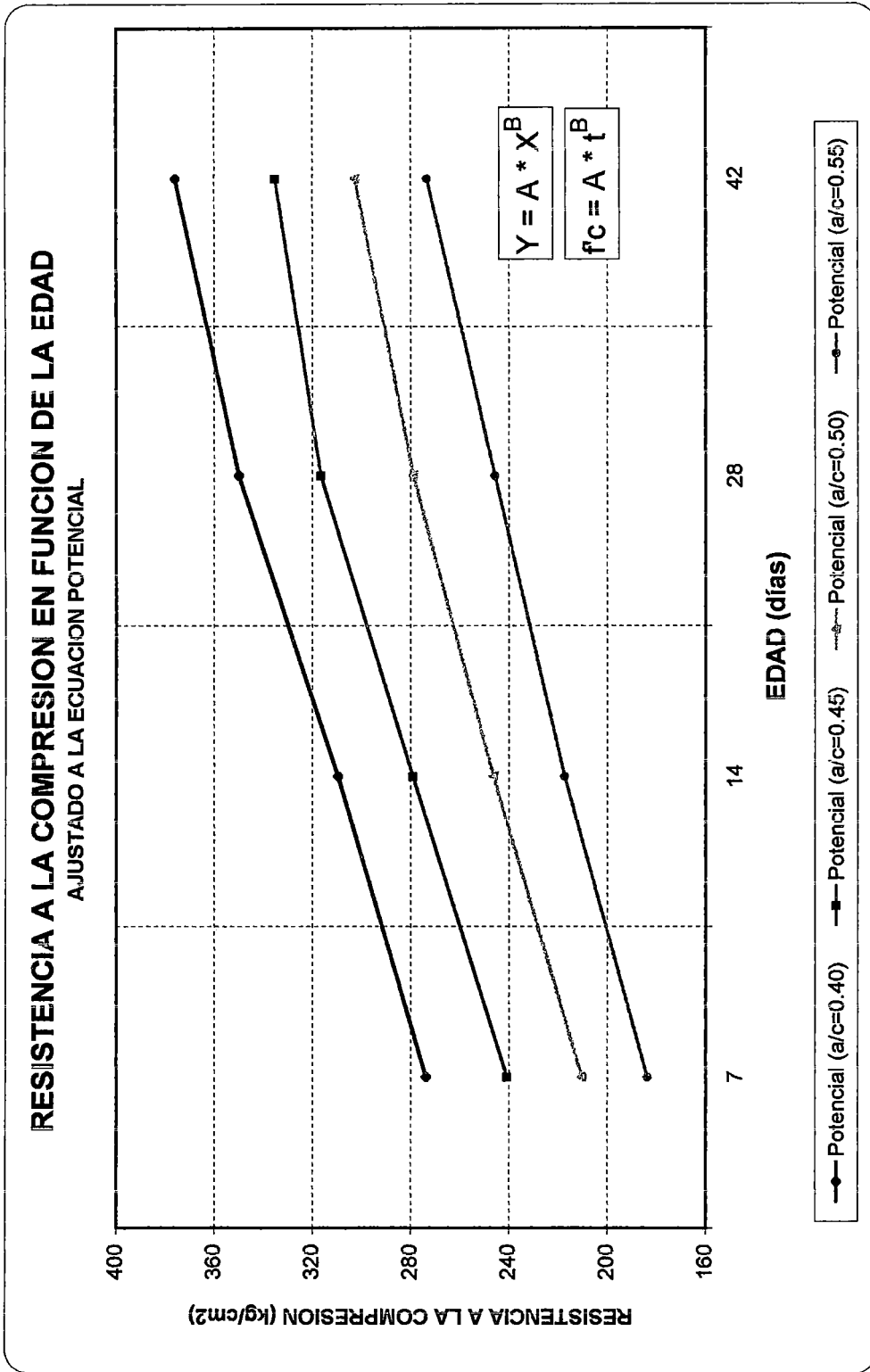


GRAFICO 6-2

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (método brasileño)

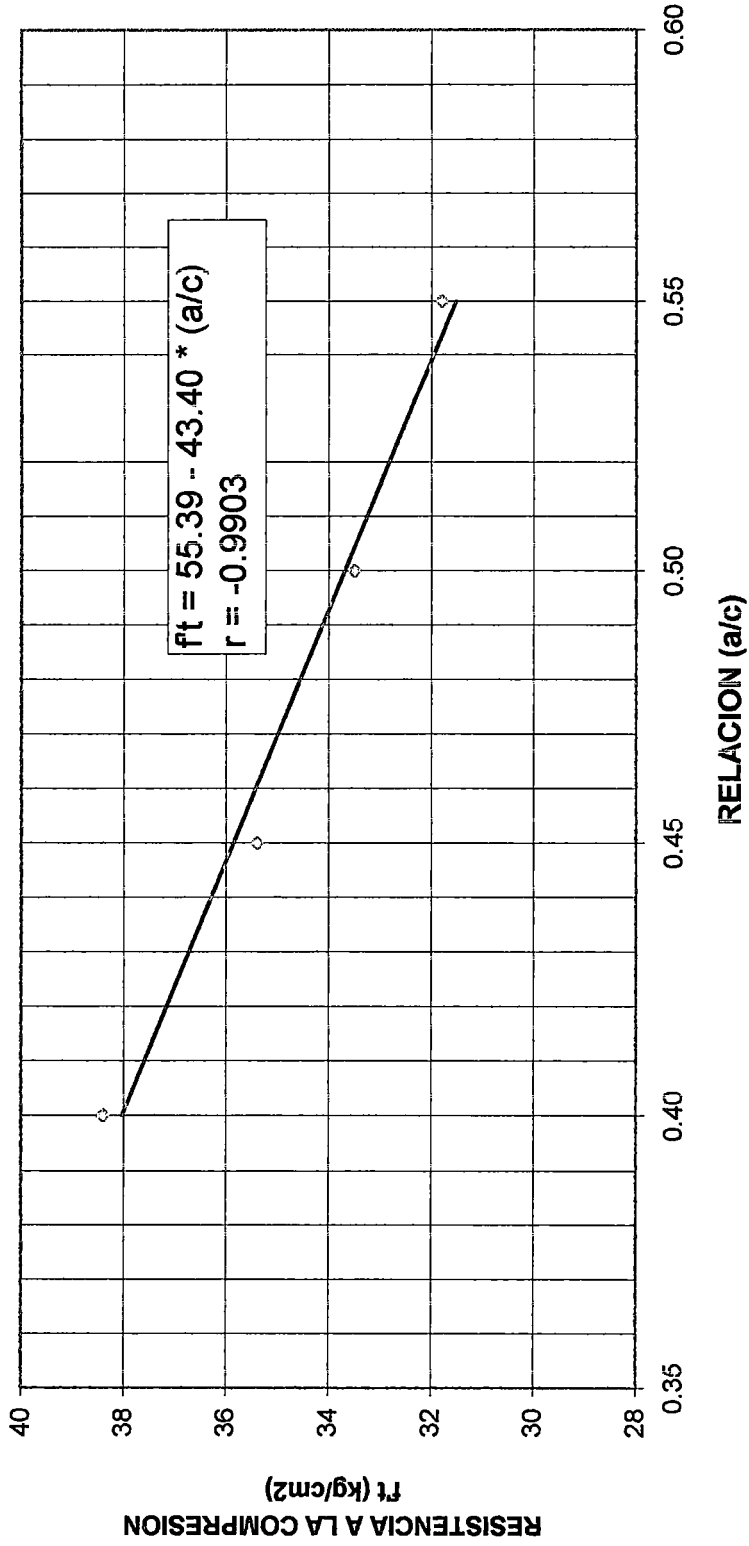


GRAFICO 6-3

BANDAS DE PREDICCIÓN PARA 95.5% DE ACEPTACION
(EDAD: 07 DIAS)

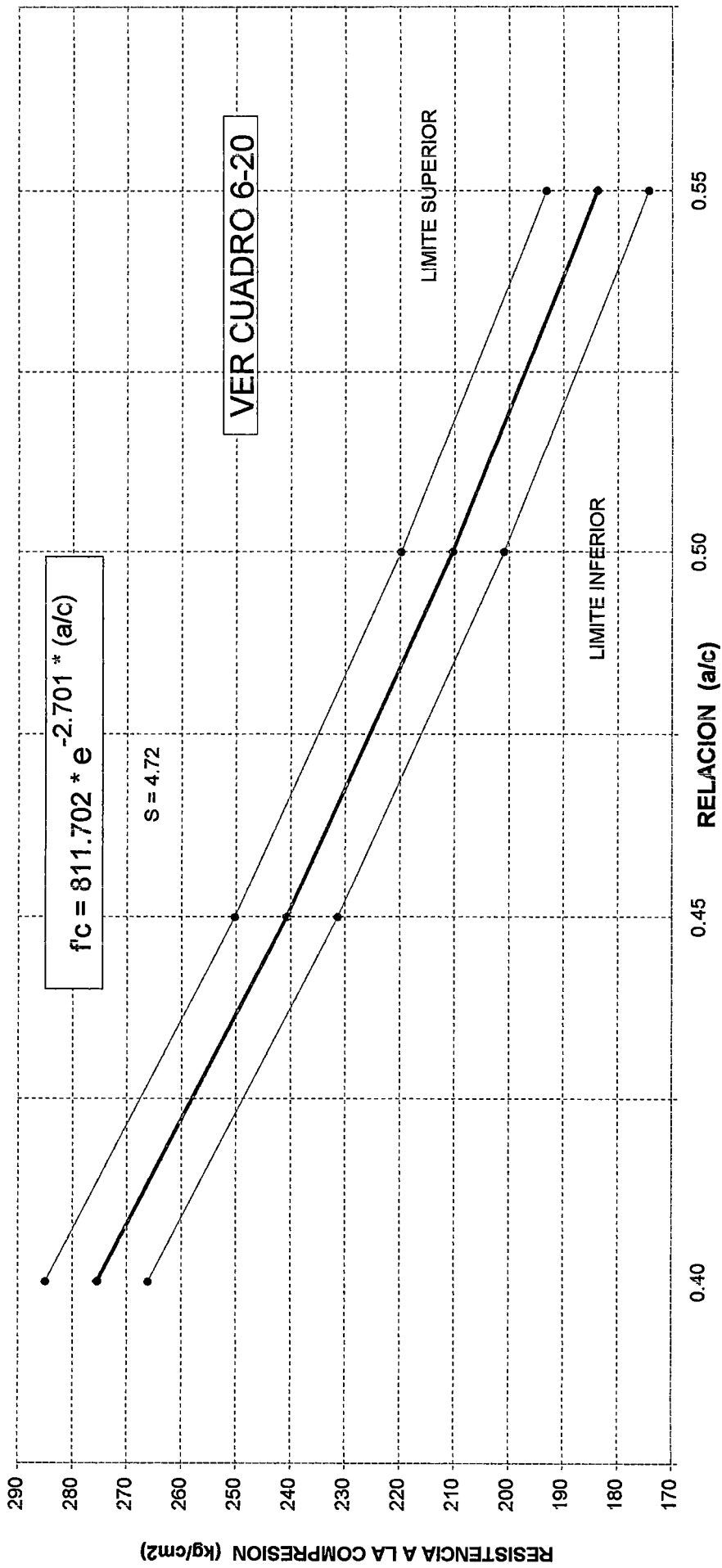


GRAFICO 6-4

BANDAS DE PREDICCIÓN PARA 95.5% DE ACEPTACIÓN
(EDAD: 14 DIAS)

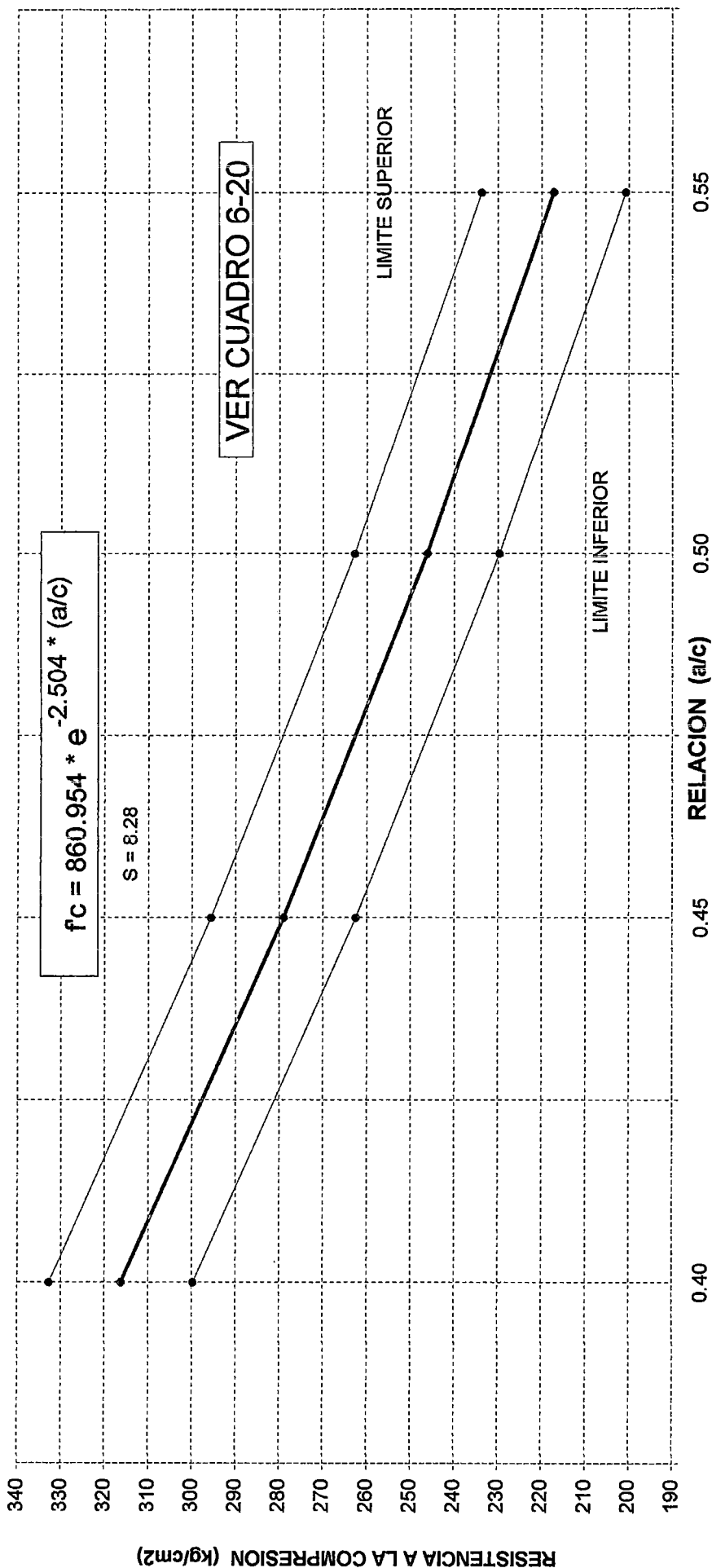


GRAFICO 6-5

BANDAS DE PREDICCIÓN PARA 95.5% DE ACEPTACIÓN (EDAD: 28 DIAS)

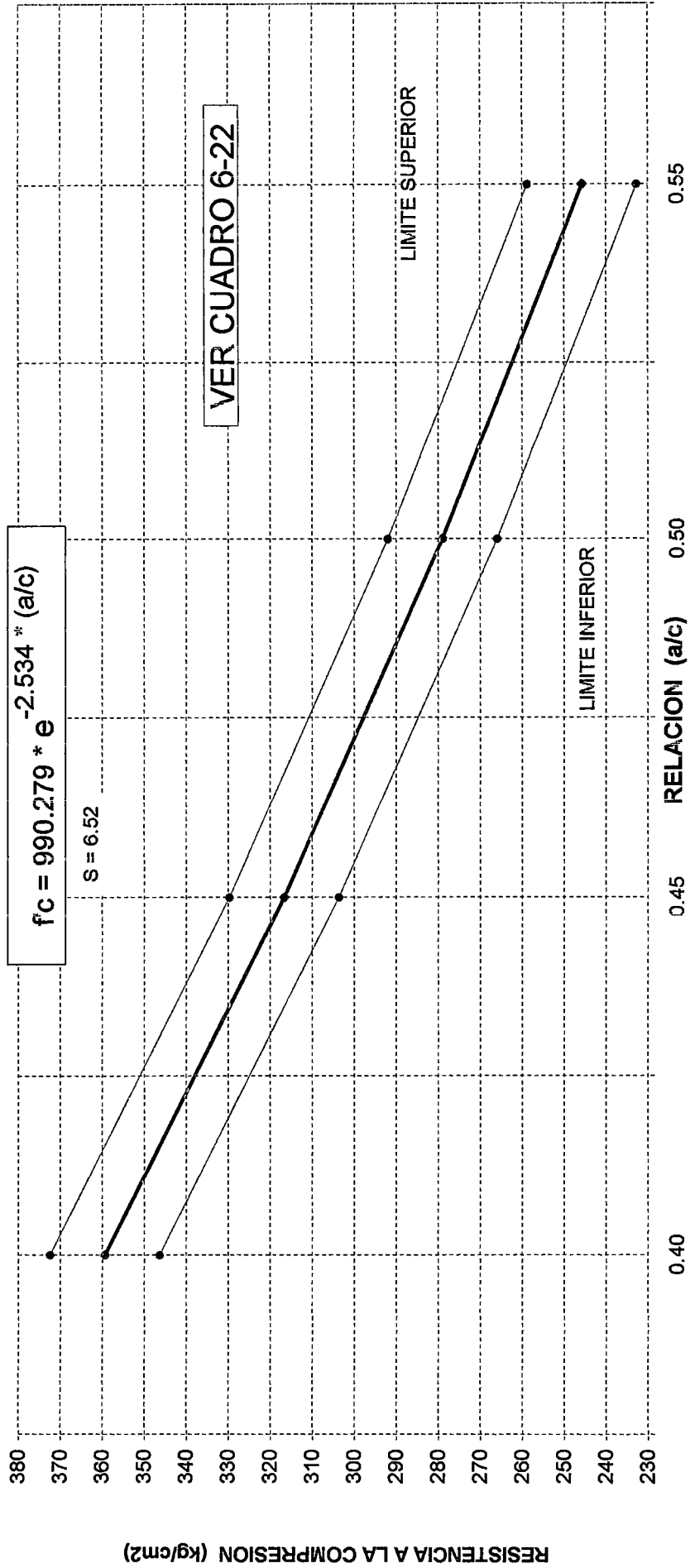


GRAFICO 6-6

BANDAS DE PREDICCIÓN PARA 95.5% DE ACEPTACIÓN (EDAD: 42 DIAS)

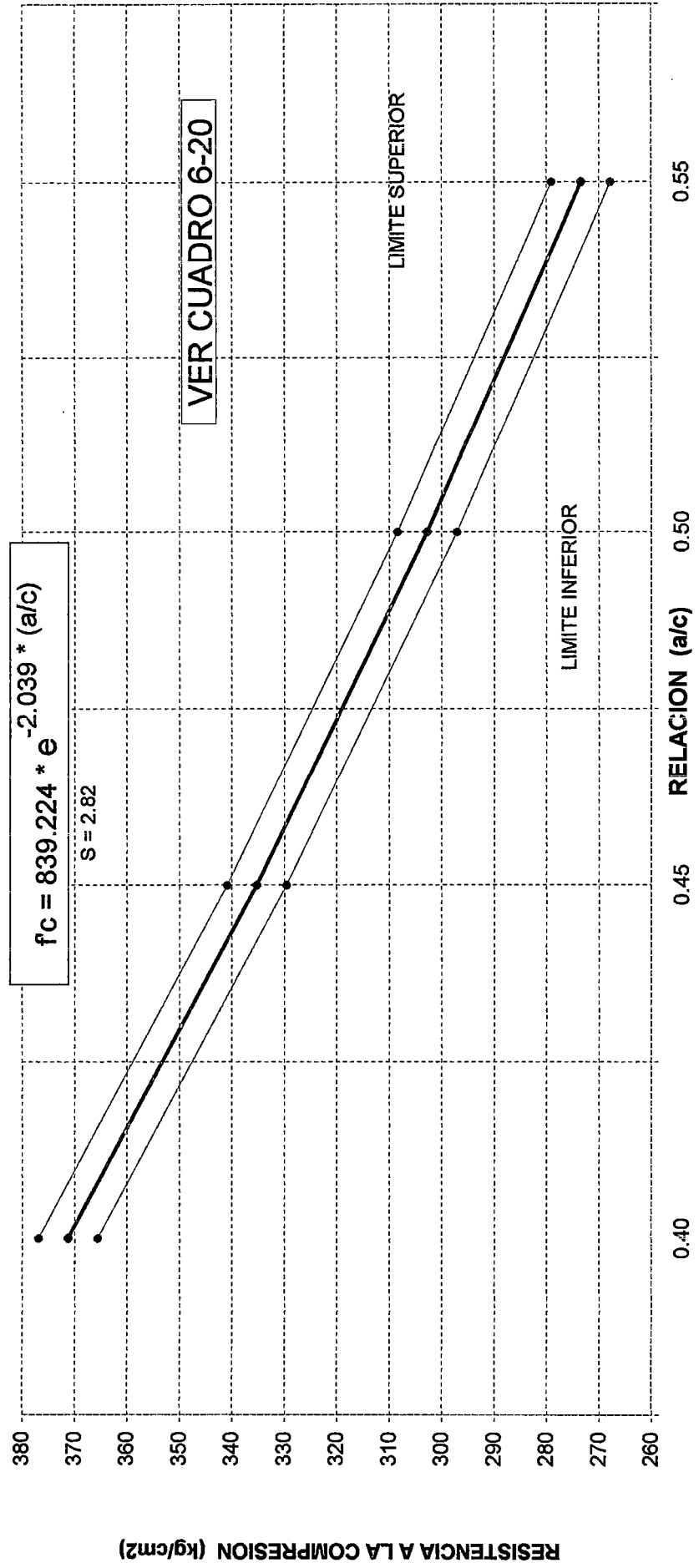


GRAFICO 6-7

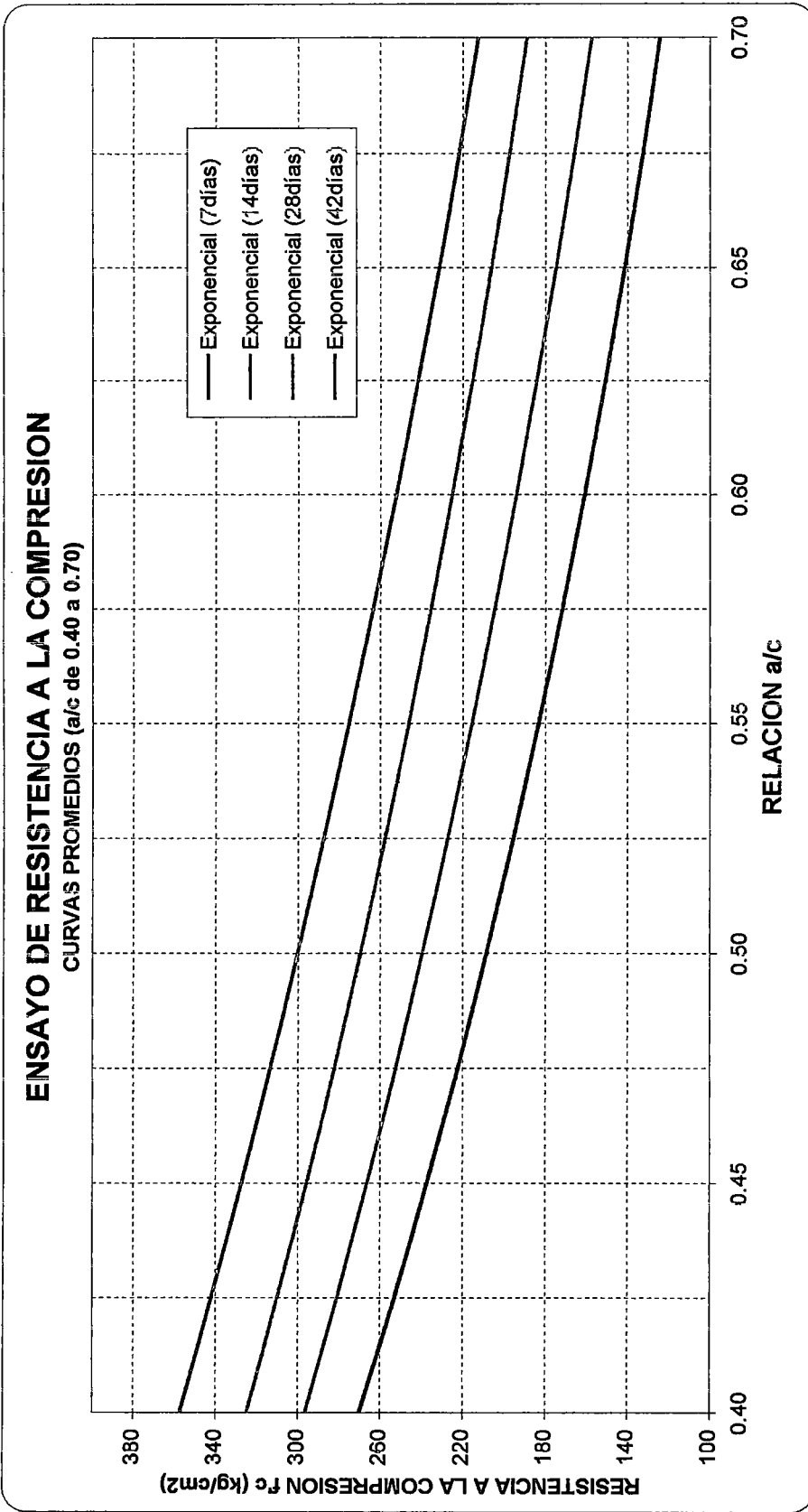


GRAFICO 6-8

CAPITULO VII

CAPITULO VII

CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS

CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS

A) RELACION DE CUADROS

CUADRO 7-1	RESUMEN PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO.
CUADRO 7-2	ENSAYO DE PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO.
CUADRO 7-3	ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO.
CUADRO 7-4	ENSAYO DE FLUIDEZ, REALIZADO EN LA MESA VIBRATORIA.
CUADRO 7-5	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (para $a/c = 0.40$).
CUADRO 7-6	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (para $a/c = 0.45$).
CUADRO 7-7	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (para $a/c = 0.50$).
CUADRO 7-8	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (para $a/c = 0.55$).
CUADRO 7-9	ENSAYO DE EXUDACION (para $a/c = 0.40$).
CUADRO 7-10	ENSAYO DE EXUDACION (para $a/c = 0.45$).
CUADRO 7-11	ENSAYO DE EXUDACION (para $a/c = 0.50$).
CUADRO 7-12	ENSAYO DE EXUDACION (para $a/c = 0.55$).

B) RELACION DE GRAFICOS

CONCRETO FRESCO

GRAFICO 7-1	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO ($a/c = 0.40$).
GRAFICO 7-2	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO ($a/c = 0.45$).

GRAFICO 7-3	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO ($a/c = 0.50$).
GRAFICO 7-4	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO ($a/c = 0.55$).
GRAFICO 7-5	ENSAYO DE CONSISTENCIA (a/c de 0.40 a 0.55).
GRAFICO 7-6	ENSAYO DE PESO UNITARIO (a/c de 0.40 a 0.55).
GRAFICO 7-7-A	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (a/c de 0.40 a 0.55).
GRAFICO 7-7-B	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (a/c de 0.40 a 0.55).
GRAFICO 7-8	ENSAYO DE FLUIDEZ (a/c de 0.40 a 0.55).
GRAFICO 7-9	ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE (a/c de 0.40 a 0.55).
GRAFICO 7-10	ENSAYO DE EXUDACION (a/c de 0.40 a 0.55).

CONCRETO ENDURECIDO

GRAFICO 7-11	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA EDAD – ECUACION POTENCIAL (para $a/c=$ de 0.40 a 0.55)
GRAFICO 7-12	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA EDAD – ECUACION POTENCIAL ($a/c = 0.40$).
GRAFICO 7-13	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA EDAD – ECUACION POTENCIAL ($a/c = 0.45$).
GRAFICO 7-14	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA EDAD – ECUACION POTENCIAL ($a/c = 0.50$).
GRAFICO 7-15	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA EDAD – ECUACION POTENCIAL ($a/c = 0.55$).

- GRAFICO 7-16 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (Edad: 7, 14, 28 y 42 días).
- GRAFICO 7-17 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (Edad: 7 días).
- GRAFICO 7-18 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (Edad: 14 días).
- GRAFICO 7-19 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (Edad: 28 días).
- GRAFICO 7-20 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (Edad: 42 días).
- GRAFICO 7-21 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO – CURVAS PROMEDIO *a/c* de 0.40 a 0.70 (Edades: 7, 14, 28 y 42 días).
- GRAFICO 7-22 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO – CURVA PROMEDIO *a/c* de 0.40 a 0.70 (Edad: 7 días).
- GRAFICO 7-23 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO – CURVA PROMEDIO *a/c* de 0.40 a 0.70 (Edad: 14 días).
- GRAFICO 7-24 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO – CURVA PROMEDIO *a/c* de 0.40 a 0.70 (Edad: 28 días).
- GRAFICO 7-25 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO – CURVA PROMEDIO *a/c* de 0.40 a 0.70 (Edad: 42 días).

GRAFICO 7-26 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION
DIAMETRAL (método brasileño).

GRAFICO 7-27 INCREMENTOS PORCENTUALES DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION RESPECTO A LA RESISTENCIA A LOS 28 DIAS.

C) CUADROS Y GRAFICOS ADICIONALES

CUADRO 7-13 CUADRO COMPARATIVO DEL MODULO ELASTICO.

CUADRO 7-28 CURVA PARA DETERMINAR EL AGUA DE MEZCLA A PARTIR DE
LA RELACION AGUA/CEMENTO (*a/c* de 0.40 a 0.55).

CUADRO 7-29 CURVA PROMEDIO PARA DETERMINAR EL AGUA DE MEZCLA A
PARTIR DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (*a/c* de 0.40 a 0.70).

GRAFICO 7-30 CURVA PROMEDIO PARA DETERMINAR EL NUMERO DE BOLSAS
DE CEMENTO POR M3 DE CONCRETO (*a/c* de 0.40 a 0.70).

CONCRETO FRESCO

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

RELACION a/c	ASENTAMIENTO (pulg.)	VARIACION DEL ASENTAMIENTO (%)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	VARIACION DEL PESO UNITARIO (%)	CONTENIDO DE AIRE X m ³ DE CONCRETO (%)	VARIACION DEL CONTENIDO DE AIRE (%)
0.40	3.60	100.00	2376.70	100.00	1.163	100.00
0.45	3.60	100.00	2376.70	100.00	1.452	124.85
0.50	3.60	100.00	2375.30	99.94	1.996	171.63
0.55	3.50	97.22	2378.10	100.06	1.786	153.57

RELACION a/c	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (hr. min.)	VARIACION DEL T. FRAGUADO INICIAL (%)	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (hr. min.)	VARIACION DEL T. FRAGUADO FINAL (%)	ENSAYO DE FLUIDEZ (%)	VARIACION DE FLUIDEZ (%)
0.40	03:40	100.00	05:07	100.00	68.67	100.00
0.45	03:41	100.45	05:20	104.23	77.29	112.55
0.50	03:46	102.73	05:37	109.77	80.47	117.18
0.55	03:49	104.09	05:45	112.38	81.40	118.54

CUADRO 7-1

ENSAYO DE PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO

(constante = 70,63 1/m³ <-> 0,01415 m³)

RELACION a/c	PESO (kg.) MOLDE+CONCRETO A	PESO (kg.) MOLDE B	PESO (kg.) CONCRETO A-B	PESO UNITARIO U _i (Kg/m ³)	PESO TOTAL DE MATERIAL M _i (Kg)	RENDIMIENTO R=M/U m ³
0.40	41.34	7.69	33.65	2376.7	92.89	0.0391
0.45	41.34	7.69	33.65	2376.7	93.03	0.0391
0.50	41.32	7.69	33.63	2375.3	93.31	0.0393
0.55	41.36	7.69	33.67	2378.1	93.37	0.0393

CUADRO 7 - 2

ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO

RELACION A/C	SLUMP (pulg.)	OBSERVACIONES
0.40	3.6	TRABAJABLE
0.45	3.6	TRABAJABLE
0.50	3.6	TRABAJABLE
0.55	3.5	TRABAJABLE

CUADRO 7 - 3

ENSAYO DE FLUIDEZ

RELACION a/c	MESA VIBRATORIA (cm)		PROMEDIO (cm)	% FLUIDEZ = $\frac{D-25}{25} \times 100$
0.40	42.10	42.00	42.17	68.67
	42.20	42.20	42.30	
0.45	44.50	44.62	44.32	77.29
	44.50	44.20	44.00	
0.50	45.50	45.40	45.12	80.47
	44.80	44.80	44.60	
0.55	45.00	45.80	45.35	81.40
	45.60	45.00	45.20	

CUADRO 7 - 4

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.40

t. Inicio = 11:40

DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg. ²)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR. (horas)
			(lb/pulg ²)	(kg/cm ²)		
1 1/8	0.9940	85	83.0	5.8	14:40	3:00
13/16	0.5185	120	226.6	15.9	15:00	3:20
9/16	0.2485	115	607.6	42.7	15:25	3:45
5/16	0.0767	148	1981.8	139.3	16:10	4:30
1/4	0.0491	152	3259.5	229.2	16:40	5:00
3/16	0.0276	134	4726.3	332.3	17:05	5:25

FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:40
 FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:07

CUADRO 7 - 5

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.45

t. Inicio = 9:10

DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg. ²)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR. (horas)
			(lb/pulg ²)	(kg/cm ²)		
1 1/8	0.9940	60	64.4	4.5	11:40	2:30
13/16	0.5185	68	147.5	10.4	12:10	3:00
9/16	0.2485	75	352.1	24.8	12:40	3:30
5/16	0.0767	85	1369.0	96.3	13:25	4:15
1/4	0.0491	102	2424.2	170.4	14:05	4:55
3/16	0.0276	108	4563.3	320.8	14:50	5:40

FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:41

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:20

CUADRO 7 - 6

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.50

t. Inicio = 10:40

DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg. ²)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR. (horas)
			(lb/pulg ²)	(kg/cm ²)		
1 1/8	0.9940	70	72.9	5.1	13:30	2:50
13/16	0.5185	75	219.9	15.5	14:00	3:20
9/16	0.2485	110	631.8	44.4	14:35	3:55
5/16	0.0767	151	1968.7	138.4	15:40	5:00
1/4	0.0491	154	3198.4	224.9	16:10	5:30
3/16	0.0276	120	4255.4	299.2	16:25	5:45
		115				

FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:46

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:37

CUADRO 7 - 7

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.55

t. Inicio = 12:55

DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg. ²)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR (horas)
			(lb/pulg ²)	(kg/cm ²)		
1 1/8	0.9940	95	97.1	6.8	15:30	2:35
13/16	0.5185	68	125.4	8.8	16:00	3:05
9/16	0.2485	62	354.1	24.9	16:30	3:35
5/16	0.0767	88	958.3	67.4	17:00	4:05
1/4	0.0491	77	1792.7	126.0	17:50	4:55
3/16	0.0276	104	3766.5	264.8	18:44	5:49

FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:49

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:45

CUADRO 7 - 8

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.40

HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min) A	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml) B	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	2	2	0.2000
01:35	15	5	3	5	0.6000
01:45	25	10	5	10	0.5000
01:55	40	15	5	15	0.3330
02:25	60	20	4	19	0.2000
02:55	85	25	2	21	0.0800
03:25	120	35	1	22	0.0290
EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²) = $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}}$ = $\frac{22 \text{ ml}}{(PI \times (25.4)^2) / 4}$ = 0.0434					

CUADRO 7 - 9

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.45

HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min)	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml)	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	2	2	0.2000
01:35	15	5	4	6	0.8000
01:45	20	5	5	11	1.0000
01:55	40	20	6	17	0.3000
02:25	70	30	5	22	0.1670
02:55	100	30	4	26	0.1330
03:25	130	30	2	28	0.0670
EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²) = $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}}$ = $\frac{28 \text{ ml}}{(25.4)^2 / 4}$ = 0.0553					

t. Inicio = 11:40

CUADRO 7 - 10

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.50

HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min) A	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml) B	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	3	3	0.3000
01:35	15	5	5	8	1.0000
01:45	25	10	6	14	0.6000
01:55	50	25	7	21	0.2800
02:25	80	30	5	26	0.1670
02:55	110	30	4	30	0.1330
03:25	135	25	2	32	0.0800
EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²) = $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}}$ = $\frac{32 \text{ ml}}{(25.4)^2 / 4}$ = 0.0632					

t. Inicio = 11:40

CUADRO 7 - 11

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.55

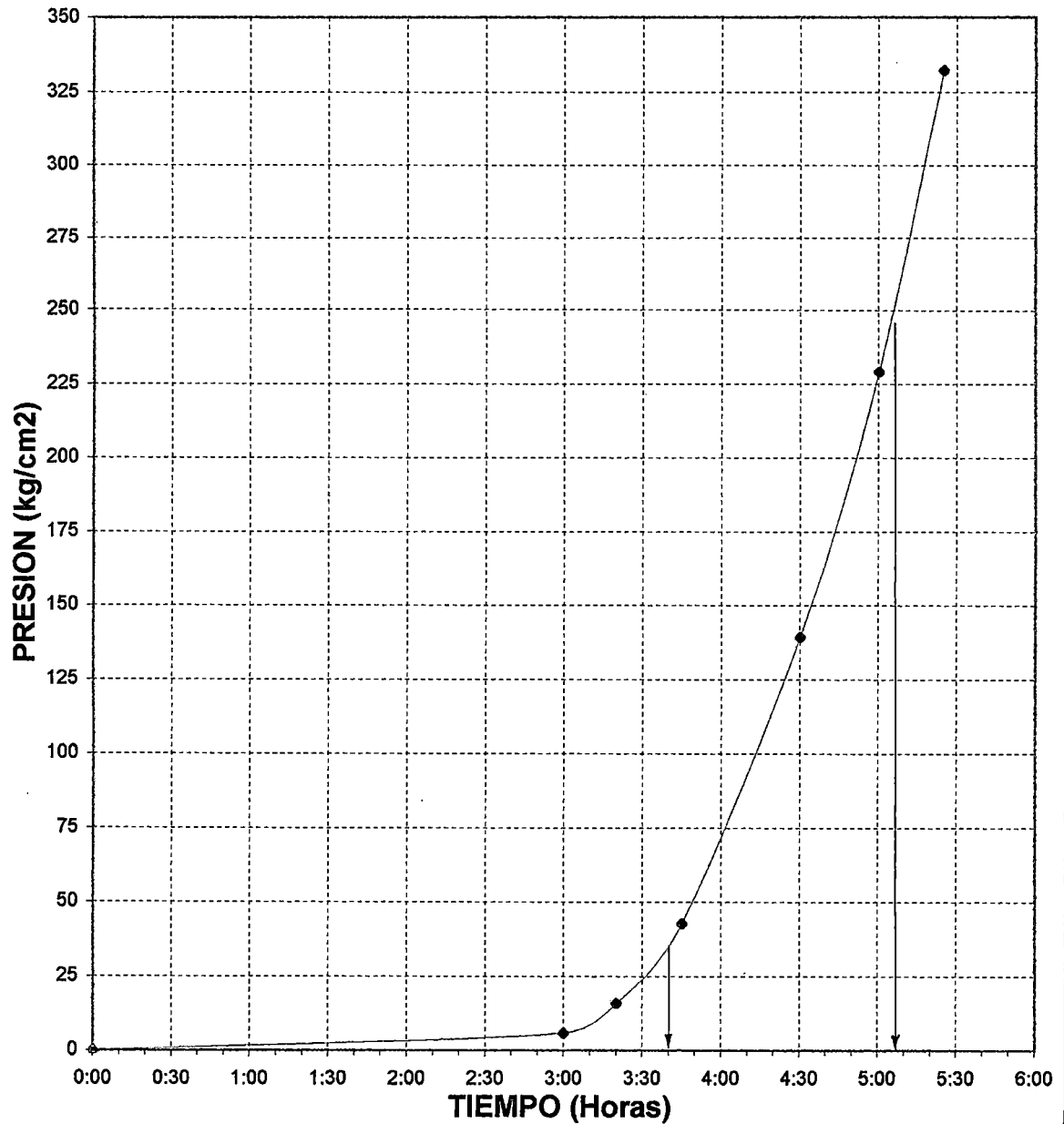
HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min)	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml)	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	4	4	0.4000
01:35	15	5	5	9	1.0000
01:45	30	15	5	14	0.3330
01:55	60	30	7	21	0.2330
02:25	85	25	6	27	0.2400
02:55	130	45	4	31	0.0890
03:25	145	15	1	32	0.0670
EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²) = $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}}$ = $\frac{32 \text{ ml}}{(PI \times (25.4)^2) / 4}$ = 0.0632					

t. Inicio = 11:40

CUADRO 7 - 12

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C=0.40



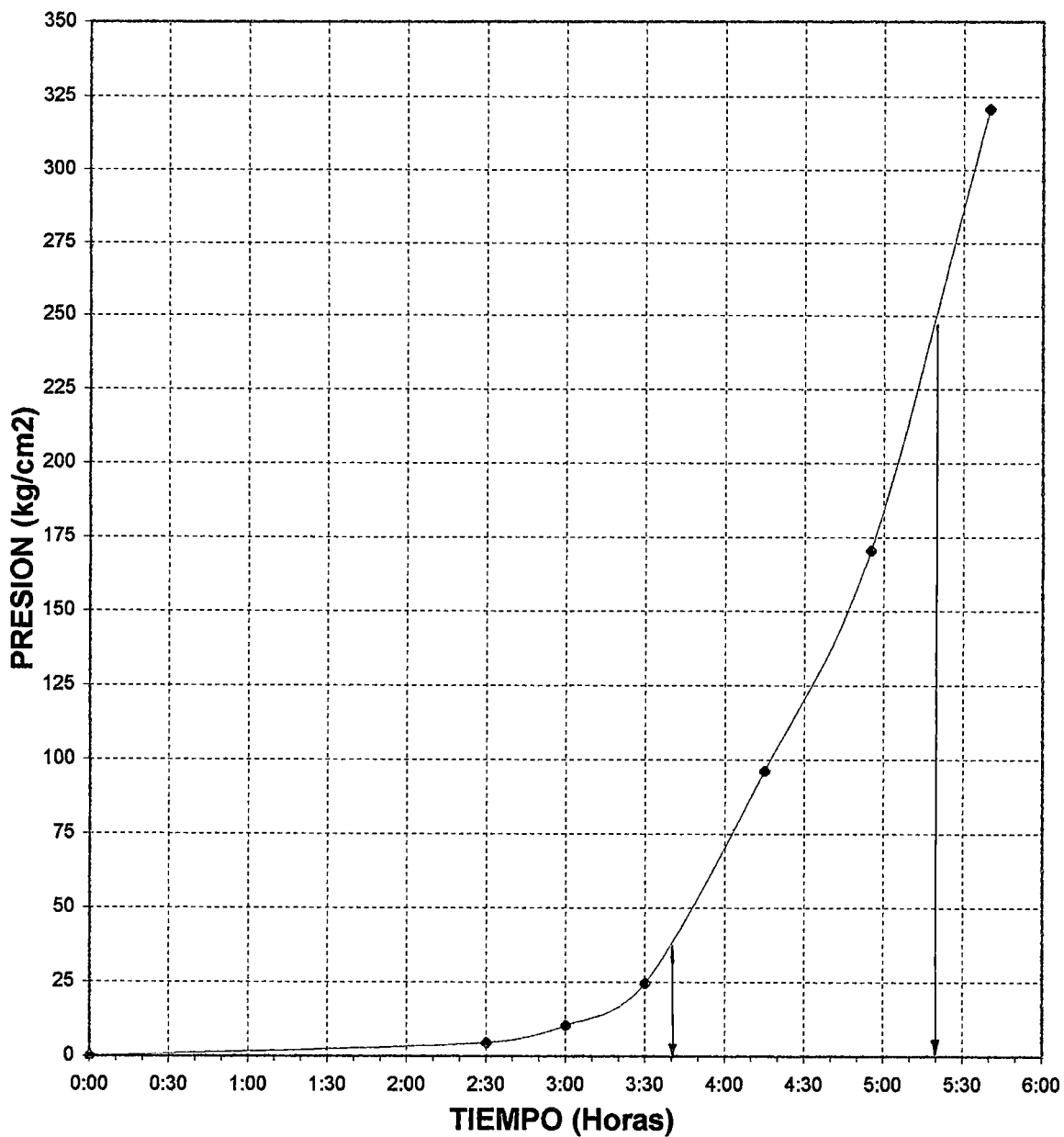
FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg:² <> 35 kg/cm²) = 3:40

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg:² <> 250 kg/cm²) = 5:07

GRAFICO 7 - 1

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C=0.45



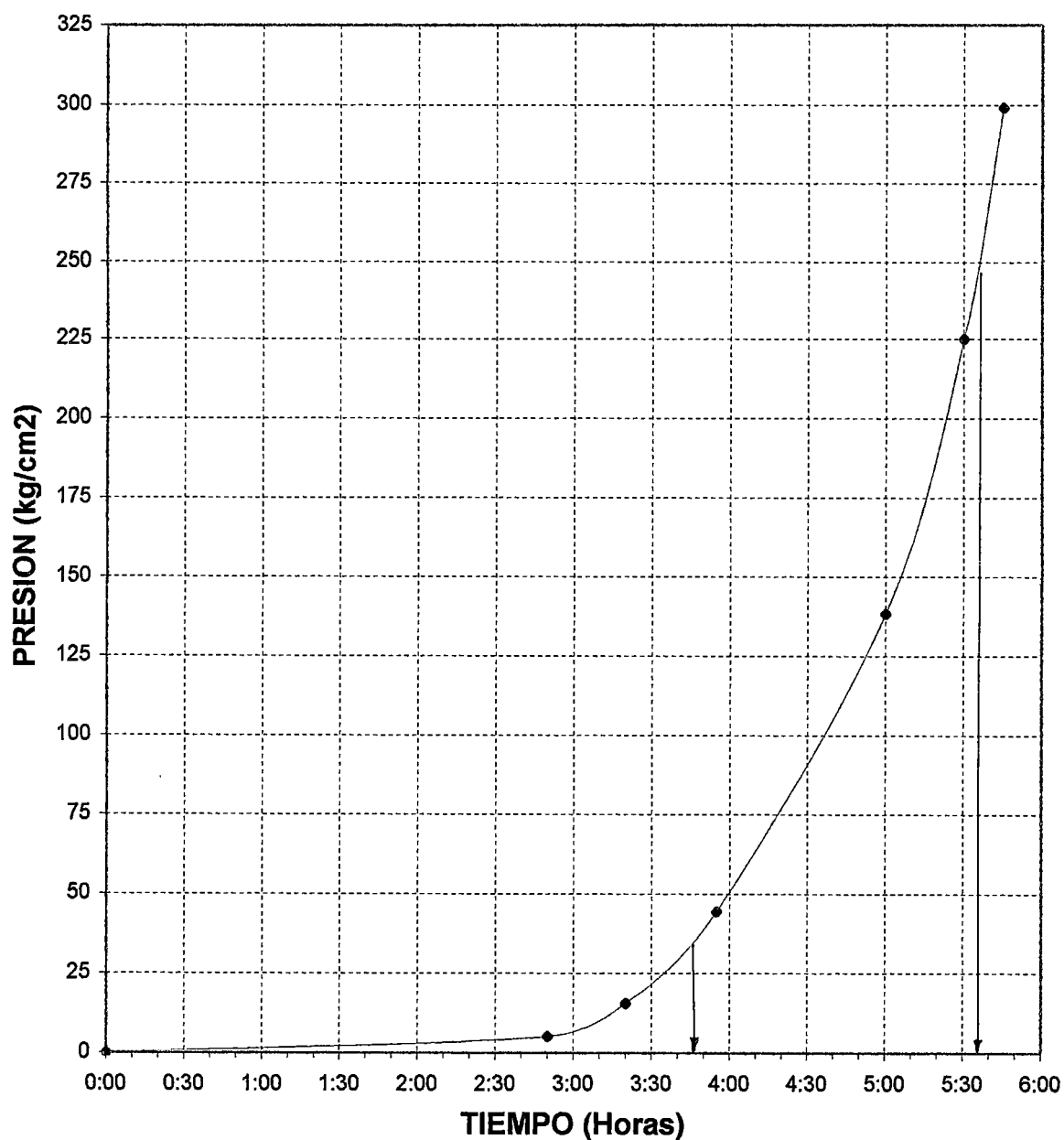
FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg:² <> 35 kg/cm²) = 3:41

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg:² <> 250 kg/cm²) = 5:20

GRAFICO 7 - 2

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

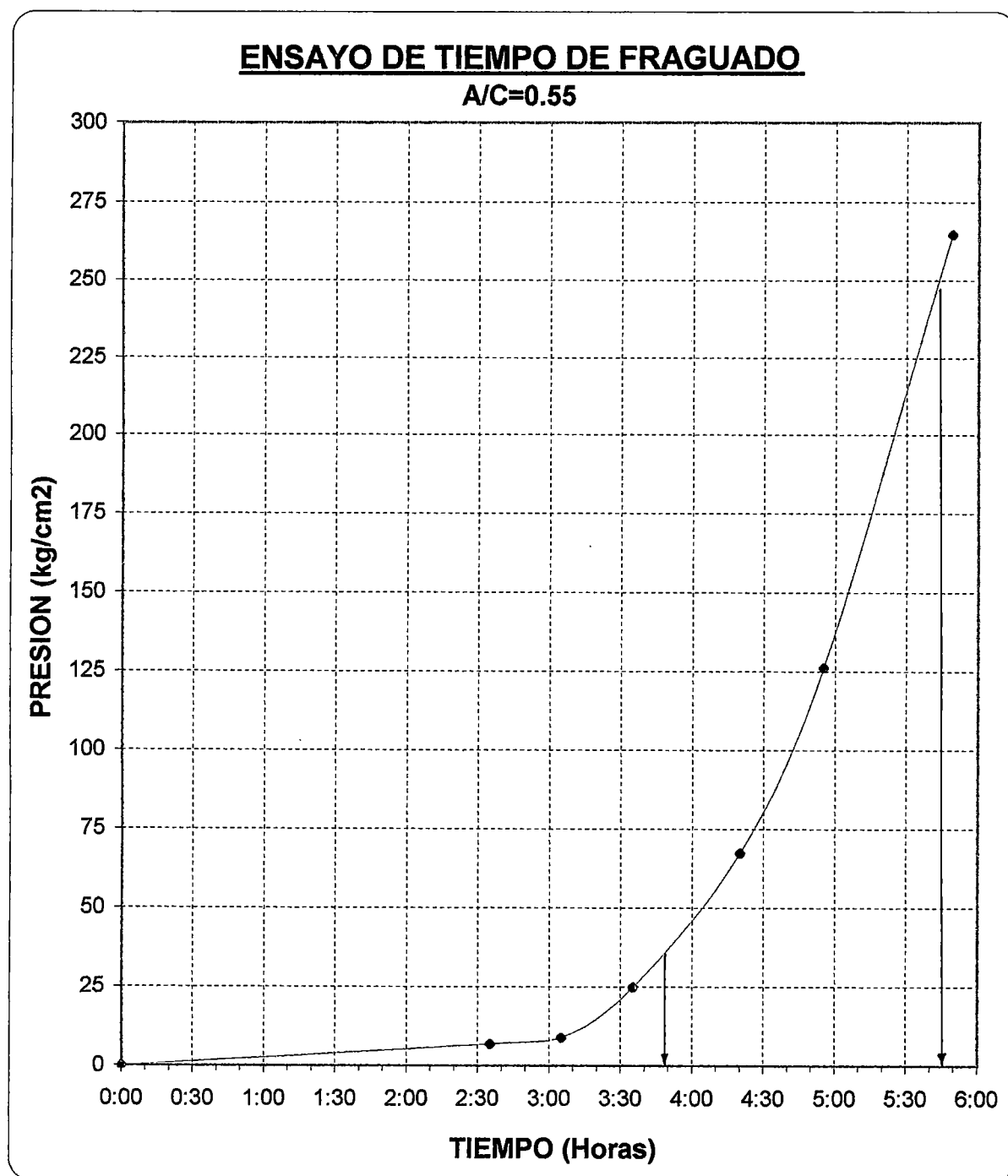
A/C=0.50



FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = **3:46**

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = **5:37**

GRAFICO 7 - 3



FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg:² <> 35 kg/cm²) = **3:49**

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg:² <> 250 kg/cm²) = **5:45**

GRAFICO 7 - 4

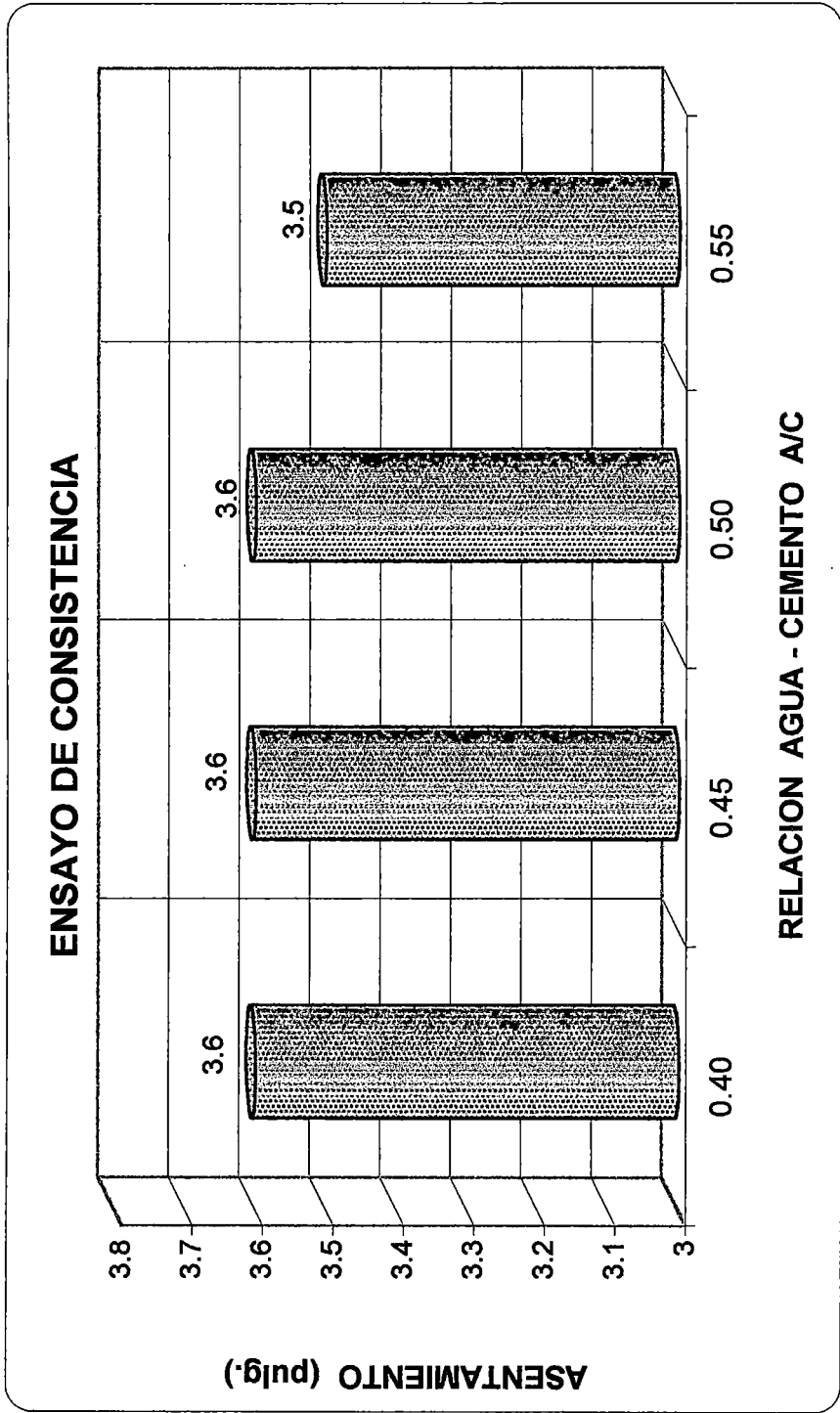


GRAFICO 7 - 5

TESIS : "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C DE 0.40 A 0.55".

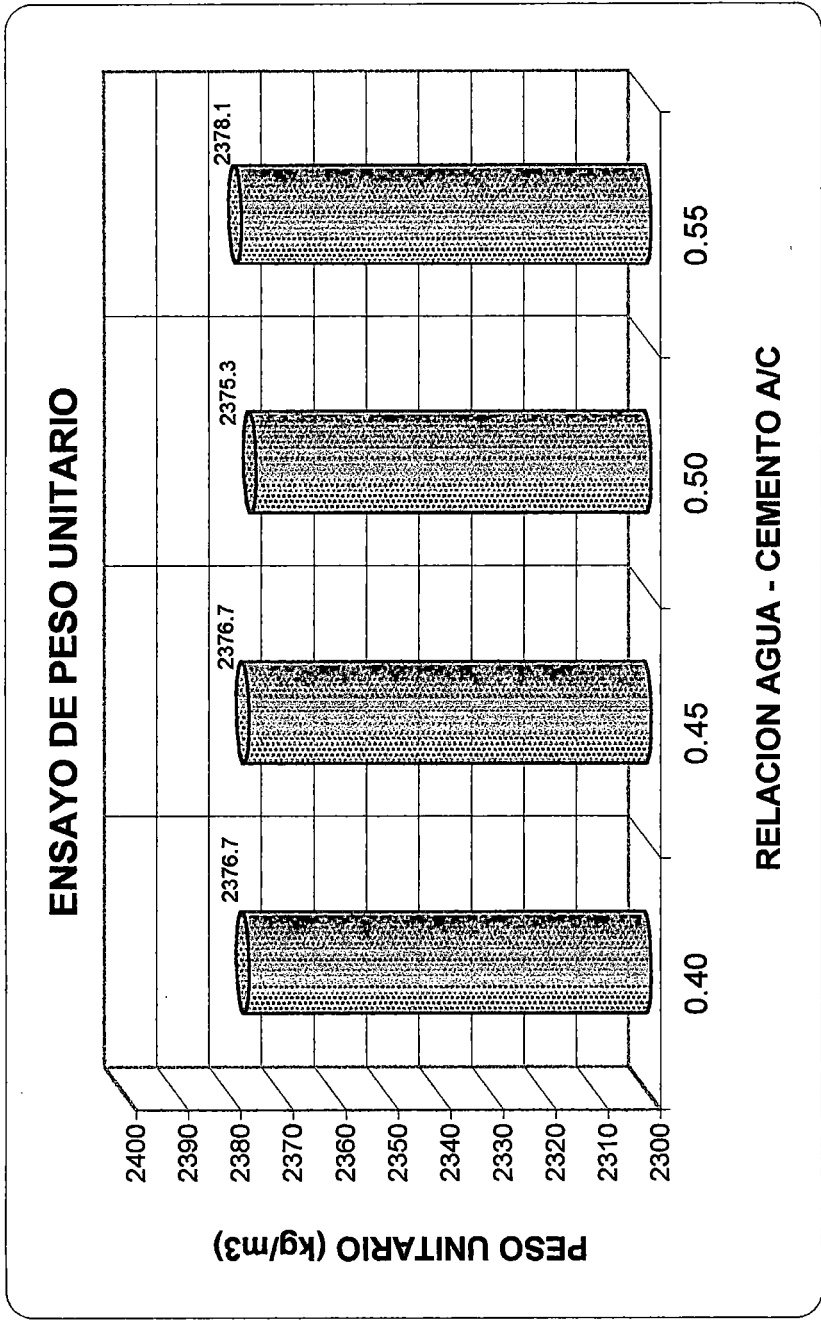


GRAFICO 7 - 6

TESIS : "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C DE 0.40 A 0.55".

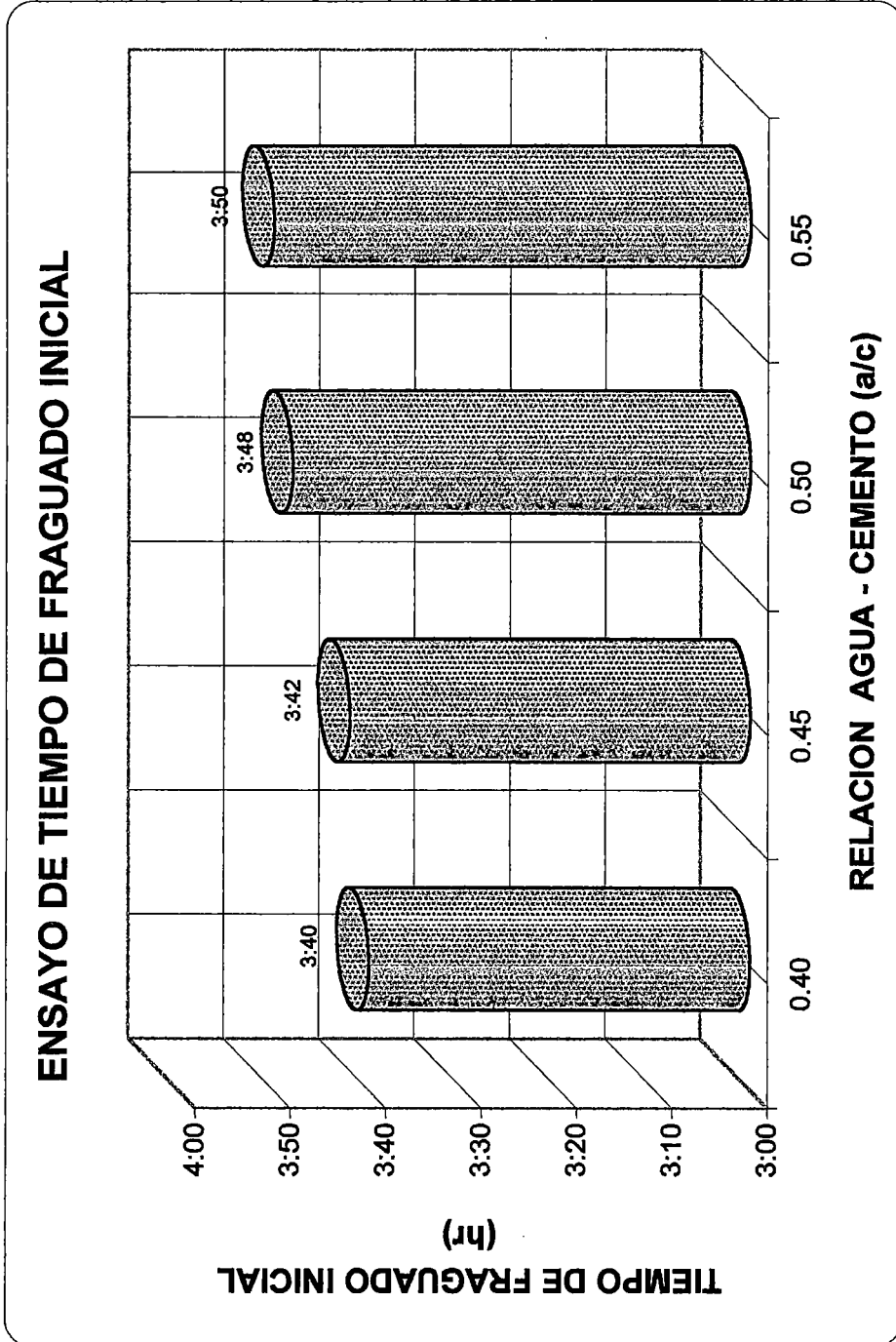


GRAFICO 7 - 7 - A

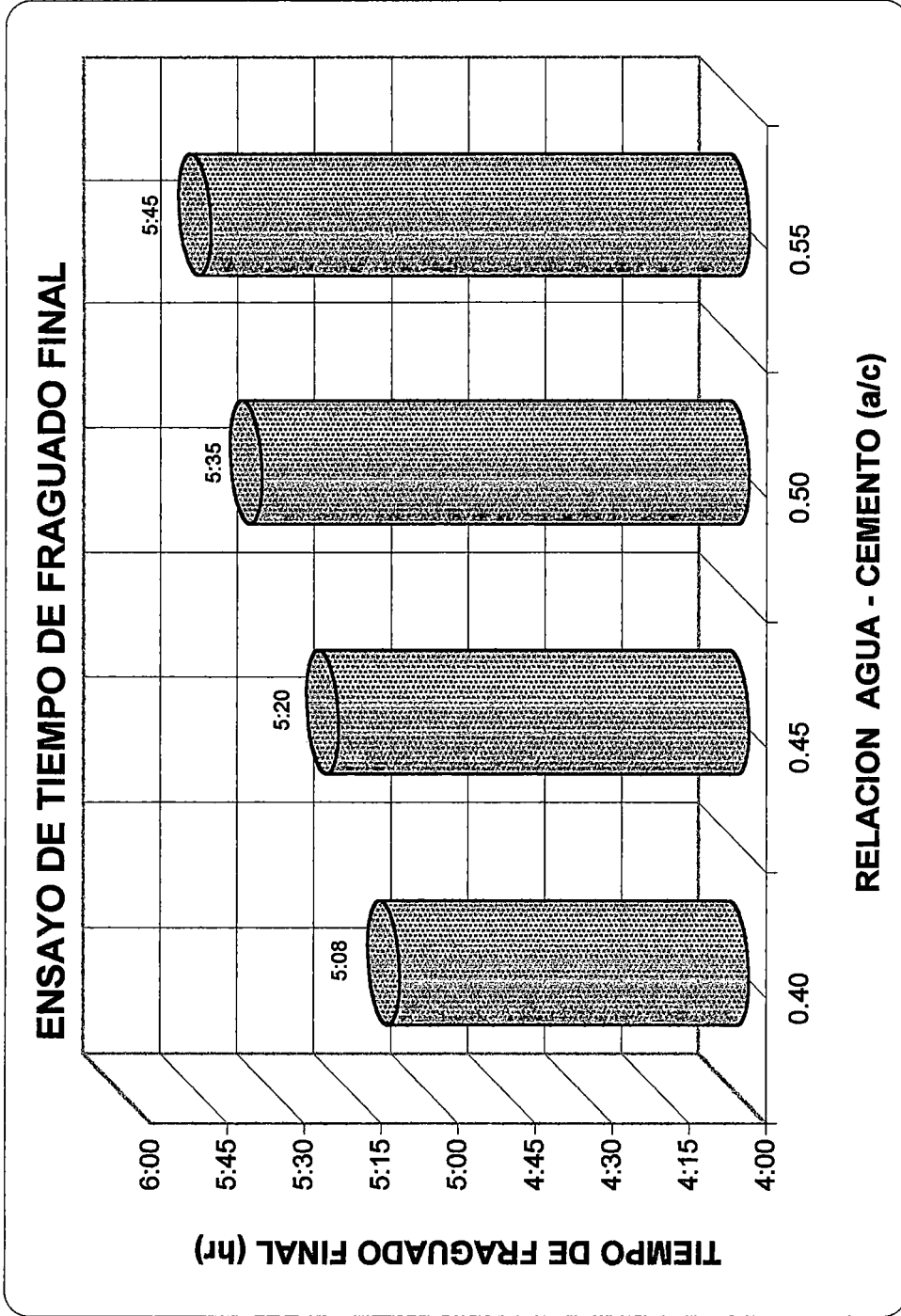


GRAFICO 7 - 7 - B

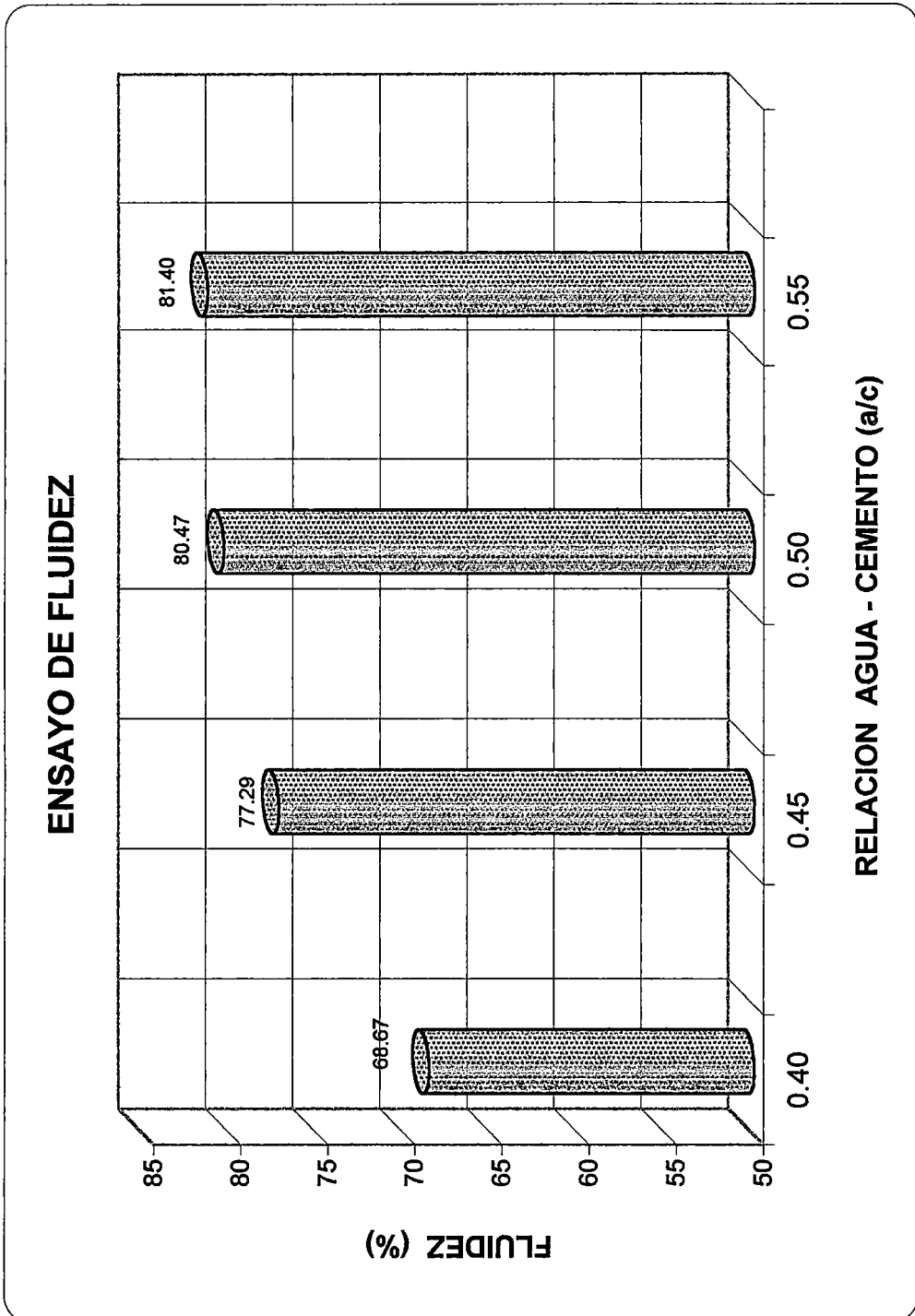


GRAFICO 7 - 8

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUAJCIENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO, UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55"

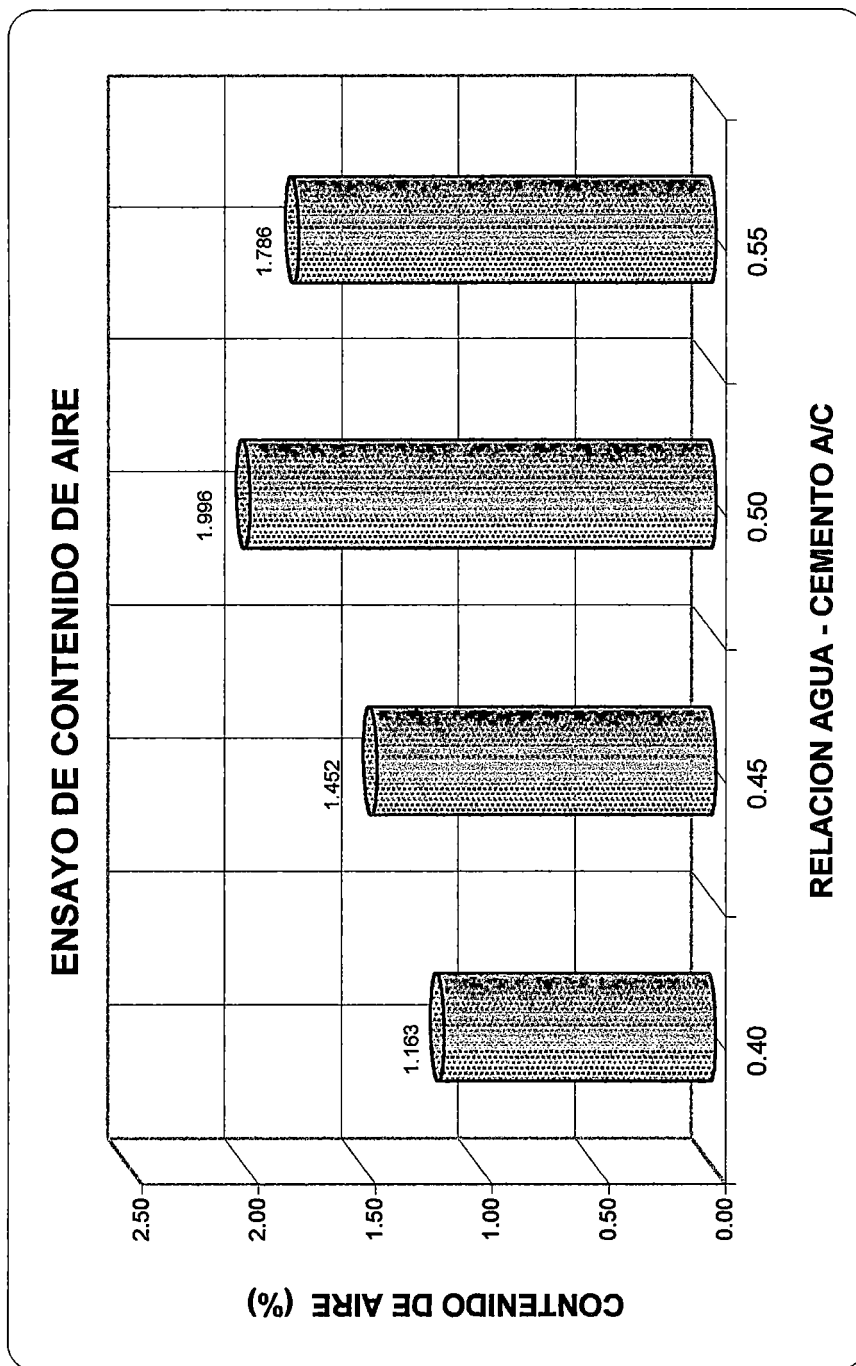


GRAFICO 7 - 9

TESIS : "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C DE 0.40 A 0.55".

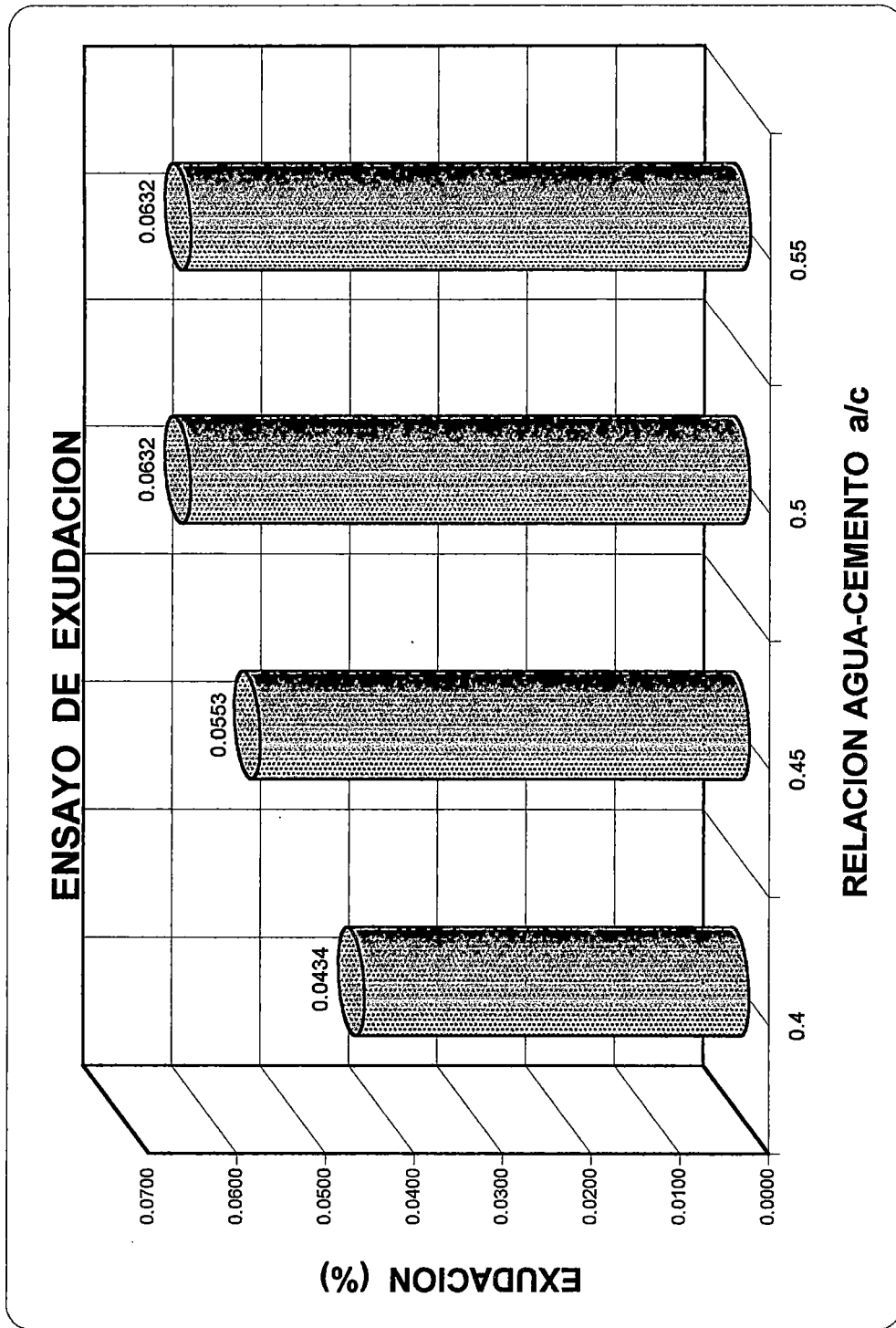


GRAFICO 7 - 10

CONCRETO ENDURECIDO

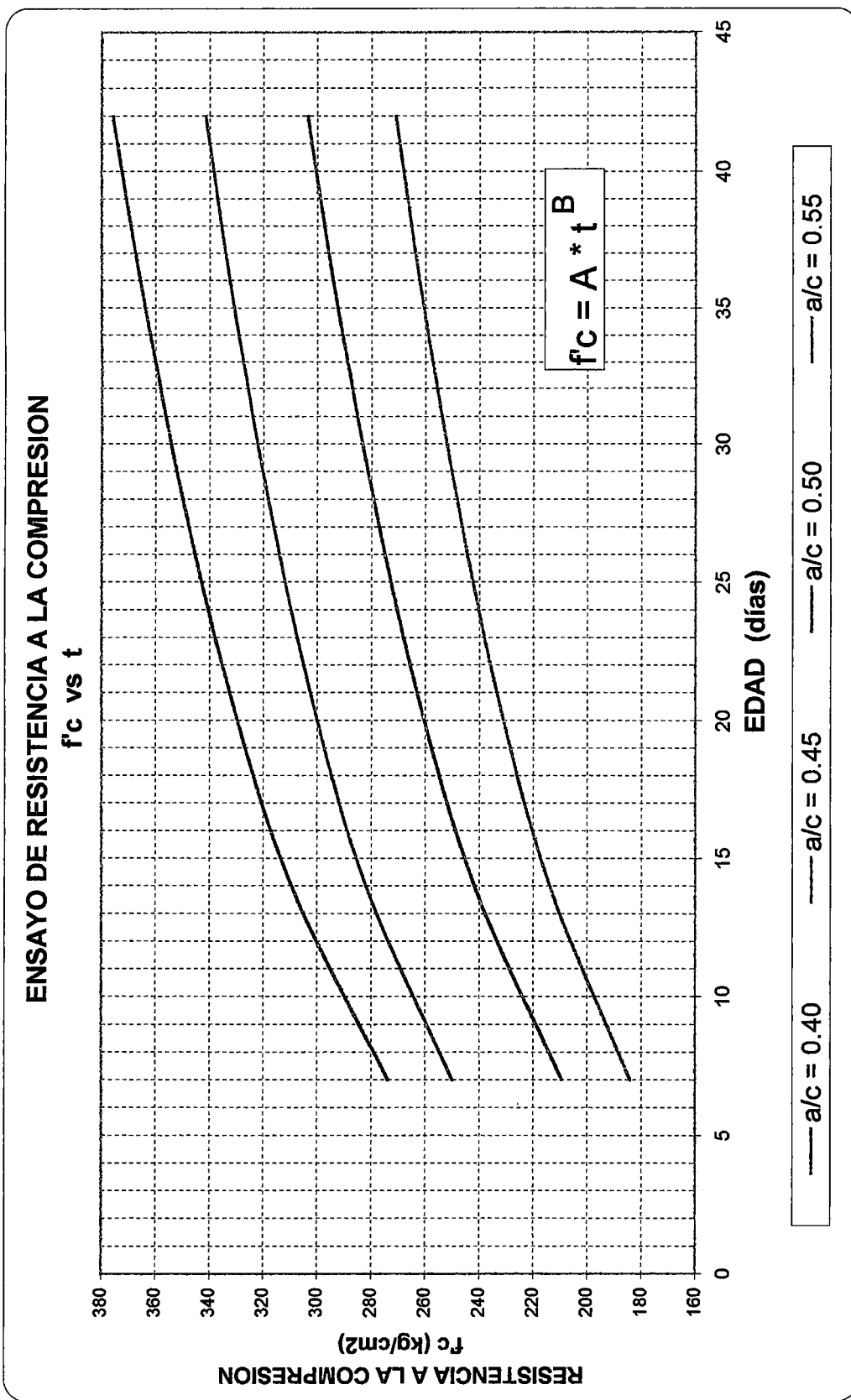


GRAFICO 7-11

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55"

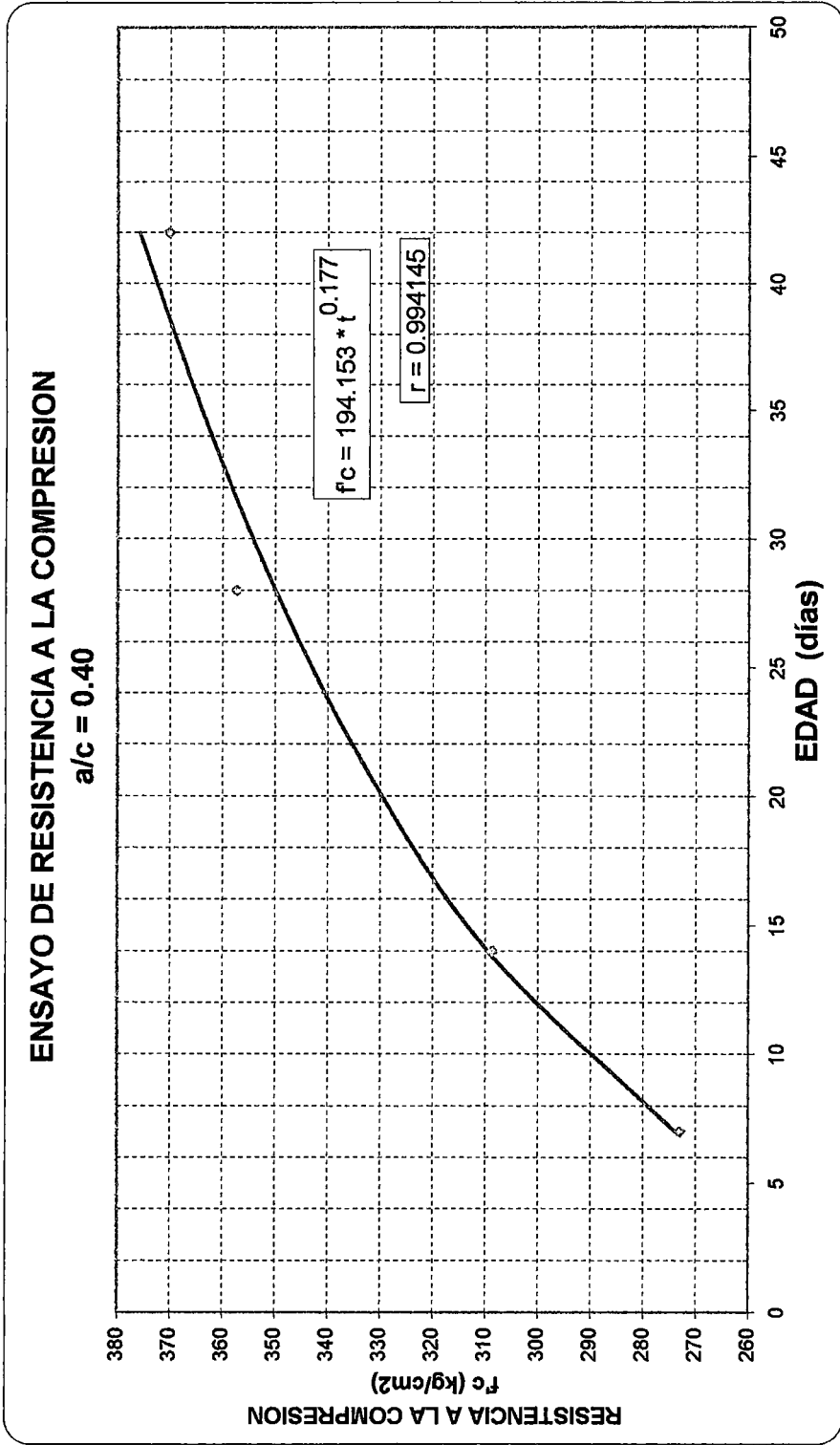


GRAFICO 7-12

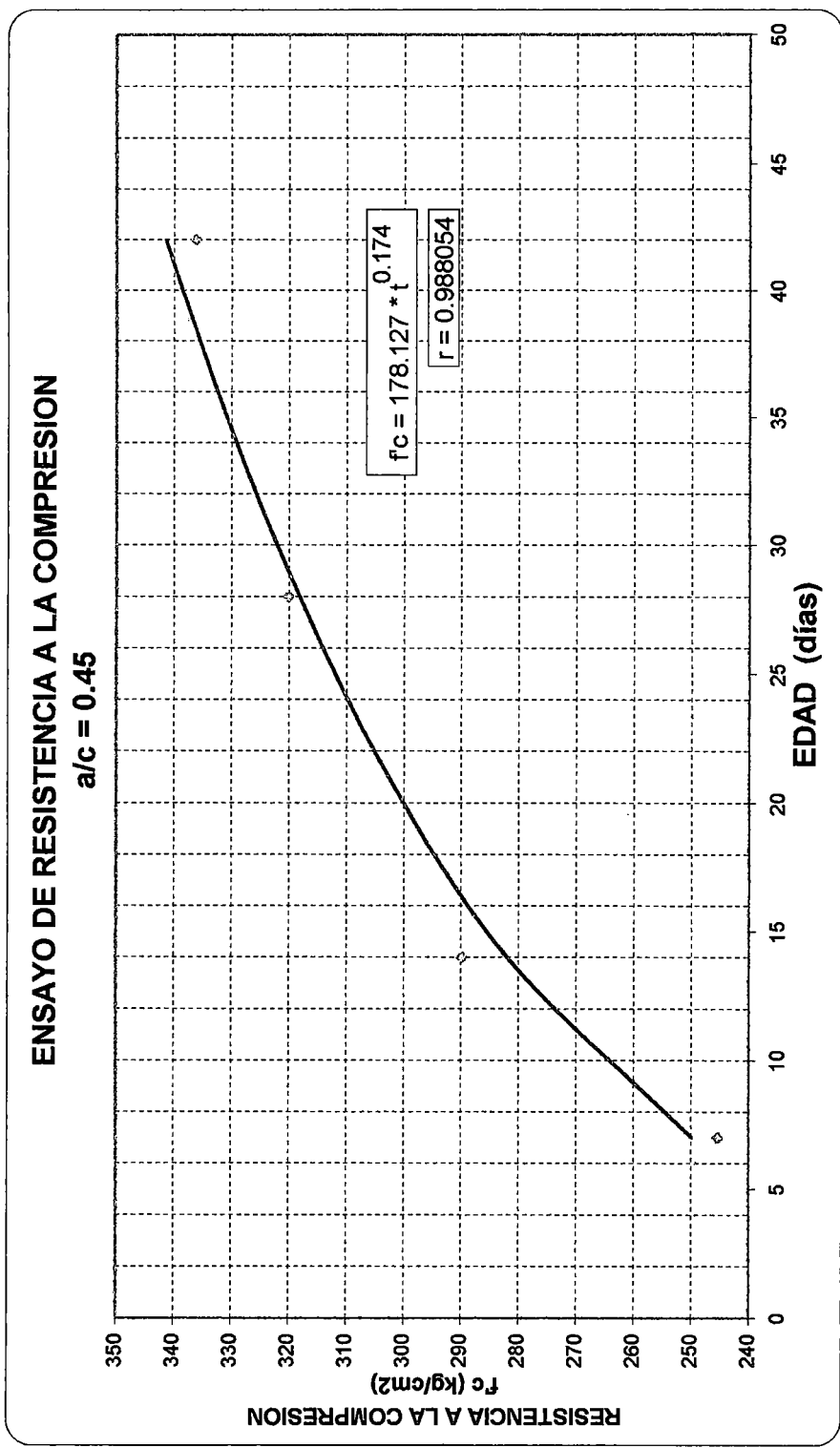


GRAFICO 7-13

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55"

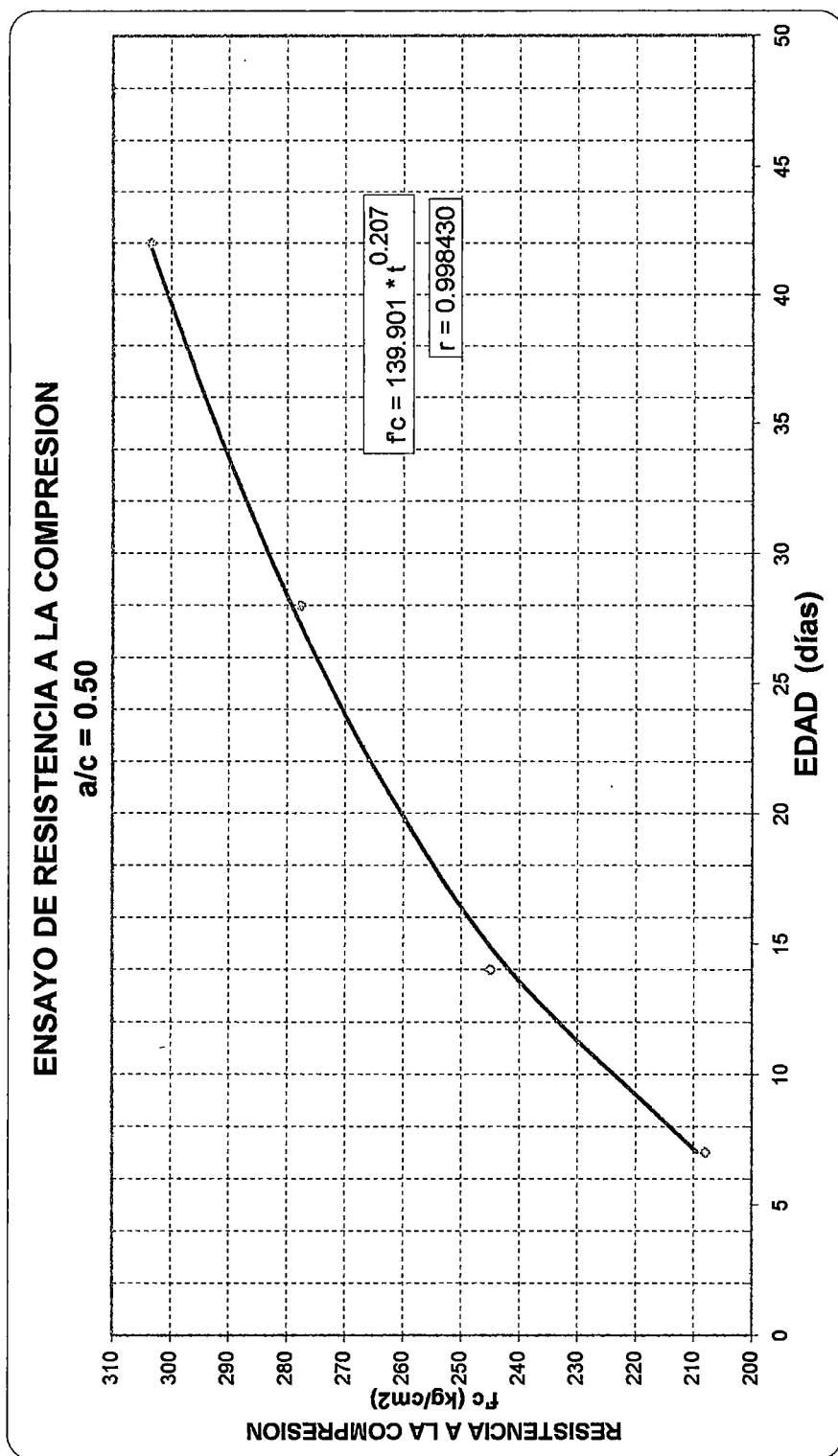


GRAFICO 7-14

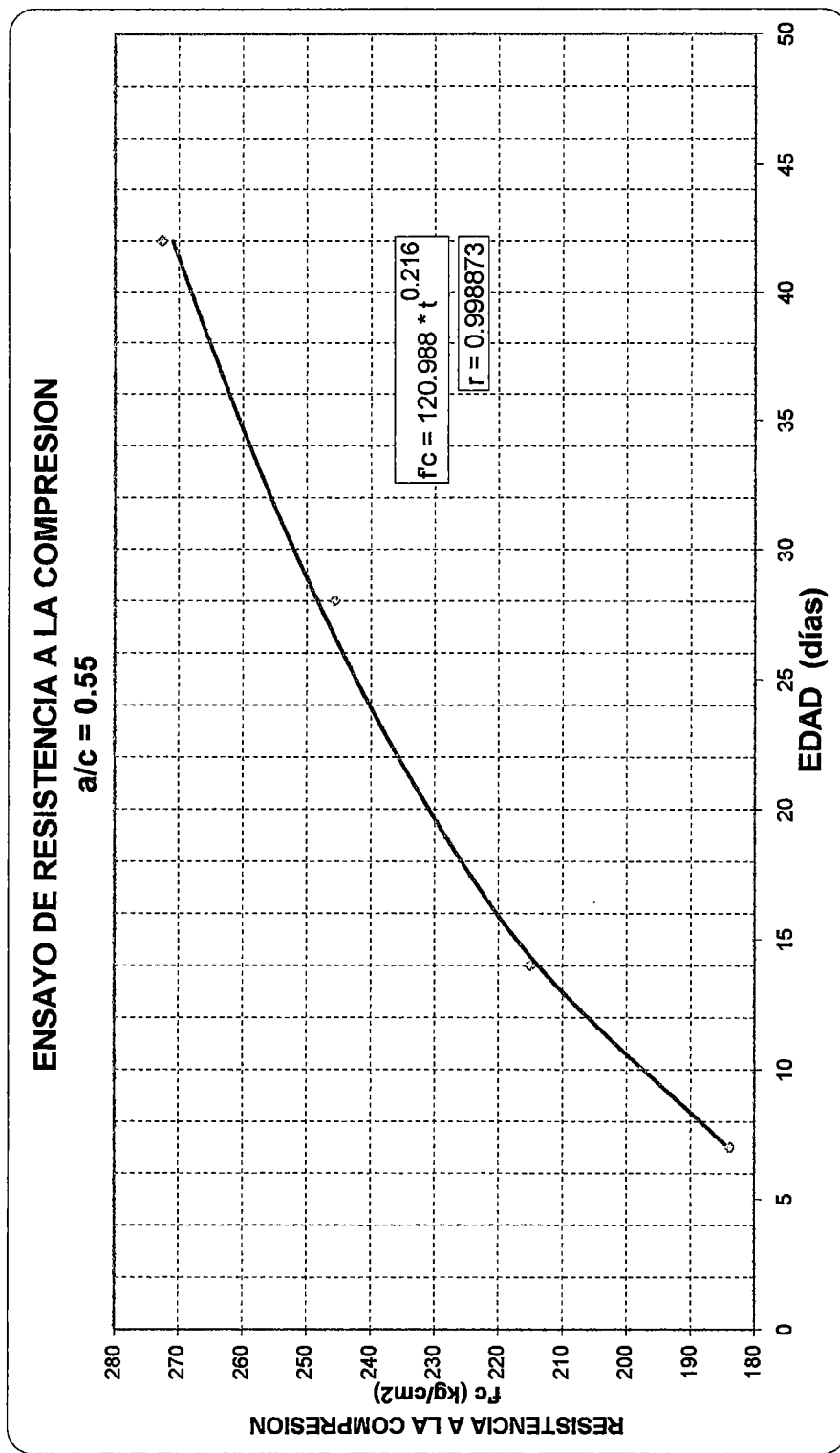


GRAFICO 7-15

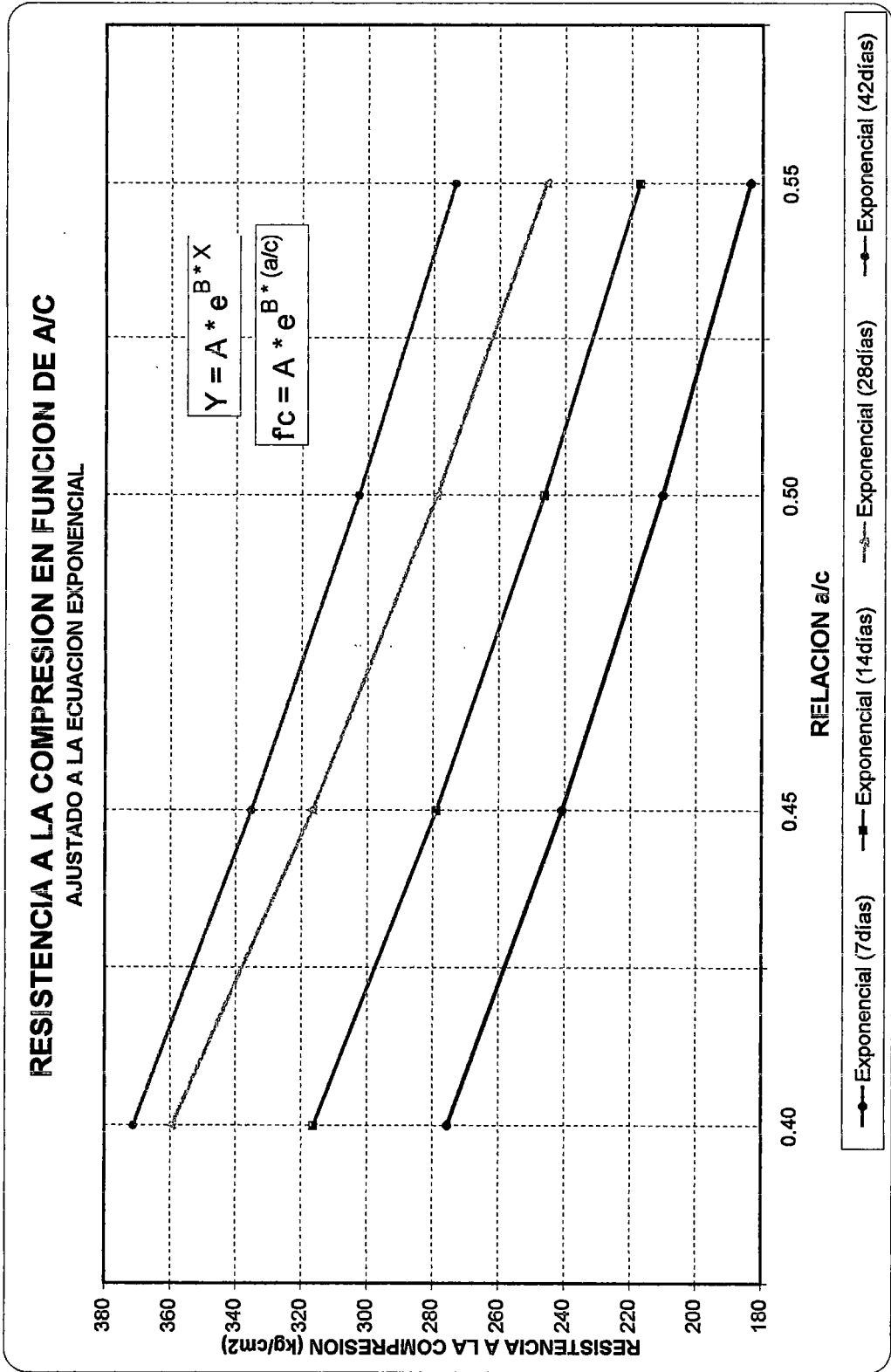


GRAFICO 7-16

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN FUNCION DE A/C

FUNCION EXPONENCIAL - (Edad: 7 días)

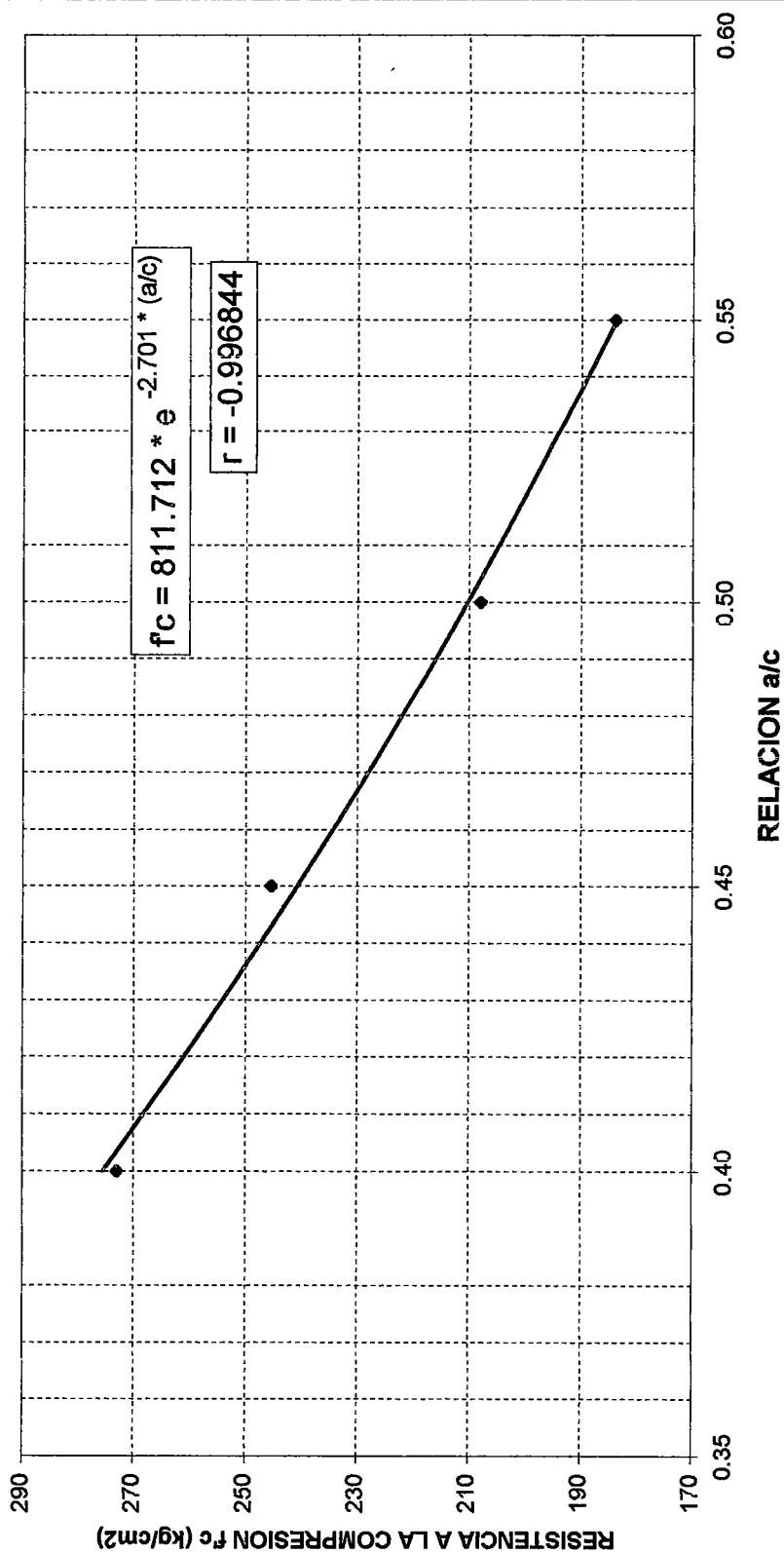


GRAFICO 7-17

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN FUNCION DE A/C

FUNCION EXPONENCIAL - (Edad: 14 dias)

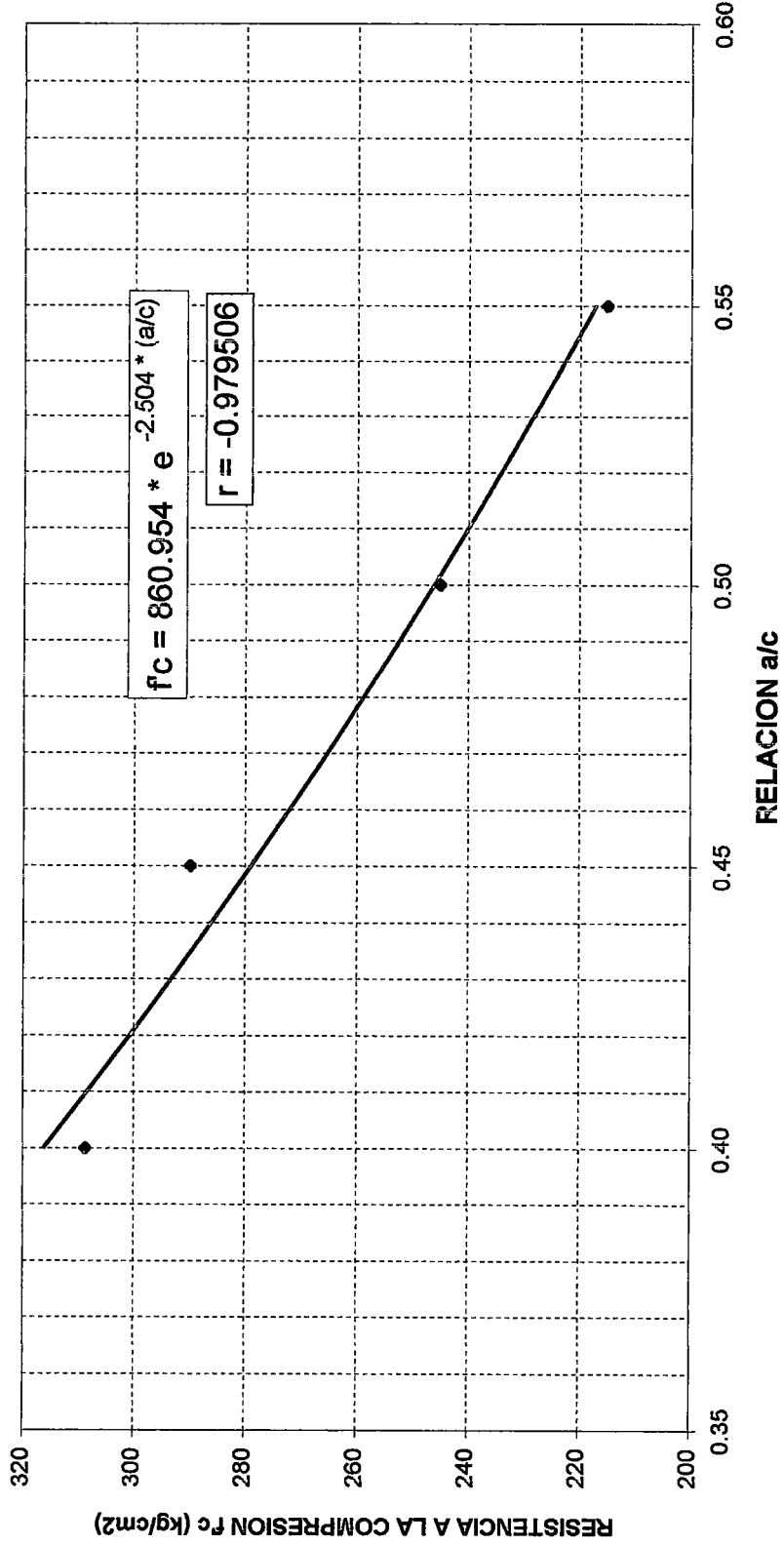


GRAFICO 7-18

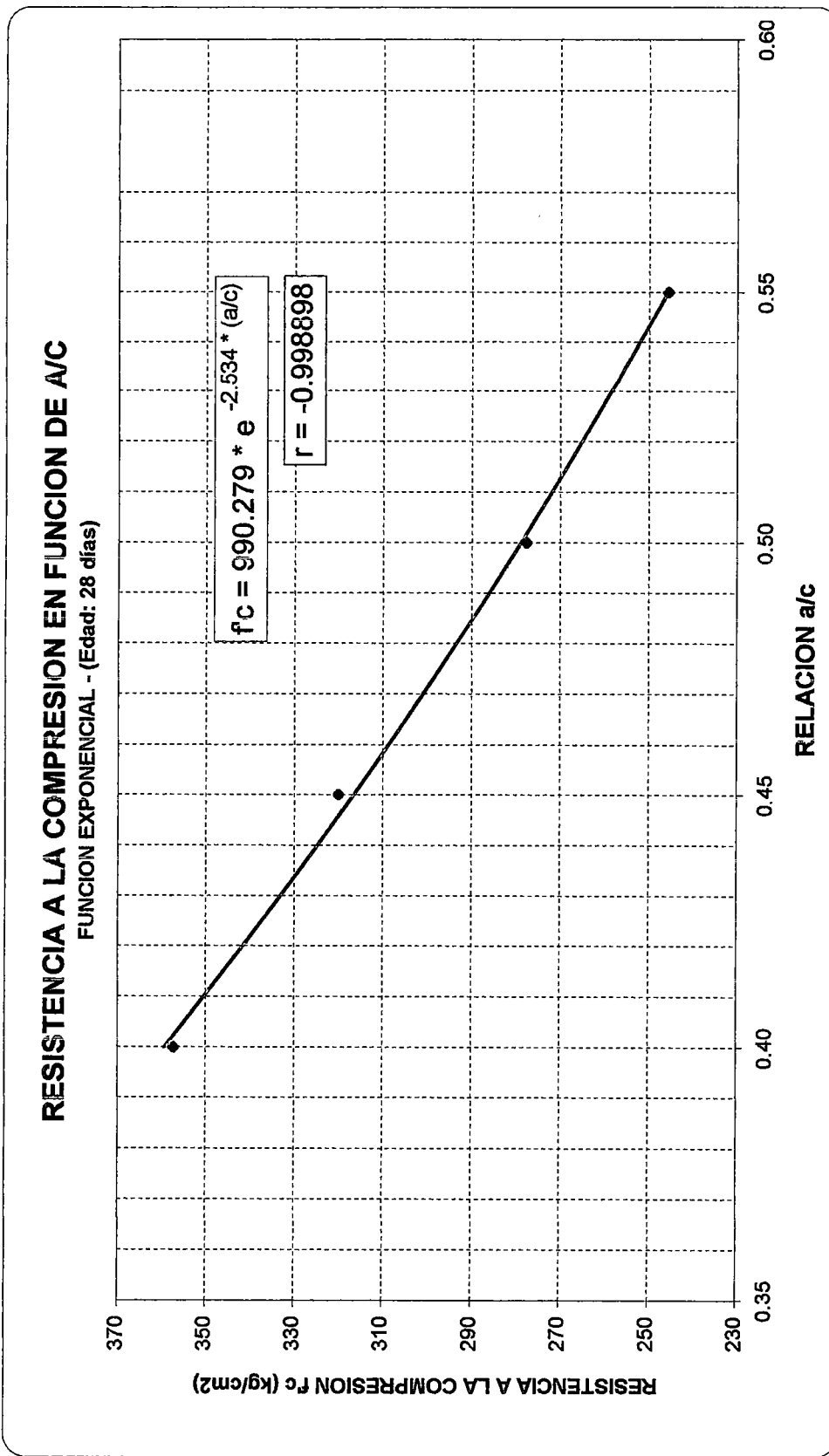


GRAFICO 7-19

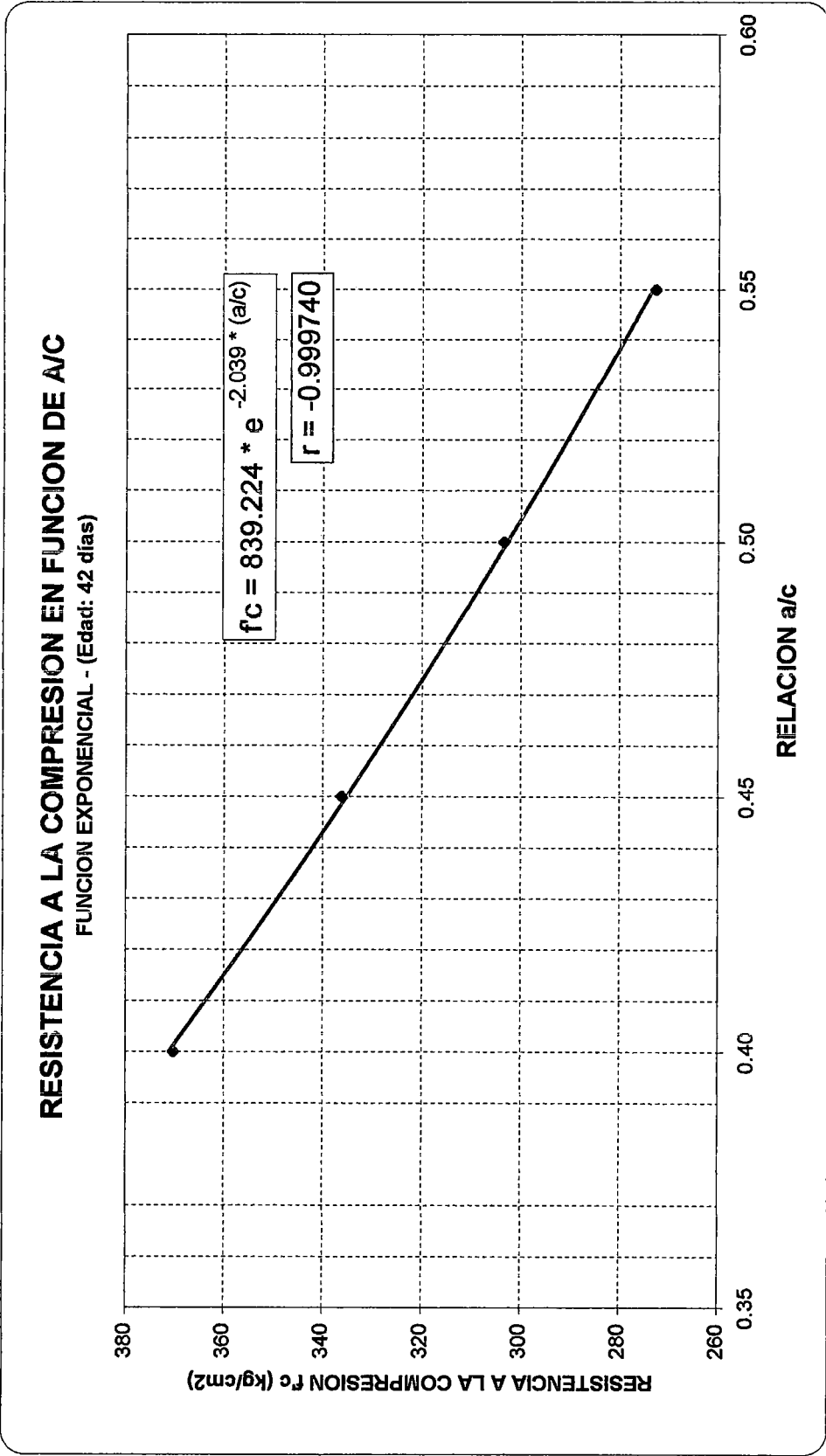


GRAFICO 7-20

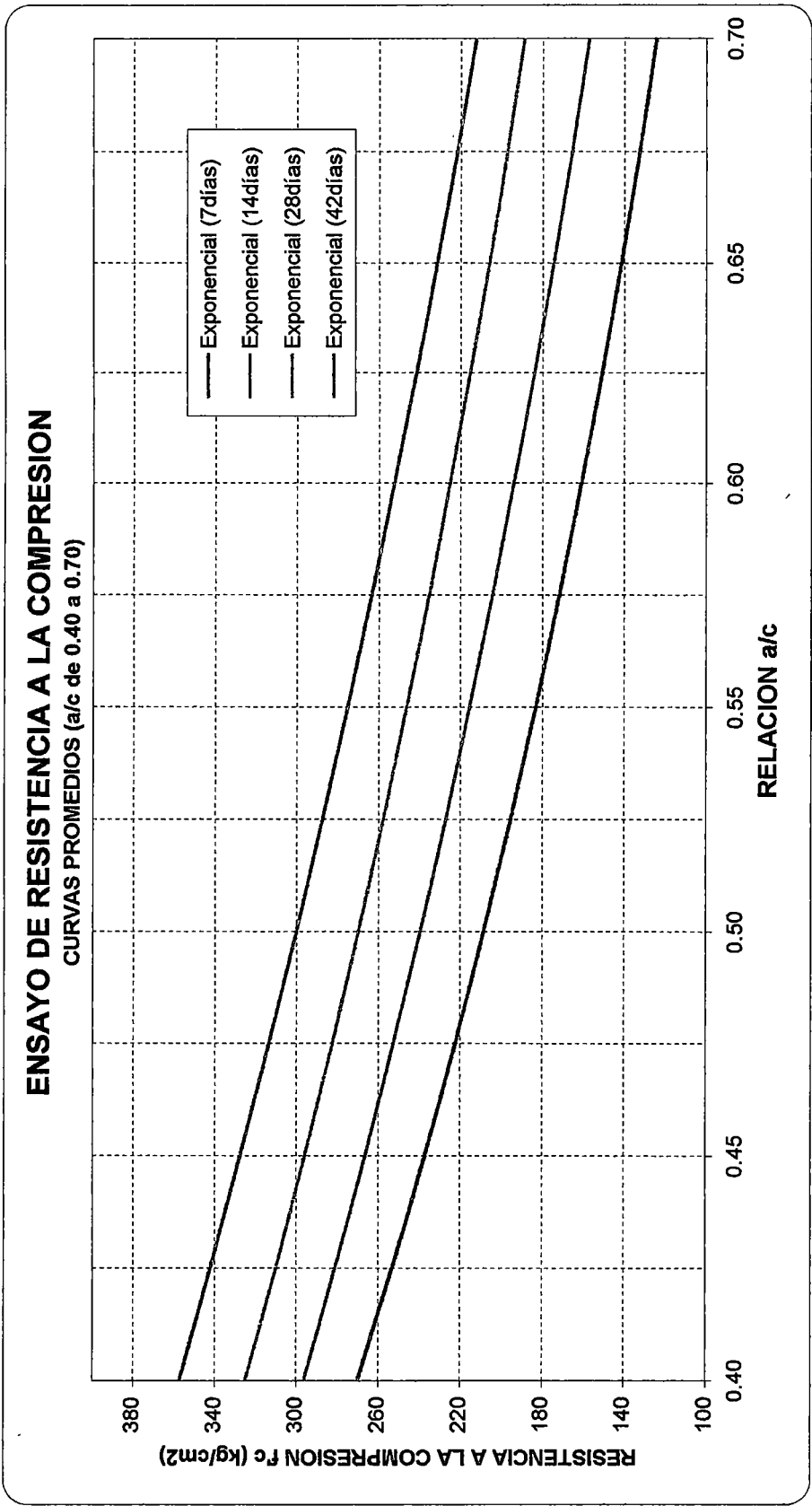


GRAFICO 7-21

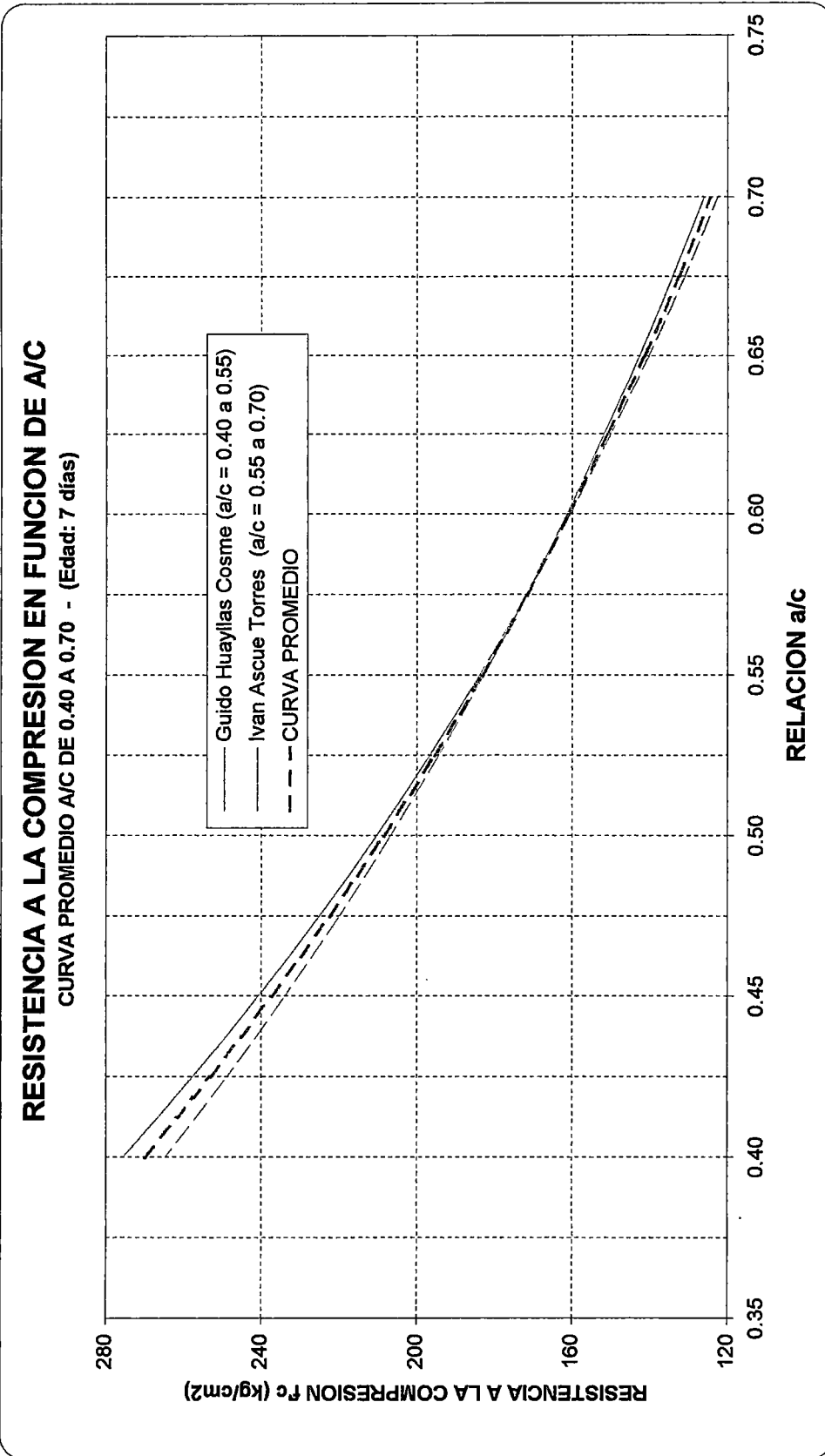


GRAFICO 7-22

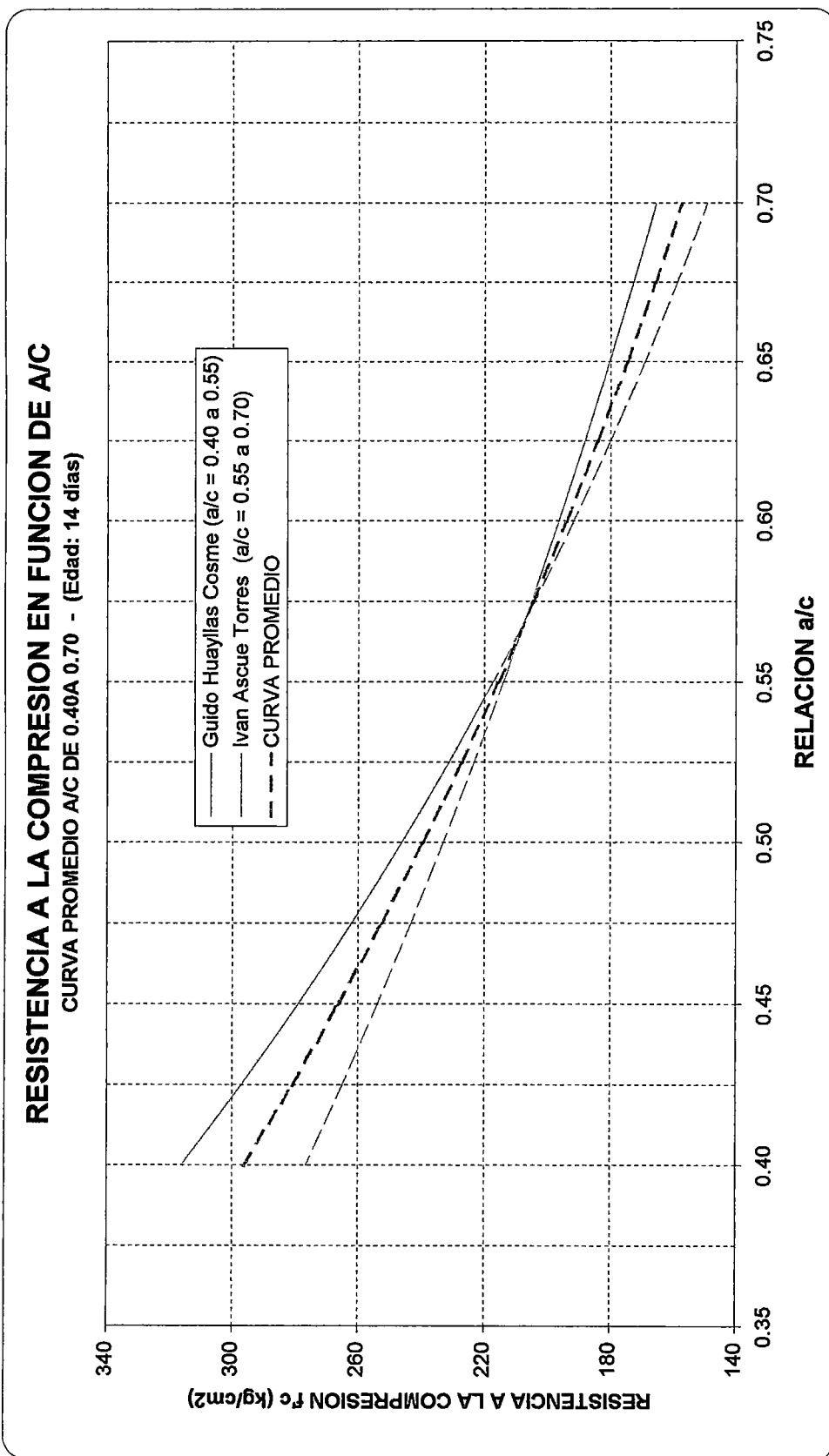


GRAFICO 7-23

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN FUNCION DE A/C

CURVA PROMEDIO A/C DE 0.40A 0.70 - (Edad: 28 días)

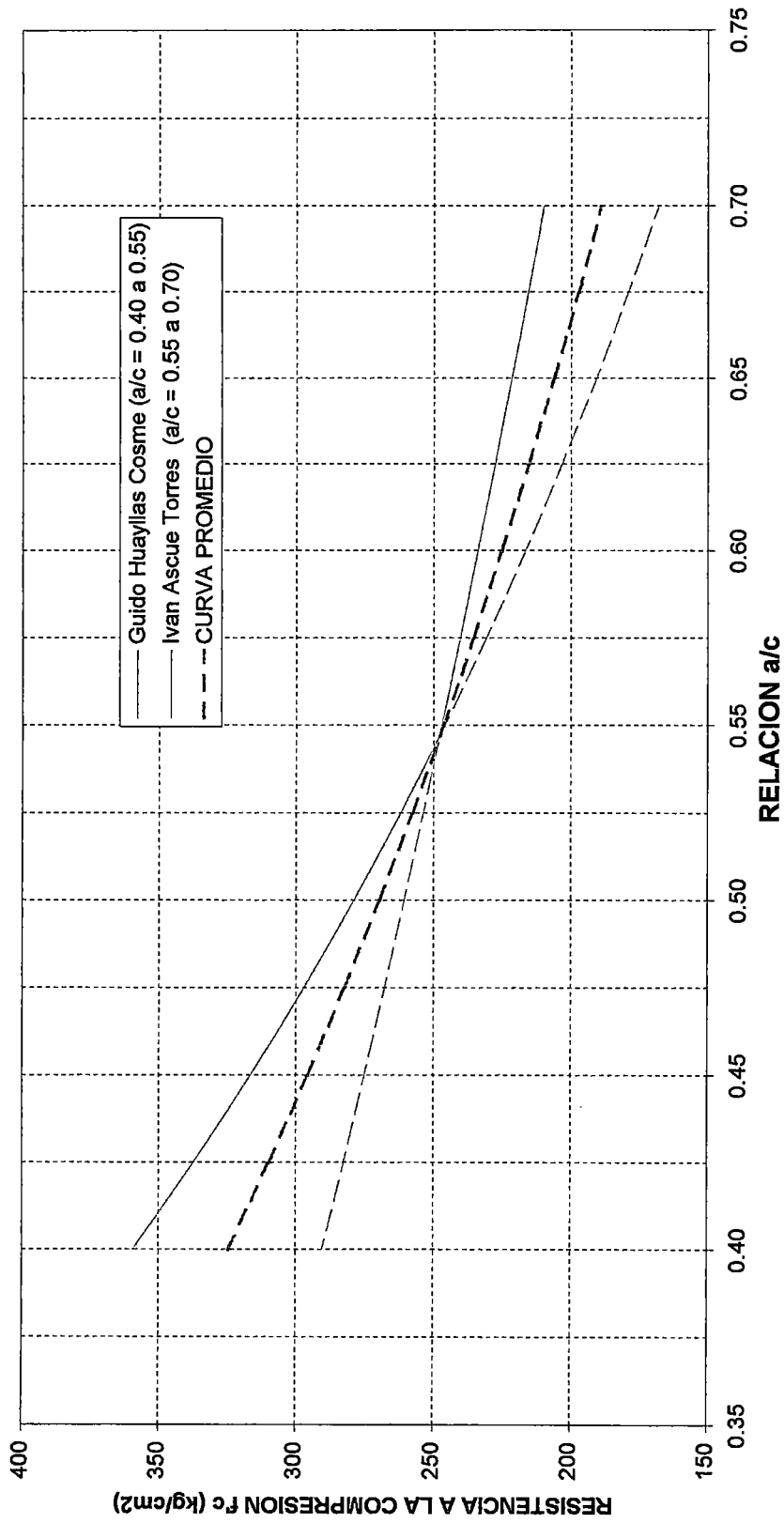


GRAFICO 7-24

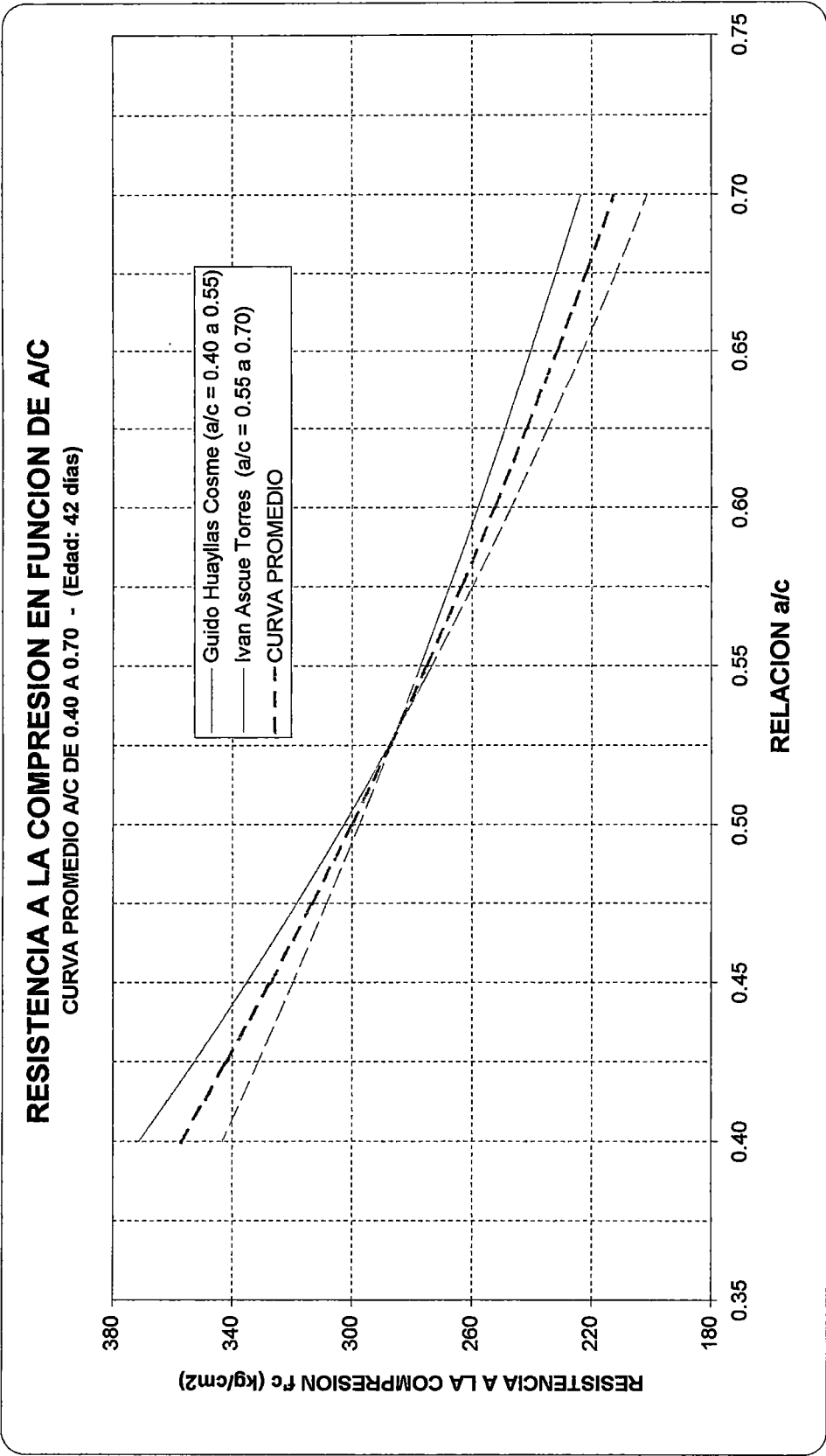


GRAFICO 7-25

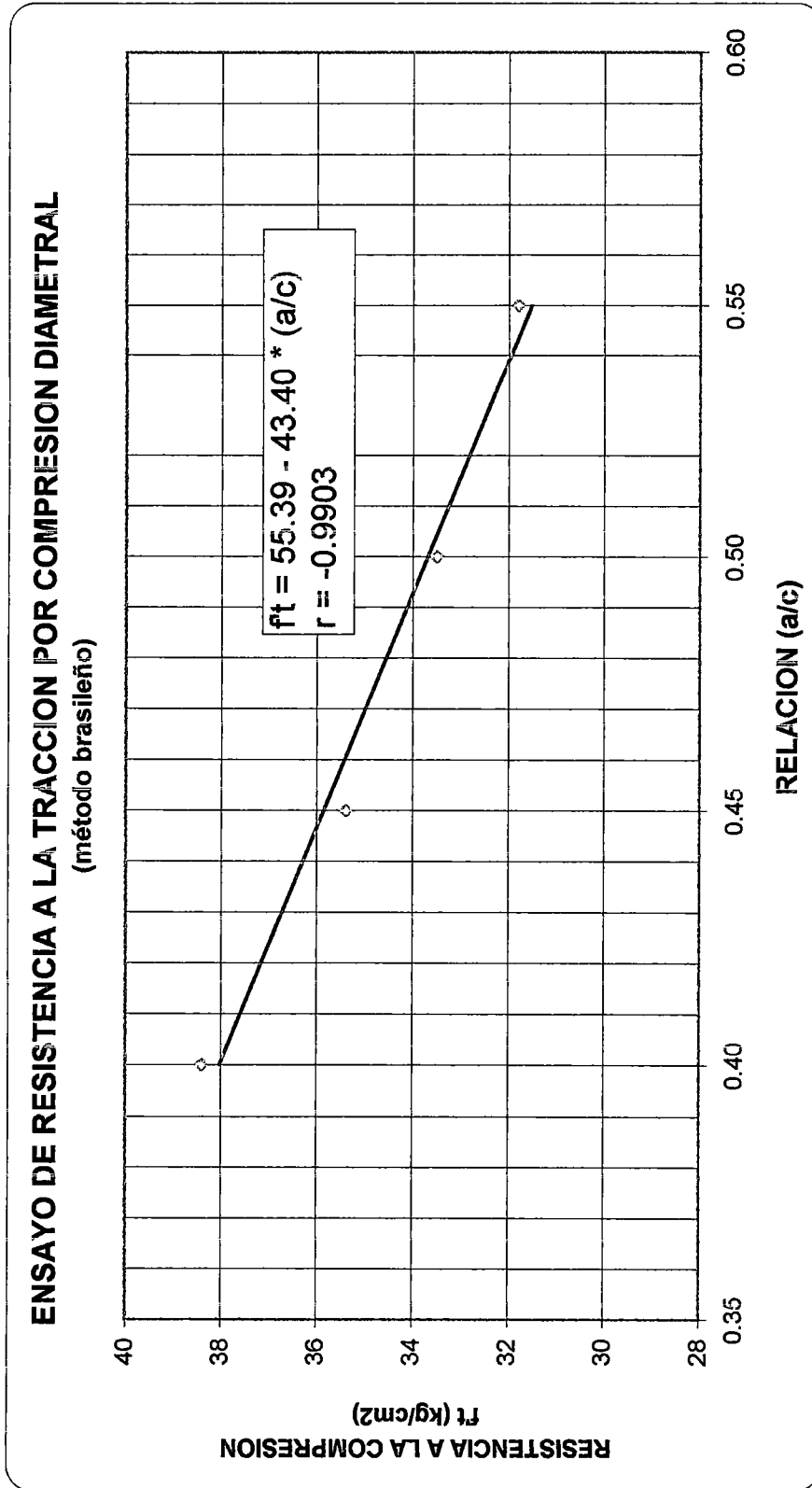


GRAFICO 7-26

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUAJEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C DE 0.40 A 0.55".

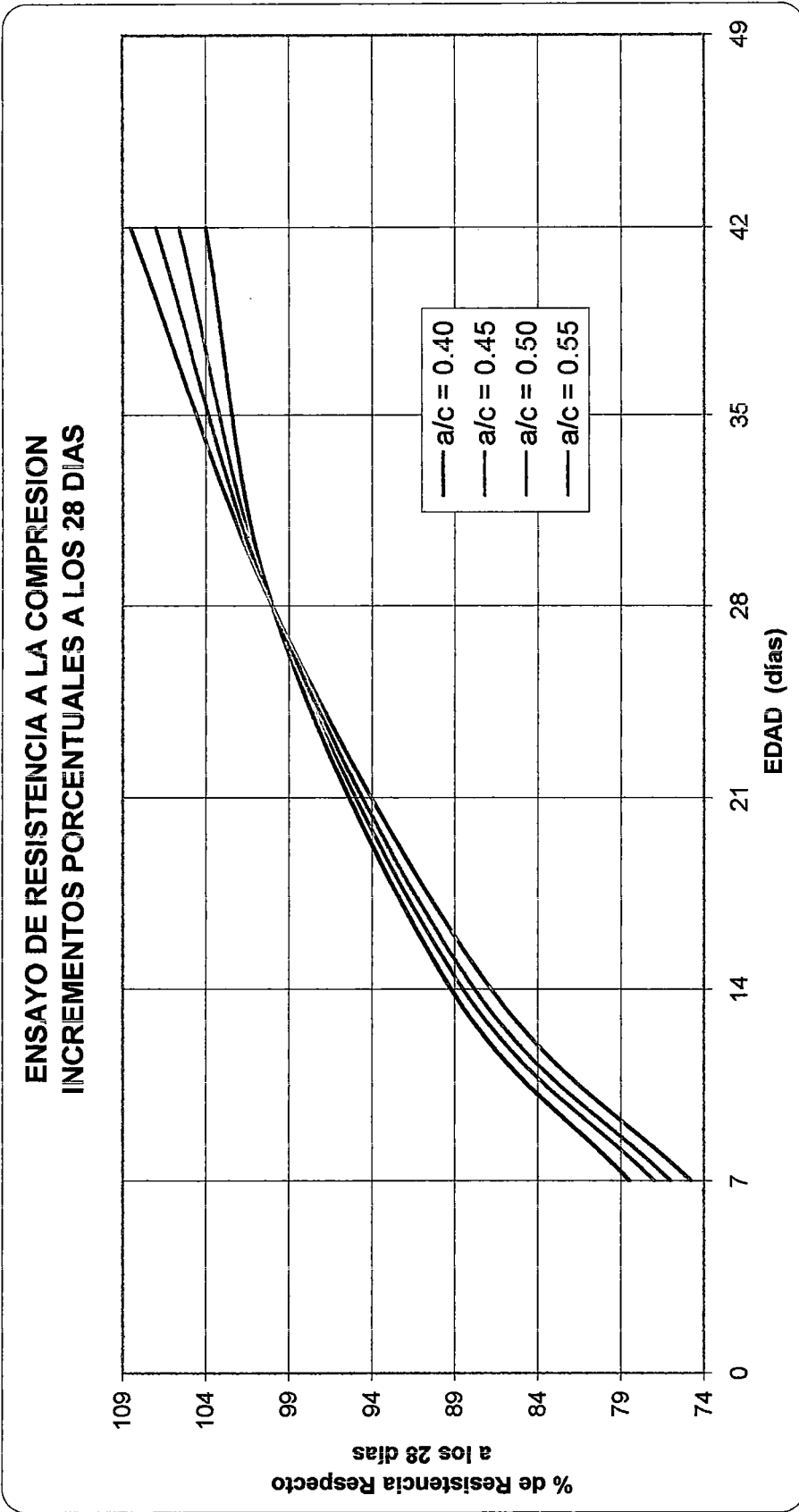


GRAFICO 7-27

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55"

DETERMINACION DEL AGUA DE MEZCLA EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

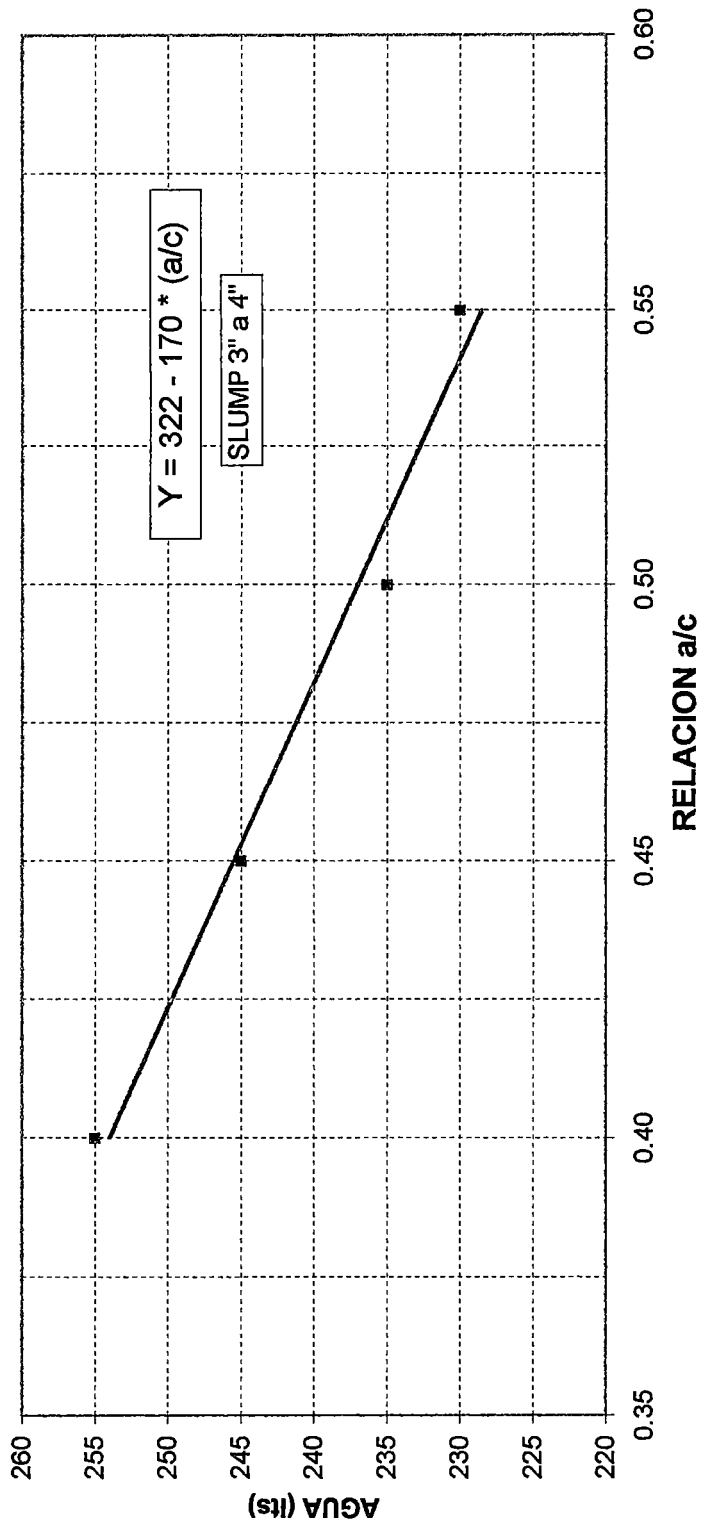


GRAFICO 7-28

DETERMINACION DEL AGUA DE MEZCLA EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

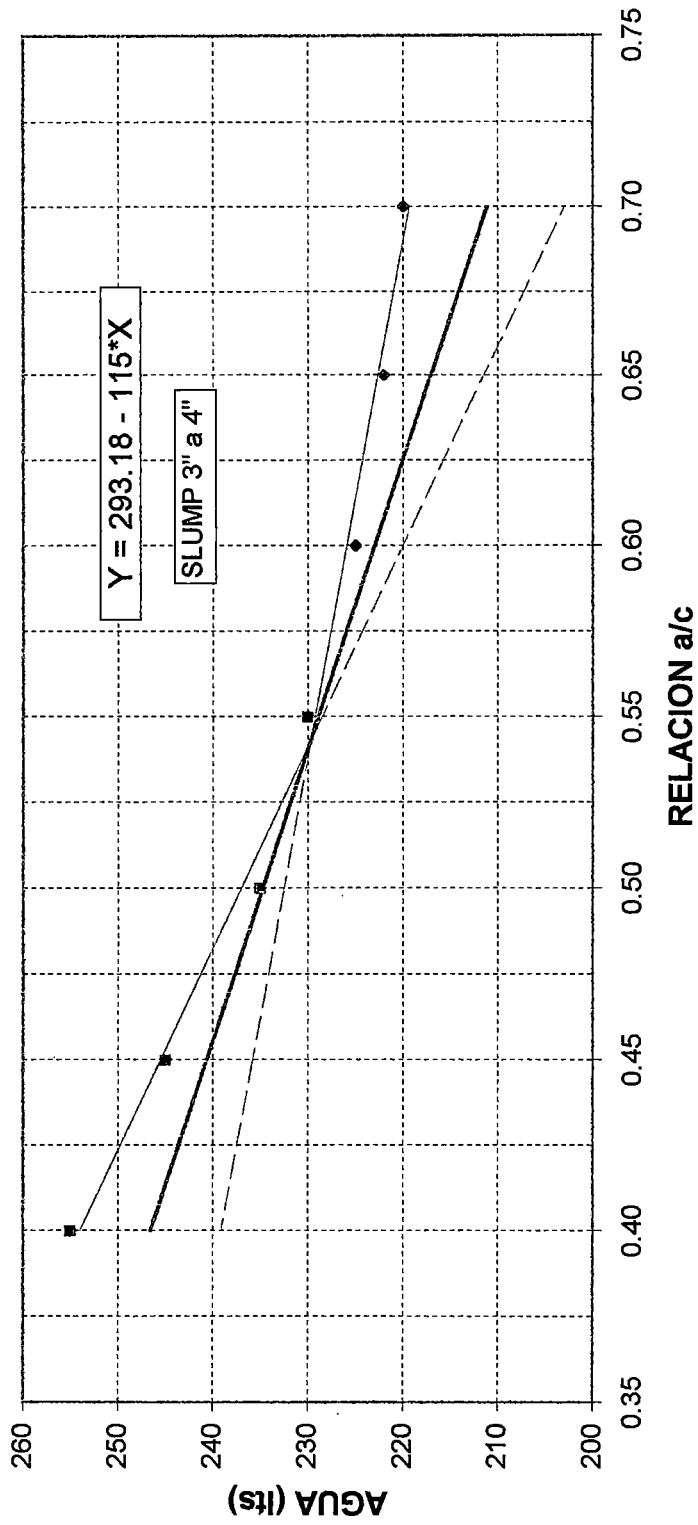


GRAFICO 7-29

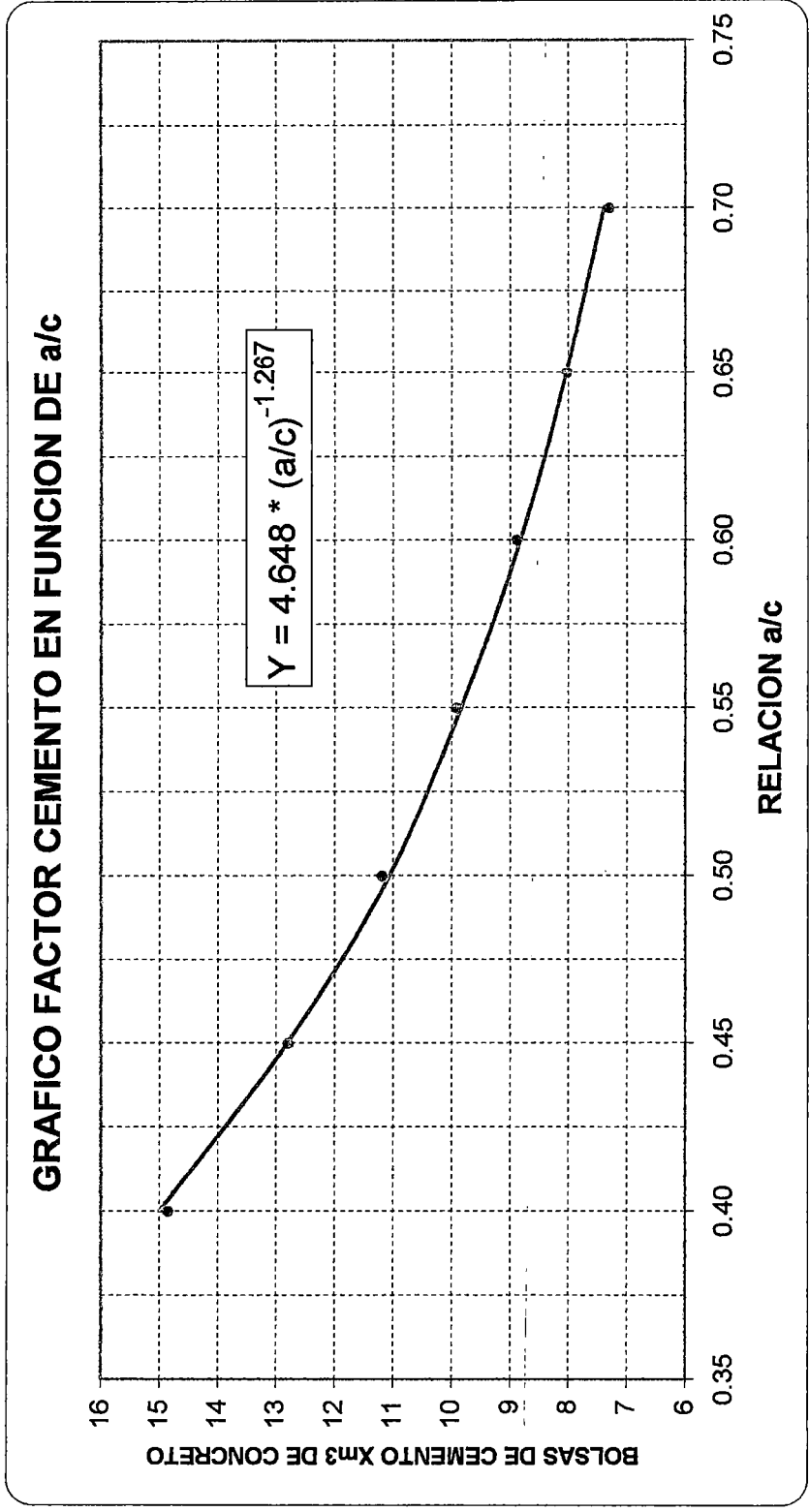


GRAFICO 7-30

CAPITULO VIII

CAPITULO VIII

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

8.1 GENERALIDADES

El presente capítulo se considera como uno de los más importantes de la presente tesis, titulada "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55", el cual tiene como objetivo determinar la correspondencia que existe entre la resistencia a la compresión del concreto, tanto con la relación a/c y con la edad. Así mismo los resultados obtenidos se juntan con los del Ing° Ivan Ascue Torres en su tesis: "CORRELACION ENTRE AGUA-CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO V "ANDINO", (a/c de 0.55 a 0.70)".

De los análisis del presente capítulo obtendremos las conclusiones y recomendaciones que persigue la presente investigación.

Para ello se analiza los resultados de los ensayos realizados en laboratorio, sobre el concreto en estado fresco (slump, peso unitario, tiempo de fragua, fluidez, contenido de aire y exudación), como en el estado endurecido (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo elástico estático), basándonos en los cuadros y gráficos presentados en los capítulos anteriores y esencialmente en el capítulo VI, mismo que detalla los análisis de regresión, donde se definieron las funciones de las curvas que gobiernan y representan el real comportamiento del concreto endurecido.

Luego, se procede al estudio central de la presente investigación, el cual es la correlación que existe entre la resistencia a la compresión con respecto a la relación agua/cemento (**UTILIZANDO CEMENTO TIPO V – “ÁNDINO”**); basados en los resultados obtenidos del laboratorio, buscando uniformizar las diferentes variaciones que presenta, para cada relación agua/cemento.

Posteriormente, se juntan los resultados que obtuvo en Ing° Ivan Ascue Torres en su tesis “CORRELACION ENTRE AGUA-CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO V “ANDINO” (a/c de 0.55 a 0.70)”, con la presente tesis y tener de esta forma una curva promedio para las relaciones de 0.40 a 0.70.

También se analizará el agua de mezclado para conseguir consistencias adecuadas para las diferentes relaciones agua/cemento.

8.2 ANALISIS DE LOS ENSAYOS PARA EL CONCRETO FRESCO

Para el concreto fresco, se evalúa el comportamiento mediante un análisis de observación de las características y/o propiedades principales que adopta en este estado.

Los ensayos del concreto en estado fresco, han sido realizados en concreto normal, es decir, sin adicionar aditivos en el diseño de mezclas.

A continuación se detallan las variaciones de resultados que existen en las propiedades estudiadas en el presente trabajo, para ello tomaremos como referencia el valor correspondiente a la relación 0.40 como 100%.

CONSISTENCIA (Asentamiento)

En todas las relaciones a/c utilizados, se tiene asentamiento y/o slump comprendidos dentro del rango de 3" a 4", es decir se ha empleado mezclas de consistencia plástica (trabajables). En el cuadro 7-1, se muestran los valores de revenimiento o slump, de donde se tiene:

- Relación $a/c = 0.40$; que tiene un asentamiento de 3.6" (100% referencial).
- Relación $a/c = 0.45$; con un asentamiento de 3.6" – sin disminución.
- Relación $a/c = 0.50$; con un asentamiento de 3.6" – sin disminución.
- Relación $a/c = 0.55$; con un asentamiento de 3.5" – con disminución en 0.1", equivalente a 2.8%.

PESO UNITARIO

En el cuadro 7-1, se muestran los valores de pesos unitarios (P.U.), obtenidos para cada relación agua/cemento, los cuales son:

- Relación $a/c = 0.40$; que tiene un P.U. = 2376.7 kg/m^3 - (100% referencial).
- Relación $a/c = 0.45$; que tiene un P.U. = 2376.7 kg/m^3 – sin variación.
- Relación $a/c = 0.50$; que tiene un P.U. = 2375.3 kg/m^3 – hay disminución del peso unitario en 1.4 kg/m^3 que equivale decir 0.06 %.
- Relación $a/c = 0.55$; que tiene un P.U. = 2378.1 kg/m^3 – observamos aumento de peso unitario en 1.4 kg/m^3 que equivale decir 0.06 %.

El gráfico 7-6, muestra los valores de P.U., mismos que se encuentran comprendidas dentro del rango de valores de P.U. para concretos comunmente usados.

TIEMPO DE FRAGUADO

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL

En el cuadro 7-1, se muestran los tiempos de fraguado inicial (T.F.I.) para cada relación agua/cemento, los cuales son:

- Relación $a/c = 0.40$; tiempo de fraguado inicial de 3h:40min - (valor referencial).
- Relación $a/c = 0.45$; tiempo de fraguado inicial de 3h:41min – observamos un aumento de T.F.I. en 0h:01min.

- Relación $a/c = 0.50$; tiempo de fraguado inicial de 3h:46min – observamos un aumento de T.F.I. en 0h:06min.
- Relación $a/c = 0.55$; tiempo de fraguado inicial de 3h:49min – observamos un aumento de T.F.I. en 0h:09min.

TIEMPO DE FRAGUADO FINAL

En el cuadro 7-1, se muestran los tiempos de fraguado final (T.F.F.) para cada relación agua/cemento, los cuales son:

- Relación $a/c = 0.40$; tiempo de fraguado final de 5h:07min - (valor referencial).
- Relación $a/c = 0.45$; tiempo de fraguado final de 5h:20min – observamos un aumento de T.F.F. en 0h:13min.
- Relación $a/c = 0.50$; tiempo de fraguado final de 5h:37min – observamos un aumento de T.F.F.en 0h:30min.
- Relación $a/c = 0.55$; tiempo de fraguado final de 5h:45min – observamos un aumento de T.F.F. en 0h:38min.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que ha mayor relación agua/cemento, aumenta los tiempos, tanto de fraguado inicial como de fraguado final.

Los gráficos del 7-1 al 7-4, detallan gráficamente la obtención de los valores de T.F.I. y T.F.F., así mismo los gráficos 7-7-A y 7-7-B muestran las variaciones de T.F.I y T.F.F para las diferentes relaciones a/c .

FLUIDEZ

En el cuadro 7-1, se muestran los valores de fluidez, obtenidos para cada relación agua/cemento, observándose lo siguiente:

- Relación $a/c = 0.40$; que tiene una fluidez de 68.67 % - (100% referencial).
- Relación $a/c = 0.45$ que tiene una fluidez de 77.29 % – es decir se ha incrementado en 12.55%.
- Relación $a/c = 0.50$; que tiene una fluidez de 80.47 % – es decir se ha incrementado en 17.18%.
- Relación $a/c = 0.55$; que tiene una fluidez de 81.40 % – es decir se ha incrementado en 18.54%.

El gráfico 7-8, muestra gráficamente la variación de la fluidez para cada relación agua/cemento.

PORCENTAJE DE CONTENIDO DE AIRE

En el cuadro 7-1, se muestran los valores de porcentaje de contenido de aire obtenidos para cada relación agua/cemento, observándose lo siguiente:

- Relación $a/c = 0.40$; que tiene un contenido de aire de 1.163 % - (valor referencial).
- Relación $a/c = 0.45$; que tiene contenido de aire de 1.452 % – es decir se ha incrementado en 0.289% de contenido de aire.
- Relación $a/c = 0.50$; que tiene contenido de aire de 1.996 % – es decir se ha incrementado en 0.833% de contenido de aire.
- Relación $a/c = 0.55$; que tiene contenido de aire de 1.786 % – es decir se ha incrementado en 0.623% de contenido de aire.

El gráfico 7-9, muestra gráficamente la variación del contenido de aire para cada relación agua/cemento.

EXUDACION

En los cuadros 7-9 al 7-12, se muestran los valores del ensayo de exudación obtenidos para cada relación agua/cemento, observándose lo siguiente:

- Relación $a/c = 0.40$; que tiene una exudación de 0.0434 ml/cm² - (valor referencial).
- Relación $a/c = 0.45$; que tiene una exudación de 0.0553 ml/cm² – observamos un incremento de la exudación en 0.0119 ml/cm².
- Relación $a/c = 0.50$; que tiene una exudación de 0.0632 ml/cm² – observamos un incremento de la exudación en 0.0198 ml/cm².
- Relación $a/c = 0.55$; que tiene una exudación de 0.0632 ml/cm² – observamos un incremento de la exudación en 0.0198 ml/cm².

El gráfico 7-10, muestra gráficamente la variación de la exudación para cada relación agua/cemento.

ANALISIS DE RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

8.3 CORRELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y LA RELACION AGUA/CEMENTO

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más representativa e importante del concreto y se determina mediante ensayos de probetas según métodos normalizados.

Para la determinación de una curva general, se ha adoptado el criterio de la media aritmética de las resistencias de las probetas ensayadas llamada resistencia promedio, para determinar un valor que sea representativo de la serie. Pero este valor para que refleje la verdadera calidad del concreto y teniendo en cuenta la dispersión de la serie es que se ha calculado la desviación estandar (S) y el coeficiente de variación (V), indicándonos que para una dispersión su coeficiente de variación también sera mayor.

En el capítulo VI (cuadro 6.18), se puede apreciar los valores de los coeficientes de variación que nos indica el tipo de control que se ha tenido en los ensayos, que para nuestro caso estamos con valores menores de 5%.

8.4 DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACION

Para la determinación de una curva representativa, que la denominaremos: CURVA PROMEDIO – REPRESENTATIVA. Es necesario aclarar que solo se presentará la variación para la función exponencial ($f'c$ vs a/c) a los 28 días de edad, ya que el número de ensayos efectuados para las edades de 7, 14 y 42 días de curado, son solo 03 probetas respectivamente, por lo que estos resultados son solo orientativos.

Es por ello que; para tener una mejor representación y apreciación de cómo es la variación de la resistencia del concreto a través del tiempo para las diferentes relaciones a/c , se ha elaborado 32 probetas a la edad de 28 días, con fin de lograr el objetivo que se persigue.

En el cuadro 8.1 se puede apreciar el resumen de las desviaciones estándar (S) y de los coeficientes de variación (V) para las diferentes relaciones a/c , donde se aprecian las variaciones individuales respectivamente, notando en nuestro caso que los valores son aceptables. Así mismo

para trabajar con un valor común u homogéneo de la desviación estándar se ha tomado el valor obtenido en el capítulo VI (cuadro 6.21).

El gráfico 6.6 detalla los rangos de resistencia que adoptan los valores superiores e inferiores para las diferentes relaciones a/c para un 95% de aceptación, presenta una desviación uniformizada estimada de 6.52 kg/cm².

$$\text{LIMITE SUPERIOR} = 990.2795 * e^{-2.5341*(a/c)} + 2 * (6.52)$$

$$\text{LIMITE INFERIOR} = 990.2795 * e^{-2.5341*(a/c)} - 2 * (6.52)$$

RESUMEN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACION

CUADRO 8.1

RELACION a/c	DESVIACION ESTANDAR S (kg/cm ²)	RESISTENCIA ESTIMADA f'c (kg/cm ²)	COEFICIENTE DE VARIACION (V=S/f'c)%
0.40	6.52	359.4	1.81
0.45	6.52	316.6	2.06
0.50	6.52	278.9	2.34
0.55	6.52	245.7	2.65
PROMEDIO			2.22

8.5 RESISTENCIA A LA COMPRESION

8.5.1 RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y LA RELACION AGUA/CEMENTO

Del análisis de regresión se concluye que la función Exponencial es la que mejor correlaciona con la información obtenida en el laboratorio y su forma es:

$$Y = A * e^{B*X}$$

Donde:

Y = Resistencia a la compresión.

X = Relación agua/cemento (a/c).

A,B = Coeficientes de la ecuación.

En los cuadros 6-8 al 6-11 se puede observar como es la variación de la resistencia a la compresión para cada edad del concreto, tanto para valores observados así como valores ajustados con la ecuación exponencial.

En los gráficos 7-16 al 7-20 se muestran los resultados de la variación de la resistencia para las relaciones agua/cemento de 0.40 a 0.55, para las edades de 7 a 42 días.

En los gráficos 7-22 al 7-25 mostramos los resultados que obtuvo el Ing° Ivan Ascue Torres (a/c de 0.55 a 0.70), los resultados que se obtuvo en la presente tesis (a/c de 0.40 a 0.55) y las curvas promedio (a/c de 0.40 a 0.70).

Se observa que hay discrepancia en los resultados de ambas tesis, es decir; pertenecen a la misma familia de curvas, pero no es la misma curva porque los parámetros de características físicas de los agregados fueron diferentes en ambas tesis. En el gráfico 7-21, se observa el resumen de todas las curvas promedio para a/c de 0.40 a 0.70.

8.5.2 RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y LA EDAD

En los cuadros 6-13 al 6-16, se presenta el resultado del análisis de ajuste de las resistencias respecto a la edad, donde la variable independiente será la edad en días, mientras que la variable dependiente será la resistencia a la compresión. Se aprecia como esta resistencia se va incrementando a través del tiempo teniendo un rápido ascenso de resistencia en las primeras edades hasta los 28 días, para que luego su crecimiento sea lento hasta los 42 días; debe indicarse que la tendencia de las funciones es de mantener el incremento gradual de resistencia del concreto después de los 42 días.

La curva que mejor correlaciona es la potencial cuya forma es:

$$Y = A * X^B$$

Donde:

Y = Resistencia a la compresión.

X = Edad (días).

A,B= Coeficientes de la ecuación.

8.5.3 INCREMENTOS PORCENTUALES DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

En el cuadro A-4-17 (anexo IV), se presenta el incremento porcentual respecto a la edad, como porcentaje de la resistencia a la compresión del concreto endurecido a los 28 días para las diferentes relaciones agua/cemento. Se toma como referencia los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días como 100% luego se obtienen los porcentajes respectivos.

Como vemos, los porcentajes van incrementándose conforme avanza la edad y por ende la resistencia del concreto.

Así mismo, en el gráfico 7-27, se aprecia que en las primeras edades el incremento porcentual de la resistencia es inversamente proporcional a la relación a/c, esto se debe a que en las mezclas más ricas en cemento se desarrolla un mayor incremento de resistencias en las primeras edades que las menos ricas.

8.6 RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL Y LA RELACION AGUA/CEMENTO

En el cuadro 6-17, se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto por compresión diametral (tensión) a través de las diferentes relaciones agua/cemento. Luego del análisis de correlación se aprecia que la ecuación lineal es la que mejor representa los resultados experimentales.

$$Y = A + B * X$$

Donde:

Y = Resistencia a la tensión (kg/cm²).

X = Relación agua/cemento (a/c).

A,B= Coeficientes de la ecuación.

En el gráfico 7-26 se observa que ha medida que la mezcla disminuye su concentración de cemento, la resistencia que se obtiene disminuye, es decir que para menor relación agua/cemento se obtendrán mayor resistencia a la tensión, siendo su ecuación final la siguiente:

$$Y = 55.39 - 43.40 * X$$

Con una buena correlación $r = -0.9903$

8.7 MODULO ELASTICO ESTATICO

Para obtener el resultado del ensayo de M.E.E. se hace el análisis de las diferentes relaciones agua/cemento para la edad de 28 días.

En el anexo IV se encuentran los cuadros del A-4-19 al A-4-22, donde se aprecian los módulos elásticos estáticos para las diferentes relaciones agua cemento.

En la práctica generalmente el valor del M.E.E. se obtiene aplicando las fórmulas de la norma peruana E-60 (ver capítulo IV), utilizando para ello el valor de la resistencia a la compresión (f_c).

Es por ello que se hará las comparaciones respectivas.

RELACION A/c	NORMA ASTM C-469-94 (laboratorio) x 10 ⁵	NORMA PERUANA E-60 (15000x(f_c) ^{1/2}) x 10 ⁵
0.40	2.42 (85.82%)	2.82 (100%)
0.45	2.38 (86.55%)	2.75 (100%)
0.50	2.36 (94.02%)	2.51 (100%)
0.55	2.35 (99.16%)	2.37 (100%)

En el cuadro anterior se observa la variación que existe en los resultados que se ha obtenido de las fórmulas que establece la norma peruana y la que resulta experimentalmente del laboratorio para las diferentes relaciones a/c.

Así mismo entre paréntesis se aprecian la variación en porcentaje respecto a la fórmula de la norma peruana (100%).

De los resultados experimentales se puede verificar que la fórmula de la norma peruana E-60, para el cálculo del modulo elástico estático, da valores muy cercanos a los valores obtenidos con la fórmula de la norma ASTM 469-C-94.

CAPITULO IX

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 GENERALIDADES

El objetivo fundamental del presente estudio titulado “**CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55**”, fue el de determinar la correspondencia que existe entre la resistencia a la compresión del concreto, tanto con la relación agua/cemento y con la edad (tiempo de curado).

Durante el desarrollo de la presente investigación, se ha empleado concretos de peso normal, elaborados y curados en laboratorio, con las siguientes características:

- **Aglomerante:** CEMENTO PORTLAND TIPO V – “ANDINO”.
- **Agregado Fino:** Arena gruesa con módulo de finura de 3.09 y que representa 10% de material más fino que pasa la malla N° 200.
- **Agregado Grueso:** Piedra chancada de tamaño nominal máximo de 1” y tamaño máximo 1½”.

- **Agregado Global:** Presenta un módulo de finura de 5.40 y una relación en peso de:

Agregado Fino	48 %.
Agregado Grueso	52%.
- **Relaciones agua/cemento en peso:** 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55.

El presente capítulo consta de dos partes importantes, primero se detallan las conclusiones obtenidos del análisis de los resultados de los ensayos que se realizaron y segundo se presentan las recomendaciones del presente estudio.

9.2 CONCLUSIONES

CONCRETO FRESCO:

- 1) El agua de mezclado que se determinó mediante el proceso según las tablas del A.C.I. está muy por debajo de lo que realmente se necesita.
- 2) El método de diseño y dosificación del A.C.I. (comité 211) presenta limitaciones, porque dicha metodología no toma en cuenta la variación de las características de los agregados, así como la del cemento.
- 3) El peso unitario del concreto fresco hallado en laboratorio, se encuentra en un promedio de 2376.7 kg/m^3 , valor muy cercano al valor conocido de 2400 kg/m^3 (concreto normal). El resultado se encuentra en un rango aceptable, representando el hallado en laboratorio un 99.03% del P.U. comúnmente usado.
- 4) El porcentaje de fluidez del concreto fresco, aumenta a mayor relación agua/cemento, existiendo una variación de 68.67 % a 81.40 %, se puede considerar como promedio una fluidez de 76.96 %.
- 5) El contenido de aire determinado (según el método gravimétrico – NTP 339.046) es en promedio el valor de 1.6 %, relativamente mayor al que señala las tablas del A.C.I. (1.5%); para el diseño de mezcla.
- 6) Los tiempos de fraguado inicial y final se incrementan a medida que aumenta la relación agua/cemento.
- 7) La exudación por unidad de área tiende a aumentar a medida que aumenta la relación agua/cemento, estando en un rango aceptable.

- 8) De las características encontradas en el concreto fresco (principalmente el peso unitario), se puede decir que se trata de un concreto normal.

CONCRETO ENDURECIDO

- 9) De acuerdo a los análisis de regresión y correlación, se ha determinado que la ecuación que tiene mayor ajuste de correlación, entre la resistencia a la compresión y la relación agua/cemento (a/c), es la ecuación cuya formulación matemática corresponde a una función EXPONENCIAL, la cual esta determinada por:

$$f_c = 990.279 * e^{-2.534 * (a/c)}$$

(Edad: 28 días)

La función descrita, corrobora los resultados obtenidos en la tesis del Ing° Ivan Ascue Torres, que analizando sus resultados, concluye que la función EXPONENCIAL es la que mejor correlaciona entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación a/c .

- El gráfico 9.1 nos muestra la curva que mejor describe el comportamiento entre la resistencia a la compresión (f_c) y la relación agua/cemento (para las relaciones a/c de 0.40 a 0.55).
 - Tomamos esta ecuación ala edad de 28 días de edad, ya que a esta edad se considera la resistencia a la compresión del concreto, mismo que esta establecido en el Reglamento ACI-318-Revisión 92 y el Reglamento Nacional de Construcciones.
- 10) De acuerdo a los estudios realizados en la tesis del Ing° Ivan Ascue Torres "Correlación entre agua – cemento y la resistencia a la compresión del concreto usando cemento tipo v "Andino" (a/c de 0.55 a 0.70)" y la presente investigación, se ha determinado dos curvas (ver gráfico 9-2) mismos que tienen diferencias, debido a que se ensayaron cada una con agregados que tienen diferentes características.

Se ha determinado una curva promedio con ambas curvas para de esta forma tener la correlación entre la resistencia a la compresión (f_c) y la relación agua/cemento (para a/c de 0.40 hasta 0.70).

La ecuación de la curva promedio corresponde a una **función exponencial** cuya forma es:

$$f_c = 666.764 * e^{-1.807 * (a/c)}$$

(Edad: 28 días)

- 11) Se ha determinado que la función POTENCIAL es la curva que mejor ajusta entre la edad del concreto y la resistencia a la compresión del concreto y cuya forma es:

$$f_c = A * e^B$$

- El Gráfico 9-3 nos muestra las curvas para diferentes relaciones agua/cemento, que correlacionan la resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades.

- 12) De los ensayos de resistencia a la tracción (gráfico 9-4), se ha determinado que la ecuación que mejor relaciona la resistencia a la tracción por compresión diametral (f_t) con la relación agua/cemento es la ecuación LINEAL la cual tiene la siguiente forma:

$$f_t = 55.39 - 43.40 * (a/c) \quad (\text{Edad: 28 días})$$

- 13) Considerando la Norma Peruana E-60, para el cálculo del módulo elástico estático, nos resulta valores distintos al obtenido por la norma ASTM C 469-94, que es la obtenida en el laboratorio donde observamos que los valores para las relaciones a/c de 0.40 a 0.55, están por debajo de los obtenidos por la fórmula de la norma E-60, concluyendo que los valores que nos da la norma son conservadores respecto a los valores obtenidos, lo cual se justifica, porque la norma adopta factores de diseño y/o factores de seguridad, debido a la variación de las condiciones de fabricación del concreto.

- 14) Para el caso específico de la resistencia a la compresión del concreto, que es la respuesta mecánica más utilizada en el área de la construcción, donde la influencia del tipo de cemento es relevante, pero no exclusiva, es conveniente apreciar a manera de comparación la diferencia que existe entre los tipos de cemento como son: tipo IP "Atlas", tipo I "Sol", tipo II "Andino", tipo V "Andino", los cuales se aprecian mejor en el cuadro 9-1 y en los gráficos 9-9 y 9-10, (se toma como 100% la resistencia a la compresión para la relación $a/c = 0.40$).

Como conclusión se tiene que:

- El comportamiento del cemento tipo V – "Andino" en cuanto a la variación de la resistencia en porcentaje en función de la relación agua/cemento es diferente a los otros tipos de cemento, notándose que ha medida que se incrementa la relación (a/c) la variación porcentual existente es cada vez menor.

RECOMENDACIONES

- a) La Norma de agregados NTP 400.037, estipula para el agregado fino, un máximo de 10% de material que pasa la malla N° 100, para concretos mayores o iguales a 210 kg/cm²; y un máximo de 12% para los otros concretos; y para el material más fino que el tamiz N° 200 un máximo de 5%. El agregado fino que se comercializa en Lima generalmente tiene porcentajes que pasan la malla N° 200 superiores al 10%, lo que convierte a este como un agregado inadecuado, por lo que se recomienda crear leyes o normas que exijan a los productores la eliminación de altos porcentajes de finos de las arenas.
- b) Debido a que los agregados intervienen en el concreto no sólo como elementos inertes, sino que intervienen en su calidad participando y limitando la obtención de concretos de mayor resistencia, es conveniente que los productores oferten agregados con las gradaciones especificadas en las Normas Técnicas Peruanas (antes – ITINTEC). Así mismo se recomienda analizar para cada caso las relaciones óptimas entre el agregado fino y el agregado grueso, para la obtención de un concreto de buena resistencia y trabajabilidad.

En la presente tesis resultó el siguiente porcentaje óptimo de combinación de agregados:

Agregado Fino	48 %.
Agregado Grueso	52%.

- c) Las ecuaciones encontradas, es consecuencia de la utilización en este proceso de investigación de un determinado tipo de cemento y ciertas características y calidad de los agregados, por lo que es recomendable la utilización de dichas ecuaciones cuando los materiales ha utilizar corresponden o asemejan a estas consideraciones y hacer uso de esta información para efectos de un diseño preliminar del concreto.
- d) En obra, se recomienda controlar permanentemente la calidad del concreto, de tal forma que permita contar con valores propios de desviación estandar (S) y del coeficiente de variación (V). La frecuencia mínima del muestreo para los ensayos según el Reglamento Nacional de Construcciones (RNC) debe ser:
- Una muestra por día de vaciado con concreto o
 - Una muestra por cada 50m³ de concreto colocado o
 - Una muestra por cada 300m² de area (en pavimentos o losas) o
 - Una muestra por cada 5 camiones cuando se trate de concreto premezclado.

e) La desviación estandar (S_n) calculado a partir de los resultados del Ing° Ivan Ascue Torres y los resultados del presente trabajo, da el valor de $S_n=5.40$; así mismo el RNC establece que de cada 100 ensayos solo uno quede fuera del diseño establecido, lo que representa el 1% de error. Y de acuerdo a los análisis estadísticos el rango que considera un 99.70% de aceptación es aquel que abarca el intervalo de $\pm 3S_n$ (cuadro 6-1).

Se recomienda el uso de la tabla 9-2, para diseños preliminares, donde se aprecia las resistencias a la compresión más usadas (f'_c) y las resistencias de diseño requeridas en obra (f'_{cr}) mismos que fueron calculados a partir de las ecuaciones halladas y de las siguientes fórmulas:

$$\begin{array}{l} f'_{cr} = f'_c + 1.34 \times S \quad \text{kg/cm}^2 \\ f'_{cr} = f'_c + 2.33 \times S - 35 \quad \text{kg/cm}^2 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{Formulas extraidas del RNC, establecidas tambien} \\ \text{en el ACI 318. Se adopta el mayor valor.} \end{array} \right.$$

Donde:

$$S = 3 \times S_n = 3 \times 5.40 = 16.20 \text{ kg/cm}^2. \text{ (99.7\% de aceptación)}$$

f'_c = Resistencia especificada.

f'_{cr} = Resistencia promedio requerida.

f) Es recomendable generar una orientación de investigación para la elaboración de cuadros y gráficos de los diferentes ensayos aplicables al concreto como la resistencia a la compresión, tensión, flexión, con respecto a la relación agua/cemento (a/c) y a la edad del concreto, acorde con los cementos y materiales que disponemos en nuestro medio, para así facilitar el diseño del concreto.

**COMPARACION DE RESULTADOS PARA DIVERSOS TIPOS DE CEMENTOS
RESISTENCIA A LA COMPRESION EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO**

CUADRO 9-1

Relación a/c	Cemento Puzolanico Tipo IP - "Atlas" Ing° William Tisza Miranda		Cemento Portland Tipo I - "Sol" Ing° Efraim Laura		Cemento Portland Tipo V "Andino" Guido Huayllas Cosme	
	$f_c = 665.14 \cdot e^{-1.5655 \cdot (a/c)}$ (kg/cm ²)	Variación (%)	$f_c = 1047 \cdot e^{-2.37 \cdot (a/c)}$ (kg/cm ²)	Variación (%)	$f_c = 666.764 \cdot e^{-1.907 \cdot (a/c)}$ (kg/cm ²)	Variación (%)
0.40	355.6	100.0	405.7	100.0	323.6	100.0
0.45	328.8	92.5	360.4	88.8	295.7	91.4
0.50	304.1	85.5	320.1	78.9	270.1	83.5
0.55	281.2	79.1	284.3	70.1	246.8	76.3
0.60	260.0	73.1	252.6	62.3	225.5	69.7
0.65	240.4	67.6	224.3	55.3	206.0	63.7
0.70	222.3	62.5	199.3	49.1	188.2	58.2

**PROPUESTA DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION DEL CONCRETO
PARA DIFERENTES RELACIONES AGUA/CEMENTO**

DE ACUERDO AL R.N.C. (ACI 318)

CUADRO 9-2

Resistencia a la Compresion Especificada f_c	Resistencia a la Compresion Requerida f_{cr}	Relacion agua/cemento Requerida a/c (*)	Cantidad de Agua Requerida (lt)
175	197	0.68	215
210	232	0.58	226
245	267	0.51	235
280	302	0.44	243
315	337	0.38	249
350	372	0.32	256

(*) Utilizando cemento tipo V "Andino" - alta resistencia a medios agresivos, expuestos a sales y sulfatos.

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN FUNCION DE A/C

FUNCION EXPONENCIAL - (Edad: 28 dias)

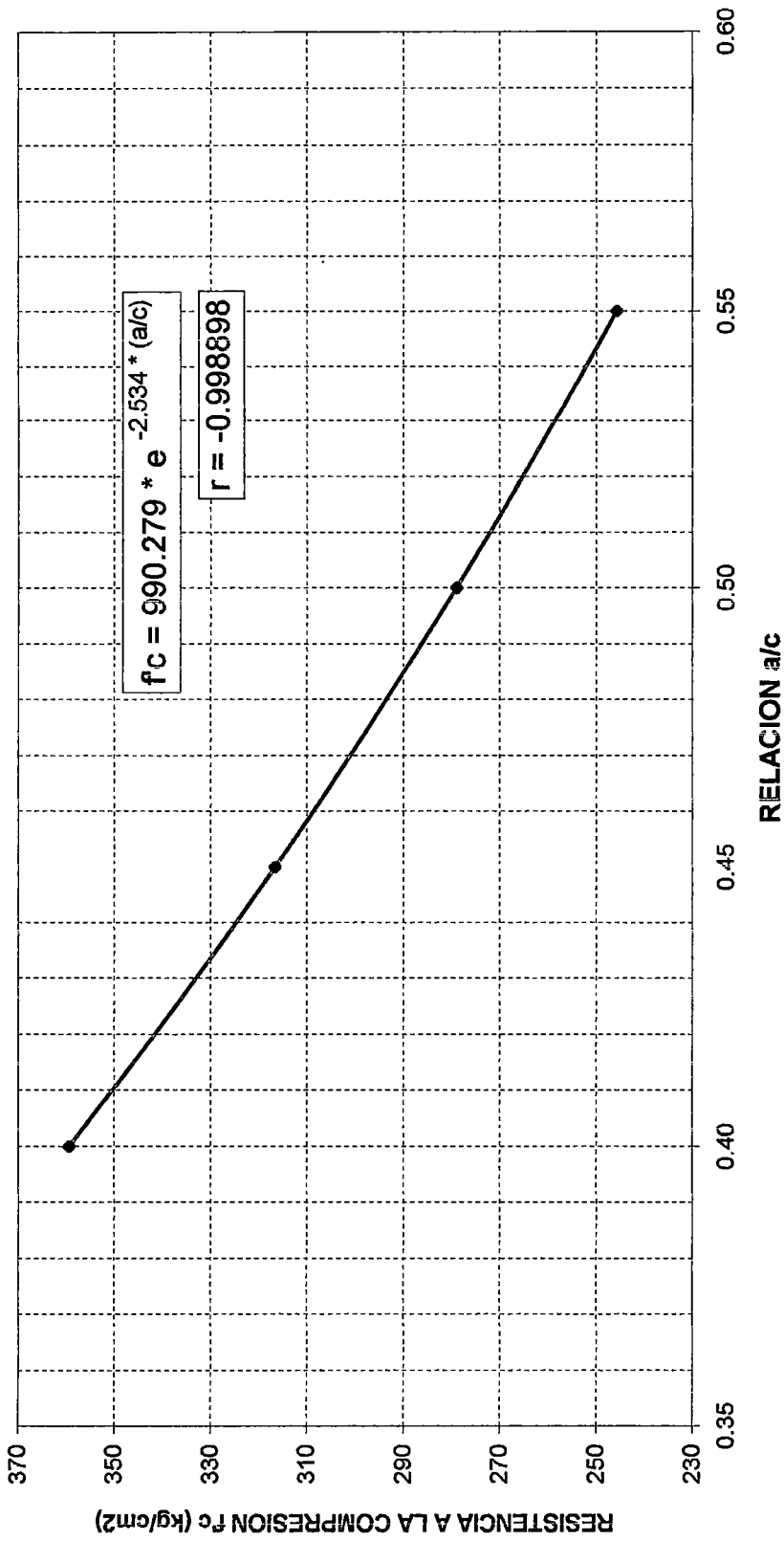


GRAFICO 9-1

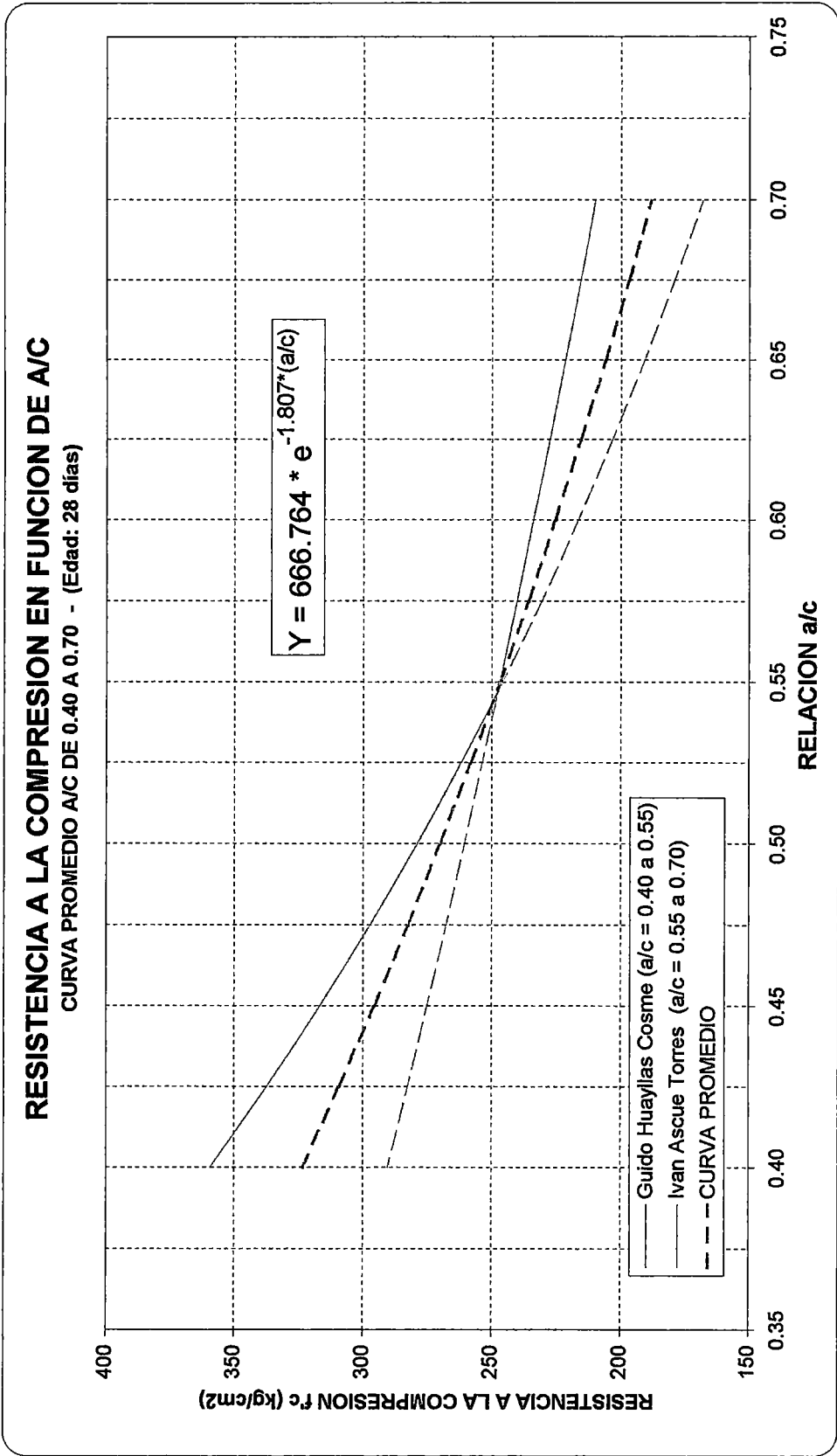


GRAFICO 9-2

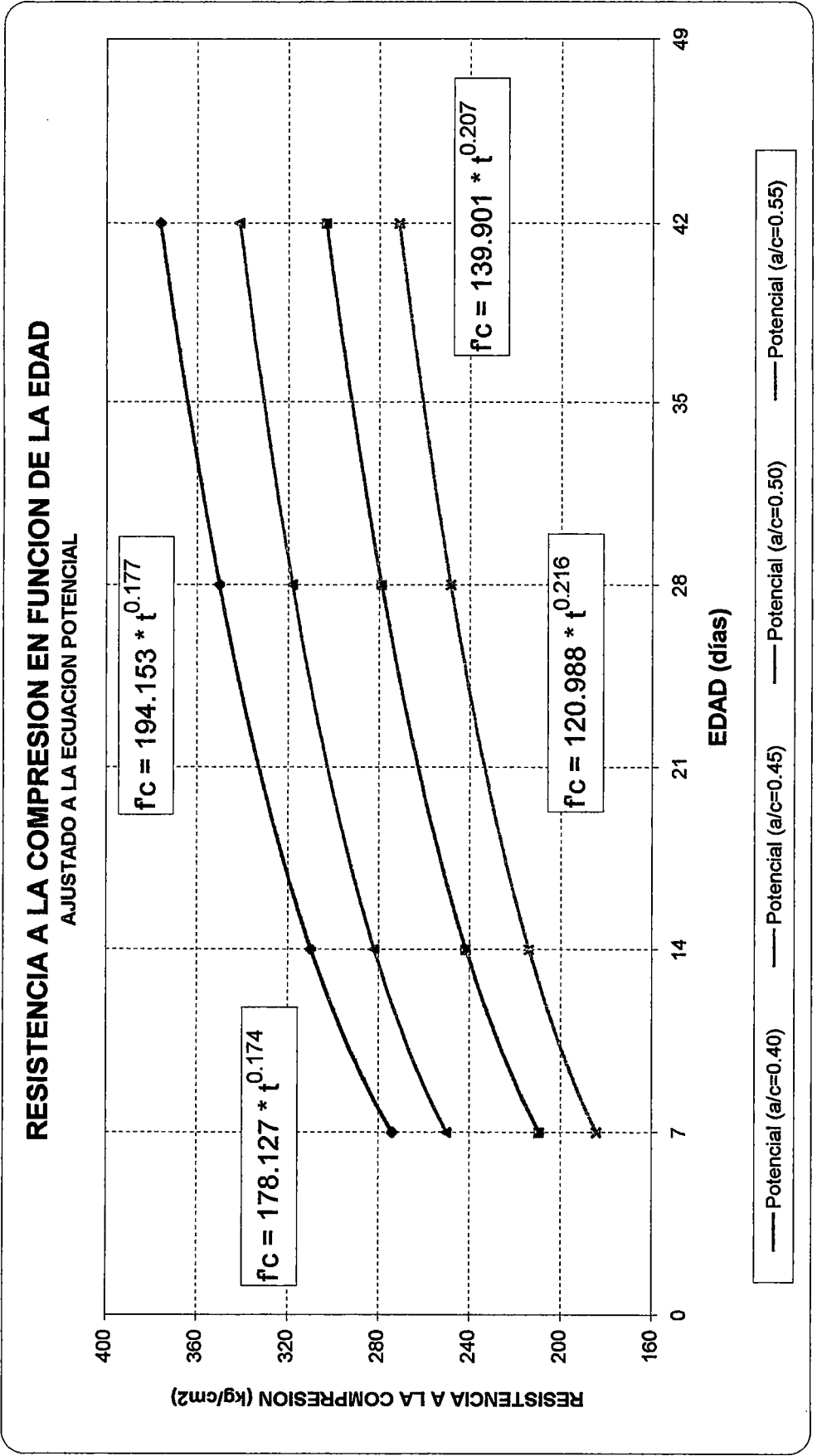


GRAFICO 9-3

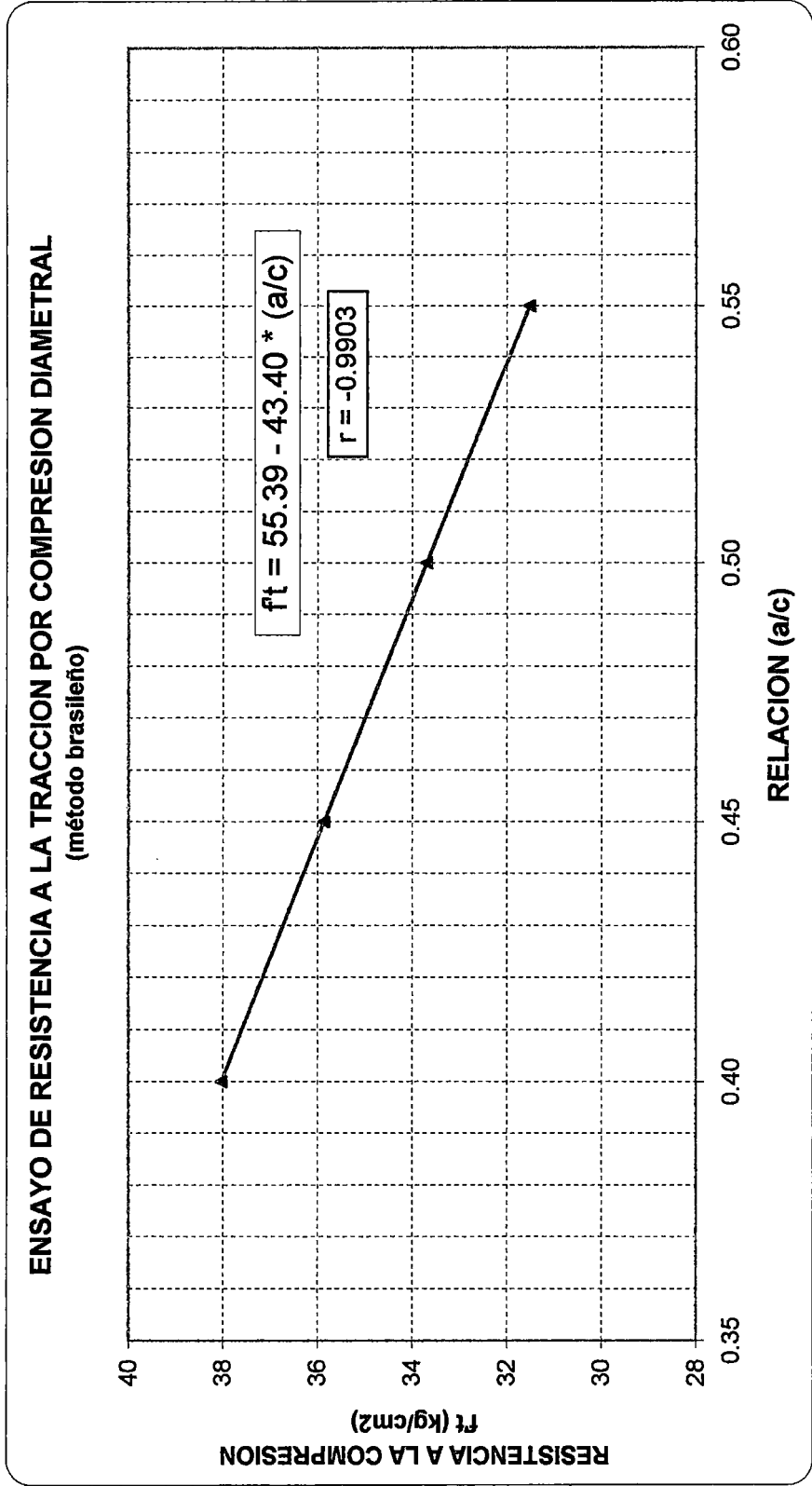


GRAFICO 9 - 4

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUAJEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C DE 0.40 A 0.55".

DETERMINACION DEL AGUA DE MEZCLA EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

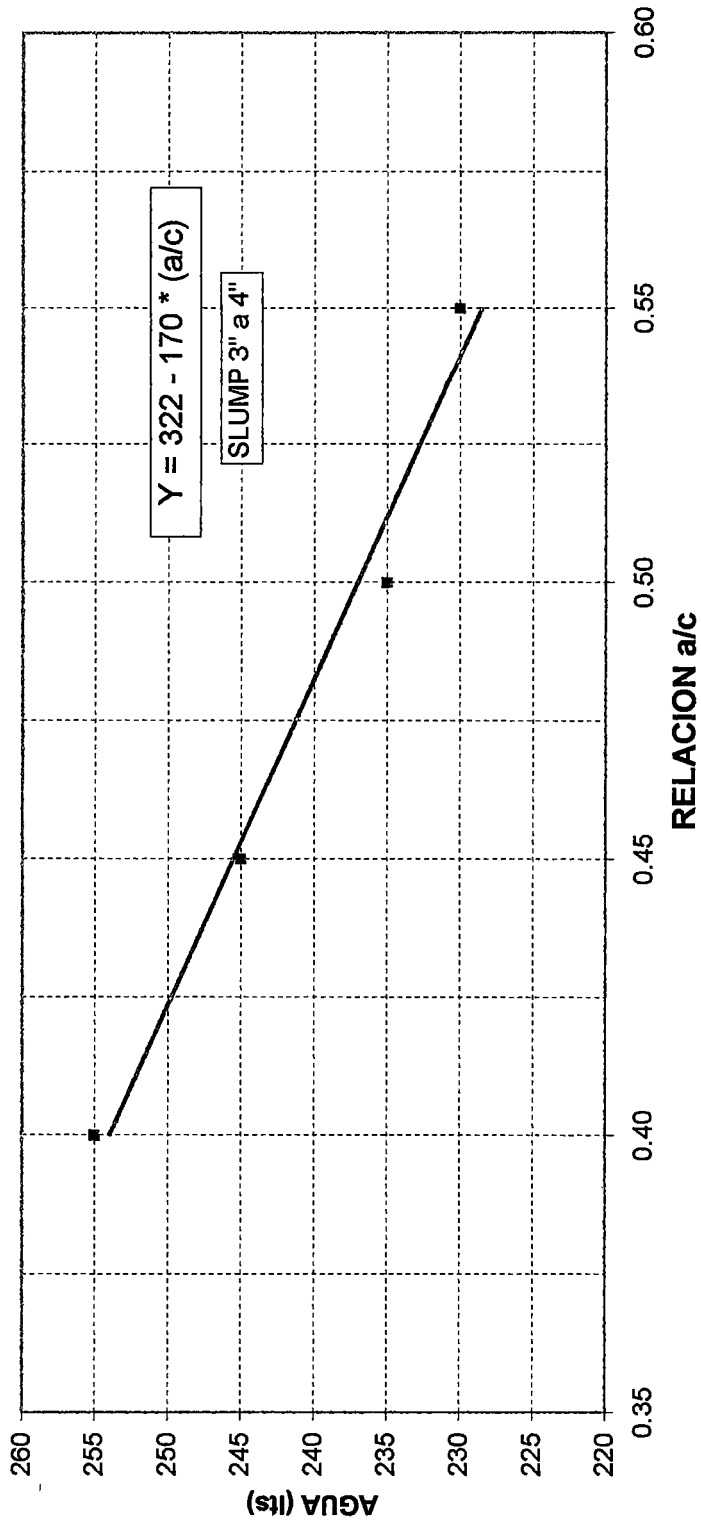


GRAFICO 9-5

DETERMINACION DEL AGUA DE MEZCLA EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

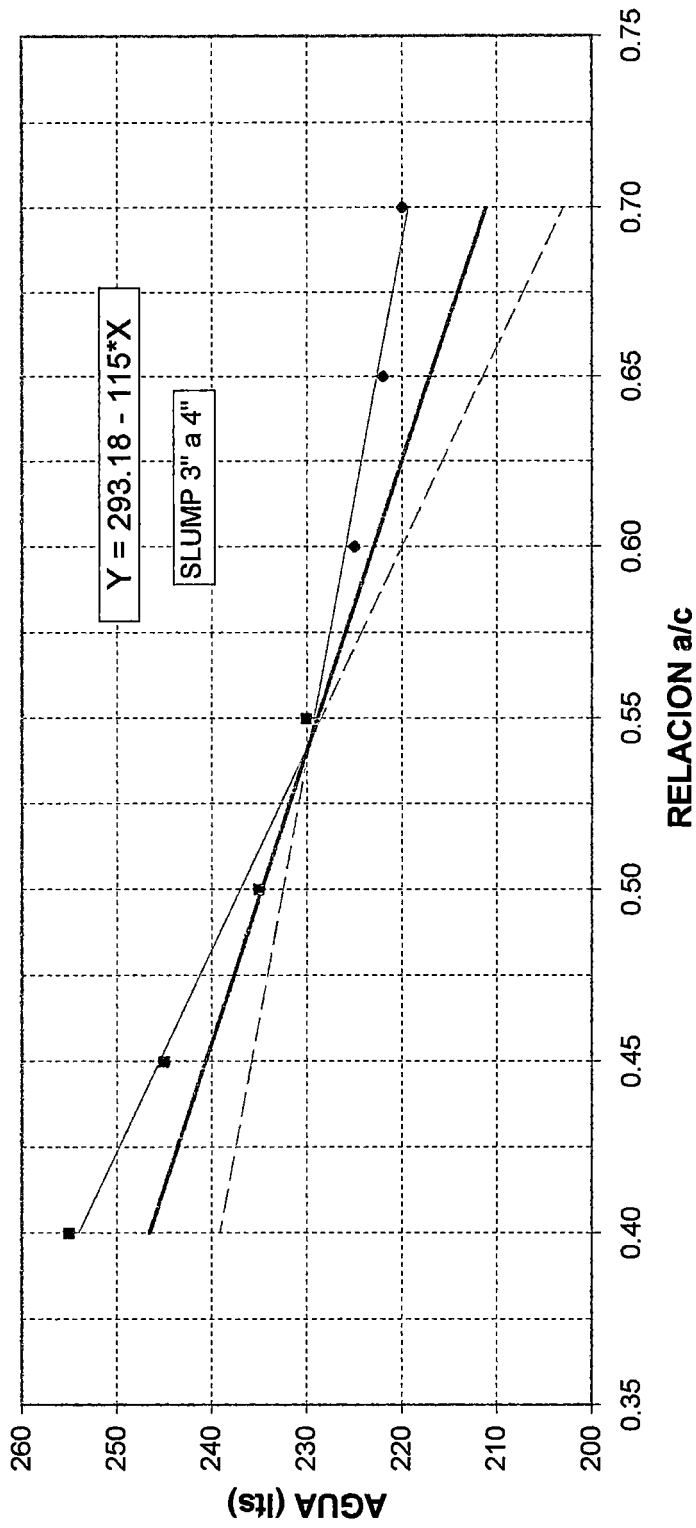


GRAFICO 9-6

GRAFICO FACTOR CEMENTO EN FUNCION DE a/c

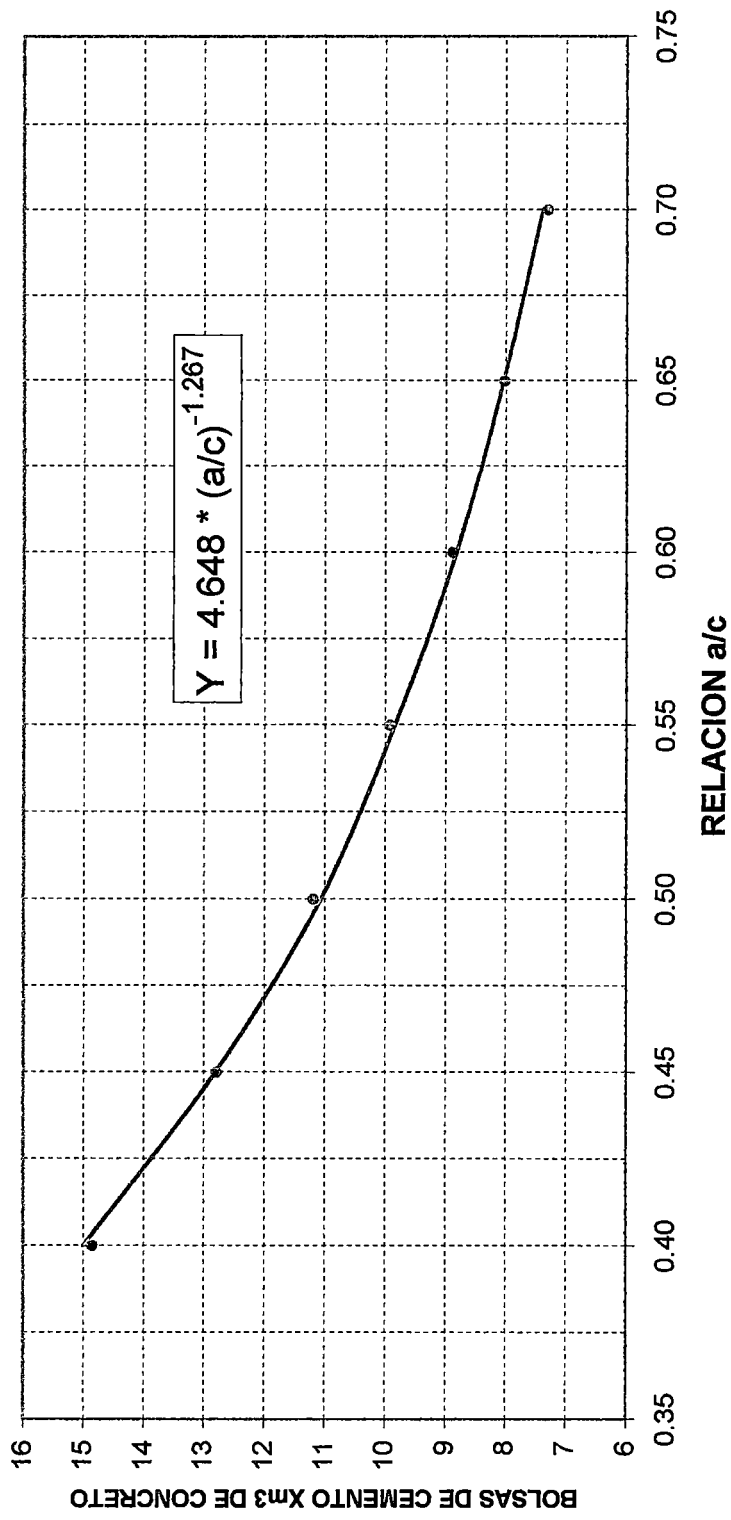


GRAFICO 9-7

**PROPUESTA DE CURVA
DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN FUNCION DE A/C
USANDO CEMENTO TIPO V "ANDINO" - (Edad: 28 días)**

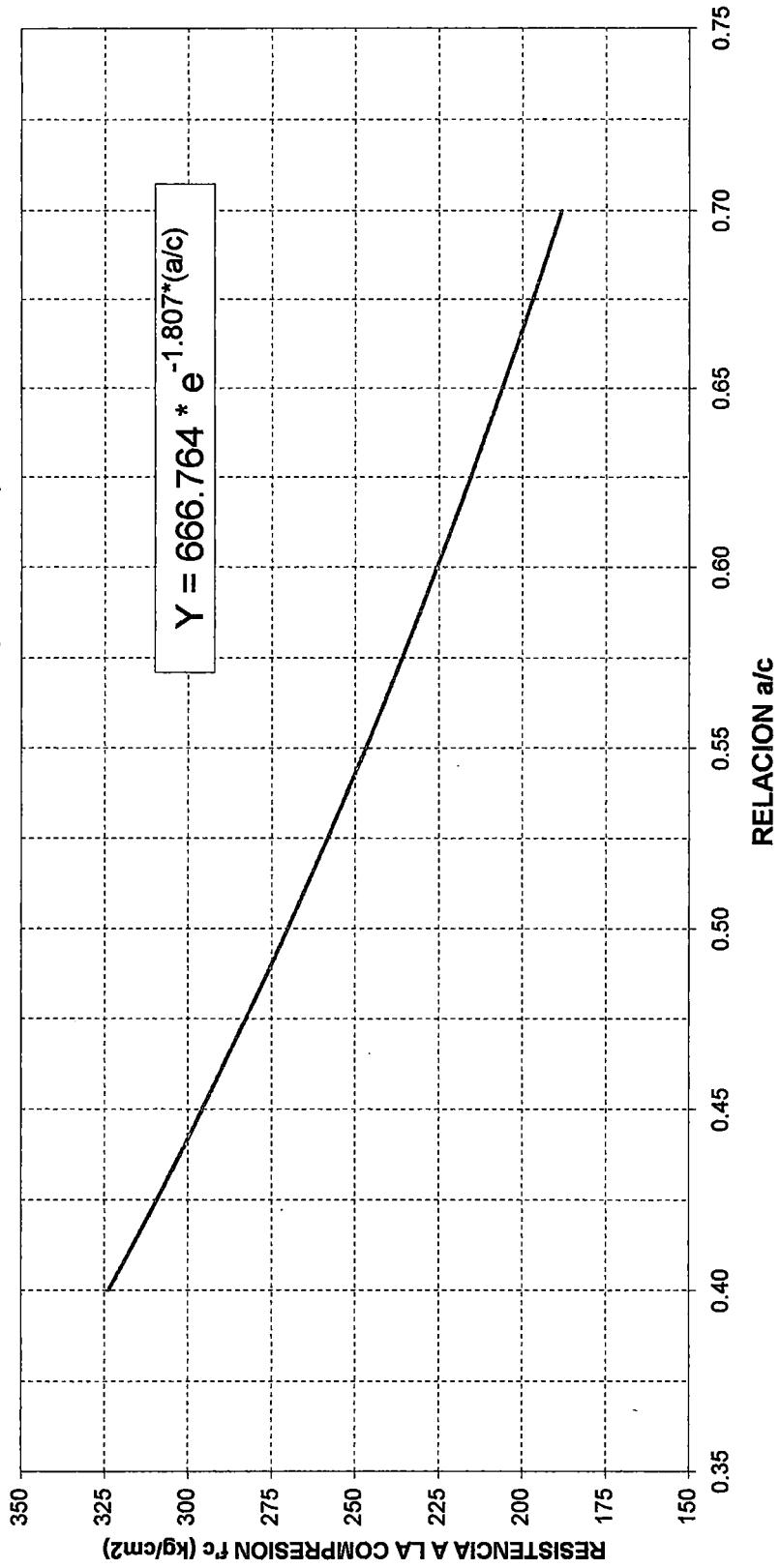


GRAFICO 9-8

**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO
PARA DIFERENTES TIPOS DE CEMENTOS**

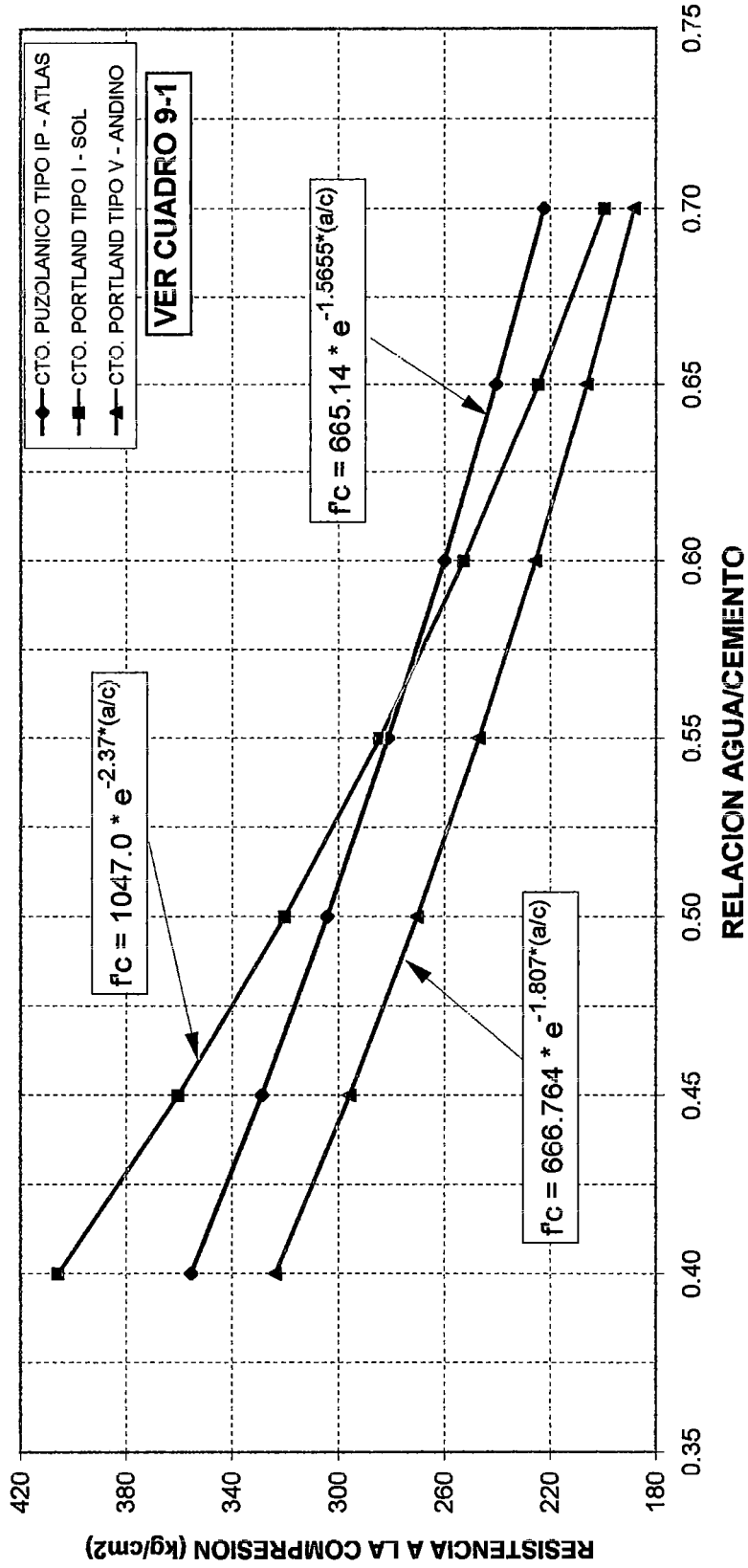


GRAFICO 9 - 9

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUACEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C DE 0.40 A 0.65".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PORCENTAJE VS LA RELACION A/C
PARA DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO**

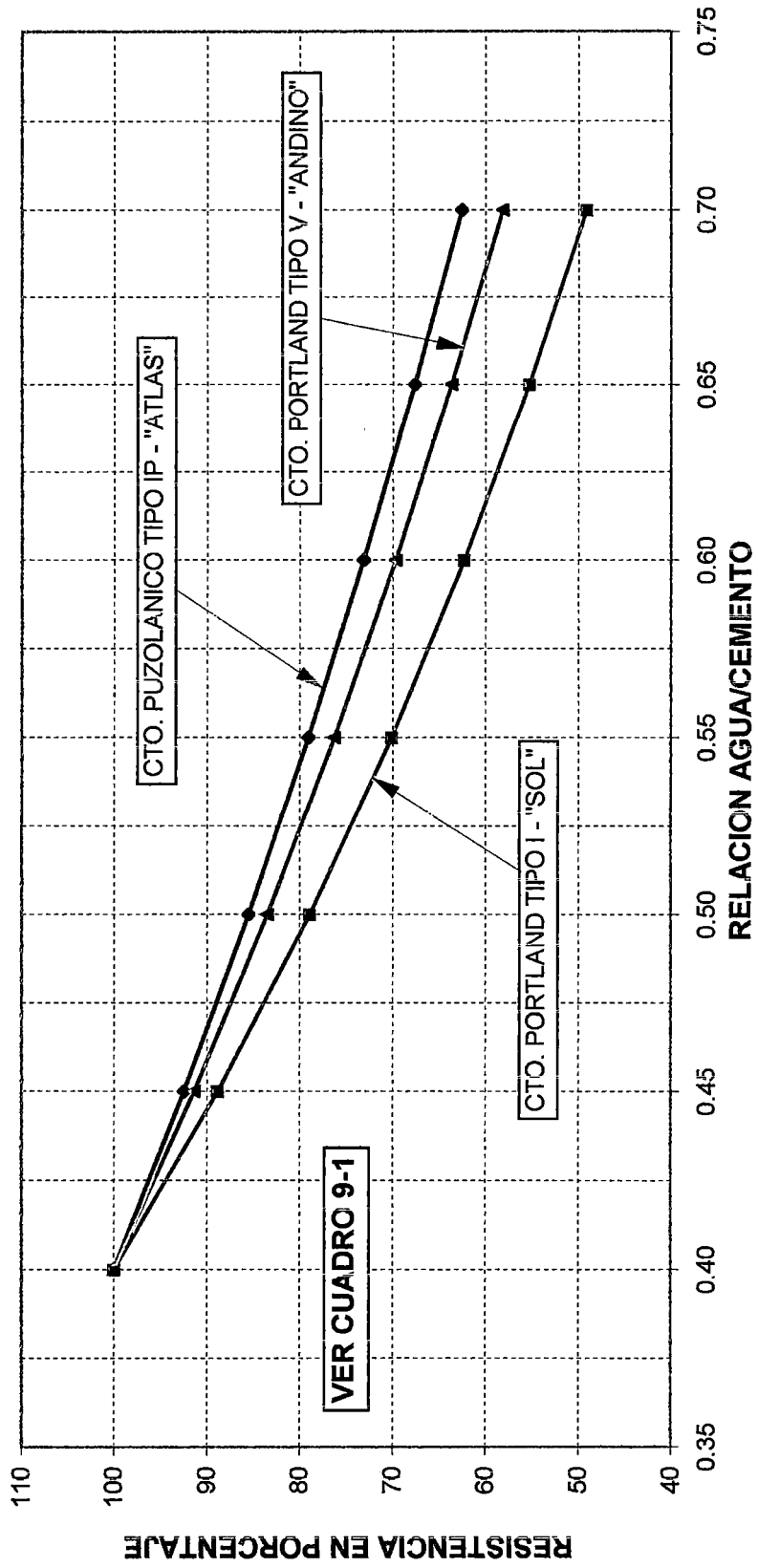


GRAFICO 9 - 10

ANEXO I

REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO FINO					
PORCENTAJE DE PESO QUE PASA - ACUMULADO					
TAMIZ	LIMITES TOTALES	CURVA C	CURVA M	CURVA F	
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100	100
4.75 mm (N° 4)	89 - 100	95 - 100	89 - 100	89 - 100	89 - 100
2.36 mm (N° 8)	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100	80 - 100
1.18 mm (N° 16)	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100	70 - 100
600 μ m (N° 30)	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100	55 - 100
300 μ m (N° 50)	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70	5 - 70
150 μ m (N° 100)	0 - 12	2 - 10	0 - 12 *	0 - 12	0 - 12
* Incrementar a 15% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimento.					
** Para el presente trabajo, los límites utilizados corresponde a la curva M.					

CUADRO A-1-1

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

PROYECTO: TESIS

MATERIAL : AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)

CANTERA : "SAN MARTIN"

FECHA DE MUESTREO: ABRIL 1998

FECHA DE ENSAYO: ABRIL 1998

CUADRO A-1-2

N° MALLA	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL. QUE PASA	ASTM C-33 HUSOS "M"	
					inf.	Sup.
N°4	21.64	4.33	4.33	95.67	89	100
N°8	105.92	21.18	25.51	74.49	65	100
N°16	111.51	22.30	47.81	52.19	45	100
N°30	85.88	17.18	64.99	35.01	25	80
N°50	58.37	11.67	76.66	23.34	5	48
N°100	63.69	12.74	89.40	10.60	0	12
FONDO	52.99	10.60	100.00	0.00	-	-
TOTAL	500					

MODULO DE FINURA

M.F. = 3.09

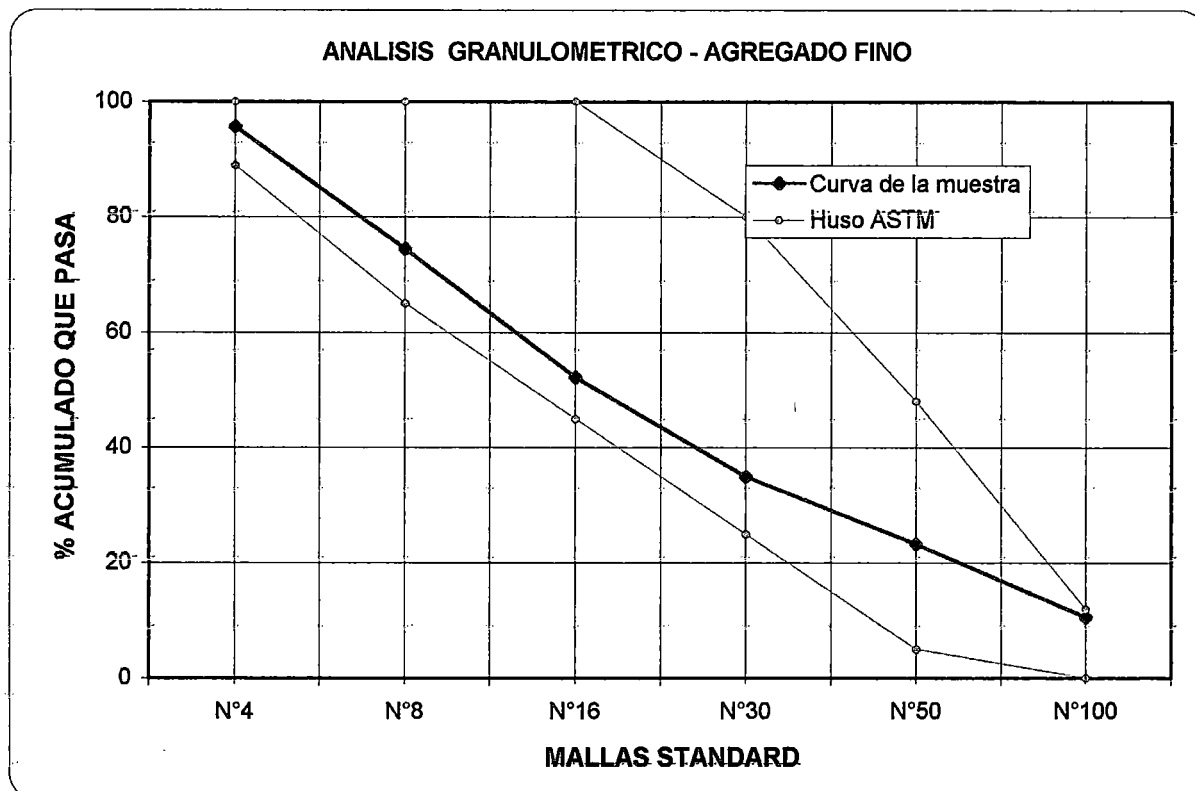


GRAFICO A-1-1

**REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRIA
DE LOS AGREGADOS GRUESOS**

TAMAÑO NOMINAL	% QUE PASA LOS TAMISES NORMALIZADOS										
	-75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25.5 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)		
90 mm a 37.5 mm (3 1/2" a 1 1/2")		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
63 mm a 37.5 mm (2 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
50 mm a 25 mm (2" a 1")		100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
50 mm a 4.75 mm (2" a N° 4)		100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
37.5 mm a 19 mm (1 1/2" a 3/4")			100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2" a N° 4)			100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
25 mm a 12.5 mm (1" a 1/2")				100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")				100	100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
25 mm a 4.75 mm (1" a N° 4)				100	95 a 100		25 a 60		0 a 10		
19 mm a 9.5 mm (3/4" a 3/8")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
19 mm a 4.75 mm (3/4" a N° 4)					100	90 a 100		20 a 55	0 a 10		
12.5 mm a 4.75 mm (1/2" a N° 4)						100	90 a 100	40 a 70	0 a 15		

(*) Para la presente investigación la curva corresponde al tamaño nominal correspondiente a 1" a 3/8".

CUADRO A-1-3

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO: TESIS
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)
 CANTERA : "LA GLORIA"
 FECHA DE MUESTREO: ABRIL 1998
 FECHA DE ENSAYO: ABRIL 1998

CUADRO A-1-4

N° MALLA	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL. QUE PASA	ASTM C-33 HUSO 67	
					inf.	Sup.
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	1382.0	12.45	12.45	87.55	90	100
3/4 "	4553.0	41.02	53.47	46.53	40	85
1/2"	4500.0	40.54	94.01	5.99	10	40
3/8"	640.0	5.77	99.77	0.23	0	15
N°4	25.0	0.23	100.00	0.00	0	5
FONDO	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0
TOTAL	11100					

MODULO DE FINURA
 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL
 TAMAÑO MAXIMO-

M.F. =	7.53
T.M.N. =	1"
T.M. =	1-1/2"

T.M.N. : La malla que produce el primer retenido.
 T.M. : La menor malla por la que pasa el 100%.

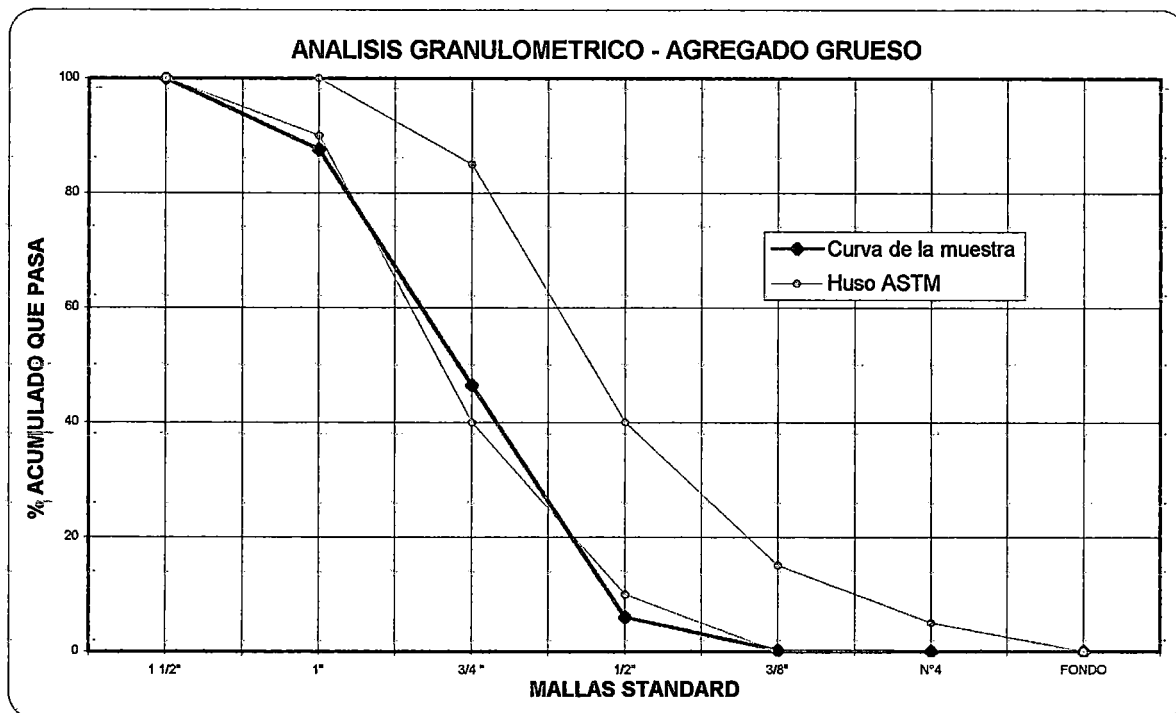


GRAFICO A-1-2

REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GLOBAL HUSOS DIN			
PORCENTAJE DE PESO QUE PASA - ACUMULADO			
TAMIZ	CURVA A	CURVA B	CURVA C
31.50 mm	100	100	100
16.00 mm	62	80	89
8.00 mm	38	62	77
4.00 mm	23	47	65
2.00 mm	14	37	53
1.00 mm	8	28	42
0.25 mm	2	8	15

CUADRO A-1-5

REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GLOBAL			
PORCENTAJE DE PESO QUE PASA - ACUMULADO			
TAMIZ	TAMAÑO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO NOMINAL 9.5 mm (3/8")
50.00 mm (2")	100		
37.50 mm (1 1/2")	95 a 100	100	
19.00 mm (3/4")	45 a 80	95 a 100	
12.50 mm (1/2")			100
9.5 mm (3/8")			95 a 100
4.75 mm (N° 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36 mm (N° 8)			20 a 50
1.18 mm (N° 16)			15 a 40
600 um (N° 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 um (N° 50)			5 a 15
150 um (N° 100)	0 a 8 *	0 a 8 *	0 a 8 *

* Incrementar a 10% para agregado fino de roca triturado.

CUADRO A-1-6

**GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL
GLOBAL - I**

PROYECTO : TESIS
 MATERIAL : ARENA GRUESA + PIEDRA CHANCADA
 PROCEDENCIA : ARENA (44%) = CANTERA "SAN MARTIN"
 PIEDRA (56%) = CANTERA "LA GLORIA"
 PESO DE LA MUESTRA = 2067.48 gr.
 PESO DE LA ARENA (44%) = 909.69 gr.
 PESO DE LA PIEDRA (56%) = 1157.79 gr.

Nº MALLA	PESO RETENIDO gr	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL QUE PASA
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	144.1	6.97	6.97	93.03
3/4 "	474.9	22.97	29.94	70.06
1/2"	469.4	22.70	52.65	47.35
3/8"	66.8	3.23	55.87	44.13
Nº4	42.0	2.03	57.90	42.10
Nº8	192.7	9.32	67.23	32.77
Nº16	202.9	9.81	77.04	22.96
Nº30	156.2	7.56	84.60	15.40
Nº50	106.2	5.14	89.73	10.27
Nº100	115.9	5.60	95.34	4.66
FONDO	96.4	4.66	100.00	0.00
TOTAL	2067.5			

MODULO DE FINURA

M.F. =

5.58

CUADRO A-1-7

**GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL
GLOBAL - II**

PROYECTO : TESIS
 MATERIAL : ARENA GRUESA + PIEDRA CHANCADA
 PROCEDENCIA : ARENA (46%) = CANTERA "SAN MARTIN"
 PIEDRA (54%) = CANTERA "LA GLORIA"
 PESO DE LA MUESTRA = 2120.20 gr.
 PESO DE LA ARENA (46%) = 975.29 gr.
 PESO DE LA PIEDRA (54%) = 1144.91 gr.

Nº MALLA	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL. QUE PASA
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	142.5	6.72	6.72	93.28
3/4"	469.6	22.15	28.87	71.13
1/2"	464.2	21.89	50.76	49.24
3/8"	66.0	3.11	53.88	46.12
Nº4	44.8	2.11	55.99	44.01
Nº8	206.6	9.74	65.74	34.26
Nº16	217.5	10.26	75.99	24.01
Nº30	167.5	7.90	83.90	16.10
Nº50	113.9	5.37	89.27	10.73
Nº100	124.2	5.86	95.12	4.88
FONDO	103.4	4.88	100.00	0.00
TOTAL	2120.2			

MODULO DE FINURA M.F. = 5.49

CUADRO A-1-8

**GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL
GLOBAL - III**

PROYECTO : TESIS
 MATERIAL : ARENA GRUESA + PIEDRA CHANCADA
 PROCEDENCIA : ARENA (48%) = CANTERA "SAN MARTIN"
 PIEDRA (52%) = CANTERA "LA GLORIA"
 PESO DE LA MUESTRA = 2145.74 gr.
 PESO DE LA ARENA (48%) = 1029.96 gr.
 PESO DE LA PIEDRA (52%) = 1115.78 gr.

Nº MALLA	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL. QUE PASA
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	138.9	6.47	6.47	93.53
3/4"	457.7	21.33	27.80	72.20
1/2"	452.3	21.08	48.88	51.12
3/8"	64.3	3.00	51.88	48.12
Nº4	47.1	2.19	54.08	45.92
Nº8	218.2	10.17	64.25	35.75
Nº16	229.7	10.70	74.95	25.05
Nº30	176.9	8.24	83.20	16.80
Nº50	120.2	5.60	88.80	11.20
Nº100	131.2	6.11	94.91	5.09
FONDO	109.2	5.09	100.00	0.00
TOTAL	2145.7			

MODULO DE FINURA

M.F. =

5.40

CUADRO A-1-9

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL
GLOBAL - IV

PROYECTO : TESIS

MATERIAL : ARENA GRUESA + PIEDRA CHANCADA

PROCEDENCIA : ARENA (50%) = CANTERA "SAN MARTIN"

PIEDRA (50%) = CANTERA "LA GLORIA"

PESO DE LA MUESTRA = 2124.55 gr.

PESO DE LA ARENA (50%) = 1062.28 gr.

PESO DE LA PIEDRA (50%) = 1062.28 gr.

Nº MALLA	PESO RETENIDO gr	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL. QUE PASA
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	132.3	6.23	6.23	93.77
3/4"	435.7	20.51	26.73	73.27
1/2"	430.7	20.27	47.00	53.00
3/8"	61.2	2.88	49.89	50.11
Nº4	48.4	2.28	52.16	47.84
Nº8	225.0	10.59	62.76	37.24
Nº16	236.9	11.15	73.91	26.09
Nº30	182.5	8.59	82.50	17.51
Nº50	124.0	5.84	88.33	11.67
Nº100	135.3	6.37	94.70	5.30
FONDO	112.6	5.30	100.00	0.00
TOTAL	2124.6			

MODULO DE FINURA

M.F. =

5.31

CUADRO A-1-10

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL
GLOBAL - V

PROYECTO : TESIS
 MATERIAL : ARENA GRUESA + PIEDRA CHANCADA
 PROCEDENCIA : ARENA (52%) = CANTERA "SAN MARTIN"
 PIEDRA (48%) = CANTERA "LA GLORIA"
 PESO DE LA MUESTRA = 2060.20 gr.
 PESO DE LA ARENA (52%) = 1071.30 gr.
 PESO DE LA PIEDRA (48%) = 988.90 gr.

N° MALLA	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMUL. QUE PASA
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	123.1	5.98	5.98	94.02
3/4"	405.6	19.69	25.66	74.34
1/2"	400.9	19.46	45.12	54.88
3/8"	57.0	2.77	47.89	52.11
N°4	48.6	2.36	50.25	49.75
N°8	226.9	11.02	61.27	38.73
N°16	238.9	11.60	72.86	27.14
N°30	184.0	8.93	81.79	18.21
N°50	125.1	6.07	87.87	12.13
N°100	136.5	6.62	94.49	5.51
FONDO	113.5	5.51	100.00	0.00
TOTAL	2060.2			

MODULO DE FINURA

M.F. =

5.22

CUADRO A-1-11

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL

PROYECTO : TESIS
 MATERIAL : ARENA GRUESA + PIEDRA CHANCADA
 PROCEDENCIA : ARENA = CANTERA "SAN MARTIN"
 PIEDRA = CANTERA "LA GLORIA"

N° MALLA	% ACUMULADO QUE PASA				
	GLOBAL - I	GLOBAL - II	GLOBAL - III	GLOBAL - IV	GLOBAL - V
	44% ARENA + 56% PIEDRA	46% ARENA + 54% PIEDRA	48% ARENA + 52% PIEDRA	50% ARENA + 50% PIEDRA	52% ARENA + 48% PIEDRA
1 1/2"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1"	93.03	93.28	93.53	93.77	94.02
3/4"	70.06	71.13	72.20	73.27	74.34
1/2"	47.35	49.24	51.12	53.00	54.88
3/8"	44.13	46.12	48.12	50.11	52.11
N°4	42.10	44.01	45.92	47.84	49.75
N°8	32.77	34.26	35.75	37.24	38.73
N°16	22.96	24.01	25.05	26.09	27.14
N°30	15.40	16.10	16.80	17.51	18.21
N°50	10.27	10.73	11.20	11.67	12.13
N°100	4.66	4.88	5.09	5.30	5.51
FONDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CUADRO A-1-12

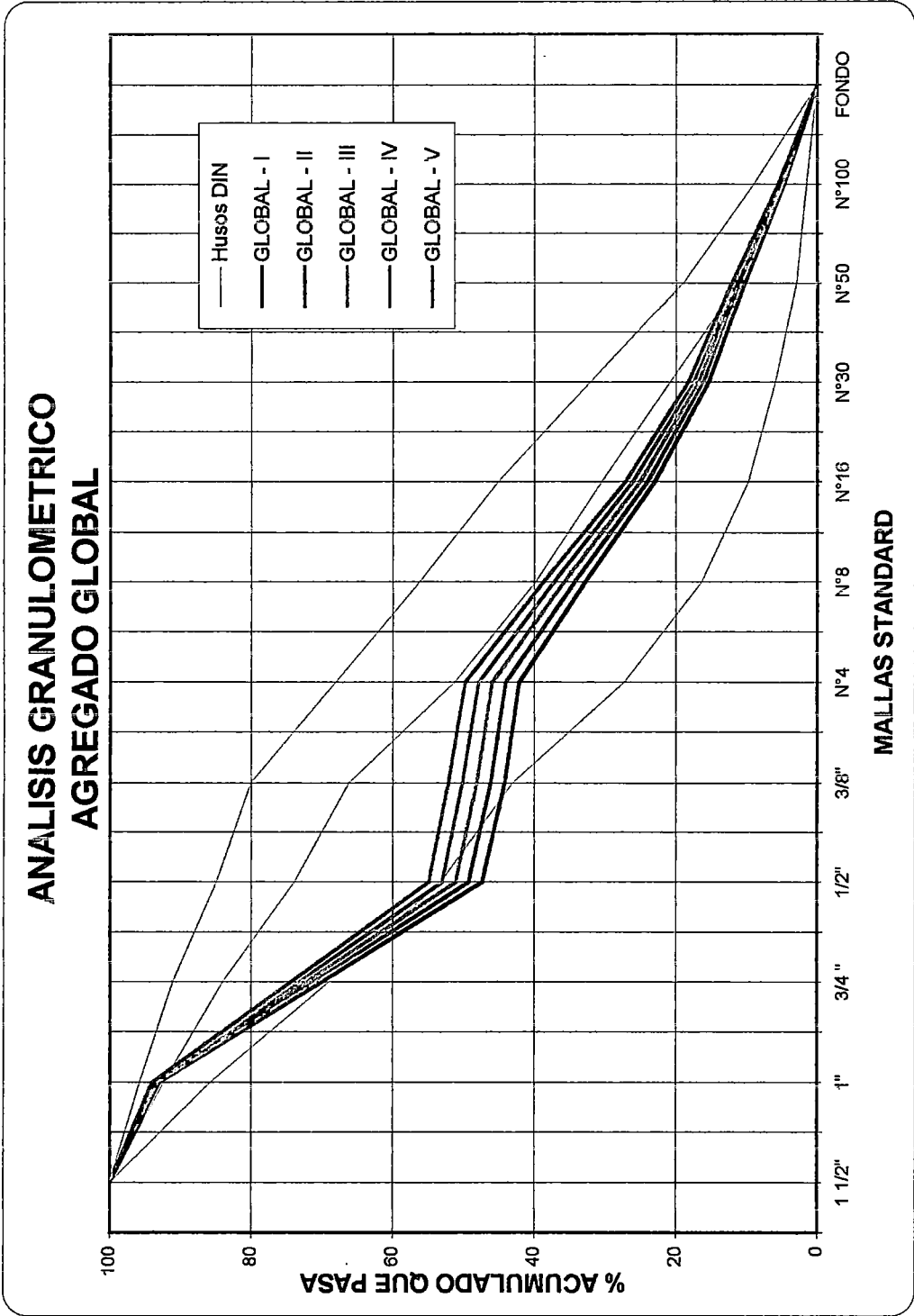


GRAFICO A-1-3

TESIS : CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C= 0.40, 0.45, 0.50, 0.55"

ANEXO II

DATOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

CEMENTO:

PORTLAND TIPO V - "ANDINO"

PESO ESPECIFICO = 3180 kg/m³

AGREGADO FINO:

PESO ESPECIFICO DE MASA = 2570 kg/m³.

CONTENIDO DE HUMEDAD = 4.1 %

ABSORCION = 1.97 %

AGREGADO GRUESO:

PESO ESPECIFICO DE MASA = 2770 kg/m³.

CONTENIDO DE HUMEDAD = 0.30 %

ABSORCION = 0.54 %

DISEÑO DE MEZCLAS DE PRUEBA

$a/c = 0.40$ $r_f = 0.48$

CEMENTO PORTLAND TIPO V - "ANDINO". ARENA : CANTERA "SAN MARTIN". PIEDRA : CANTERA "LA GLORIA".

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO			TANDA DE PRUEBA			
		PESOS EN (Kg/m ³)		VOLUMEN m ³	PROPORCIONAMIENTO		DISEÑO PARA 0.04m ³	
		SECO	HUMEDO		MATERIAL SECO	HUMEDO		
N° 1 $a/c = 0.40$ $r_f = 48\%$ agua(f)=247	CEMENTO	618	618	0.194	CEMENTO	1	1	24.72
	AGUA	247	235.1	0.247	AGUA	0.4	0.38	9.4
	ARENA	696.5	725.1	0.271	ARENA	1.13	1.17	29
	PIEDRA	756.2	758.5	0.273	PIEDRA	1.22	1.23	30.34
	Sum. Total	2317.7	2336.7	0.985	Sum. Total	3.75	3.78	93.46
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =		2.8"	
N° 2 $a/c = 0.40$ $r_f = 48\%$ agua(f)=257	CEMENTO	643	643	0.202	CEMENTO	1	1	25.72
	AGUA	257	245.5	0.257	AGUA	0.4	0.38	9.82
	ARENA	673.3	700.9	0.262	ARENA	1.05	1.09	28.04
	PIEDRA	731.3	733.5	0.264	PIEDRA	1.14	1.14	29.34
	Sum. Total	2304.6	2322.9	0.985	Sum. Total	3.59	3.61	92.92
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =		3.8"	
N° 3 $a/c = 0.40$ $r_f = 48\%$ agua(f)=260	CEMENTO	650	650	0.204	CEMENTO	1	1	26
	AGUA	260	248.5	0.260	AGUA	0.4	0.38	9.94
	ARENA	668.2	695.6	0.260	ARENA	1.03	1.07	27.82
	PIEDRA	723	725.2	0.261	PIEDRA	1.11	1.12	29.01
	Sum. Total	2301.2	2319.3	0.985	Sum. Total	3.54	3.57	92.77
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =		4.3"	

CUADRO A-2-1

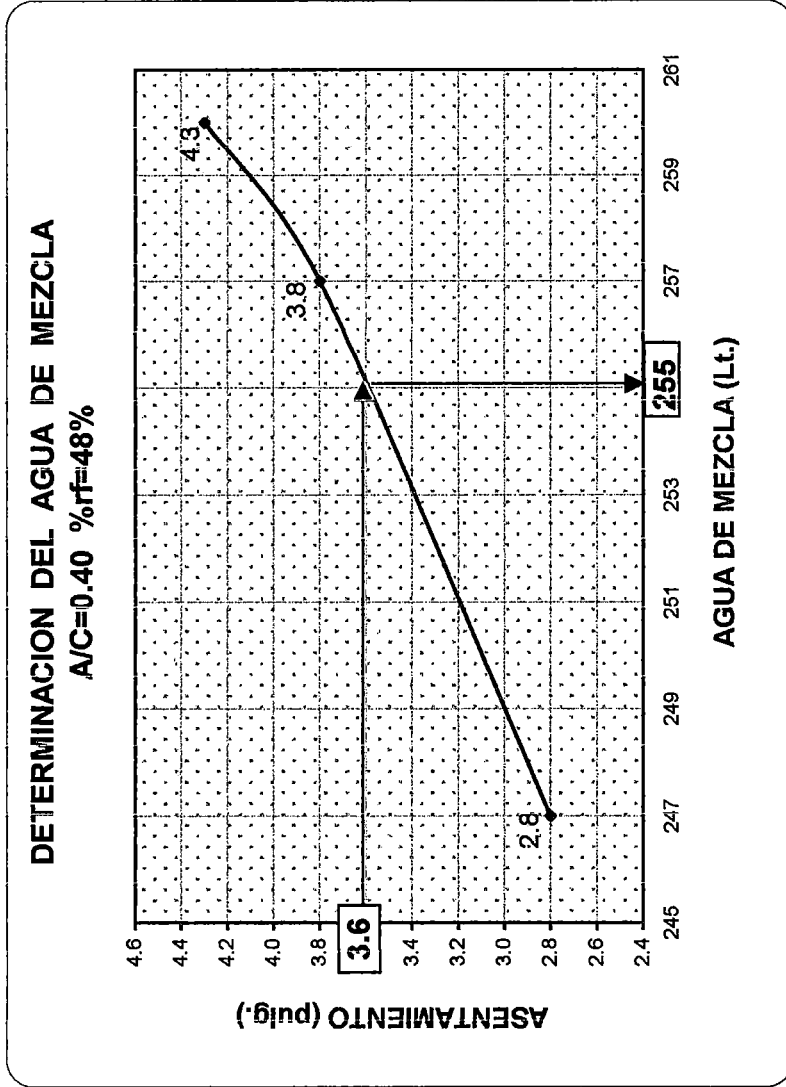


GRAFICO A-2-1

DISEÑO DE MEZCLA DE PRUEBA

a/c = 0.45 rf = 0.48

CEMENTO PORTLAND TIPO V - "ANDINO". ARENA : CANTERA "SAN MARTIN". PIEDRA : CANTERA "LA GLORIA".

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		TANDA DE PRUEBA			
		PESOS EN (Kg/m ³)	VOLUMEN m ³	PROPORCIONAMIENTO	DISEÑO PARA 0.04m ³		
		SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO		
N° 1 a/c= 0.45 rf= 48% agua(ℓ)=240	CEMENTO	533	533	CEMENTO	1	1	21.32
	AGUA	240	227.3	AGUA	0.45	0.43	9.09
	ARENA	740.2	770.5	ARENA	1.39	1.45	30.82
	PIEDRA	800.5	802.9	PIEDRA	1.5	1.51	32.12
	Sum. Total	2313.7	2333.7	Sum. Total	4.34	4.39	93.35
	%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =	3"		
N° 2 a/c= 0.45 rf= 48% agua(ℓ)=244	CEMENTO	542	542	CEMENTO	1	1	21.68
	AGUA	244	231.4	AGUA	0.45	0.43	9.26
	ARENA	732.5	762.5	ARENA	1.35	1.41	30.5
	PIEDRA	792.2	794.6	PIEDRA	1.46	1.47	31.78
	Sum. Total	2310.7	2330.5	Sum. Total	4.26	4.31	93.22
	%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =	3.4"		
N° 3 a/c= 0.45 rf= 48% agua(ℓ)=247	CEMENTO	549	549	CEMENTO	1	1	21.96
	AGUA	247	234.6	AGUA	0.45	0.43	9.38
	ARENA	724.7	754.4	ARENA	1.32	1.37	30.18
	PIEDRA	783.9	786.3	PIEDRA	1.43	1.43	31.45
	Sum. Total			Sum. Total			
	%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =	4"		

CUADRO A-2-2

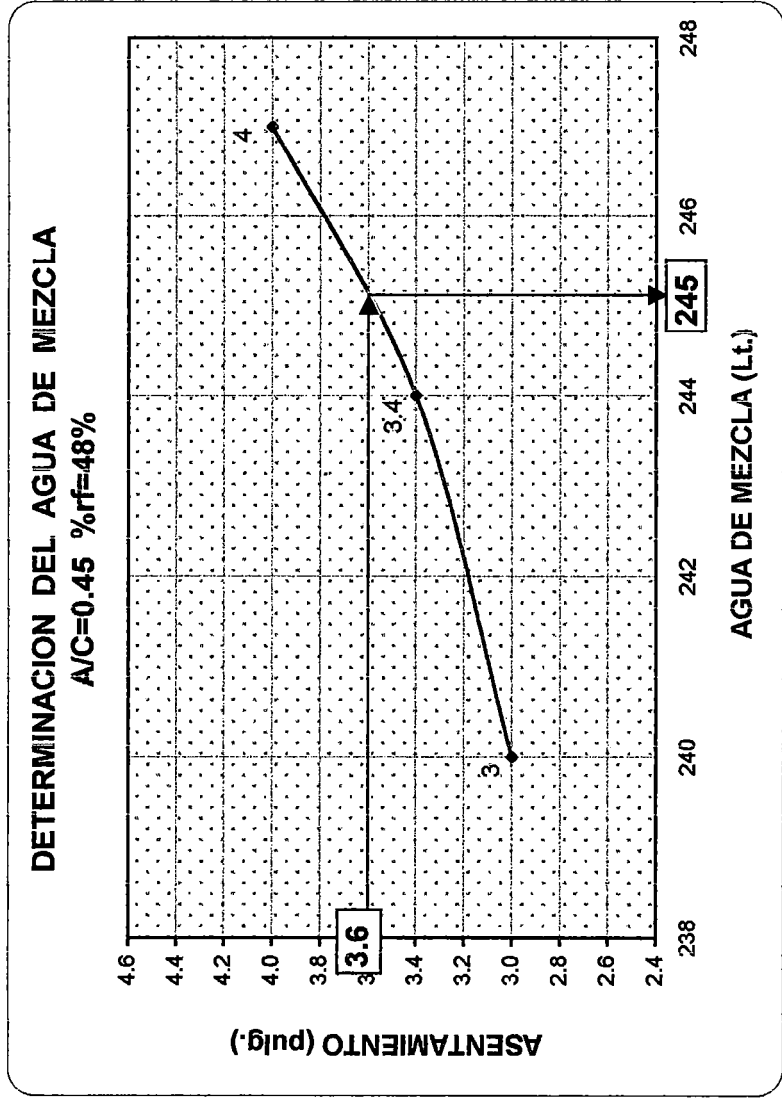


GRAFICO A-2-2

DISEÑO DE MEZCLA DE PRUEBA

a/c = 0.50 rf = 0.48

CEMENTO PORTLAND TIPO V - "ANDINO". ARENA : CANTERA "SAN MARTIN". PIEDRA : CANTERA "LA GLORIA".

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO			TANDA DE PRUEBA			
		PESOS EN (Kg/m ³)		VOLUMEN m ³	PROPORCIONAMIENTO		DISEÑO PARA 0.04m ³	
		SECO	HUMEDO		MATERIAL	SECO		HUMEDO
N° 1 a/c=0.50 rf=48% agua(lt)=229	CEMENTO	458	458	0.144	CEMENTO	1	1	18.32
	AGUA	229	215.6	0.229	AGUA	0.5	0.47	8.62
	ARENA	783.9	816	0.305	ARENA	1.71	1.78	32.64
	PIEDRA	850.4	863	0.307	PIEDRA	1.86	1.86	34.12
	Sum.Total	2321.3	2342.6	0.985	Sum.Total	5.07	5.11	93.7
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =	3.0"		
N° 2 a/c=0.50 rf=48% agua(lt)=235	CEMENTO	470	470	0.148	CEMENTO	1	1	18.8
	AGUA	235	221.8	0.235	AGUA	0.5	0.47	8.87
	ARENA	771	802.6	0.3	ARENA	1.64	1.71	32.1
	PIEDRA	836.5	839	0.302	PIEDRA	1.78	1.79	33.56
	Sum.Total	2312.5	2333.4	0.985	Sum.Total	4.92	4.97	93.33
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =	3.6"		
N° 3 a/c=0.50 rf=48% agua(lt)=237	CEMENTO	474	474	0.149	CEMENTO	1	1	18.96
	AGUA	237	223.8	0.237	AGUA	0.5	0.47	8.95
	ARENA	768.4	799.9	0.299	ARENA	1.62	1.69	32
	PIEDRA	831	833.5	0.3	PIEDRA	1.75	1.76	33.34
	Sum.Total	2310.4	2331.2	0.985	Sum.Total	4.87	4.92	93.25
	%AIRE	1.50%			ASENTAMIENTO =	4.1"		

CUADRO A-2-3

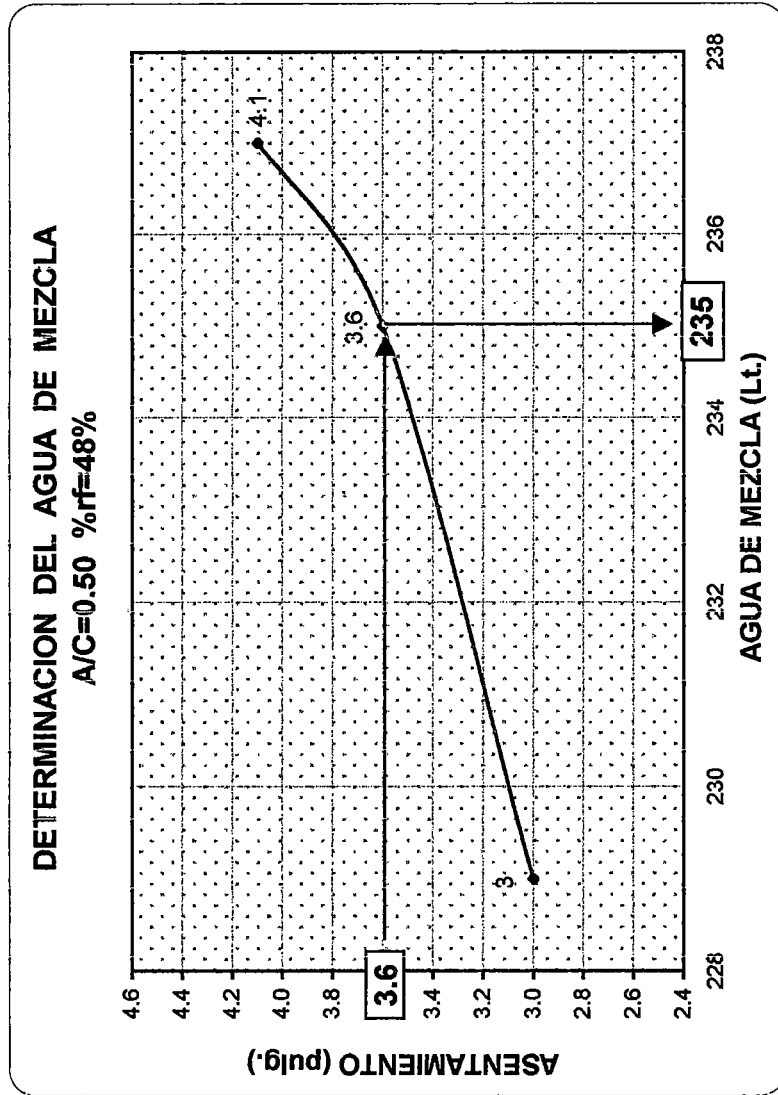


GRAFICO A-2-3

DISEÑO DE MEZCLA DE PRUEBA

$$a/c = 0.55 \quad r_f = 0.48$$

CEMENTO PORTLAND TIPO V - "ANDINO". ARENA : CANTERA "SAN MARTIN". PIEDRA : CANTERA "LA GLORIA".

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		TANDA DE PRUEBA		
		SECO	HUMEDO	PROPORCIONAMIENTO	DISEÑO PARA 0.04m ³	
		PESOS EN (Kg/m ³)	VOLUMEN m ³	MATERIAL	HUMEDO	
N° 1 a/c= 0.55 r _f = 48% agua(t) _f =227	CEMENTO	413	0.13	CEMENTO	1	16.52
	AGUA	227	0.227	AGUA	0.55	8.53
	ARENA	804.4	0.313	ARENA	1.95	33.5
	PIEDRA	872.6	0.315	PIEDRA	2.11	35.01
	Sum. Total	2317	0.985	Sum. Total	5.61	93.56
	%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =	3.1"	
N° 2 a/c= 0.55 r _f = 48% agua(t) _f =232	CEMENTO	422	0.133	CEMENTO	1	16.88
	AGUA	232	0.232	AGUA	0.55	8.74
	ARENA	794.1	0.309	ARENA	1.88	33.07
	PIEDRA	861.5	0.311	PIEDRA	2.04	34.56
	Sum. Total	2309.6	0.985	Sum. Total	5.47	93.25
	%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =	3.8"	
N° 3 a/c= 0.55 r _f = 48% agua(t) _f =235	CEMENTO	427	0.134	CEMENTO	1	17.08
	AGUA	235	0.235	AGUA	0.55	8.86
	ARENA	789	0.307	ARENA	1.85	32.85
	PIEDRA	855.9	0.309	PIEDRA	2	34.34
	Sum. Total	2306.9	0.985	Sum. Total	5.4	93.13
	%AIRE	1.50%		ASENTAMIENTO =	4.3"	

CUADRO A-2-4

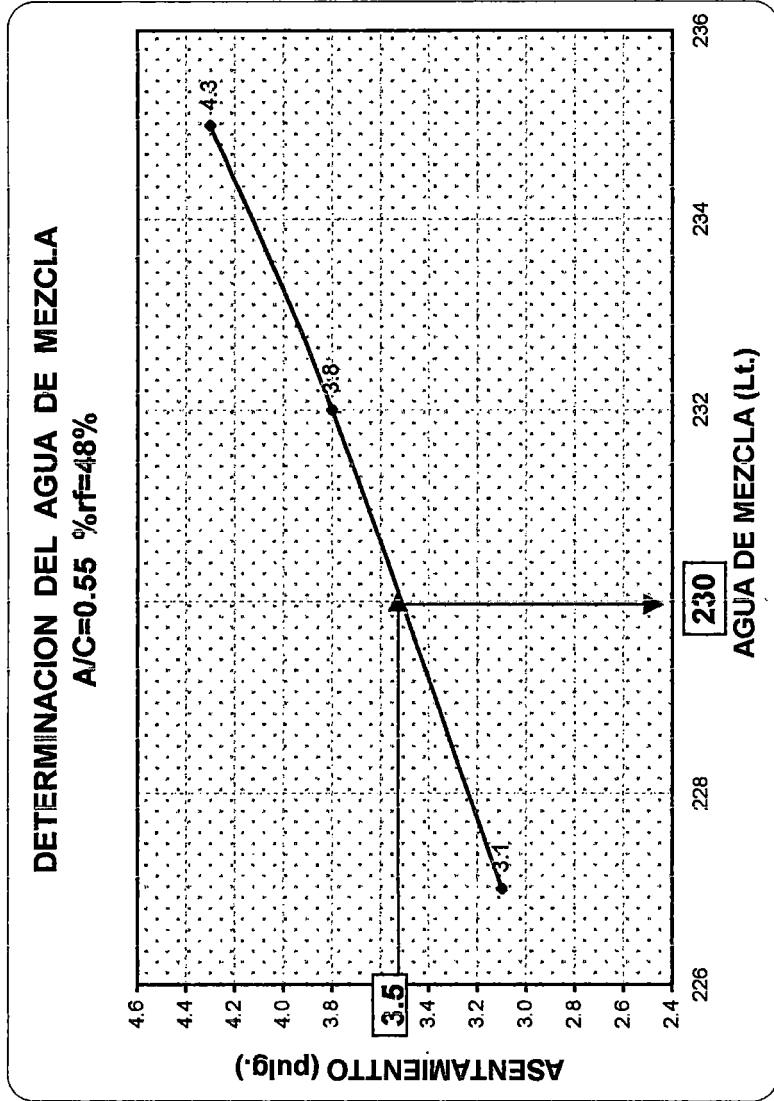


GRAFICO A-2-4

De los gráficos anteriores se tiene:

CANTIDAD DE AGUA X m3 DE CONCRETO		ASENTAMIENTO Y/O SLUMP
a/c	AGUA (l/m ³)	
0.40	255	3.6"
0.45	245	3.6"
0.50	235	3.6"
0.55	230	3.5"

CUADRO A-2-5

Obtenido los datos, descritos en el cuadro anterior, procedemos a diseñar las mezclas de concreto (definitivas), que se utilizarán para la elaboración del concreto de las diferentes pruebas de ensayo tanto del concreto fresco y endurecido.

A continuación se muestra detalladamente los cálculos.

DISEÑO DE MEZCLA

Para $a/c = 0.40$

ASENTAMIENTO	: 3" a 4"	Peso específico agua (kg/m ³)=	1000
TAMAÑO NOMINAL MAXIMO	: 1"	Peso específico cemento (kg/m ³)=	3180
CONTENIDO DE AGUA	: 255 lt/m ³	Peso específico piedra (kg/m ³)=	2770
RELACION DE AGUA/CEMENTO	: 0.40	Peso específico arena (kg/m ³)=	2570
FACTOR - CEMENTO (AGUA / (a/c))	: 637.5 kg.	Contenido de humedad arena (%) =	4.10
CONTENIDO DE AIRE	: 1.5 %	Contenido de humedad piedra (%) =	0.30
% EN PESO DEL AGREGADO GRUESO	: 52 %	Absorción arena (%) =	1.97
% EN PESO DEL AGREGADO FINO	: 48 %	Absorción piedra (%) =	0.54

VOLUMENES ABSOLUTOS :

$$\text{Cemento} = (637.5 / 3180) = 0.201$$

$$\text{Agua} = (255 / 1000) = 0.255$$

$$\text{Aire} = (1.5 / 100) = 0.015$$

$$0.471 \implies \text{Agregados} = (1 - 0.471) = 0.529$$

PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS :

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times \text{Varena} = 2570 \times \text{Varena} \quad \dots(a)$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.529 - \text{Varena}) = \frac{1465.3 - 2770 \times \text{Varena}}{\quad} \quad \dots(b)$$

$$(a+b) = 1465.3 - 200 \times \text{Varena}$$

$$\% \text{ Arena} = 0.48 = \frac{2570 \times \text{Varena}}{1465.3 - 200 \times \text{Varena}} \implies \text{Varena} = 0.264$$

$$\text{Vpiedra} = 0.265$$

Reemplazando en (a) y (b) tenemos:

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times (0.264) = 678.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.265) = 734.1 \text{ kg/m}^3$$

PESOS HUMEDOS DE LOS AGREGADOS :

$$\text{Peso húmedo de la arena} = W_{\text{seco}} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 678.5 \times (1 + 0.041) = 706.3$$

$$\text{Peso húmedo de la piedra} = W_{\text{seco}} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 734.1 \times (1 + 0.003) = 736.3$$

APORTE DE HUMEDAD

$$\text{Arena} = W_{\text{seco}} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Arena}) = 678.5 \times (0.041 - 0.020) = 14.50 \text{ lt.} \dots(\text{c})$$

$$\text{Piedra} = W_{\text{seco}} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Arena}) = 734.1 \times (0.003 - 0.005) = \underline{-1.80 \text{ lt.}} \dots(\text{d})$$

$$(\text{c}) + (\text{d}) = 12.70 \text{ lt}$$

$$\implies \text{AGUA EFECTIVA} = (255 - 12.70) = 242.3 \text{ lt/m}^3$$

PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS :

CEMENTO	637.5	kg/m³
AGUA EFECTIVA	242.3	lt/m³
ARENA	706.3	kg/m³
PIEDRA	736.3	kg/m³

PESOS POR TANDA SEGÚN BOLSA DE CEMENTO :

MATERIAL		PROPORCIONES X BOLSA DE CEMENTO	
		EN PESO	PROPORCION
CEMENTO	C	42.50	1
AGUA EFECTIVA	AG.	16.15	0.38
ARENA	AR.	47.09	1.11
PIEDRA	PD.	49.09	1.16

DISEÑO DE MEZCLA

Para $a/c = 0.45$

ASENTAMIENTO	: 3" a 4"	Peso específico agua (kg/m ³)=	1000
TAMAÑO NOMINAL MAXIMO	: 1"	Peso específico cemento (kg/m ³)=	3180
CONTENIDO DE AGUA	: 245 lt/m ³	Peso específico piedra (kg/m ³)=	2770
RELACION DE AGUA/CEMENTO	: 0.45	Peso específico arena (kg/m ³)=	2570
FACTOR - CEMENTO (AGUA / (a/c))	: 544.4 kg.	Contenido de humedad arena (%) =	4.10
CONTENIDO DE AIRE	: 1.5 %	Contenido de humedad piedra (%) =	0.30
% EN PESO DEL AGREGADO GRUESO	: 52 %	Absorción arena (%) =	1.97
% EN PESO DEL AGREGADO FINO	: 48 %	Absorción piedra (%) =	0.54

VOLUMENES ABSOLUTOS :

$$\text{Cemento} = (544.4 / 3180) = 0.171$$

$$\text{Agua} = (245 / 1000) = 0.245$$

$$\text{Aire} = (1.5 / 100) = 0.015$$

$$0.431 \implies \text{Agregados} = (1 - 0.431) = 0.569$$

PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS :

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times \text{Varena} = 2570 \times \text{Varena} \quad \dots(a)$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.569 - \text{Varena}) = \frac{1576.1 - 2770 \times \text{Varena}}{\quad} \quad \dots(b)$$

$$(a+b) = 1576.1 - 200 \times \text{Varena}$$

$$\% \text{ Arena} = 0.48 = \frac{2570 \times \text{Varena}}{1576.1 - 200 \times \text{Varena}} \implies \text{Varena} = 0.284$$

$$\text{Vpiedra} = 0.285$$

Reemplazando en (a) y (b) tenemos:

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times (0.284) = 729.9 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.285) = 789.5 \text{ kg/m}^3$$

PESOS HUMEDOS DE LOS AGREGADOS :

$$\text{Peso húmedo de la arena} = W_{\text{seco}} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 729.9 \times (1 + 0.041) = 759.8$$

$$\text{Peso húmedo de la piedra} = W_{\text{seco}} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 789.5 \times (1 + 0.003) = 791.9$$

APORTE DE HUMEDAD

$$\text{Arena} = W_{\text{seco}} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Arena}) = 729.9 \times (0.041 - 0.020) = 15.50 \text{ lt.(c)}$$

$$\text{Piedra} = W_{\text{seco}} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Arena}) = 789.5 \times (0.003 - 0.005) = \underline{-1.90 \text{ lt.(d)}}$$

$$(c) + (d) = 13.60 \text{ lt}$$

$$\text{=====> AGUA EFECTIVA} = (245 - 13.60) = 231.4 \text{ lt/m}^3$$

PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS :

CEMENTO	544.4	kg/m³
AGUA EFECTIVA	231.4	lt/m³
ARENA	759.8	kg/m³
PIEDRA	791.9	kg/m³

PESOS POR TANDA SEGÚN BOLSA DE CEMENTO :

MATERIAL		PROPORCIONES X BOLSA DE CEMENTO	
		EN PESO	PROPORCION
CEMENTO	C	42.50	1
AGUA EFECTIVA	AG.	18.06	0.42
ARENA	AR.	59.32	1.40
PIEDRA	PD.	61.82	1.45

DISEÑO DE MEZCLA

Para $a/c = 0.50$

ASENTAMIENTO	: 3" a 4"	Peso específico agua (kg/m ³)=	1000
TAMAÑO NOMINAL MAXIMO	: 1"	Peso específico cemento (kg/m ³)=	3180
CONTENIDO DE AGUA	: 235 lt/m ³	Peso específico piedra (kg/m ³)=	2770
RELACION DE AGUA/CEMENTO	: 0.50	Peso específico arena (kg/m ³)=	2570
FACTOR - CEMENTO (AGUA / (a/c))	: 470.0 kg.	Contenido de humedad arena (%) =	4.10
CONTENIDO DE AIRE	: 1.5 %	Contenido de humedad piedra (%) =	0.30
% EN PESO DEL AGREGADO GRUESO	: 52 %	Absorción arena (%) =	1.97
% EN PESO DEL AGREGADO FINO	: 48 %	Absorción piedra (%) =	0.54

VOLUMENES ABSOLUTOS :

$$\text{Cemento} = (470.0 / 3180) = 0.148$$

$$\text{Agua} = (235 / 1000) = 0.235$$

$$\text{Aire} = (1.5 / 100) = \underline{0.015}$$

$$0.398 \implies \text{Agregados} = (1 - 0.398) = 0.602$$

PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS :

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times \text{Varena} = 2570 \times \text{Varena} \quad \dots(a)$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.602 - \text{Varena}) = \frac{1667.5 - 2770 \times \text{Varena}}{\quad} \quad \dots(b)$$

$$(a+b) = 1667.5 - 200 \times \text{Varena}$$

$$\% \text{ Arena} = 0.48 = \frac{2570 \times \text{Varena}}{1667.5 - 200 \times \text{Varena}} \implies \text{Varena} = 0.300$$

$$\text{Vpiedra} = 0.302$$

Reemplazando en (a) y (b) tenemos:

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times (0.300) = 771.0 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.302) = 836.5 \text{ kg/m}^3$$

PESOS HUMEDOS DE LOS AGREGADOS :

Peso húmedo de la arena = $W_{seco} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 771.0 \times (1 + 0.041) = 802.6$

Peso húmedo de la piedra = $W_{seco} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 836.5 \times (1 + 0.003) = 839.0$

APORTE DE HUMEDAD

Arena = $W_{seco} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Arena}) = 771.0 \times (0.041 - 0.020) = 16.40 \text{ lt.(c)}$

Piedra = $W_{seco} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Piedra}) = 836.5 \times (0.003 - 0.005) = \underline{-2.00 \text{ lt.(d)}}$

(c) + (d) = 14.40 lt

=====> AGUA EFECTIVA = (235 - 14.40) = 220.6 lt/m³

PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS :

CEMENTO	470.0	kg/m³
AGUA EFECTIVA	220.6	lt/m³
ARENA	802.6	kg/m³
PIEDRA	839.0	kg/m³

PESOS POR TANDA SEGÚN BOLSA DE CEMENTO :

MATERIAL		PROPORCIONES X BOLSA DE CEMENTO	
		EN PESO	PROPORCION
CEMENTO	C	42.50	1
AGUA EFECTIVA	AG.	19.95	0.47
ARENA	AR.	72.58	1.71
PIEDRA	PD.	75.87	1.79

DISEÑO DE MEZCLA

Para $a/c = 0.55$

ASENTAMIENTO	: 3" a 4"	Peso específico agua (kg/m ³)=	1000
TAMAÑO NOMINAL MAXIMO	: 1"	Peso específico cemento (kg/m ³)=	3180
CONTENIDO DE AGUA	: 230 lt/m ³	Peso específico piedra (kg/m ³)=	2770
RELACION DE AGUA/CEMENTO	: 0.55	Peso específico arena (kg/m ³)=	2570
FACTOR - CEMENTO (AGUA / (a/c))	: 418.2 kg.	Contenido de humedad arena (%) =	4.10
CONTENIDO DE AIRE	: 1.5 %	Contenido de humedad piedra (%) =	0.30
% EN PESO DEL AGREGADO GRUESO	: 52 %	Absorción arena (%) =	1.97
% EN PESO DEL AGREGADO FINO	: 48 %	Absorción piedra (%) =	0.54

VOLUMENES ABSOLUTOS :

$$\text{Cemento} = (418.2 / 3180) = 0.132$$

$$\text{Agua} = (230 / 1000) = 0.230$$

$$\text{Aire} = (1.5 / 100) = 0.015$$

$$0.377 \implies \text{Agregados} = (1 - 0.377) = 0.623$$

PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS :

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times \text{Varena} = 2570 \times \text{Varena} \quad \dots(a)$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.623 - \text{Varena}) = \frac{1725.7 - 2770 \times \text{Varena}}{\quad} \quad \dots(b)$$

$$(a+b) = 1725.7 - 200 \times \text{Varena}$$

$$\% \text{ Arena} = 0.48 = \frac{2570 \times \text{Varena}}{1725.7 - 200 \times \text{Varena}} \implies \text{Varena} = 0.311$$

$$\text{Vpiedra} = 0.312$$

Reemplazando en (a) y (b) tenemos:

$$\text{Peso seco de la arena} = 2570 \times (0.311) = 799.3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = 2770 \times (0.312) = 864.2 \text{ kg/m}^3$$

PESOS HUMEDOS DE LOS AGREGADOS :

$$\text{Peso húmedo de la arena} = W_{\text{seco}} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 799.3 \times (1 + 0.041) = 832.1$$

$$\text{Peso húmedo de la piedra} = W_{\text{seco}} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) = 864.2 \times (1 + 0.003) = 866.8$$

APORTE DE HUMEDAD

$$\text{Arena} = W_{\text{seco}} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Arena}) = 799.3 \times (0.041 - 0.020) = 17.00 \text{ lt.} \dots(\text{c})$$

$$\text{Piedra} = W_{\text{seco}} \times (\text{C. humedad} - \text{Abs. Arena}) = 864.2 \times (0.003 - 0.005) = \underline{-2.10 \text{ lt.}} \dots(\text{d})$$

$$(\text{c}) + (\text{d}) = 14.90 \text{ lt}$$

$$\implies \text{AGUA EFECTIVA} = (230 - 14.90) = 215.1 \text{ lt/m}^3$$

PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS :

CEMENTO	418.2	kg/m³
AGUA EFECTIVA	215.1	lt/m³
ARENA	832.1	kg/m³
PIEDRA	866.8	kg/m³

PESOS POR TANDA SEGÚN BOLSA DE CEMENTO :

MATERIAL		PROPORCIONES X BOLSA DE CEMENTO	
		EN PESO	PROPORCION
CEMENTO	C	42.50	1
AGUA EFECTIVA	AG.	21.86	0.51
ARENA	AR.	84.56	1.99
PIEDRA	PD.	88.09	2.07

DISEÑO DE MEZCLAS FINALES

CUADRO A-2-6

RELACION	MATERIAL		DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO				TANDA DE PRUEBA				
			PESOS (Kg/m ³)		VOLUMEN m ³		PROPORCIONAMIENTO		DISEÑO PARA 0.04m ³		
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	MATERIAL	SECO	HUMEDO	MATERIAL	SECO	HUMEDO	
N° 1 A/C = 0.40	CEMENTO	637.5	637.5	0.201	CEMENTO	1	1	CEMENTO	1	1	25.50
	AGUA	255	242.3	0.255	AGUA	0.4	0.38	AGUA	0.4	0.38	9.69
	ARENA	678.5	706.3	0.264	ARENA	1.06	1.11	ARENA	1.06	1.11	28.25
	PIEDRA	734.1	736.3	0.265	PIEDRA	1.15	1.16	PIEDRA	1.15	1.16	29.45
	Sum.Total	2305.1	2322.4	0.985	Sum.Total	3.62	3.64	Sum.Total	3.62	3.64	92.89
	%AIRE	1.50%			%AIRE			ASENTAMIENTO =			3.6"
N° 2 A/C = 0.45	CEMENTO	544.4	544.4	0.171	CEMENTO	1	1	CEMENTO	1	1	21.78
	AGUA	245.0	231.4	0.245	AGUA	0.45	0.42	AGUA	0.45	0.42	9.26
	ARENA	729.9	759.8	0.284	ARENA	1.34	1.40	ARENA	1.34	1.40	30.39
	PIEDRA	789.5	791.9	0.285	PIEDRA	1.45	1.45	PIEDRA	1.45	1.45	31.67
	Sum.Total	2308.8	2327.5	0.985	Sum.Total	4.24	4.27	Sum.Total	4.24	4.27	93.10
	%AIRE	1.50%			%AIRE			ASENTAMIENTO =			3.6"
N° 3 A/C = 0.50	CEMENTO	470	470	0.148	CEMENTO	1	1	CEMENTO	1	1	18.80
	AGUA	235	220.6	0.235	AGUA	0.5	0.47	AGUA	0.5	0.47	8.82
	ARENA	771	802.6	0.300	ARENA	1.64	1.71	ARENA	1.64	1.71	32.10
	PIEDRA	836.5	839.0	0.302	PIEDRA	1.78	1.79	PIEDRA	1.78	1.79	33.56
	Sum.Total	2312.5	2332.2	0.985	Sum.Total	4.92	4.97	Sum.Total	4.92	4.97	93.28
	%AIRE	1.50%			%AIRE			ASENTAMIENTO =			3.6"
N° 4 A/C = 0.55	CEMENTO	418.2	418.2	0.132	CEMENTO	1	1	CEMENTO	1	1	16.73
	AGUA	230.0	215.1	0.230	AGUA	0.55	0.51	AGUA	0.55	0.51	8.60
	ARENA	799.3	832.1	0.311	ARENA	1.91	1.99	ARENA	1.91	1.99	33.28
	PIEDRA	864.2	866.8	0.312	PIEDRA	2.07	2.07	PIEDRA	2.07	2.07	34.67
	Sum.Total	2311.7	2332.2	0.985	Sum.Total	5.53	5.57	Sum.Total	5.53	5.57	93.28
	%AIRE	1.50%			%AIRE			ASENTAMIENTO =			3.5"

RELACION	MATERIAL	PARA 1 m ³ DE CONCRETO	TANDA (KG)
			PARA 0.04m ³
A/C = 0.40	CEMENTO	637.5	25.50
	AGUA	242.3	9.69
	ARENA	706.3	28.25
	PIEDRA	736.3	29.45
	Sum.Total	2322.4	92.89
A/C = 0.45	CEMENTO	544.4	21.78
	AGUA	231.4	9.26
	ARENA	759.8	30.39
	PIEDRA	791.9	31.67
	Sum.Total	2327.5	93.10
A/C = 0.50	CEMENTO	470.0	18.80
	AGUA	220.6	8.82
	ARENA	802.6	32.10
	PIEDRA	839.0	33.56
	Sum.Total	2332.2	93.28
A/C = 0.55	CEMENTO	418.2	16.73
	AGUA	215.1	8.60
	ARENA	832.1	33.28
	PIEDRA	866.8	34.67
	Sum.Total	2332.2	93.28

CUADRO A-2-7

a/c	N° de bolsas de cemento X m ³ de concreto
0.40	15.00
0.45	12.81
0.50	11.06
0.55	9.84

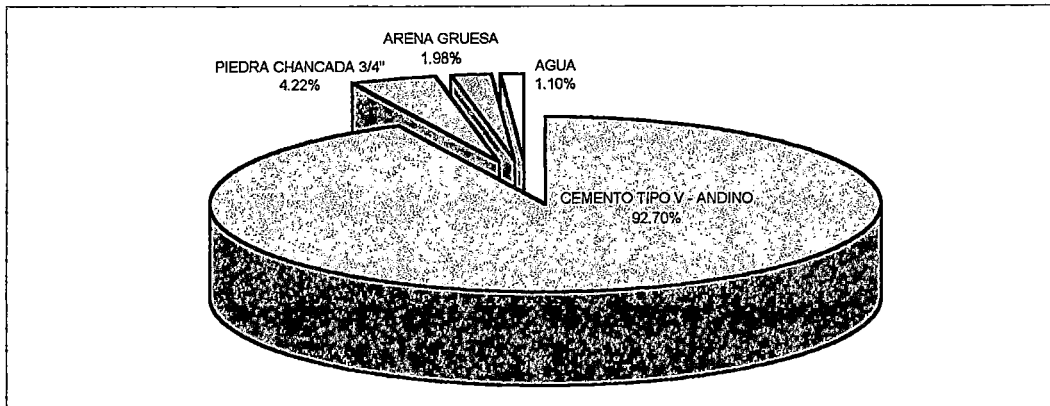
CUADRO A-2-8

ANEXO III

COSTO DEL CONCRETO POR m³

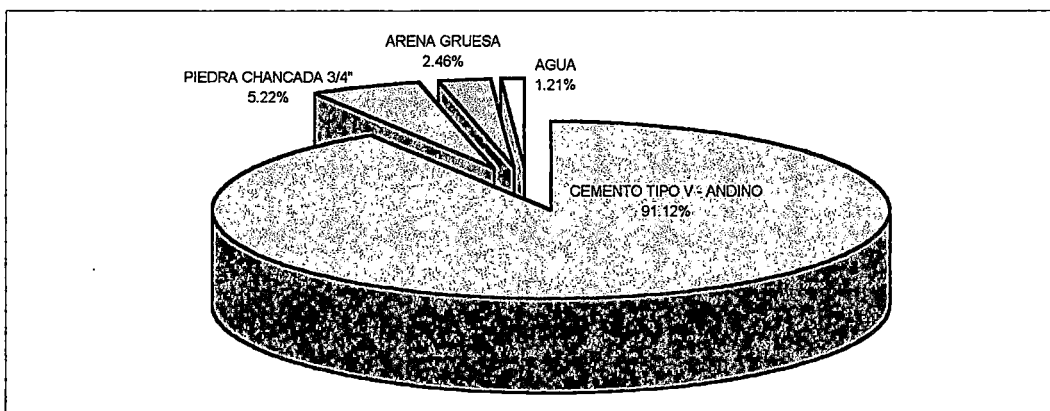
a) RELACION A/C = 0.40

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD x m ³	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	INCIDENCIA (%)
CEMENTO TIPO V - ANDINO	bls.	15	17.15	257.250	92.70%
PIEDRA CHANCADA 3/4"	m ³	0.266	44	11.704	4.22%
ARENA GRUESA	m ³	0.275	20	5.500	1.98%
AGUA	m ³	0.242	12.62	3.054	1.10%
COSTO TOTAL DE MATERIALES x m³ DE CONCRETO				277.508	100.00%



b) RELACION A/C = 0.45

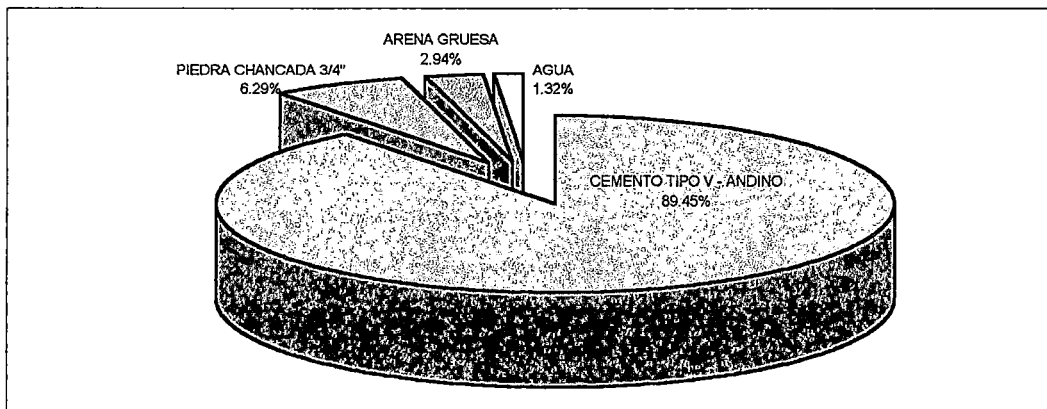
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD x m ³	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	INCIDENCIA (%)
CEMENTO TIPO V - ANDINO	bls.	12.81	17.15	219.692	91.12%
PIEDRA CHANCADA 3/4"	m ³	0.286	44	12.584	5.22%
ARENA GRUESA	m ³	0.296	20	5.920	2.46%
AGUA	m ³	0.231	12.62	2.915	1.21%
COSTO TOTAL DE MATERIALES x m³ DE CONCRETO				241.111	100.00%



COSTO DEL CONCRETO POR m³

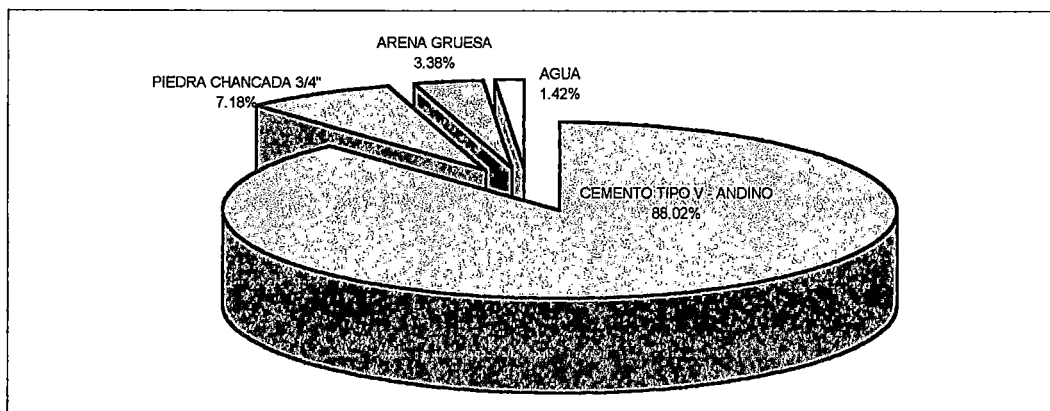
a) RELACION A/C = 0.50

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD x m ³	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	INCIDENCIA (%)
CEMENTO TIPO V - ANDINO	bls.	11.06	17.15	189.679	89.45%
PIEDRA CHANCADA 3/4"	m ³	0.303	44	13.332	6.29%
ARENA GRUESA	m ³	0.312	20	6.240	2.94%
AGUA	m ³	0.221	12.62	2.789	1.32%
COSTO TOTAL DE MATERIALES x m³ DE CONCRETO				212.040	100.00%



a) RELACION A/C = 0.55

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD x m ³	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	INCIDENCIA (%)
CEMENTO TIPO V - ANDINO	bls.	9.84	17.15	168.756	88.02%
PIEDRA CHANCADA 3/4"	m ³	0.313	44	13.772	7.18%
ARENA GRUESA	m ³	0.324	20	6.480	3.38%
AGUA	m ³	0.215	12.62	2.713	1.42%
COSTO TOTAL DE MATERIALES x m³ DE CONCRETO				191.721	100.00%



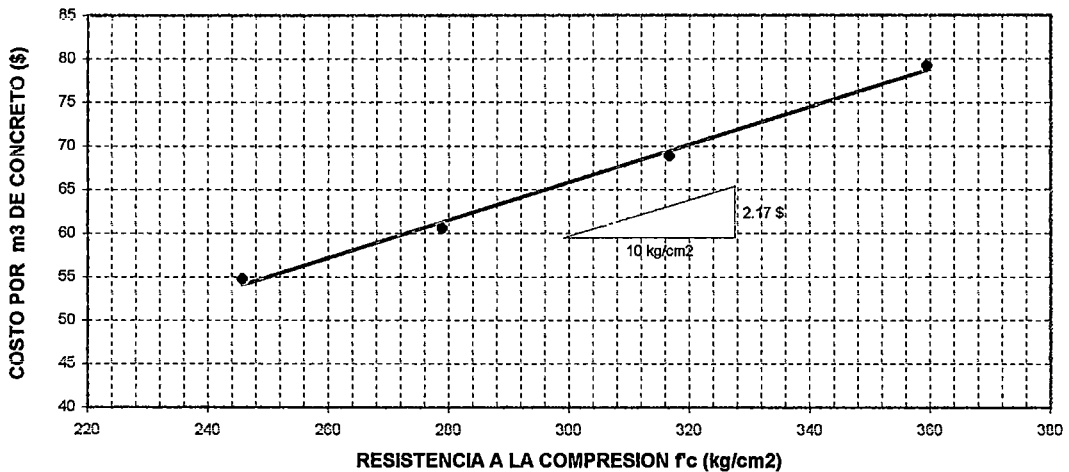
MATERIAL	UND.	COSTO (\$)
CEMENTO TIPO V ANDINO	bls.	4.9
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m ³	12.57
ARENA GRUESA	m ³	5.71
AGUA	m ³	3.61

*Costos a julio del 2,000.

RELACION a/c	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	COSTO		VARIACION PORCENTUAL
		(S/.)	(\$)	
0.40	359.4	277.51	79.29	100.00
0.45	316.6	241.11	68.89	86.88
0.50	278.9	212.04	60.58	76.41
0.55	245.7	191.72	54.78	69.09

Nota: la resistencia considerada es a la edad de 28 días.

VARIACION DEL COSTO (\$) CON RESPECTO A LA VARIACION DE RESISTENCIA A LA COMPRESION



- Por cada incremento de 10 kg/cm² en la resistencia a la compresion del concreto el costo por m³ del concreto se incrementa en 2.17 \$ (dólares americanos).

ANEXO IV

**CUADROS DE ENSAYOS DEL
CONCRETO FRESCO**

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

RELACION a/c	ASENTAMIENTO (pulg.)	VARIACION DEL ASENTAMIENTO (%)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	VARIACION DEL PESO UNITARIO (%)	CONTENIDO DE AIRE X m ³ DE CONCRETO (%)	VARIACION DEL CONTENIDO DE AIRE (%)
0.40	3.60	100.00	2376.70	100.00	1.163	100.00
0.45	3.60	100.00	2376.70	100.00	1.452	124.85
0.50	3.60	100.00	2375.30	99.94	1.996	171.63
0.55	3.50	97.22	2378.10	100.06	1.786	153.57

RELACION a/c	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (hr. min)	VARIACION DEL T. FRAGUADO INICIAL (%)	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (hr. min)	VARIACION DEL T. FRAGUADO FINAL (%)	ENSAYO DE FLUIDEZ (%)	VARIACION DE FLUIDEZ (%)
0.40	03:40	100.00	05:07	100.00	68.67	100.00
0.45	03:41	100.45	05:20	104.23	77.29	112.55
0.50	03:46	102.73	05:37	109.77	80.47	117.18
0.55	03:49	104.09	05:45	112.38	81.40	118.54

CUADRO A-4-1

ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO

RELACION A/C	SLUMP (pulg.)	OBSERVACIONES
0.40	3.6	TRABAJABLE
0.45	3.6	TRABAJABLE
0.50	3.6	TRABAJABLE
0.55	3.5	TRABAJABLE

CUADRO A-4-2

ENSAYO DE PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO

(constante = 70,63 1/m³ <-> 0,01415 m³)

RELACION a/c	PESO (kg.) MOLDE+CONCRETO A	PESO (kg.) MOLDE B	PESO (kg.) CONCRETO A-B	PESO UNITARIO U (Kg/m ³)	PESO TOTAL DE MATERIAL M (Kg)	RENDIMIENTO R=M/U m ³
0.40	41.34	7.69	33.65	2376.7	92.89	0.0391
0.45	41.34	7.69	33.65	2376.7	93.03	0.0391
0.50	41.32	7.69	33.63	2375.3	93.31	0.0393
0.55	41.36	7.69	33.67	2378.1	93.37	0.0393

CUADRO A-4-3

TESIS : "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V PARA A/C DE 0.40 A 0.55".

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.40

t. Inicio = 11:40

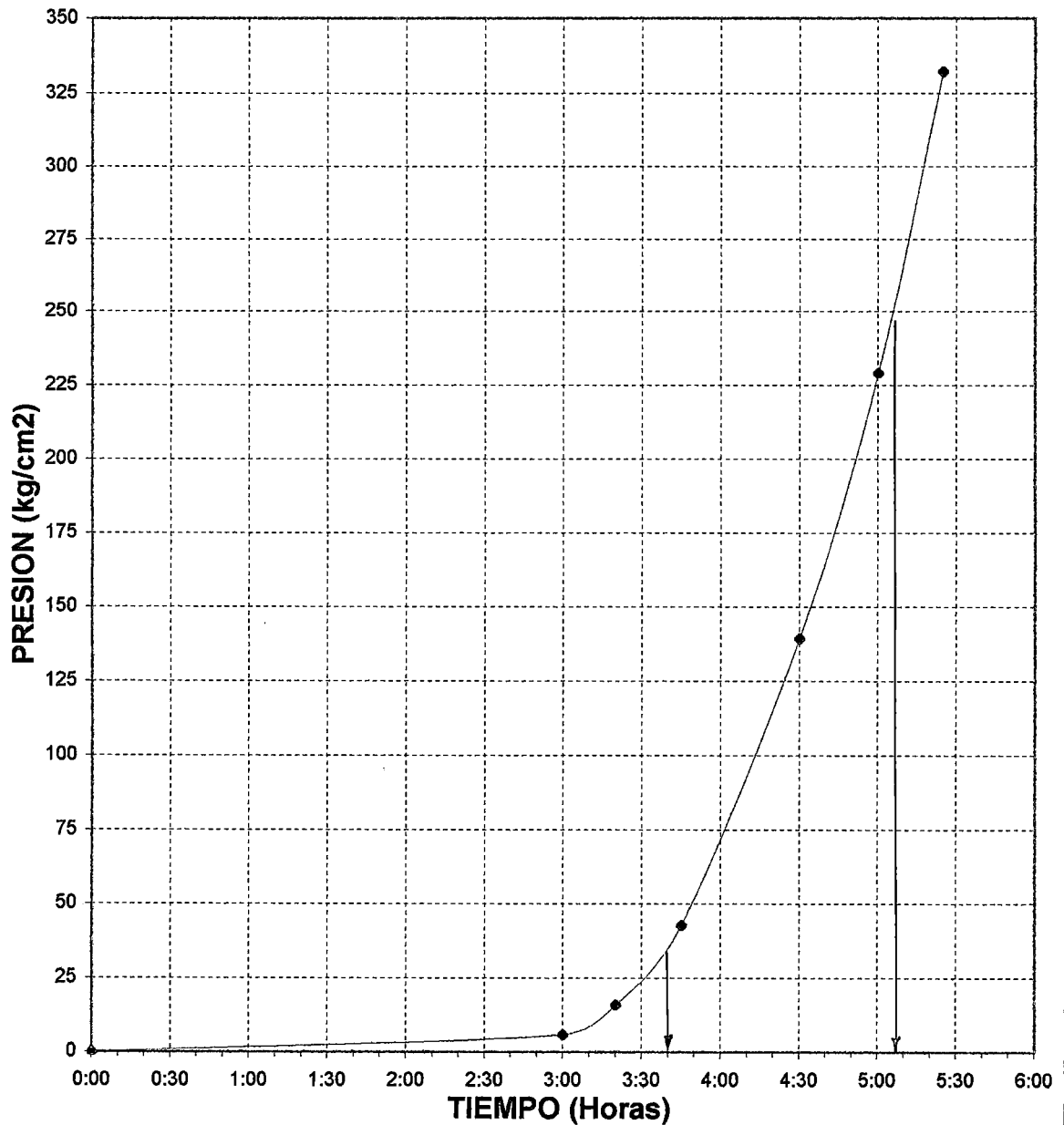
DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg. ²)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR. (horas)
			(lb/pulg ²)	(kg/cm ²)		
1 1/8	0.9940	85	83.0	5.8	14:40	3:00
13/16	0.5185	120	226.6	15.9	15:00	3:20
9/16	0.2485	115	607.6	42.7	15:25	3:45
5/16	0.0767	150	1981.8	139.3	16:10	4:30
1/4	0.0491	152	3259.5	229.2	16:40	5:00
3/16	0.0276	134	4726.3	332.3	17:05	5:25

FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:40
 FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:07

CUADRO A-4-4

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C=0.40



FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:40

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:07

GRAFICO A-4-1

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.45

t. Inicio = 9:10

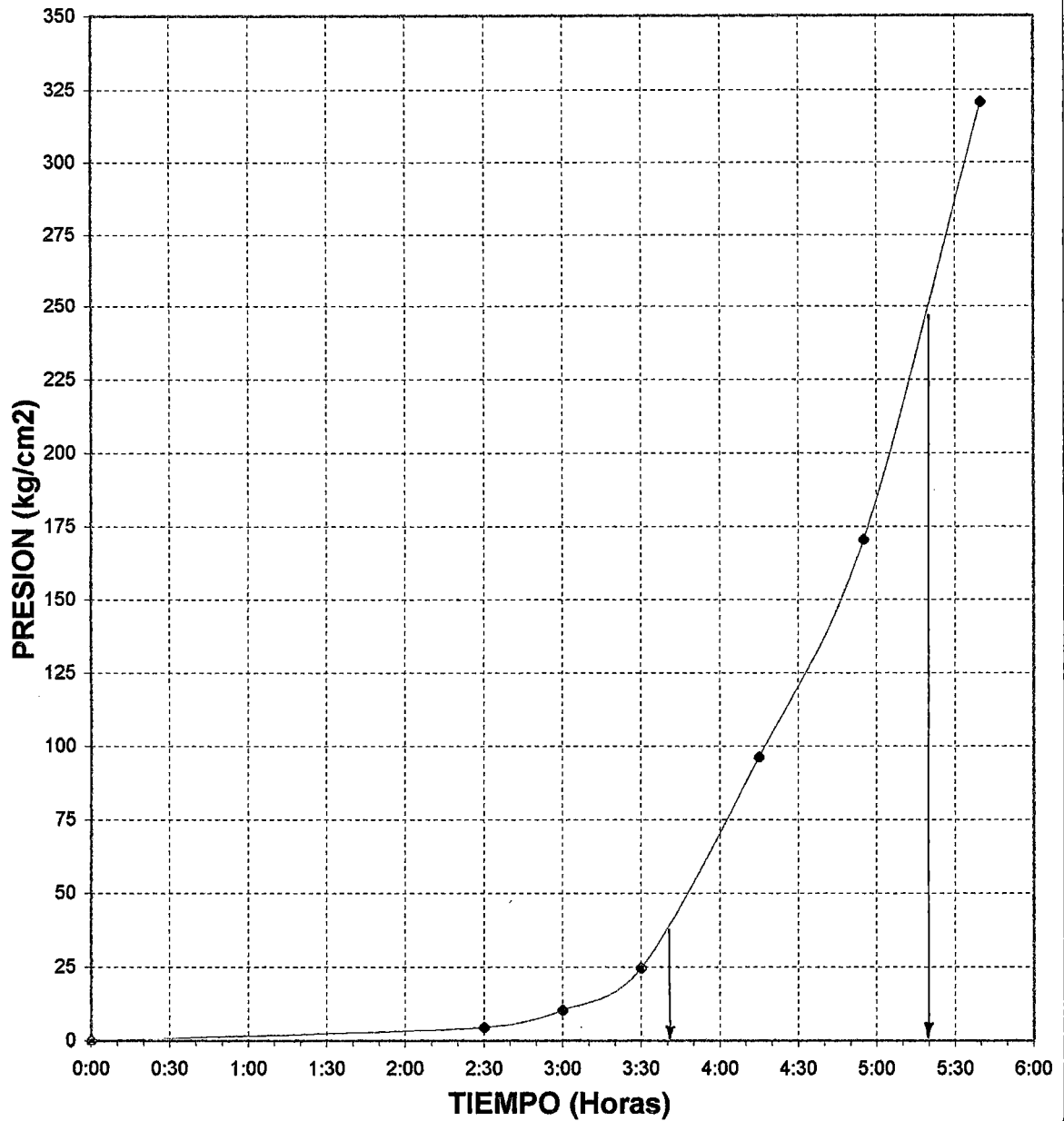
DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg. ²)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR (horas)
			(lb/pulg ²)	(kg/cm ²)		
1 1/8	0.9940	60	64.4	4.5	11:40	2:30
13/16	0.5185	68	147.5	10.4	12:10	3:00
9/16	0.2485	75	352.1	24.8	12:40	3:30
5/16	0.0767	102	1369.0	96.3	13:25	4:15
1/4	0.0491	123	2424.2	170.4	14:05	4:55
3/16	0.0276	128	4563.3	320.8	14:50	5:40

FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:41
 FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:20

CUADRO A-4-5

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C=0.45



FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg:² <> 35 kg/cm²) = 3:41

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg:² <> 250 kg/cm²) = 5:20

GRAFICO A-4-2

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.50

t. Inicio = 10:40

DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg. ²)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR (horas)
			(lb/pulg ²)	(kg/cm ²)		
1 1/8	0.9940	70	72.9	5.1	13:30	2:50
13/16	0.5185	75				
		110	219.9	15.5	14:00	3:20
		118				
		152	631.8	44.4	14:35	3:55
		162				
		151	1968.7	138.4	15:40	5:00
		151				
1/4	0.0491	154	3198.4	224.9	16:10	5:30
		160				
		120	4255.4	299.2	16:25	5:45
3/16	0.0276	115				

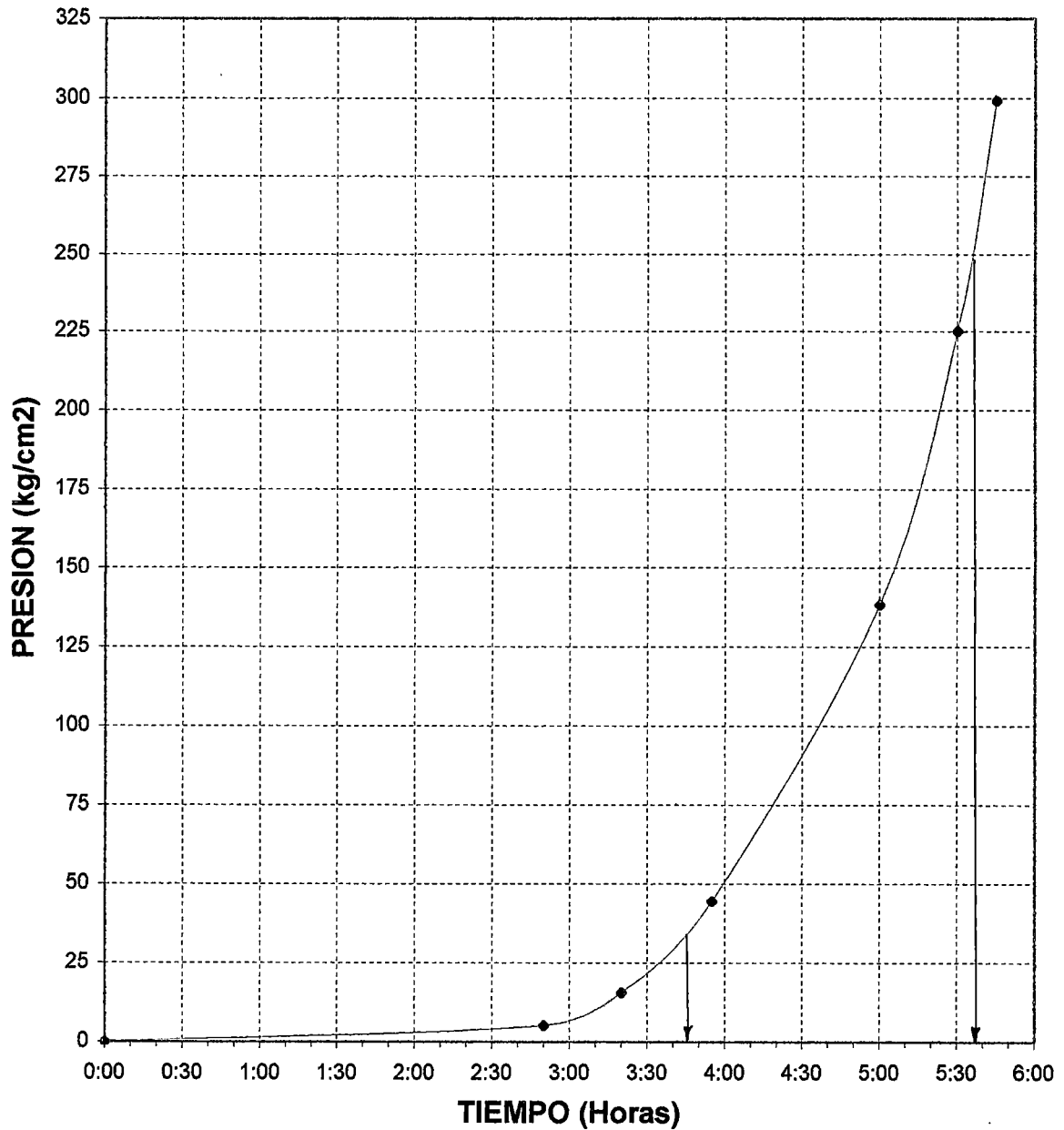
FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:46

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:37

CUADRO A-4-6

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C=0.50



FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg:² <> 35 kg/cm²) = 3:46

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg:² <> 250 kg/cm²) = 5:37

GRAFICO A-4-3

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C = 0.55

t. Inicio = 12:55

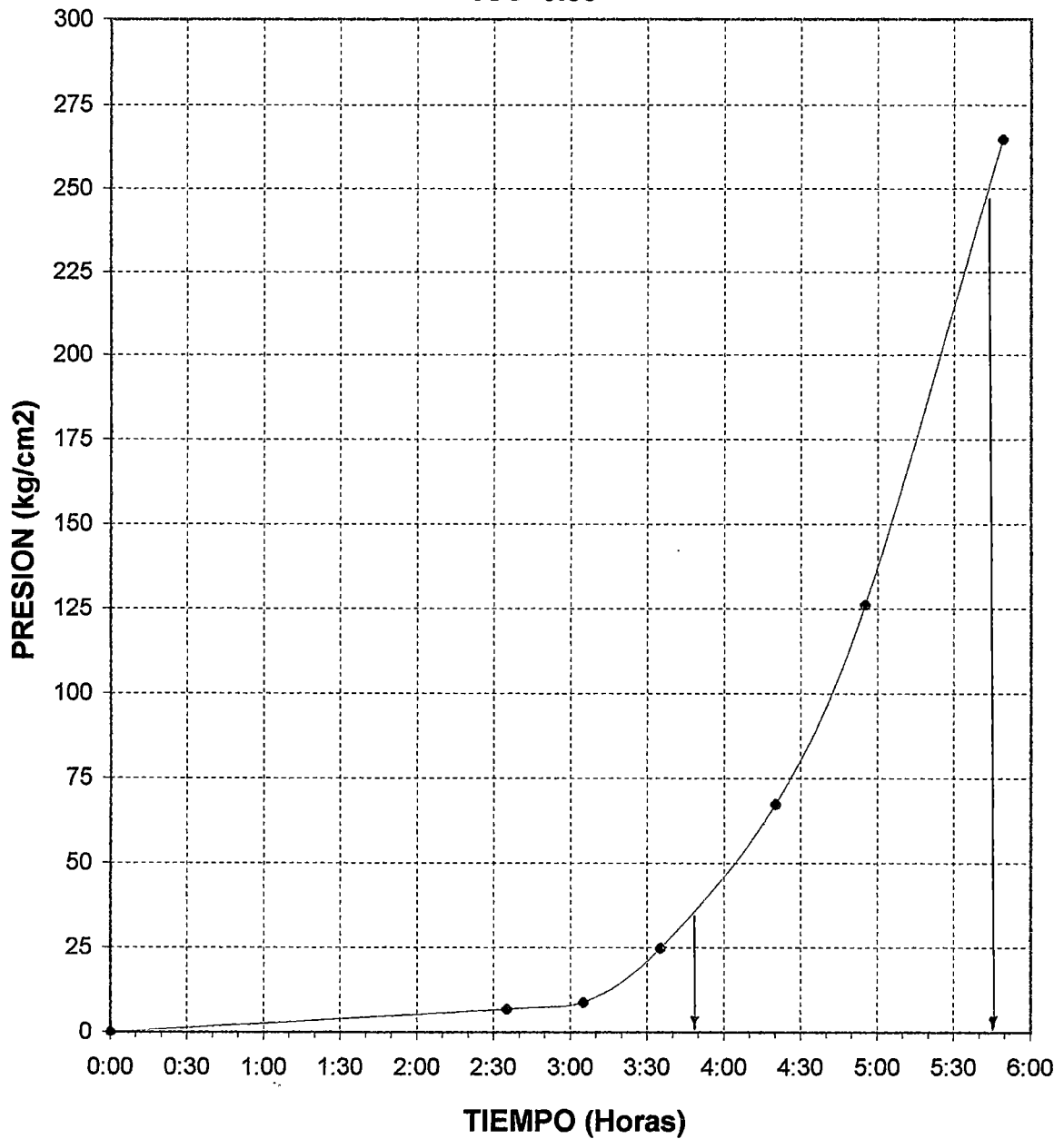
DIAMETRO AGUJA (pulg.)	AREA (pulg.2)	FUERZA (libras)	PRESION		HORA	TIEMPO TRANSCURR (horas)
			(lb/pulg2)	(kg/cm2)		
1 1/8	0.9940	95	97.1	6.8	15:30	2:35
13/16	0.5185	68	125.4	8.8	16:00	3:05
9/16	0.2485	62	354.1	24.9	16:30	3:35
5/16	0.0767	77	958.3	67.4	17:00	4:05
1/4	0.0491	88	1792.7	126.0	17:50	4:55
3/16	0.0276	104	3766.5	264.8	18:44	5:49

FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.^2 <> 35 kg/cm^2) = 3:49
 FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.^2 <> 250 kg/cm^2) = 5:45

CUADRO A-4-7

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

A/C=0.55



FRAGUADO INICIAL (500lb/pulg.² <> 35 kg/cm²) = 3:49

FRAGUADO FINAL (4000lb/pulg.² <> 250 kg/cm²) = 5:45

GRAFICO A-4-4

ENSAYO DE FLUIDEZ

RELACION a/c	MESA VIBRATORIA (cm)		PROMEDIO (gm)	% FLUIDEZ = $\frac{D-25}{25} \times 100$
0.40	42.10	42.00	42.20	68.67
	42.20	42.20	42.30	
0.45	44.50	44.62	44.12	77.29
	44.50	44.20	44.00	
0.50	45.50	45.40	45.60	80.47
	44.80	44.80	44.60	
0.55	45.00	45.80	45.50	81.40
	45.60	45.00	45.20	

CUADRO A-4-8

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.40

HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min) A	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml) B	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	2	2	0.2000
01:35	15	5	3	5	0.6000
01:45	25	10	5	10	0.5000
01:55	40	15	5	15	0.3330
02:25	60	20	4	19	0.2000
02:55	85	25	2	21	0.0800
03:25	120	35	1	22	0.0290
t. Inicio = 01:10					
<p>EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²)</p> <p>= $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}} = \frac{22 \text{ ml}}{(P) \times (25.4)^2 / 4} = 0.0434$</p>					

CUADRO A-4-9

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.45

t. Inicio = 11:40

HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min) A	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml) B	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	2	2	0.2000
01:35	15	5	4	6	0.8000
01:45	20	5	5	11	1.0000
01:55	40	20	6	17	0.3000
02:25	70	30	5	22	0.1670
02:55	100	30	4	26	0.1330
03:25	130	30	2	28	0.0670
<p>EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²)</p> <p>= $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}} = \frac{28 \text{ ml}}{(\text{PI} \times (25.4)^2) / 4} = 0.0553$</p>					

CUADRO A-4-10

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.50

t. Inicio = 11:40

HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min) A	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml) B	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	3	3	0.3000
01:35	15	5	5	8	1.0000
01:45	25	10	6	14	0.6000
01:55	50	25	7	21	0.2800
02:25	80	30	5	26	0.1670
02:55	110	30	4	30	0.1330
03:25	135	25	2	32	0.0800
EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²) = $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}} = \frac{32 \text{ ml}}{(PI \times (25.4)^2) / 4} = 0.0632$					

CUADRO A-4-11

ENSAYO DE EXUDACION

A/C = 0.55

HORA (hr:min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	TIEMPO PARCIAL (min) A	VOL. PARCIAL EXUDADO (ml) B	VOLUMEN ACUMULADO EXUDADO (ml)	VELOCIDAD DE EXUDACION ml/min = B/A
01:25	10	10	4	4	0.4000
01:35	15	5	5	9	1.0000
01:45	30	15	5	14	0.3330
01:55	60	30	7	21	0.2330
02:25	85	25	6	27	0.2400
02:55	130	45	4	31	0.0890
03:25	145	15	1	32	0.0670
EXUDACION POR UNIDAD DE AREA (ml/cm²) = $\frac{\text{VOL. TOTAL EXUDADO}}{\text{AREA DEL RECIPIENTE}}$ = $\frac{32 \text{ ml}}{(\text{PI} \times (25.4)^2) / 4}$ = 0.0632					

t. Inicio = 11:40

CUADRO A-4-12

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE

RELACION a/c	TANDAS							VOLUMEN 1 V1 = W2 / P.U.	% CONTENIDO DE AIRE = (V1 - V2) / V1 * 100
	MATERIALES	PESOS (KG)		PESOS ESPECIFICOS kg/m ³	(PU) PESO UNITARIO kg/m ³	VOLUMEN 2 = $\frac{W_{seco}(i)}{p_{especif}(i)}$			
		SECO	HUMEDO						
0.40	CEMENTO	25.50	25.50	3180		0.00802		0.039084	1.163
	AGUA	10.20	9.69	1000	2376.7	0.00969			
	ARENA	27.13	28.25	2620		0.01035			
	PIEDRA	29.37	29.45	2780		0.01057			
		W2 = 92.89			V2 =	0.03863			
0.45	CEMENTO	21.78	21.78	3180		0.00685		0.039172	1.452
	AGUA	9.92	9.26	1000	2376.7	0.00926			
	ARENA	29.09	30.39	2620		0.01110			
	PIEDRA	31.67	31.67	2780		0.01139			
		W2 = 93.10			V2 =	0.03860			
0.50	CEMENTO	18.80	18.80	3180		0.00591		0.039271	1.996
	AGUA	9.38	8.82	1000	2375.3	0.00882			
	ARENA	30.79	32.10	2620		0.01175			
	PIEDRA	33.37	33.56	2780		0.01200			
		W2 = 93.28			V2 =	0.03849			
0.55	CEMENTO	16.73	16.73	3180		0.00526		0.039225	1.786
	AGUA	9.27	8.60	1000	2378.1	0.00860			
	ARENA	31.94	33.28	2620		0.01219			
	PIEDRA	34.67	34.67	2780		0.01247			
		W2 = 93.28			V2 =	0.03852			

CUADRO A-4-13

CUADROS DE ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)**A/C = 0.40****CUADRO A-4-14**

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.240	30.4	15.30	511	183.85	274.0	273.0
	2	13.260	30.5	15.37	516	185.54	274.1	
	3	13.300	30.5	15.30	505	183.85	270.8	
14	1	13.300	30.6	15.24	566	182.42	305.8	308.7
	2	13.300	30.5	15.18	571	180.98	311.0	
	3	13.280	30.5	15.18	568	180.98	309.4	
42	1	13.300	30.5	15.24	681	182.42	368.0	370.2
	2	13.280	30.5	15.18	689	180.98	375.0	
	3	13.350	30.4	15.18	675	180.98	367.6	

CUADRO A-4-14

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.24	30.4	15.30	680	183.85	364.6	361.0
	2	13.26	30.5	15.24	669	182.42	361.5	
	3	13.28	30.5	15.30	666	183.85	357.1	
	4	13.27	30.6	15.30	648	183.85	347.4	349.3
	5	13.35	30.4	15.24	645	182.42	348.5	
	6	13.26	30.5	15.18	646	180.98	351.8	
	7	13.36	30.5	15.18	657	180.98	357.8	362.1
	8	13.29	30.5	15.24	681	182.42	368.0	
	9	13.32	30.5	15.18	662	180.98	360.6	
	10	13.34	30.6	15.24	659	182.42	356.1	359.0
	11	13.35	30.5	15.24	658	182.42	355.5	
	12	13.34	30.4	15.24	676	182.42	365.3	
	13	13.36	30.5	15.24	660	182.42	356.6	355.8
	14	13.28	30.4	15.24	640	182.42	345.8	
	15	13.30	30.6	15.18	670	180.98	364.9	
	16	13.30	30.5	15.24	671	182.42	362.6	361.2
	17	13.29	30.6	15.18	674	180.98	367.1	
	18	13.32	30.5	15.24	655	182.42	353.9	
	19	13.35	30.4	15.18	655	180.98	356.7	364.1
	20	13.26	30.4	15.18	676	180.98	368.2	
	21	13.36	30.6	15.24	680	182.42	367.4	
	22	13.29	30.6	15.24	634	182.42	342.6	351.1
	23	13.32	30.5	15.18	650	180.98	354.0	
	24	13.34	30.5	15.18	655	180.98	356.7	
	25	13.35	30.5	15.24	645	182.42	348.5	343.5
	26	13.34	30.4	15.30	628	183.85	336.7	
	27	13.35	30.4	15.30	644	183.85	345.3	
	28	13.34	30.6	15.37	684	185.54	363.4	363.0
	29	13.36	30.7	15.30	675	183.85	361.9	
	30	13.28	30.5	15.24	673	182.42	363.7	
	31	13.30	30.6	15.24	676	182.42	365.3	361.4
	32	13.30	30.5	15.37	673	185.54	357.5	
PROMEDIO								357.3

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)

A/C = 0.45

CUADRO A-4-15

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.220	30.4	15.24	460	182.42	248.6	245.4
	2	13.250	30.5	15.30	450	183.85	241.3	
	3	13.280	30.5	15.24	456	182.42	246.4	
14	1	13.200	30.6	15.24	532	182.42	287.5	289.9
	2	13.300	30.5	15.18	538	180.98	293.0	
	3	13.280	30.5	15.24	535	182.42	289.1	
42	1	13.280	30.5	15.24	626	182.42	338.3	336.2
	2	13.300	30.5	15.30	630	183.85	337.8	
	3	13.260	30.4	15.30	621	183.85	332.7	

CUADRO A-4-15

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.28	30.4	15.180	591	180.98	321.9	321.9
	2	13.26	30.5	15.240	591	182.42	319.3	
	3	13.32	30.5	15.180	596	180.98	324.6	
	4	13.34	30.5	15.300	596	183.85	319.5	318.6
	5	13.35	30.4	15.180	594	180.98	323.5	
	6	13.34	30.4	15.240	579	182.42	312.9	
	7	13.35	30.6	15.300	605	183.85	324.4	320.5
	8	13.34	30.7	15.240	590	182.42	318.8	
	9	13.36	30.5	15.300	594	183.85	318.5	
	10	13.28	30.6	15.180	588	180.98	320.3	319.8
	11	13.30	30.5	15.300	600	183.85	321.7	
	12	13.30	30.4	15.300	592	183.85	317.4	
	13	13.29	30.5	15.180	618	180.98	336.6	330.0
	14	13.32	30.4	15.240	604	182.42	326.4	
	15	13.28	30.6	15.300	610	183.85	327.0	
	16	13.30	30.5	15.240	586	182.42	316.6	319.3
	17	13.29	30.6	15.180	584	180.98	318.1	
	18	13.32	30.5	15.240	598	182.42	323.1	
	19	13.34	30.4	15.240	590	182.42	318.8	318.4
	20	13.35	30.4	15.180	592	180.98	322.4	
	21	13.34	30.6	15.240	581	182.42	313.9	
	22	13.36	30.6	15.180	579	180.98	315.3	318.5
	23	13.28	30.5	15.240	587	182.42	317.2	
	24	13.30	30.5	15.180	593	180.98	323.0	
	25	13.30	30.6	15.240	595	182.42	321.5	316.7
	26	13.26	30.4	15.300	583	183.85	312.6	
	27	13.36	30.5	15.240	585	182.42	316.1	
	28	13.29	30.5	15.110	590	179.32	324.3	319.6
	29	13.32	30.5	15.240	588	182.42	317.7	
	30	13.25	30.5	15.240	586	182.42	316.6	
	31	13.26	30.6	15.300	586	183.85	314.2	316.1
	32	13.27	30.5	15.180	584	180.98	318.1	
PROMEDIO								320.1

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)
A/C = 0.50

CUADRO A-4-16

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.200	30.4	15.24	393	182.42	212.4	208.0
	2	13.260	30.5	15.37	382	185.54	202.9	
	3	13.280	30.5	15.30	389	183.85	208.6	
14	1	13.200	30.6	15.18	457	180.98	248.9	245.0
	2	13.180	30.5	15.18	442	180.98	240.5	
	3	13.250	30.5	15.18	451	180.98	245.6	
42	1	13.280	30.5	15.24	564	182.42	304.8	303.4
	2	13.290	30.5	15.30	560	183.85	300.2	
	3	13.260	30.4	15.30	569	183.85	305.1	

CUADRO A-4-16

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.32	30.5	15.180	520	180.98	283.2	282.8
	2	13.34	30.6	15.300	528	183.85	283.1	
	3	13.35	30.5	15.240	522	182.42	282.1	
	4	13.34	30.4	15.300	524	183.85	280.9	283.5
	5	13.36	30.4	15.240	522	182.42	282.1	
	6	13.28	30.6	15.180	528	180.98	287.6	
	7	13.30	30.3	15.240	490	182.42	264.8	270.3
	8	13.34	30.6	15.180	496	180.98	270.1	
	9	13.36	30.6	15.180	507	180.98	276.1	
	10	13.26	30.5	15.300	498	183.85	267.0	271.3
	11	13.27	30.5	15.240	506	182.42	273.4	
	12	13.29	30.4	15.180	502	180.98	273.4	
	13	13.28	30.5	15.240	531	182.42	286.9	283.0
	14	13.27	30.4	15.180	514	180.98	279.9	
	15	13.35	30.6	15.110	513	179.32	282.0	
	16	13.26	30.5	15.370	513	185.54	272.5	275.8
	17	13.36	30.6	15.300	520	183.85	278.8	
	18	13.32	30.5	15.300	515	183.85	276.1	
	19	13.35	30.4	15.240	516	182.42	278.8	275.4
	20	13.34	30.4	15.240	500	182.42	270.2	
	21	13.36	30.6	15.180	509	180.98	277.2	
	22	13.28	30.6	15.240	513	182.42	277.2	278.6
	23	13.30	30.5	15.240	510	182.42	275.6	
	24	13.36	30.5	15.240	524	182.42	283.1	
	25	13.28	30.5	15.240	502	182.42	271.3	277.6
	26	13.30	30.4	15.180	529	180.98	288.1	
	27	13.34	30.4	15.240	506	182.42	273.4	
	28	13.36	30.6	15.180	518	180.98	282.1	277.4
	29	13.26	30.7	15.180	510	180.98	277.8	
	30	13.30	30.5	15.300	508	183.85	272.4	
	31	13.34	30.6	15.300	513	183.85	275.0	278.6
	32	13.36	30.5	15.180	518	180.98	282.1	
PROMEDIO							277.6	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)
A/C = 0.55

CUADRO A-4-17

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
7	1	13.220	30.4	15.24	346	182.42	187.0	183.9
	2	13.250	30.5	15.24	344	182.42	185.9	
	3	13.280	30.5	15.24	331	182.42	178.9	
14	1	13.200	30.6	15.24	387	182.42	209.1	215.1
	2	13.300	30.5	15.18	407	180.98	221.7	
	3	13.280	30.5	15.24	397	182.42	214.5	
42	1	13.280	30.5	15.24	506	182.42	273.4	272.7
	2	13.300	30.5	15.18	501	180.98	272.9	
	3	13.260	30.4	15.18	499	180.98	271.8	

CUADRO A-4-17

EDAD (días)	N°	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (KN)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
			ALTURA	DIAMETRO				
28	1	13.28	30.4	15.300	464	183.85	248.8	241.6
	2	13.26	30.5	15.300	442	183.85	237.0	
	3	13.27	30.5	15.300	446	183.85	239.1	
	4	13.29	30.5	15.240	468	182.42	252.9	250.1
	5	13.28	30.4	15.180	457	180.98	248.9	
	6	13.27	30.4	15.240	460	182.42	248.6	244.8
	7	13.35	30.6	15.240	451	182.42	243.7	
	8	13.26	30.7	15.240	459	182.42	248.0	
	9	13.36	30.5	15.240	449	182.42	242.6	251.7
	10	13.29	30.6	15.180	469	180.98	255.4	
	11	13.32	30.5	15.180	460	180.98	250.5	
	12	13.34	30.4	15.240	461	182.42	249.1	246.7
	13	13.35	30.5	15.370	452	185.54	240.1	
	14	13.34	30.4	15.180	463	180.98	252.2	
	15	13.36	30.6	15.180	455	180.98	247.8	247.7
	16	13.28	30.5	15.240	449	182.42	242.6	
	17	13.30	30.6	15.180	458	180.98	249.4	
	18	13.32	30.5	15.180	461	180.98	251.1	239.4
	19	13.25	30.5	15.370	447	185.54	237.5	
	20	13.26	30.5	15.240	438	182.42	236.7	
	21	13.32	30.6	15.180	448	180.98	244.0	237.1
	22	13.34	30.4	15.370	449	185.54	238.5	
	23	13.35	30.5	15.300	435	183.85	233.2	
	24	13.34	30.5	15.300	447	183.85	239.7	245.3
	25	13.35	30.5	15.300	457	183.85	245.0	
	26	13.34	30.4	15.370	464	185.54	246.5	
	27	13.36	30.4	15.240	452	182.42	244.2	249.9
	28	13.28	30.6	15.180	467	180.98	254.3	
	29	13.30	30.7	15.240	451	182.42	243.7	
	30	13.30	30.5	15.240	466	182.42	251.8	247.4
	31	13.29	30.6	15.240	452	182.42	244.2	
	32	13.32	30.5	15.180	460	180.98	250.5	
PROMEDIO								245.6

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
INCREMENTOS PORCENTUALES A LOS 28 DIAS**

CUADRO A-4-18

RELACION a/c	EDAD	f _c (kg/cm ²)	INCREMENTO PORCENTUAL RESPECTO A LOS 28 DIAS
0.40	7	275.5	78.50
	14	316.2	89.20
	28	359.4	100.00
	42	371.2	104.00
0.45	7	240.7	77.00
	14	279.0	88.50
	28	316.6	100.00
	42	335.2	105.60
0.50	7	210.3	76.00
	14	246.2	87.80
	28	278.9	100.00
	42	302.7	107.00
0.55	7	183.7	74.77
	14	217.2	86.80
	28	245.7	100.00
	42	273.4	108.50

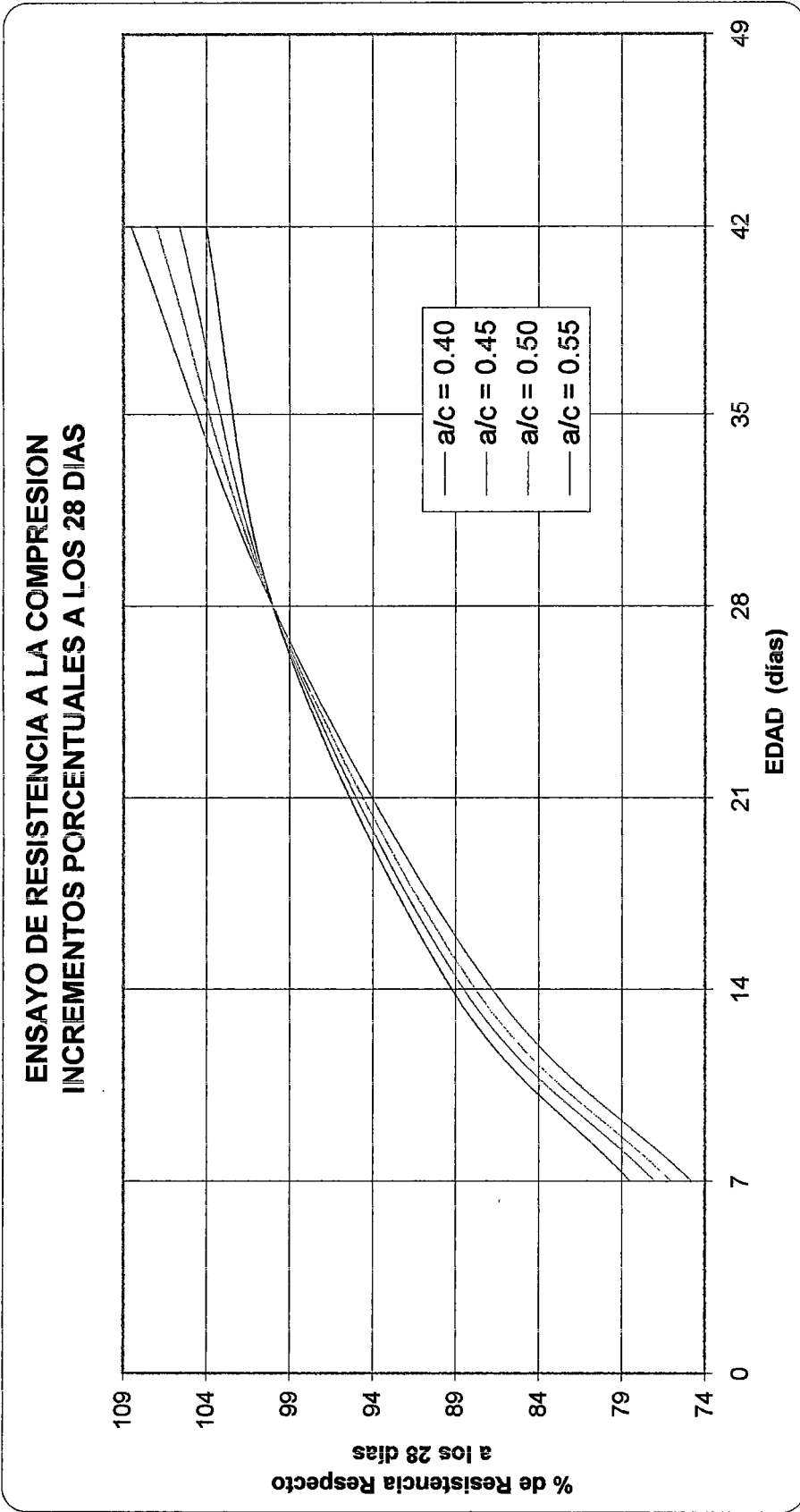


GRAFICO A-4-5

TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO TIPO V, PARA A/C DE 0.40 A 0.55"

**ENSAYO DE RESISTENCIAS A LA TRACCION (ft)
POR COMPRESION DIAMETRAL - METODO BRASILEÑO
EDAD : 28 DIAS**

CUADRO A-4-19

A/C	PESO (kg)	DIMENSIONES		CARGA MAXIMA (KN)	RESISTENCIA R=2P/nDL (kg/cm ²)	fl. PROMEDIO (Kg/cm ²)
		ALTURA (cm)	DIAMETRO (pulg)			
0.40	13.34	30.5	5.950	185	39.6	38.4
	13.36	30.5	6.000	177	37.5	
	13.28	30.6	6.000	180	38.0	
0.45	13.30	30.4	5.950	176	37.8	35.4
	13.36	30.7	5.975	160	33.8	
	13.28	30.5	5.975	163	34.7	
0.50	13.30	30.5	5.975	158	33.6	33.5
	13.34	30.5	5.975	151	32.2	
	13.36	30.6	6.000	164	34.7	
0.55	13.26	30.7	6.000	150	31.6	31.8
	13.30	30.6	5.975	148	31.4	
	13.34	30.6	5.975	153	32.5	

LEYENDA:

CEMENTO : ANDINO TIPO V
 ARENA : CANTERA "SAN MARTIN"
 PIEDRA : CHANCADA - CANTERA "LA GLORIA"

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICO ESTATICO (para 28 días)

IDENTIFICACION = MEE-040
FECHA DE ENSAYO = 26/06/1998

CUADRO A-4-20

a/c = 0.40					
CARGA (kg)	fc (kg/cm ²)	LECTURA (dial)	LECTURA CORREGIDA	DEFORMACION UNITARIA	D U x 10 ⁻⁴
0	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00
2000	11.6256	0.393701	0.000050	0.000005	0.05
4000	23.2513	0.787402	0.000100	0.000010	0.10
6000	34.8769	1.574803	0.000200	0.000020	0.20
8000	46.5026	1.968504	0.000250	0.000025	0.25
10000	58.1282	2.755906	0.000350	0.000035	0.35
12000	69.7539	6.299213	0.000800	0.000080	0.80
14000	81.3795	9.448819	0.001200	0.000120	1.20
16000	93.0052	13.385827	0.001700	0.000170	1.70
18000	104.6308	16.929134	0.002150	0.000215	2.15
20000	116.2564	20.866142	0.002650	0.000265	2.65
22000	127.8821	25.196850	0.003200	0.000320	3.20
24000	139.5077	29.133858	0.003700	0.000370	3.70
26000	151.1334	33.070866	0.004200	0.000420	4.20
28000	162.7590	37.795276	0.004800	0.000480	4.80
30000	174.3847	42.125984	0.005350	0.000535	5.35
32000	186.0103	46.850394	0.005950	0.000595	5.95
34000	197.6360	53.543307	0.006800	0.000680	6.80
36000	209.2616	56.299213	0.007150	0.000715	7.15
38000	220.8873	61.417323	0.007800	0.000780	7.80

Carga Máx. = 60915 kg e2 = 3.792 x 10⁻⁴ cm
 Diametro = 14.800 cm S1 = 62.003 kg/cm²
 Area = 172.033 cm² e1 = 0.00005 cm
 Rotura = 354.090 kg/cm²
 S2=0.40x²fc= 141.636 kg/cm²

M.E.E. = 241931.54 kg/cm²

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICO ESTATICO (para 28 días)

IDENTIFICACION = MEE-045
FECHA DE ENSAYO = 26/06/1998

CUADRO A-4-21

a/c = 0.45					
CARGA (kg)	fc (kg/cm ²)	LECTURA (dial)	LECTURA CORREGIDA	DEFORMACION UNITARIA	D.U. x 10 ⁻⁴
0	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00
2000	11.4701	3.149606	0.000400	0.000040	0.40
4000	22.9402	6.299213	0.000800	0.000080	0.80
6000	34.4104	11.417323	0.001450	0.000145	1.45
8000	45.8805	15.354331	0.001950	0.000195	1.95
10000	57.3506	18.897638	0.002400	0.000240	2.40
12000	68.8207	22.440945	0.002850	0.000285	2.85
14000	80.2908	26.377953	0.003350	0.000335	3.35
16000	91.7610	30.314961	0.003850	0.000385	3.85
18000	103.2311	34.251969	0.004350	0.000435	4.35
20000	114.7012	38.582677	0.004900	0.000490	4.90
22000	126.1713	42.519685	0.005400	0.000540	5.40
24000	137.6414	46.850394	0.005950	0.000595	5.95
26000	149.1116	51.968504	0.006600	0.000660	6.60
28000	160.5817	57.086614	0.007250	0.000725	7.25
30000	172.0518	62.204724	0.007900	0.000790	7.90
32000	183.5219	66.535433	0.008450	0.000845	8.45
34000	194.9920	73.228347	0.009300	0.000930	9.30
36000	206.4622	77.952756	0.009900	0.000990	9.90
38000	217.9323	83.858268	0.010650	0.001065	10.65

Carga Máx.= 58649 kg e2 = 5.801 x 10⁻⁴ cm
 Diametro = 14.900 cm S1 = 8.190 kg/cm²
 Area = 174.366 cm² e1 = 0.00005 cm
 Rotura = 336.356 kg/cm²
 S2=0.40x fc= 134.543 kg/cm²

M.E.E. = 238337.79 kg/cm²

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICO ESTATICO (para 28 días)

IDENTIFICACION = MEE-050
FECHA DE ENSAYO = 26/06/1998

CUADRO A-4-22

a/c = 0.50					
CARGA (kg)	fc (kg/cm ²)	LECTURA (dia)	LECTURA CORREGIDA	DEFORMACION UNITARIA	D.U. x 10 ⁻⁴
0	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00
2000	11.3177	3.149606	0.000400	0.000040	0.40
4000	22.6354	6.299213	0.000800	0.000080	0.80
6000	33.9531	9.448819	0.001200	0.000120	1.20
8000	45.2708	13.385827	0.001700	0.000170	1.70
10000	56.5885	17.716535	0.002250	0.000225	2.25
12000	67.9062	20.866142	0.002650	0.000265	2.65
14000	79.2239	22.440945	0.002850	0.000285	2.85
16000	90.5416	28.346457	0.003600	0.000360	3.60
18000	101.8592	32.677165	0.004150	0.000415	4.15
20000	113.1769	37.007874	0.004700	0.000470	4.70
22000	124.4946	40.157480	0.005100	0.000510	5.10
24000	135.8123	45.275591	0.005750	0.000575	5.75
26000	147.1300	50.393701	0.006400	0.000640	6.40
28000	158.4477	55.511811	0.007050	0.000705	7.05
30000	169.7654	60.629921	0.007700	0.000770	7.70
32000	181.0831	64.960630	0.008250	0.000825	8.25
34000	192.4008	71.653543	0.009100	0.000910	9.10
36000	203.7185	76.377953	0.009700	0.000970	9.70
38000	215.0362	82.283465	0.010450	0.001045	10.45

Carga Máx.= 49285 kg e2 = 4.621 x 10⁻⁴ cm
 Diametro = 15.000 cm S1 = 14.147 kg/cm²
 Area = 176.714 cm² e1 = 0.00005 cm
 Rotura = 278.896 kg/cm²
 S2=0.40xf'c= 111.559 kg/cm²

M.E.E. = 236357.98 kg/cm²

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICO ESTATICO (para 28 días)

IDENTIFICACION = MEE-055
FECHA DE ENSAYO = 26/06/1998

CUADRO A-4-23

a/c = 0.55					
CARGA (kg)	f_c (kg/cm ²)	LECTURA (dial)	LECTURA CORREGIDA	DEFORMACION UNITARIA	D.U $\times 10^{-4}$
0	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00
2000	11.0218	2.283465	0.000290	0.000029	0.29
4000	22.0436	5.590551	0.000710	0.000071	0.71
6000	33.0655	8.740157	0.001110	0.000111	1.11
8000	44.0873	12.519685	0.001590	0.000159	1.59
10000	55.1091	15.118110	0.001920	0.000192	1.92
12000	66.1309	18.976378	0.002410	0.000241	2.41
14000	77.1527	21.968504	0.002790	0.000279	2.79
16000	88.1746	26.929134	0.003420	0.000342	3.42
18000	99.1964	31.574803	0.004010	0.000401	4.01
20000	110.2182	36.220472	0.004600	0.000460	4.60
22000	121.2400	41.181102	0.005230	0.000523	5.23
24000	132.2618	45.275591	0.005750	0.000575	5.75
26000	143.2837	51.181102	0.006500	0.000650	6.50
28000	154.3055	55.905512	0.007100	0.000710	7.10
30000	165.3273	61.417323	0.007800	0.000780	7.80
32000	176.3491	65.748032	0.008350	0.000835	8.35
34000	187.3709	73.228347	0.009300	0.000930	9.30
36000	198.3928	77.952756	0.009900	0.000990	9.90
38000	209.4146	83.070866	0.010550	0.001055	10.55

Carga Máx.= 45342.2 kg $e_2 = 4.050 \times 10^{-4}$ cm
 Diametro = 15.20 cm $S_1 = 16.533$ kg/cm²
 Area = 181.458 cm² $e_1 = 0.00005$ cm
 Rotura = 249.877 kg/cm²
 $S_2 = 0.40 \times f_c = 99.951$ kg/cm²

M.E.E. = 234955.11 kg/cm²

**VALORES COMPARATIVOS DE MODULO ELASTICO
(PARA 28 DIAS)**

CUADRO A-4-24

RELACION a/c	PROMEDIO f_{cr} (kg/cm ²)	NORMA ASTM 649-94 (LABORATORIO) x 105 kg/cm ²	NORMA PERUANA E-060 $15000 \times (f_{cr})^{1/2}$ x 105 kg/cm ²
0.40	354.09	2.42	2.82
0.45	336.36	2.38	2.75
0.50	278.90	2.36	2.51
0.55	249.88	2.35	2.37

GRAFICOS DEL ENSAYO
MODULO ELASTICO ESTATICO

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO

(a/c=0.40 - EDAD: 28 días)

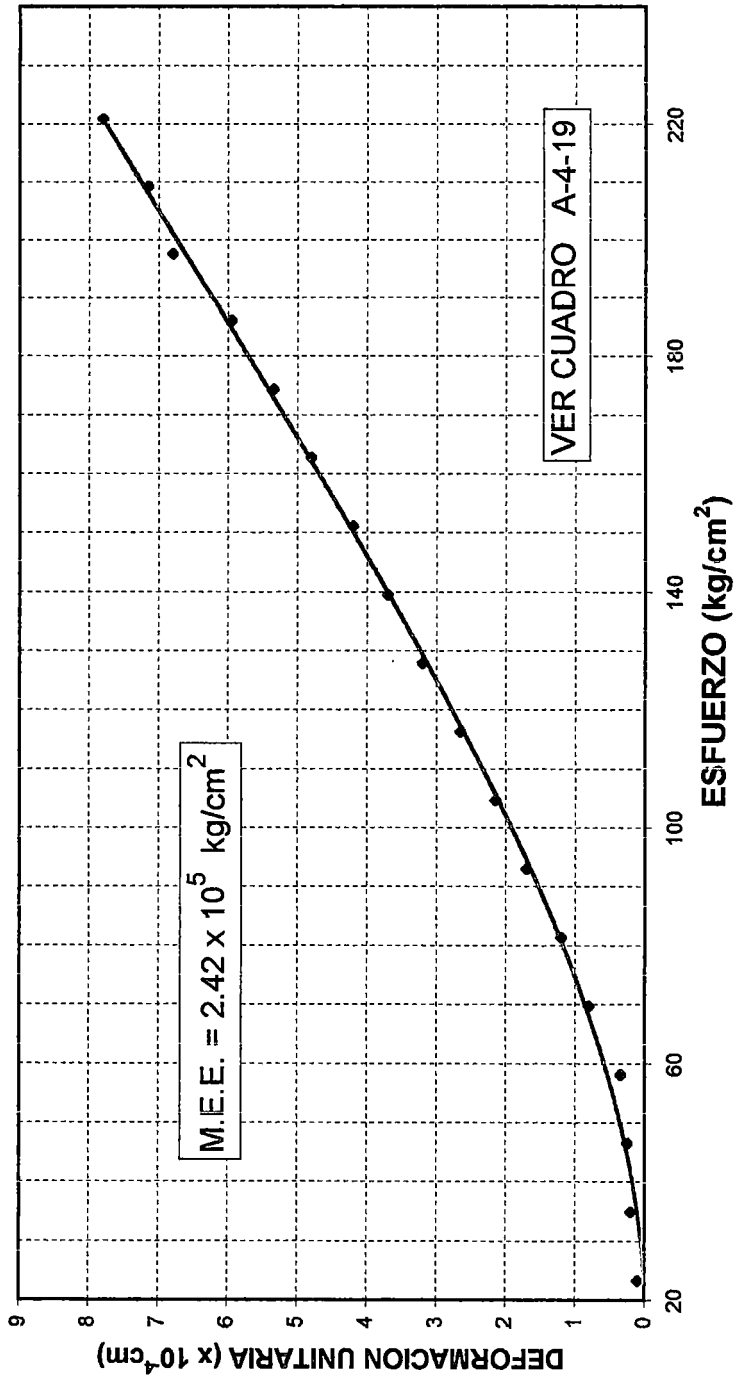


GRAFICO A-4-1

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO

(a/c=0.45 - EDAD: 28 días)

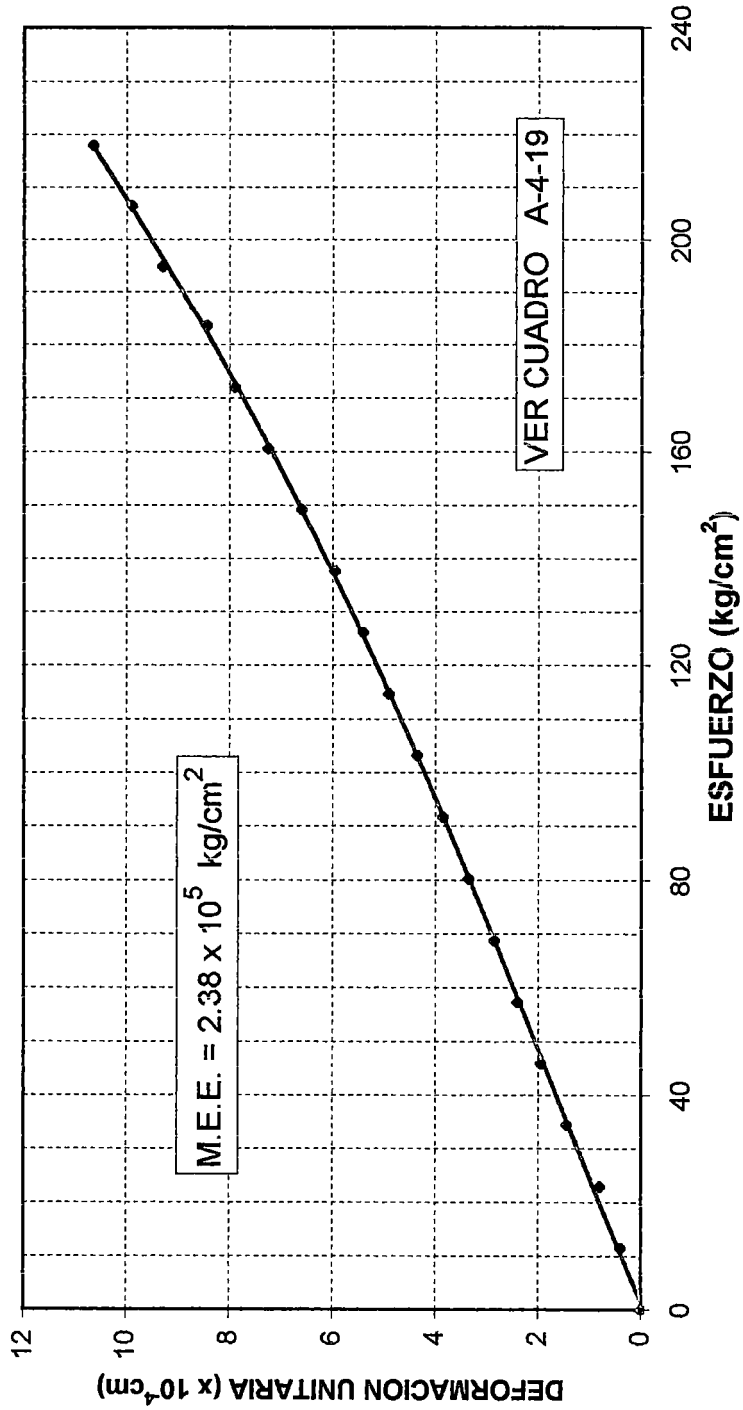


GRAFICO A-4-2

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO

(a/c=0.50 - EDAD: 28 días)

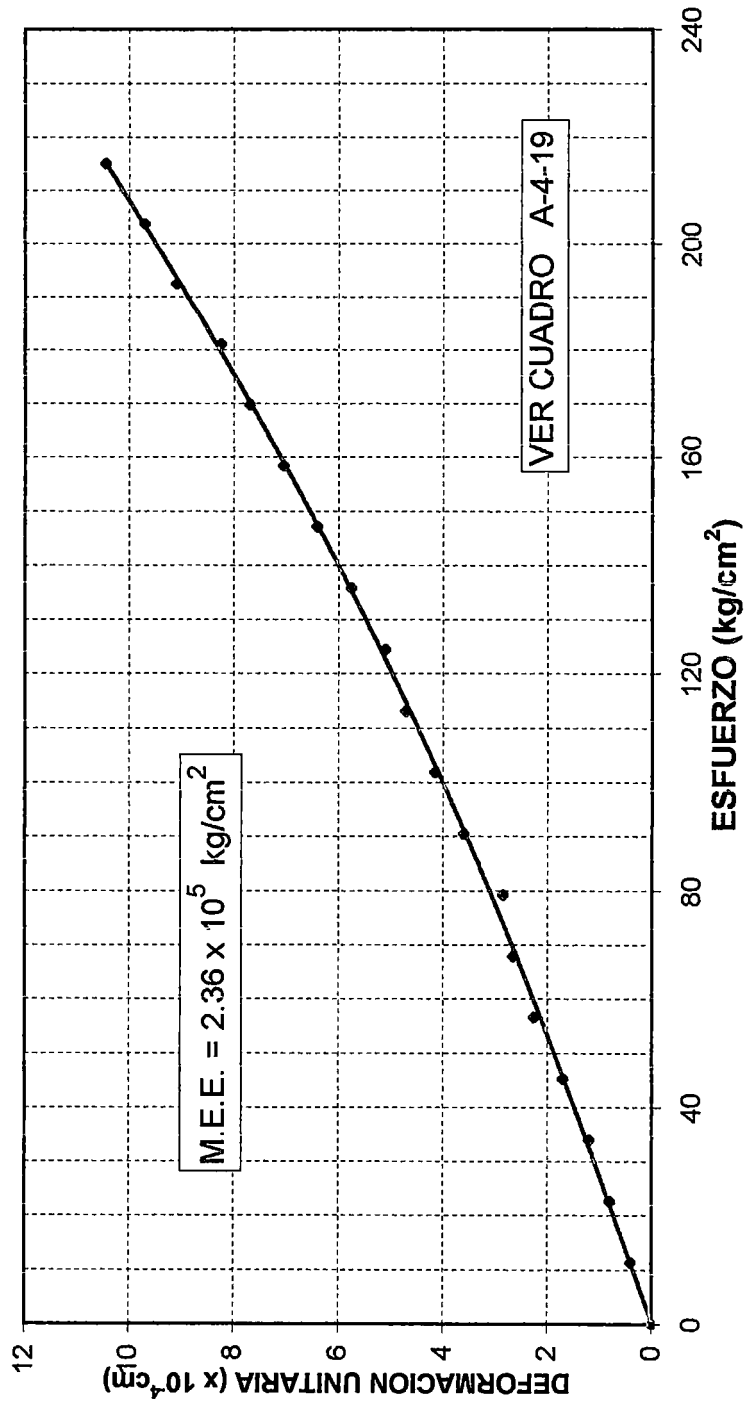


GRAFICO A-4-3

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO

(a/c=0.55 - EDAD: 28 días)

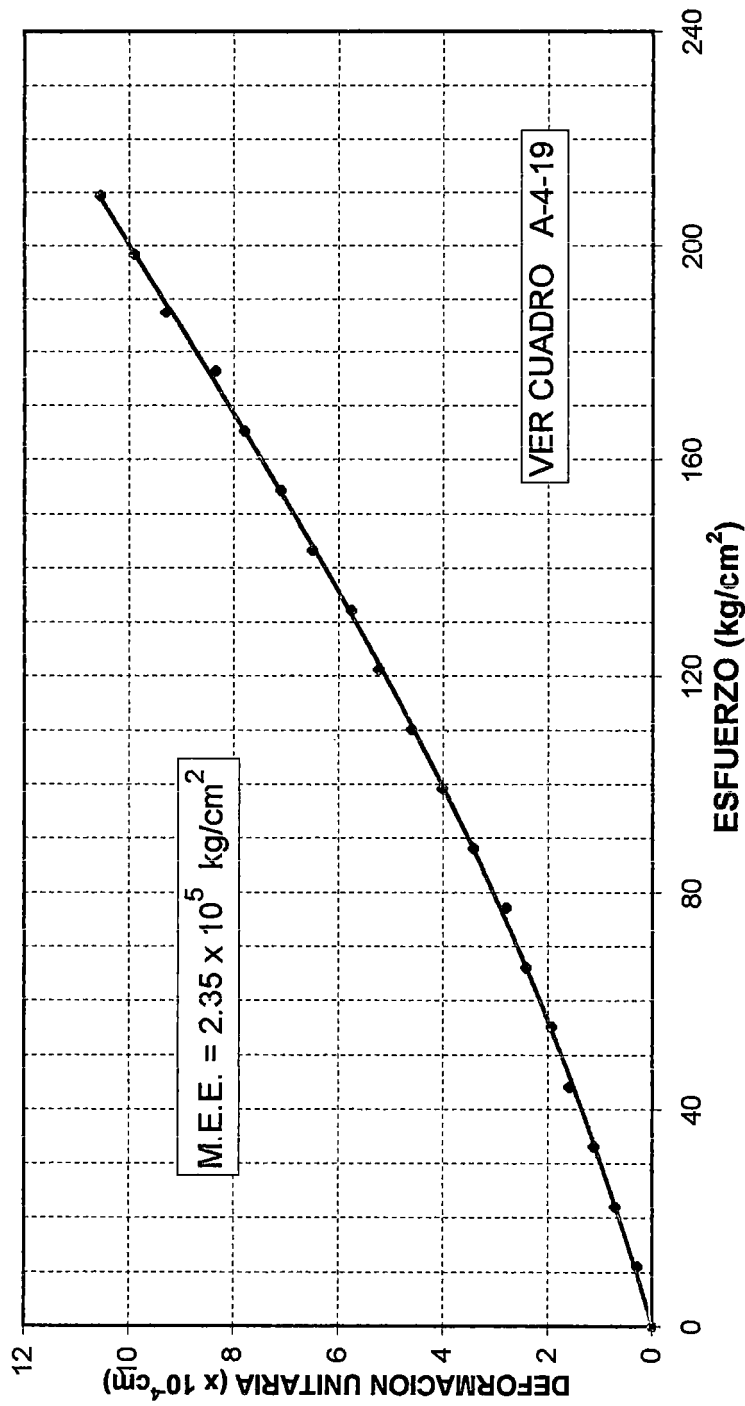


GRAFICO A-4-4

ANEXO V

ANEXO V

ANALISIS ESTADISTICO DE REGRESION Y CORRELACION

GENERALIDADES

El análisis de regresión y de correlación muestra cómo determinar, tanto la naturaleza como la fuerza de la relación existente entre dos variables. Se podrá predecir, con alguna precisión, el valor de una variable desconocida, basado en observaciones pasadas de esa variable u otra.

En el ANÁLISIS DE REGRESIÓN se desarrolla una ECUACION DE ESTIMACION, es decir, una fórmula matemática que relaciona las variables conocidas con la variable desconocida.

Luego, el ANALISIS DE CORRELACION determinará, el grado en el cual se relacionan las variables. Es decir establece, que acercamiento describe la relación de ecuación estimada.

Los estadísticos establecieron el término REGRESION MULTIPLE, para describir, el proceso mediante el cual se usan variables (independientes) para predecir otras variables (dependientes).

TIPOS DE RELACIONES

Los análisis de regresión y correlación están basados en la relación o asociación entre dos o más variables. La variable (o variables) conocida (s) se denomina variable (o variables) independiente (s). La variable que se está tratando de predecir es la variable dependiente.

En regresión, se puede tener sólo una variable dependiente en la ecuación de estimación. Sin embargo, se puede usar más de una variable independiente. A menudo cuando se agregan variables independientes, se mejora la precisión de la predicción, denominándose éste proceso: Regresión Múltiple.

Frecuentemente, se encuentra una relación causal entre las variables independientes que "causan" el cambio de la variable dependiente.

En muchos casos, algún otro factor causa el cambio tanto en la variable dependiente como en la independiente.

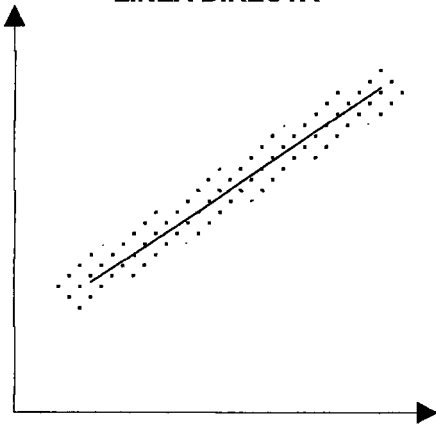
Por ejemplo, se puede estar en condiciones de predecir la demanda de la construcción con material noble a partir del avance de la investigación del concreto, pero, no se puede decir, que lo uno es causado por el otro. Se puede apreciar que la demanda de la construcción, como el avance de la investigación, es causada por otro factor, tal como el nivel de ingresos disponibles.

Por esta razón es importante que se considere las relaciones que se encuentre por regresión como una relación de asociación, pero no necesariamente de causa y efecto.

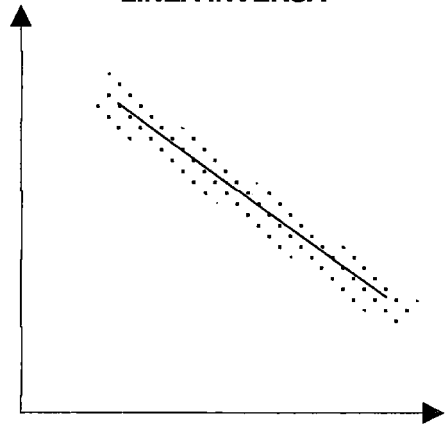
DIAGRAMAS DISPERSOS

El primer paso para determinar si hay una relación entre dos variables es examinar el gráfico de los otros datos observados (o conocidos). Este gráfico o mapa se denomina un DIAGRAMA DISPERSO. Un diagrama disperso puede dar dos tipos de información:

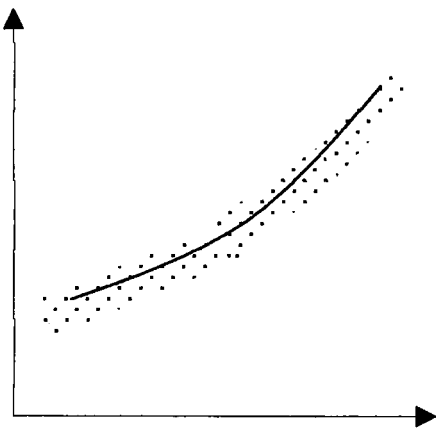
- a) Visualmente, se puede buscar por patrones que indican que las variables están relacionadas.
- b) Si las variables están relacionadas, se puede ver que clase de línea o ecuación estimada describe esta relación.

LINEA DIRECTA

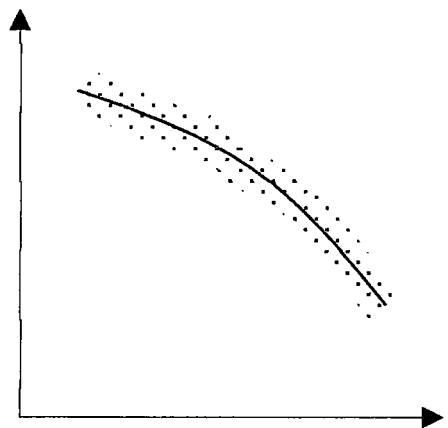
(a)

LINEA INVERSA

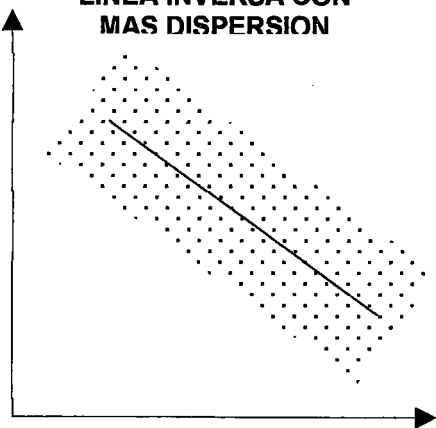
(b)

CURVA DIRECTA

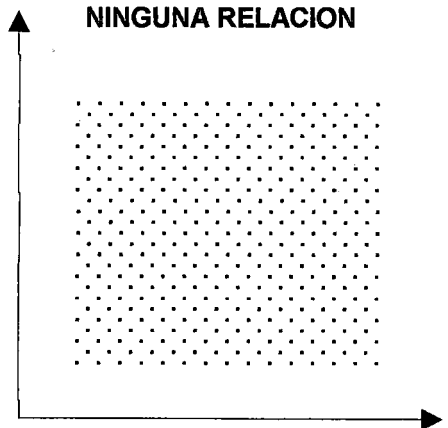
(c)

CURVA INVERSA

(d)

**LINEA INVERSA CON
MAS DISPERSION**

(e)

NINGUNA RELACION

(f)

ESTIMACION USANDO LA REGRESION LINEAL

Cuando en los diagramas dispersos (fig. A-5-1) se visualiza los datos puntuales distribuidos en forma lineal, entonces estos pueden "ajustarse" a una línea de regresión en una forma más precisa usando una ecuación que relaciona matemáticamente las dos variables (relación lineal entre dos variables).

$$\bar{Y} = A + B * X$$

↑ ↑ ↑ ↑
 Variable Intercepto pendiente Variable
 Dependiente "Y" de la línea Independiente.

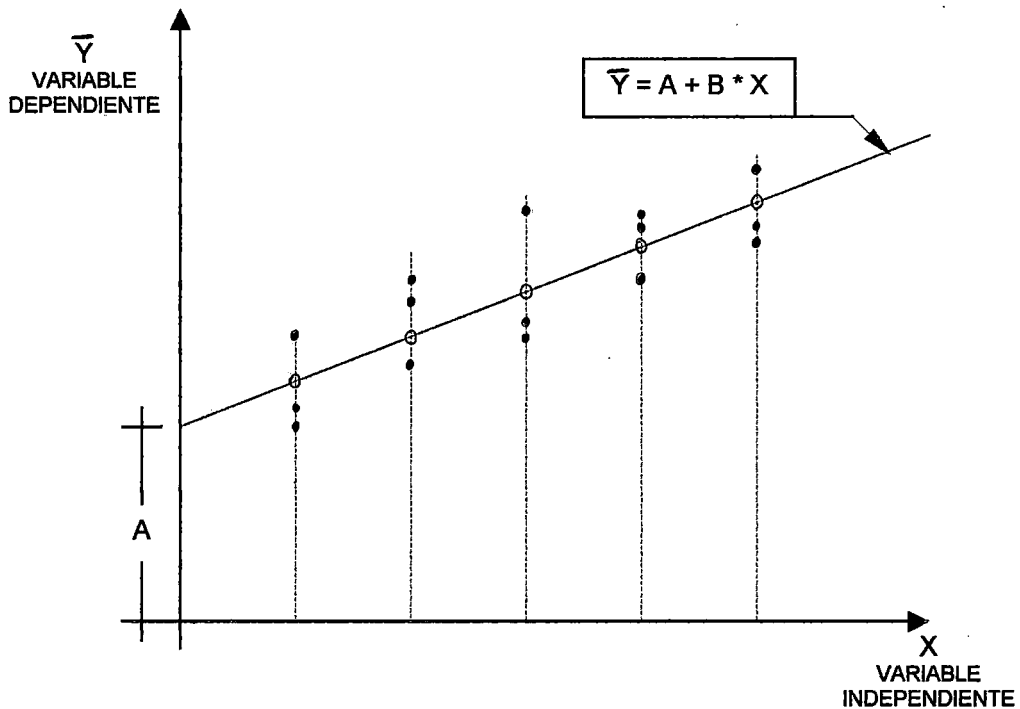


FIGURA A-5-1

METODOS DE LOS MINIMOS CUADRADOS

Para calcular la ecuación de una línea que se traza a través de la mitad de un conjunto de puntos de un diagrama disperso se usará el criterio de los cuadrados mínimos.

El problema consiste en "ajustar" matemáticamente una línea para un conjunto de puntos de los cuales ninguno queda sobre ella.

La línea tendrá un buen "ajuste" si minimizar el error entre los puntos estimados en la línea y los puntos observados.

Hay que tener presente que "Y" representa la ordenada de los valores observados.

Luego, la variable "Y" (y sombrero) simboliza la ordenada de los puntos que están sobre la línea estimada, la misma que se representa con la siguiente ecuación.

$$\bar{Y} = A + B * X$$

(Línea de estimación)

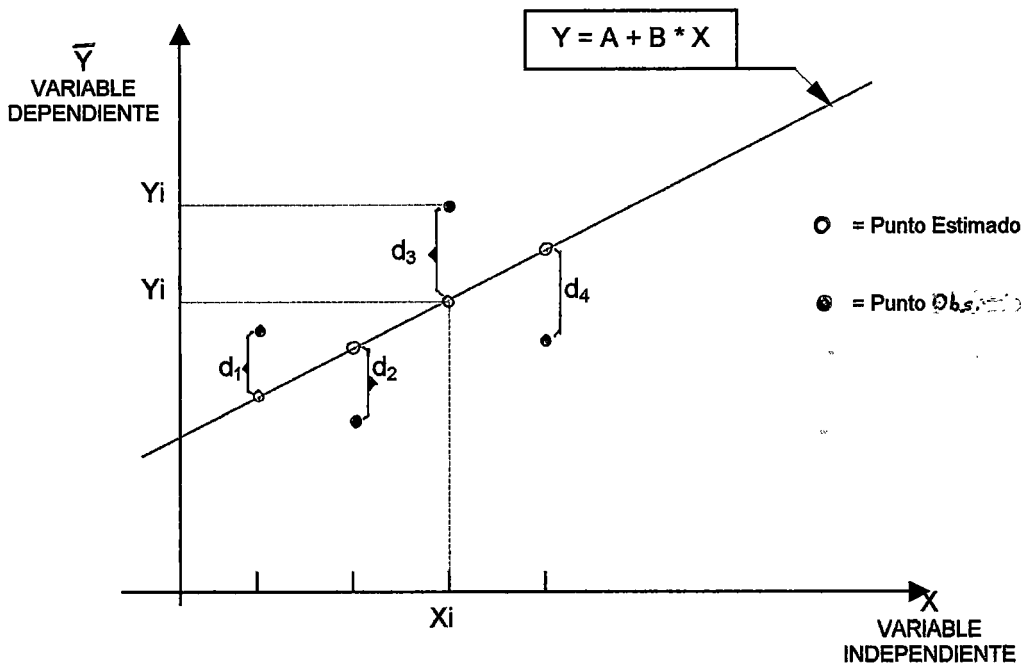


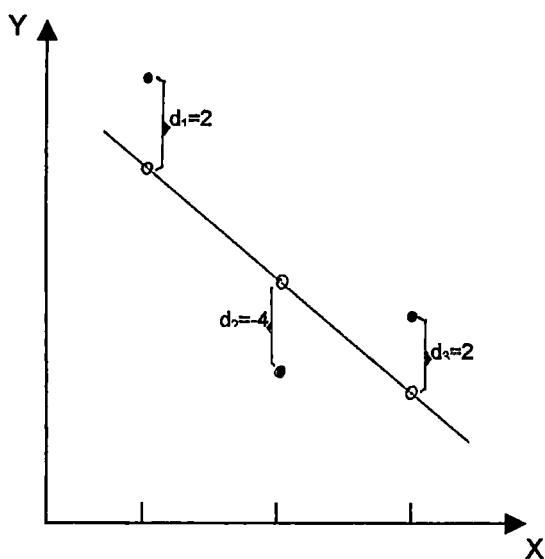
FIGURA A-5-2

SUMA DE LOS ERRORES

Una forma de poder medir el error de la línea estimada es sumar todos los errores o diferencias individuales (d_i) entre los puntos estimados (en blanco) y los puntos observados (en negro). Pero este proceso no es totalmente confiable.

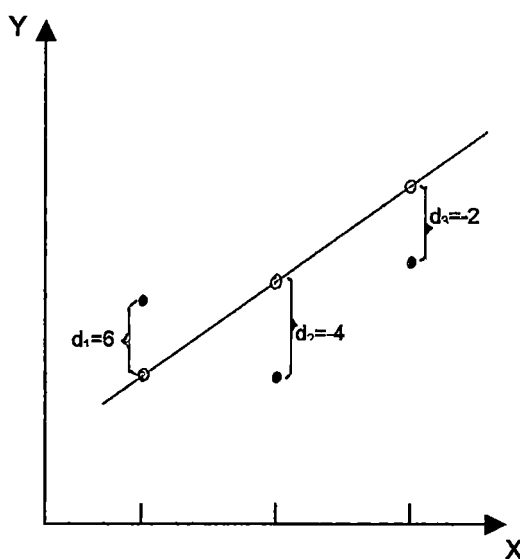
$$d_i = \bar{y}_i - y_i$$

(Error de la Línea estimada)



$$d_1 + d_2 + d_3 = 0$$

Figura a



$$d_1 + d_2 + d_3 = 0$$

Figura b

En las figuras (a) y (b), la suma de los errores da cero de ambos casos, lo que significa que ambos son correctos, por lo que este procedimiento, para calcular el error, no es confiable para juzgar la bondad del ajuste de la línea estimada.

USO DEL VALOR ABSOLUTO PARA MEDIR EL MEJOR AJUSTE

En el ejemplo anterior el problema de sumar los errores individuales es el efecto de la cancelación de los valores positivos y negativos.

Luego, podemos deducir que el criterio correcto para juzgar la bondad del ajuste será tener los valores absolutos de cada error.

En los casos (a) y (b) de la Fig. anterior, se determina que en el caso (a).

$$\sum |d_i| = |2| + |-4| + |2| = 8$$

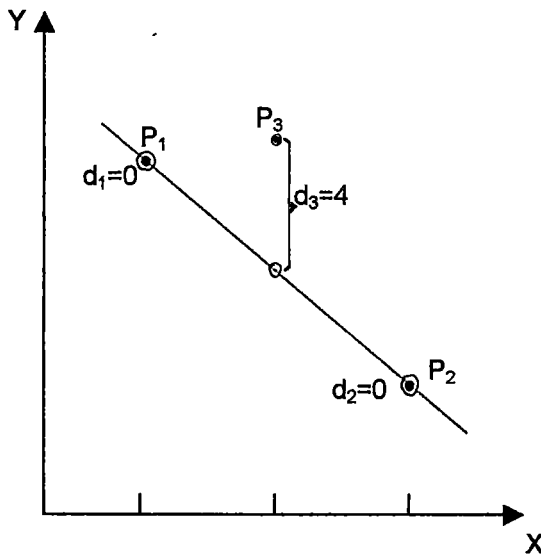
Sería, el que mejor ajusta, comparando con el caso (b).

$$\sum |d_i| = |6| + |-4| + |-2| = 12$$

Bajo los resultados obtenidos, se podría concluir, que minimizando la suma de los valores absolutos de los errores se podría encontrar el mejor ajuste.

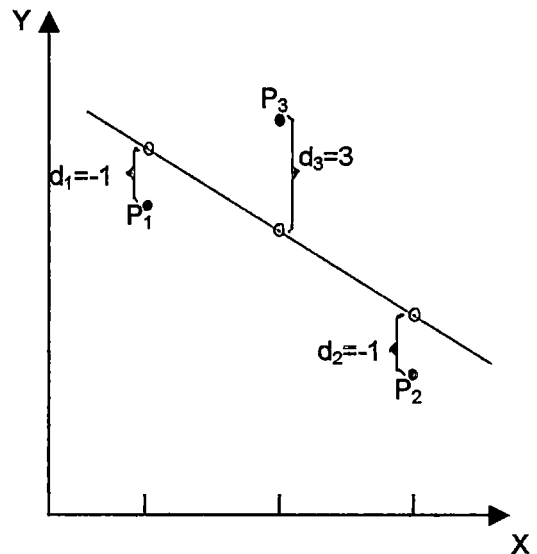
CRITERIO DE LOS CUADROS MINIMOS

Ahora observemos lo que sucede en las siguientes figuras:



$$|d_1| + |d_2| + |d_3| = 4$$

FIGURA c



$$|d_1| + |d_2| + |d_3| = 5$$

FIGURA d

Intuitivamente se observa que la línea de la figura (d) es la que mejor ajusta, debido a que se ha promediado los errores para los 3 puntos. La línea de la figura (c) parece ignorar completamente lo que descarta este segundo criterio. Sin embargo la suma de los valores de los absolutos determinaría que la figura (c) ajusta mejor que al figura (d), lo cual no es totalmente cierto.

Concluimos que la suma de los valores absolutos no refuerza la magnitud del error.

Es razonable pensar que mientras más alejado se encuentre un punto de la línea estimada, más será el error.

Será preferible tener varios errores absolutos pequeños que uno grande. Entonces buscamos una forma de "magnificar" los errores absolutos grandes de tal forma que se les puede evitar.

Esto se puede lograr si se eleva al cuadrado los errores individuales antes de sumarlos, lográndose con éste, dos propósitos.

- 1) Se magnifican los errores grandes.
- 2) Se cancela el efecto de los valores positivos y negativos. Como se está buscando una línea estimada que minimice la línea de los cuadrados de los errores, se le denomina el METODO DE LOS CUADRADOS MINIMOS.

$$f = \sum d_i^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2$$

METODO DE LOS CUADRADOS MINIMOS

1) CURVA DE REGRESION LINEAL

$$\bar{Y} = A + B \cdot X \quad \dots\dots\dots(1)$$

- En la ecuación (1) se tiene dos incógnitas:

A y B, los cuales se determinan con el planteamiento de dos ecuaciones.

Para la solución, aplicamos el método de "mínimos cuadrados" donde:

$$\Sigma d_i^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots\dots\dots + d_n^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Sea mínima.

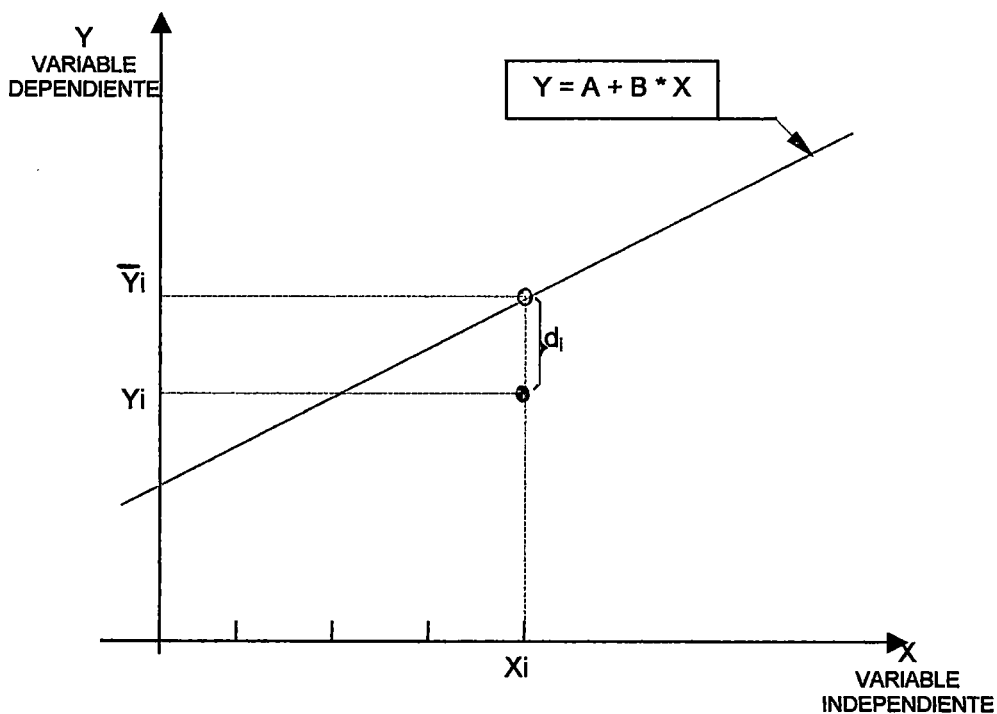


FIGURA A-5-3

- De la figura 3:

$$d_i = Y_i - Y_1 \dots\dots\dots(3)$$

Luego :

$$d_i = A + B \cdot X_i - Y_i \dots\dots\dots(4)$$

$$\sum d_i^2 = f = (A + B \cdot X_1 - Y_1)^2 + \dots\dots\dots + (A + B \cdot X_n - Y_n)^2$$

- Minimizando la ecuación:

$$\frac{f}{A} = 2 \cdot (A + B \cdot X_1 - Y_1 + A + B \cdot X_2 - Y_2 + \dots\dots\dots + A + B \cdot X_n - Y_n) = 0$$

$$nA + B \sum X_i - \sum Y_i = 0$$

1^{ra} Ecuación Normal

Nota : En todas las operaciones se tendrá en cuenta la siguiente equivalencia.

$$\sum_{i=1}^n X_i = \sum X_i$$

$$\frac{f}{B} = 2(A + B \cdot X_1 - Y_1) \cdot X_1 + 2(A + B \cdot X_2 - Y_2) \cdot X_2 + \dots\dots\dots + 2(A + B \cdot X_n - Y_n) \cdot X_n = 0$$

$$2(A \cdot X_1 + B \cdot X_1^2 - X_1 Y_1 + A \cdot X_2 + B \cdot X_2^2 - X_2 Y_2 + \dots + A \cdot X_n + B \cdot X_n^2 - X_n Y_n) = 0$$

$$A \cdot \sum X_i + B \cdot \sum (X_i^2) - \sum (X_i \cdot Y_i) = 0$$

\dots\dots\dots (3)

2^{da} Ecuación normal.

Resolviendo las 2 ecuaciones normales se obtienen los valores de A y B:

de (2) $n \cdot A = \sum Y_i - B \sum X_i$

$$A = \frac{\sum X_i - A \cdot \sum Y_i}{n}$$

\dots\dots\dots(4)

de (3)

$$B = \frac{\Sigma X^*Y - A^*\Sigma X}{\Sigma X^2} \dots\dots\dots (5)$$

(4) en (5)

$$B = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} - \frac{(\Sigma y - B\Sigma x)}{n} \cdot \frac{\Sigma x}{\Sigma x^2}$$

$$= \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} - \frac{\Sigma y}{n} \cdot \frac{\Sigma x}{\Sigma x^2} + B \frac{\Sigma x}{n} \cdot \frac{\Sigma x}{\Sigma x^2}$$

$$B = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n \Sigma x^2} + B \frac{(\Sigma x)^2}{n \Sigma x^2}$$

$$B \left(1 - \frac{(\Sigma x)^2}{n \Sigma x^2}\right) = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n \Sigma x^2}$$

$$B = \frac{(n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2)}{n \Sigma x^2} = \frac{n \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \Sigma x^2}$$

$B = \frac{(n \cdot \Sigma(X^*Y) - \Sigma X^* \Sigma Y)}{n \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \dots\dots\dots(6)$

2) CURVA DE REGRESION POTENCIAL

$Y = A * X^B \dots\dots\dots(1)$

Una forma práctica de solucionar el problema, es llevar la ecuación dada, a la forma de una ecuación lineal.

Si : $Y = A * X^B$

haciendo : $\ln Y = \ln A + B \ln X$

$$\ln Y = Y_0$$

$$\ln A = A_0$$

$$\ln X = X_0$$

tendremos :

$$Y_0 = A_0 + B * X_0$$

..... (2) Ecuación Lineal

Resolviendo ésta curva con el procedimiento anterior tendremos:

$$A_0 = \frac{\sum Y_0 - B * \sum X_0}{n} \quad \dots (3)$$

$$B_0 = \frac{n * \sum X_0 Y_0 - \sum X_0 * \sum Y_0}{n \sum X_0^2 - (\sum X_0)^2} \quad \dots (4)$$

Reemplazando sus valores reales, se obtiene los valores de A y B.

$$B = \frac{n * \sum (\ln X * \ln Y) - (\sum \ln X) * (\sum \ln Y)}{n * \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2}$$

Luego :

$$A_0 = \frac{\sum Y_0 - B * \sum X_0}{n}$$

$$\ln A = \frac{\sum \ln Y - B * \sum \ln X}{n} = k$$

$$A = e^k$$

$$A = e^{\frac{\sum \ln Y - B * \sum \ln X}{n}}$$

3) CURVA DE REGRESION LOGARITMICA

$$Y = A + B * \text{Ln } X \quad \dots (1)$$

Llevando la ecuación (1) a la forma lineal, se tiene:

$$Y = A + B * X_o \quad \dots (2)$$

$$\text{Donde : } X_o = \text{Ln } X$$

Resolviendo con el procedimiento de la ecuación lineal, se tiene:

$$A = \frac{\sum Y + B * \sum X_o}{n} \quad \dots (3)$$

$$B = \frac{n * \sum X_o * Y - \sum X_o * \sum Y}{n \sum X_o^2 - (\sum X_o)^2} \quad \dots (4)$$

Reemplazando sus valores reales, se obtiene los valores de A y B:

$$B = \frac{n * \sum (Y * \text{Ln } X) - \sum \text{Ln } X * \sum Y}{n * \sum (\text{Ln } X)^2 - (\sum \text{Ln } X)^2} \quad \dots (5)$$

$$A = \frac{\sum Y - B * \sum \text{Ln } X}{n} \quad \dots (6)$$

4) CURVA DE REGRESION EXPONENCIAL

$$Y = A * e^{B * X} \quad \dots (1)$$

Llevando la ecuación (1) a la forma de lineal, se tiene:

$$Y = A * e^{B * X}$$

$$\ln Y = \ln A + B * X$$

Haciendo :

$$\ln y = y_0$$

$$\ln A = A_0$$

$$\text{Tendremos : } Y_0 = A_0 + B * X \quad \dots\dots(2)$$

Resolviendo con el procedimiento de la ecuación lineal, se tiene:

$$A_0 = \frac{\sum Y_0 - B * \sum X}{n} \quad \dots\dots (3)$$

$$B = \frac{n * \sum X * Y_0 - \sum X * \sum Y_0}{n * \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \dots\dots (4)$$

Reemplazando sus valores reales, se obtiene los valores de A y B:

$$B = \frac{n * \sum (X * \ln Y) - \sum X * \sum \ln Y}{n * \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \dots\dots(5)$$

$$\ln A = \frac{\sum \ln Y - B * \sum X}{n} = k$$

$$A = e^{\frac{\sum \ln Y - B * \sum X}{n}}$$

$$A = e^k \quad \dots\dots(6)$$

ERROR ESTANDAR DEL ESTIMADO

Es una medida de la dispersión, es decir determina la confianza de una ecuación de estimación que se ha desarrollado.

Se simboliza por Se y mide la variación ó dispersión de los valores observados alrededor de la línea de regresión.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Se = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 2}}$$

Donde :

y = Valores de la variable dependiente.

y = Valores estimados de la ecuación estimada que corresponde a cada valor de y.

n = Número de datos puntuales con los que se está ajustando la línea de regresión.

INTERPRETACION DEL ERROR ESTANDAR DEL ESTIMADO

Cuando mayor sea el error estándar del estimado, mayor será la dispersión de los puntos alrededor de la línea de regresión.

En igual forma, si Se=0, se espera que la ecuación de estimación sea un estimador "perfecto" de la variable dependiente. Quedando directamente sobre la línea de regresión y no habrá puntos alrededor de ella.

Si se asume que los puntos observados están distribuidos normalmente alrededor de la línea de regresión, se puede esperar a encontrar 68% de los puntos dentro de ± 1 Se; 95% de los puntos ± 2 Se y 99.7% de los puntos dentro de ± 3 Se.

La siguiente figura muestra estos "Límites" alrededor de la línea de regresión. Cabe anotar que el error estándar del estimado se mide sobre el eje "y" (verticalmente), en lugar de medirlo perpendicularmente a partir de la línea de regresión.

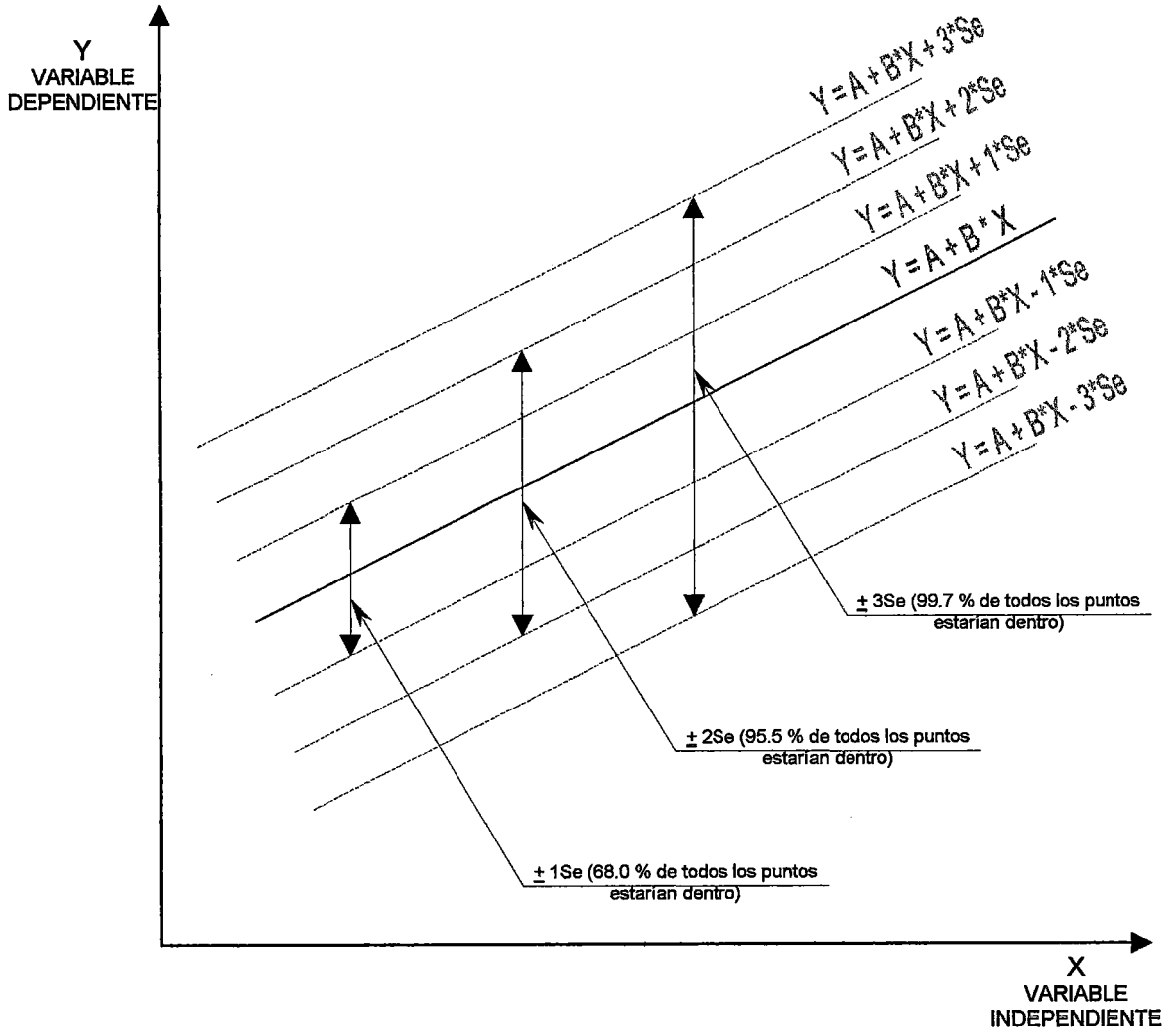


FIGURA A-5-4

INTERVALO DE PREDICCIÓN

Téngase presente que los estadísticos aplican los intervalos de predicción de la distribución normal (68% para 1 Se, 95.5% para 2 Se y 99.7% para 3 Se) sólo para grandes muestras en $n \geq 30$.

Si el número de muestras es $n \geq 30$, se requiere el uso de la distribución "t" de Student es apropiada cuando $n \geq 30$ y se desconoce la desviación estándar de la población (En este caso Se es un estimado, en lugar de la desviación estándar conocida de la población).

ANÁLISIS DE CORRELACION

COEFICIENTE DE DETERMINACION MUESTRAL (r^2)

El análisis de correlación es una herramienta que se usa para describir el grado en el que una variable está linealmente relacionada con otra.

Frecuentemente, el análisis de correlación se usa en conjunto con el análisis de regresión para medir que tan bien línea de regresión explica las variaciones de la variable dependiente "y".

$$r^2 = \frac{A * \Sigma Y + B * \Sigma X * Y - n * Y^2}{\Sigma Y^2 - n * Y^2}$$

Donde :

r^2 = Coeficiente de determinación muestral.

A = Intercepto "y2"

B = Pendiente de la línea de estimación.

X = Valores de las variables independientes.

Y = Valores de las variables dependientes.

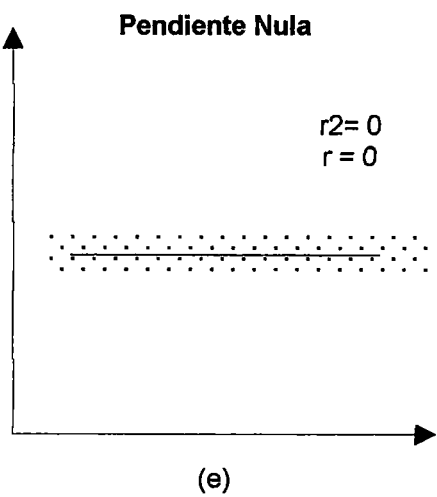
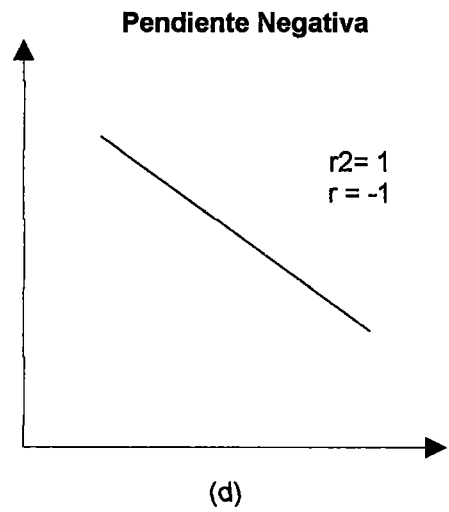
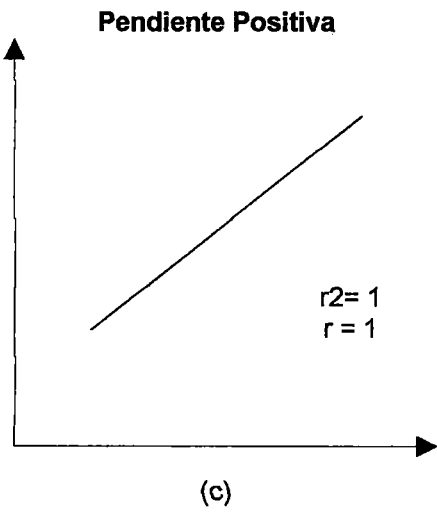
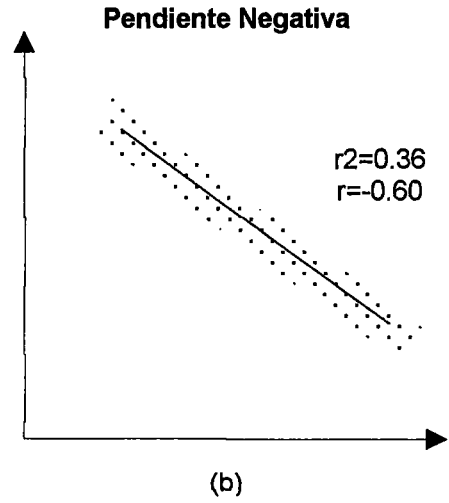
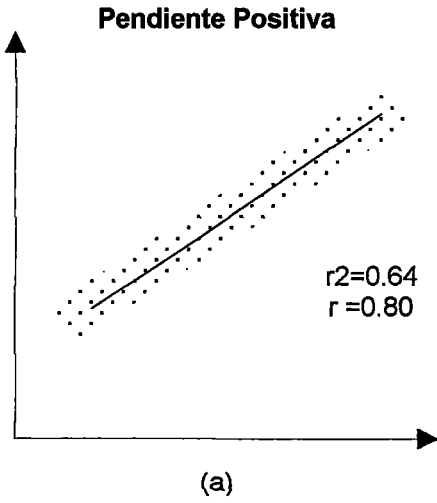
Y = Media de los valores observadas de la variable dependiente.

COEFICIENTE DE CORRELACION (r)

$$r = \sqrt{r^2}$$

El valor de "r" indica la dirección de la relación entre las 2 variables x e y.

- Cuando la pendiente de la ecuación estimada es positiva, $r > 0$.
- Si $B < 0$ entonces $r < 0$
- Si existe una relación inversa, es decir, si "y" decrece cuando "x" crece entonces: $-1 < r < 0$.
- Si hay una relación directa, es decir, si "y" crece cuando "x" crece, entonces : $0 < r < 1$.



ANEXO VI

NORMA
ASTM C – 469 - 94



Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression¹

This standard is issued under the fixed designation C 469; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers determination of (1) chord modulus of elasticity (Young's) and (2) Poisson's ratio of molded concrete cylinders and diamond-drilled concrete cores when under longitudinal compressive stress. Chord modulus of elasticity and Poisson's ratio are defined in Terminology E 6.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 39 Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens²
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
- C 174 Test Method for Measuring Length of Drilled Concrete Cores²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- E 4 Practices for Load Verification of Testing Machines²
- E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing³
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers³
- E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods²

3. Significance and Use

3.1 This test method provides a stress to strain ratio value and a ratio of lateral to longitudinal strain for hardened concrete at whatever age and curing conditions may be designated.

3.2 The modulus of elasticity and Poisson's ratio value applicable within the customary working stress range (0 to 40 % of ultimate concrete strength), may be used in sizing reinforced and nonreinforced structural members, establishing the quantity of reinforcement, and computing stress for observed strains.

3.3 The modulus of elasticity values obtained will usually be less than moduli derived under rapid load application (dynamic or seismic rates, for example), and will usually be greater than values under slow load application or extended load duration, other test conditions being the same.

4. Apparatus

4.1 *Testing Machine*—Any type of testing machine capable of imposing a load at the rate and of the magnitude prescribed in 6.4 may be used. The machine shall conform to the requirements of Practices E 4 (Constant-Rate-of-Traverse CRT-Type Testing Machines section). The spherical head and bearing blocks shall conform to the Apparatus Section of Test Method C 39.

4.2 *Compressometer*⁴—For determining the modulus of elasticity a bonded (Note 1) or unbonded sensing device shall be provided for measuring to the nearest 5 millionths the average deformation of two diametrically opposite gage lines each parallel to the axis, and each centered about midheight of the specimen. The effective length of each gage line shall be not less than three times the maximum size of the aggregate in the concrete nor more than two thirds the height of the specimen; the preferred length of the gage line is one half the height of the specimen. Gage points may be embedded in or cemented to the specimen, and deformation of the two lines read independently; or a compressometer (such as is shown in Fig. 1) may be used consisting of two yokes, one of which (see B, Fig. 1) is rigidly attached to the specimen and the other (see C, Fig. 1) attached at two diametrically opposite points so that it is free to rotate. At one point on the circumference of the rotating yoke, midway between the two support points, a pivot rod (see A, Fig. 1) shall be used to maintain a constant distance between the two yokes. At the opposite point on the circumference of the rotating yoke, the change in distance between the yokes (that is, the gage reading) is equal to the sum of the displacement due to specimen deformation and the displacement due to rotation of the yoke about the pivot rod (see Fig. 2).

4.2.1 Deformation may be measured by a dial gage used

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.70 on Elastic and Inelastic.

Current edition approved March 15, 1994. Published July 1994. Originally published as C 469 - 61. Last previous edition C 469 - 87a.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

⁴ Copies of working drawings of strain measuring apparatus are available from the American Society for Testing and Materials, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103. Request adjunct No. 12.304690-00.

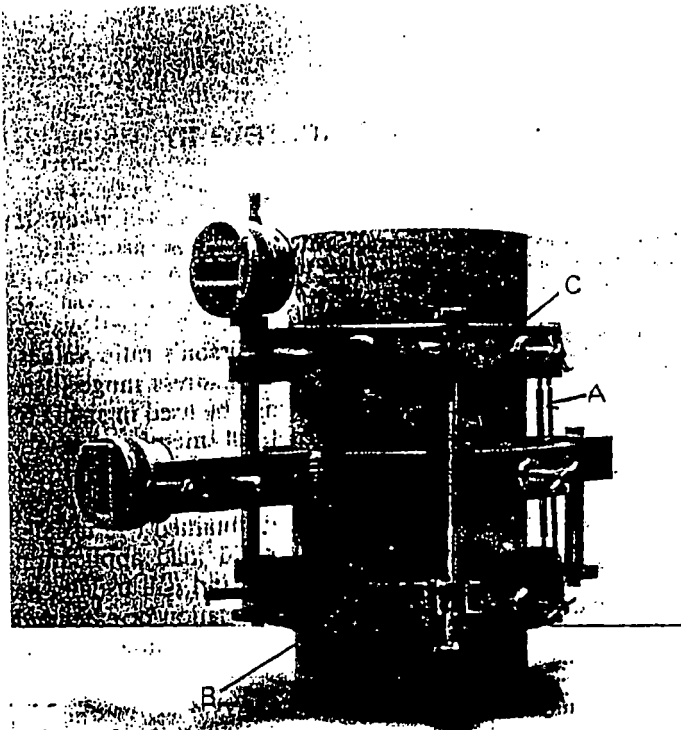


FIG. 1 Suitable Compressometer

directly or with a lever multiplying system, by a wire strain gage, or by a linear variable differential transformer. If the distances of the pivot rod and the gage from the vertical plane passing through the support points of the rotating yoke are equal, the deformation of the specimen is equal to one-half the gage reading. If these distances are not equal, the deformation shall be calculated as follows:

$$d = g e_r / (e_r + e_g) \quad (1)$$

where:

d = total deformation of the specimen throughout the effective gage length, $\mu\text{in.}$ (μm).

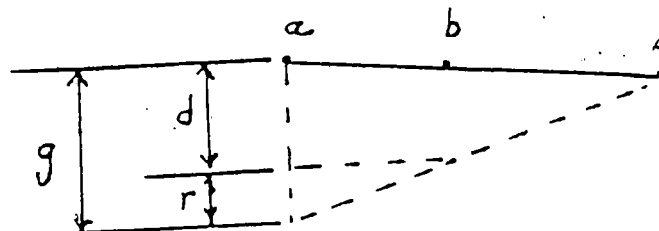
g = gage reading, $\mu\text{in.}$ (μm).

e_r = the perpendicular distance, measured in inches (millimetres) to the nearest 0.01 in. (0.254 mm) from the pivot rod to the vertical plane passing through the two support points of the rotating yoke, and

e_g = the perpendicular distance, measured in inches (millimetres) to the nearest 0.01 in. (0.254 mm) from the gage to the vertical plane passing through the two support points of the rotating yoke.

Procedures for calibrating strain-measuring devices are given in Practice E 83.

NOTE 1—Although bonded strain gages are satisfactory on dry specimens, they may be difficult, if not impossible, to mount on specimens continually moist-cured until tested.



d = displacement due to specimen deformation
 r = displacement due to rotation of the yoke about the pivot rod
 a = location of gage
 b = support point of the rotating yoke
 c = location of pivot rod
 g = gage reading

FIG. 2 Diagram of Displacements

4.3 *Extensometer*⁴—If Poisson's ratio is desired, the transverse strain shall be determined (1) by an unbonded extensometer capable of measuring to the nearest 25 μ (0.635 μm) the change in diameter at the midheight of specimen or (2) by two bonded strain gages (Note: mounted circumferentially at diametrically opposite points at the midheight of the specimen and capable of measuring circumferential strain to the nearest 5 millionths. A combined compressometer and extensometer (Fig. 3) is a convenient unbonded device. This apparatus shall contain a thin yoke (consisting of two equal segments) located halfway between the two compressometer yokes and attached to specimen at two diametrically opposite points. Midway between these points a short pivot rod (A' , see Fig. 4) adjacent to the long pivot rod, shall be used to maintain constant distance between the bottom and middle yokes. The middle yoke shall be hinged at the pivot point to permit rotation of the two segments of the yoke in the horizontal plane. At the opposite point on the circumference, the two segments shall be connected through a dial gage or other sensing device capable of measuring transverse deformation to the nearest 50 $\mu\text{in.}$ (1.27 μm). If the distances of the hinge and the gage from the vertical plane passing through the support points of the middle yoke are equal, the transverse deformation of the specimen diameter is equal to one-half the gage reading. If these distances are not equal, the transverse deformation of the specimen diameter may be calculated in accordance with Eq 2.

$$d' = g' e'_h / (e'_h + e'_g)$$

where:

d' = transverse deformation of the specimen diameter, $\mu\text{in.}$ (μm).

g' = transverse gage reading, $\mu\text{in.}$ (μm).

e'_h = the perpendicular distance, measured in inches (millimeters) to the nearest 0.01 in. (0.254 mm) from hinge to the vertical plane passing through the support points of the middle yoke, and

e'_g = the perpendicular distance, measured in inches (millimeters) to the nearest 0.01 in. (0.254 mm) from gage to the vertical plane passing through the support points of the middle yoke.

4.4 *Balance or Scale*, accurate to 0.1 lb (0.045 kg) shall be provided if necessary.

5. Test Specimens

5.1 Molded Cylindrical Specimens—Test cylinders

be molded in accordance with the requirements for compression test specimens in Practice C 192, or in Practice C 31. Specimens shall be subjected to the specified curing conditions and tested at the age for which the elasticity information is desired. Specimens shall be tested within 1 h after removal from the curing or storage room. Specimens removed from a moist room for test shall be kept moist by a wet cloth covering during the interval between removal and test.

5.2 *Drilled Core Specimens*—Cores shall comply with the requirements for drilling, and moisture conditioning applicable to compressive strength specimens in Test Method C 42, except that only diamond-drilled cores, having a length-to-diameter ratio greater than 1.50 shall be used. Requirements relative to storage and to ambient conditions immediately prior to test shall be the same as for molded cylindrical specimens.

5.3 The ends of the test specimens shall be made perpendicular to the axis ($\pm 0.5^\circ$) and plane (within 0.002 in.). If the specimen as cast does not meet the planeness requirements, planeness shall be accomplished by capping in accordance with Practice C 617, or by lapping, or by grinding. Aggregate popouts which occur at the ends of specimens may be repaired provided the total area of popouts does not exceed 10 % of the specimen area and the repairs are made before capping or grinding is completed (Note 2). Planeness will be considered within tolerance when a 0.002 in. (0.05 mm) feeler gage will not pass between the specimen surface and a straight edge held against the surface.

NOTE 2—Repairs may be made by epoxying the dislodged aggregate back in place or by filling the void with capping material and allowing adequate time for it to harden.

5.4 The diameter of the test specimen shall be measured by caliper to the nearest 0.01 in. (0.25 mm) by averaging two diameters measured at right angles to each other near the center of the length of the specimen. This average diameter shall be used for calculating the cross-sectional area. The length of a molded specimen, including caps, shall be measured and reported to the nearest 0.1 in. (2.54 mm). The length of a drilled specimen shall be measured in accordance with Test Method C 174; the length, including caps, shall be reported to the nearest 0.1 in.

6. Procedure

6.1 Maintain the ambient temperature and humidity as constant as possible throughout the test. Record any unusual fluctuation in temperature or humidity in the report.

6.2 Use companion specimens to determine the compressive strength in accordance with Test Method C 39 prior to the test for modulus of elasticity.

6.3 Place the specimen, with the strain-measuring equipment attached, on the lower platen or bearing block of the testing machine. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically-seated upper bearing block. Note the reading on the strain indicators. As the spherically-seated block is brought slowly to bear upon the specimen, rotate the movable portion of the block gently by hand so that uniform seating is obtained.

6.4 Load the specimen at least twice. Do not record any data during the first loading. Base calculations on the average of the results of the subsequent loadings. At least two subsequent loadings are recommended so that the repeatability of

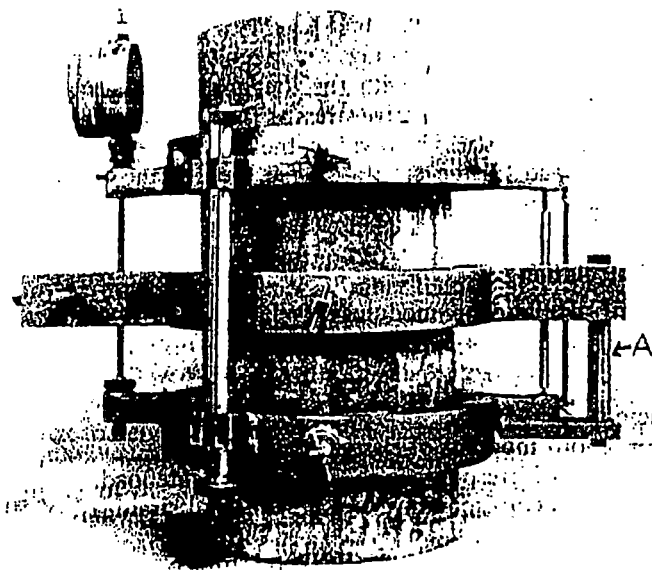


FIG. 3 Suitable Combined Compressometer-Extensometer

the test may be noted. During the first loading, which is primarily for the seating of the gages, observe the performance of the gages (Note 3) and correct any unusual behavior prior to the second loading. Obtain each set of readings as follows: Apply the load continuously and without shock. Set testing machines of the screw type so that the moving head travels at a rate of about 0.05 in. (1.25 mm)/min when the machine is running idle. In hydraulically operated machines, apply the load at a constant rate within the range 35 ± 5 psi (241 ± 34 kPa)/s. Record, without interruption of loading, the applied load and longitudinal strain at the point (1) when the longitudinal strain is 50 millionths and (2) when the applied load is equal to 40 % of the ultimate load (see 6.5). Longitudinal strain is defined as the total longitudinal deformation divided by the effective gage length. If Poisson's ratio is to be determined, record the transverse strain at the same points. If a stress-strain curve is desired, take readings at two or more intermediate points without interruption of loading; or use an instrument that makes a continuous record. Immediately upon reaching the maximum load, except on the final loading, reduce the load to zero at the same rate at which it was applied. If the observer fails to obtain a reading, complete the loading cycle and then repeat it. Record the extra cycle in the report.

NOTE 3—Where a dial gage is used to measure longitudinal deformation, it is convenient to set the gage before each loading so that the indicator will pass the zero point at a longitudinal strain of 50 millionths.

6.5 The modulus of elasticity and strength may be ob-

tained on the same loading provided that the gages are expendable, removable, or adequately protected so that it is possible to comply with the requirement for continuous loading given in Test Method C 39. In this case record several readings and determine the strain value at 40 % of the ultimate by interpolation.

6.6 If intermediate readings are taken, plot the results of each of the three tests with the longitudinal strain as the abscissa and the compressive stress as the ordinate. Calculate the compressive stress by dividing the quotient of the testing machine load by the cross-sectional area of the specimen determined in accordance with 5.4.

7. Calculation

7.1 Calculate the modulus of elasticity, to the nearest 50 000 psi (344.74 MPa) as follows:

$$E = (S_2 - S_1)/(\epsilon_2 - 0.000050)$$

where:

E = chord modulus of elasticity, psi,

S_2 = stress corresponding to 40 % of ultimate load.

S_1 = stress corresponding to a longitudinal strain, ϵ_1 , of 50 millionths, psi, and

ϵ_2 = longitudinal strain produced by stress S_2 .

7.2 Calculate Poisson's ratio, to the nearest 0.01, as follows:

$$\mu = (\epsilon_{12} - \epsilon_{11})/(\epsilon_2 - 0.000050)$$

where:

μ = Poisson's ratio,

ϵ_{12} = transverse strain at midheight of the specimen induced by stress S_2 , and

ϵ_{11} = transverse strain at midheight of the specimen induced by stress S_1 .

8. Report

8.1 Report the following information:

8.1.1 Specimen identification number,

8.1.2 Dimensions of specimen, in inches (or millime

8.1.3 Curing and environmental histories of the speci

8.1.4 Age of the specimen,

8.1.5 Strength of the concrete, if determined,

8.1.6 Unit weight of the concrete, if determined,

8.1.7 Stress-strain curves, if plotted,

8.1.8 Chord modulus of elasticity, and

8.1.9 Poisson's ratio, if determined.

9. Precision and Bias

9.1 *Precision*—The single-operator-machine multi precision is ± 4.25 % (R1S %) max, as defined in Pra E 177, over the range from 2.5 to 4×10^6 psi (17.3 to 2.7×10^9 Pa); therefore, the results of tests of duplicate cylinders from different batches should not depart more than 4.25 % from the average of the two.

9.2 *Bias*—This test method has no bias because the v determined can only be defined in terms of the test me

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

NORMA ASTM C 469 – 94

Método de Prueba Stándar para la Determinación del Módulo de Elasticidad Estático y la Relación de Poisson en el Concreto a Compresión.

1 ALCANCES:

- 1.1 Este método de prueba cubre la determinación de (1) el módulo de elasticidad (de Young) y (2) la relación de Poisson en especímenes cilíndricos de concreto moldeados y extracciones diamantinas de corazones de concreto sometidos a un esfuerzo compresivo longitudinal. El módulo Cuerda de Elasticidad y la relación de Poisson son definidas en terminología E 6.
- 1.2 Los valores establecidos en las unidades pulgadas - libras son considerados como los standard.
- 1.3 Este standard no pretende cubrir todo lo concerniente a seguridad, sino lo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de este estándar establecer apropiadas prácticas saludables y seguras, así como determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras previas a su uso.

2 DOCUMENTOS REQUERIDOS:

2.1 Standares ASTM

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field.
- C 39 Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.
- C 174 Test Method for Measuring Length of Drilled Concrete Cores.
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens.
- E 4 Practice for Load Verification of Testing Machines.
- E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing.
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers.
- E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods.

3 USOS Y SIGNIFICADO:

- 3.1 Este método de prueba provee un valor a la relación esfuerzo Deformación unitaria y a la relación de la Deformación unitaria lateral a la deformación unitaria longitudinal para concreto endurecido a cualquier edad y en las condiciones de curado que sean designadas.

- 3.2 Los valores del módulo de Elasticidad y la relación del módulo de Poisson, aplicable dentro de lo acostumbrado rango de trabajo de fuerza (0 a 40% del esfuerzo último de concreto), puede ser usado en el dimensionamiento de miembros estructurales reforzados y no reforzados, estableciendo la cantidad de reforzamiento y calculando los esfuerzos para las deformaciones unitarias observadas.
- 3.3 Los valores del módulo de Elasticidad obtenidos serán usualmente menores que los módulos derivados de la aplicación rápida de carga (incrementos dinámicos o sísmicos, por ejemplo), y serán usualmente mayores, que los valores obtenidos de lentas aplicaciones de carga o cargas de duración extendida, siendo las demás condiciones las mismas.

4 APARATOS:

- 4.1 **MAQUINA DE PRUEBA.**- Puede ser usada cualquier máquina capaz de imponer una carga en la proporción y magnitud establecida en 6.4. La máquina deberá adecuarse a los requerimientos de las prácticas E 4 (Constant-Rate of-Traverse CRT - Sección Tipo de Máquinas de Prueba). La cabeza esférica y los bloques portantes deberán adecuarse a la Sección Aparatos del Método de Prueba C 39.
- 4.2 **COMPRESOMETRO.**- Para determinar el módulo de elasticidad deberá ser proporcionado un aparato de sensibilidad fijo (Nota 1) o no fijo, para realizar mediciones cercanas a 5 millonésimos del promedio de la deformación de dos calibradores diametralmente opuestos, cada uno paralelo a los ejes, y cada una centrado a la mitad de la altura del espécimen. La longitud efectiva de cada calibrador no deberá ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado en el concreto ni más de dos tercios de la altura del espécimen, la longitud preferida de los calibradores es un medio de la altura del espécimen. Los puntos de apoyo del calibrador pueden ser embebidos o cementados al espécimen, y la lectura de las dos líneas es independiente; o un compresómetro puede ser usado (ver fig. 1), consistiendo de dos yugos, uno de los cuales (ver B, fig. 1) esta rígidamente fijado al espécimen, y el otro (ver C fig. 1) fijado a dos puntos diametralmente opuestos de tal manera que es libre de rotar. En un punto sobre la circunferencia del yugo rotante, al medio entre los dos puntos soporte, una varilla pivote (ver A, fig. 1) deberá ser usada para mantener constante la distancia entre los yugos. En un punto opuesto sobre la circunferencia del yugo rotante, el cambio en distancia entre los yugos (esta es la lectura del calibrador) es igual a la suma de los desplazamientos debido a la deformación del espécimen y al desplazamiento debido a la rotación de los yugos respecto de la varilla pivote (ver fig. 2).

4.2.1 La deformación puede ser medida por un dial calibrador usado directamente o con un sistema de brazo multiplicador, por la deformación de un alambre calibrador, o por un transformador lineal diferencial variable. Si las distancias de la varilla pivote y el calibrador, al plano vertical que pasan a través de los puntos de soporte de los yugos rodantes son iguales, la deformación del espécimen, es igual a un medio de la lectura del calibrador. Si estas distancias no son iguales, la deformación será calculada como sigue:

$$d = g * e_r / (e_r + e_g)$$

Donde:

d = deformación total del espécimen por toda la longitud efectiva del calibrador, μ pulg (μ m).

g = lectura del calibrador, μ pulg (μ m).

e_r = la distancia perpendicular, medida en pulgadas (milímetros) con una aproximación de 0.01 pulg (0.254 mm) desde la varilla pivote al plano vertical pasando a través de dos puntos soportes del yugo rotante.

e_g = la distancia perpendicular, medida en pulgadas (milímetros) con una aproximación de 0.01 pulg (0.254 mm) del calibrador al plano vertical pasando a través de los dos puntos soporte del yugo rotante.

Los procedimientos para calibrar los aparatos de medición de deformaciones unitarias son dados en Practica E 38.

Nota 1.- Aunque los calibradores fijos de deformaciones son satisfactoriamente puestos sobre especímenes secos, ellos pueden ser difícilmente, si no imposible, montarlos sobre los especímenes continuamente curados húmedos hasta momentos antes de ser ensayados.

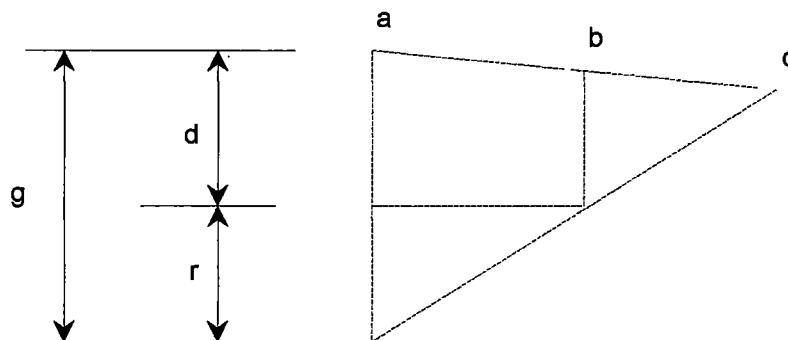


fig. 2 Diagrama de Desplazamientos

Donde:

d = Desplazamiento debido a la deformación del espécimen.

r = Desplazamiento debido a la rotación del yugo relativo a la varilla pivote.

a = Ubicación del calibrador.

b = Punto de soporte del yugo rotante.

c = Ubicación de la varilla pivote.

g = Lectura del calibrador.

4.3 EXTENSOMETRO.- Si la relación de Poisson es deseada, la deformación unitaria transversal deberá ser determinada (1) por un extensómetro no fijo con la capacidad de medición cercana a $25\mu\text{pulg}$ ($0.635\ \mu\text{m}$) de la variación en el diámetro a la mitad de la altura del espécimen o (2) por dos calibradores de deformaciones fijos (Nota 1) montados circunferencialmente y en puntos diametralmente opuestos a la mitad de la altura del espécimen y con la capacidad de medición de la deformación unitaria circunferencialmente y en puntos diametralmente opuestos a la mitad de la altura del espécimen y con capacidad de medición de la deformación unitaria circunferencial con una aproximación de 5 millonésimos.

Un aparato conveniente no fijo es la combinación de un compresómetro y un extensómetro. Este aparato deberá contar con un tercer yugo (consistente de dos segmentos iguales) ubicados a la mitad entre los yugos compresores y fijado al espécimen en dos puntos diametralmente opuestos. A la mitad entre dos puntos una varilla corta pivote (A', ver fig. 3), adyacente a la varilla larga pivote, deberá ser usado para mantener una distancia constante entre yugo inferior y medio. El yugo medio deberá ser engoznado al punto pivote para permitir la rotación de los dos segmentos del yugo en el plano horizontal. En el punto opuesto sobre la circunferencia, los dos segmentos deberán ser conectados a través del dial calibrador u otro aparato sensible capaz de medir la deformación transversal con una aproximación de $50\ \mu\text{pulg}$. ($1.27\ \mu\text{m}$). Si la distancia del gozne y el calibrador del plano vertical pasando a través de los puntos de soporte del yugo medio son iguales, la deformación transversal del diámetro del espécimen es igual a un medio de la lectura del calibrador. Si estas distancias no son iguales, la deformación transversal del diámetro del espécimen puede ser calculada de acuerdo a la Ec. 2.

$$d' = g' * e'h / (e'h + e'g) \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

d' = Deformación transversal del diámetro del espécimen, μpulg (μm).

g' = Lectura del calibrador transversal, μpulg (μm).

e'h = La distancia perpendicular, medida en pulgadas (milímetros) con aproximación de 0.01 pulg. (0.254mm) del gozne al plano vertical que pasa a través de los puntos de soporte del yugo medio.

e'g = La distancia perpendicular, medida en pulgadas (milímetros) con aproximación de 0.01 pulg. (0.254mm) del calibrador al plano vertical que pasa a través de los puntos de soporte del yugo medio.

4.4 BALANZA O BASCULA.- con una precisión de 0.1 lb (0.045 kg) deberá ser proveída si es necesario.

5 ESPECIMENES DE PRUEBA:

5.1 ESPECIMENES CILINDRICOS.- Los cilindros de prueba deberán ser moldeados de acuerdo con los requerimientos para las pruebas a compresión en Practice C 192, o en Practice C 31. Los especímenes deberán ser sujetos a las condiciones especificadas para el curado y ensayados a la edad para la cual, la información de la elasticidad es deseada. Los especímenes deberán ser probados dentro de una hora después de retirarlos del ambiente de curado. Los especímenes retirados de un ambiente húmedo para la prueba deberá ser resguardada la humedad con un paño húmedo cubriéndolo durante el intervalo entre su remoción del ambiente de curado y el desarrollo del ensayo.

5.2 ESPECIMENES DIAMANTINOS.- Los corazones de concreto deberán cumplir con los requerimientos para el taladrado, y las condiciones de humedad aplicables a especímenes sometidos a esfuerzo en compresión en el método de Prueba C 42, con la excepción que solo deberán ser usados los corazones de las extracciones diamantinas que tenga una relación longitud a diámetro mayor a 1.5. Los requerimientos relativos a almacenamientos y a las condiciones ambiente inmediatamente previas a la prueba deberán ser las mismas que para los especímenes cilíndricos.

5.3 Los extremos de los especímenes de prueba deberán ser hechos perpendiculares a los ejes ($\pm 0.5^\circ$) y planos (dentro de 0.002 pulg). Si los especímenes así como el molde no encuentra la horizontalidad requerida, deberá ser completada por capping de acuerdo con Practice C 617, o por recubrimiento, o por pulimento. El agregado desalojado, que se presenta en los extremos del espécimen puede ser reparada a condición que el área total de material desalojado no exceda el 10% del área del espécimen y las reparaciones sean realizadas antes por capping o completadas por pulimento (Nota 2). La horizontalidad será considerada dentro de la tolerancia cuando este

dentro de 0.002 pulg (0.05 mm). El brazo calibrador no pasara entre la superficie del espécimen y el lado recto que se mantiene contra la superficie.

Nota 2: Las reparaciones pueden ser hechas por la aplicación de pegamentos epóxicos a los agregados desalojados, retornando a su lugar, o rellenando los vacíos con material de capping y permitir un adecuado tiempo para su endurecimiento.

5.4 El diámetro del espécimen de prueba deberá ser medido con calibrador con una aproximación de 0.01 pulg (0.25 mm) como promedio de la medición de dos diámetros a ángulo recto a cada lado cerca al centro de la longitud del espécimen. Este diámetro promedio deberá ser usado para calcular el área. La longitud del espécimen moldeado, incluyendo capas, deberá ser medido y registrado con una aproximación de 0.1 pulg (2.54 mm). La longitud de un espécimen extraído deberá ser medido de acuerdo con el Método de Prueba C 174; la longitud, incluyendo capas, deberá ser registrada con una aproximación a 0.1 pulg.

6 PROCEDIMIENTO:

6.1 Mantener la temperatura ambiente y humedad tan constante como sea posible durante el desarrollo de la prueba. Anotar cualquier inusual fluctuación de la temperatura o humedad en el reporte.

6.2 Use especímenes acompañados para determinar el esfuerzo en compresión de acuerdo con el Método de Prueba C 39, previo a la prueba del Módulo de Elasticidad.

6.3 Colocar el espécimen, con el equipo de medición de deformaciones unitarias fijado a él, sobre el plato inferior o el bloque soportante asentado esféricamente. Anote la lectura de los indicadores de las deformaciones unitarias. Tal como el bloque esféricamente asentado es llevado lentamente a cargar al espécimen, rotar la porción movable en forma manual de tal forma que se obtenga un asiento uniforme.

6.4 Cargar al menos dos veces al espécimen. No anote ningún dato durante la primera carga. La base del calculo sobre el promedio de los resultados de las subsecuentes cargas. Al menos dos subsecuentes cargas son recomendadas así como la repetibilidad de la prueba puede ser anotada. Durante la primera carga, la cual es primeramente para el asentamiento de los calibradores, observe la performance de los calibradores (Nota 3) y corrija algún inusual comportamiento previo a la segunda carga. Obtener cada grupo de trabajo como sigue:

Aplicar la carga continuamente y sin sobresaltos. Establecer en la máquina de prueba del tipo tornillo tal que el movimiento de la cabeza viaje a una razón de cerca de 0.05 pulg (1.25 mm)/min cuando la máquina esta avanzando sin aplicar la carga. En máquinas operadas hidráulicamente, aplicar la carga a una razón constante dentro del rango 35 ± 5 psi (241 ± 34 kpa)/s. Registre, sin interrupción de la carga, la carga aplicada y la deformación unitaria longitudinal en el punto (1) cuando la deformación unitaria longitudinal es 50 millonésimos y (2) cuando la carga aplicada es igual al 40% de la última carga (ver 6.5). La deformación unitaria longitudinal esta definida como la deformación longitudinal total, dividida por la longitud efectiva del calibrador.

Si la relación de Poisson va ha ser determinada, registre la deformación unitaria transversal en los mismos puntos. Si la curva esfuerzo – deformación unitaria es deseada, tome lecturas en dos o más puntos intermedios sin la interrupción de la carga; o usando un instrumento que realice un registro continuo. Inmediatamente después de alcanzar la máxima carga, excepto sobre la carga final, reducir la carga a cero y en la misma razón la cual fue aplicada. Si el observador falla al obtener una lectura, completar el ciclo y luego repetirlo. Registre el ciclo extra en el reporte.

Nota 3: Donde un dial calibrador es usado para medir deformaciones longitudinales, es conveniente establecer el calibrador antes de cada carga de tal forma que el indicador pasará del punto cero a una deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimos.

- 6.5 El módulo de elasticidad y esfuerzo puede ser obtenido sobre la misma carga de tal modo que los calibradores son expandibles, removible, o adecuadamente protegidos de tal manera que es posible cumplir con los requerimientos para la carga continua dada en el método de Prueba C 39. En este caso registrar varias lecturas y determinar el valor de la deformación a 40% de la carga última por interpolación.
- 6.6 Si las lecturas intermedias son tomadas, graficar los resultados de cada una de las tres pruebas con la deformación longitudinal unitaria como la abscisa y el esfuerzo compresivo como ordenadas. Calcular el esfuerzo compresivo al dividir el cociente de la carga de la máquina de prueba por el área del espécimen determinada de acuerdo con 5.4.

7 CALCULOS:

- 7.1 El cálculo del Módulo de Elasticidad, con una aproximación a 50000 psi (344.74 Mpa) es como sigue:

$$E = (S2 - S1)/(E2 - 0.00005)$$

Donde:

E = Cuerda del módulo de elasticidad, psi.

S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

S1 = Esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria longitudinal, E1 de 50 millonésimos psi.

E2 = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

7.2 El cálculo de la Relación de Poisson, con una aproximación a 0.01, es como sigue:

$$\mu = (E2 - E1)/(E2 - 0.00005)$$

Donde:

μ = Relación de Poisson.

E2 = Deformación unitaria transversal a la mitad del espécimen producido por un esfuerzo S2.

E1 = Deformación unitaria transversal a la mitad del espécimen producido por un esfuerzo S1.

8 REPORTE:

8.1 Reporte la siguiente información:

- 8.1.1 Número de identificación del espécimen.
- 8.1.2 Dimensiones del espécimen, en pulgadas (o milímetros).
- 8.1.3 Curado e historia del medio del espécimen.
- 8.1.4 Edad del espécimen.
- 8.1.5 Esfuerzo del concreto, si es determinado.
- 8.1.6 Peso unitario del concreto, si es determinado.
- 8.1.7 Curvas esfuerzo – Deformación, si es determinada.
- 8.1.8 Módulo cuerda de elasticidad, y
- 8.1.9 Relación de Poisson, si es determinada.

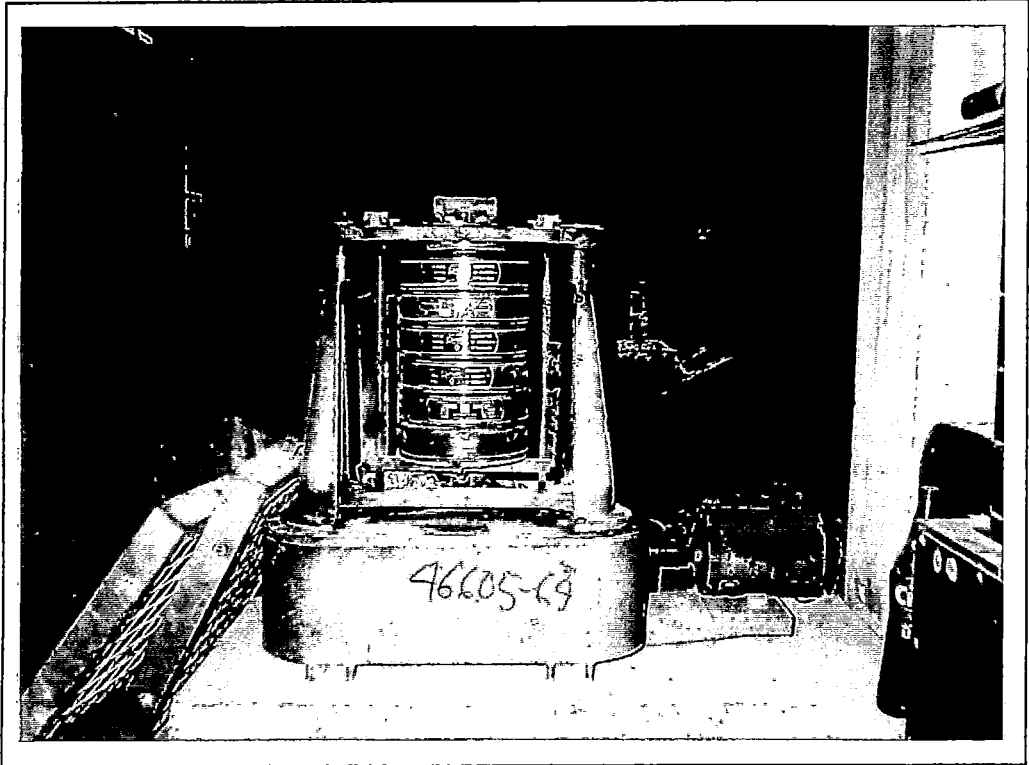
9 PRECISION Y BIAS:

9.1 Precisión.- La precisión de un solo operador en una misma máquina en varias pruebas es de + 4.25% (R1S%) max, como lo define practice E 177, en el rango de 2.5 a 4×10^6 psi (17.3 a 27.6×10^9 Pa); de ello, los resultados de ensayos duplicados de cilindros de diferentes pruebas no debería apartarse más del 5% del promedio de los dos.

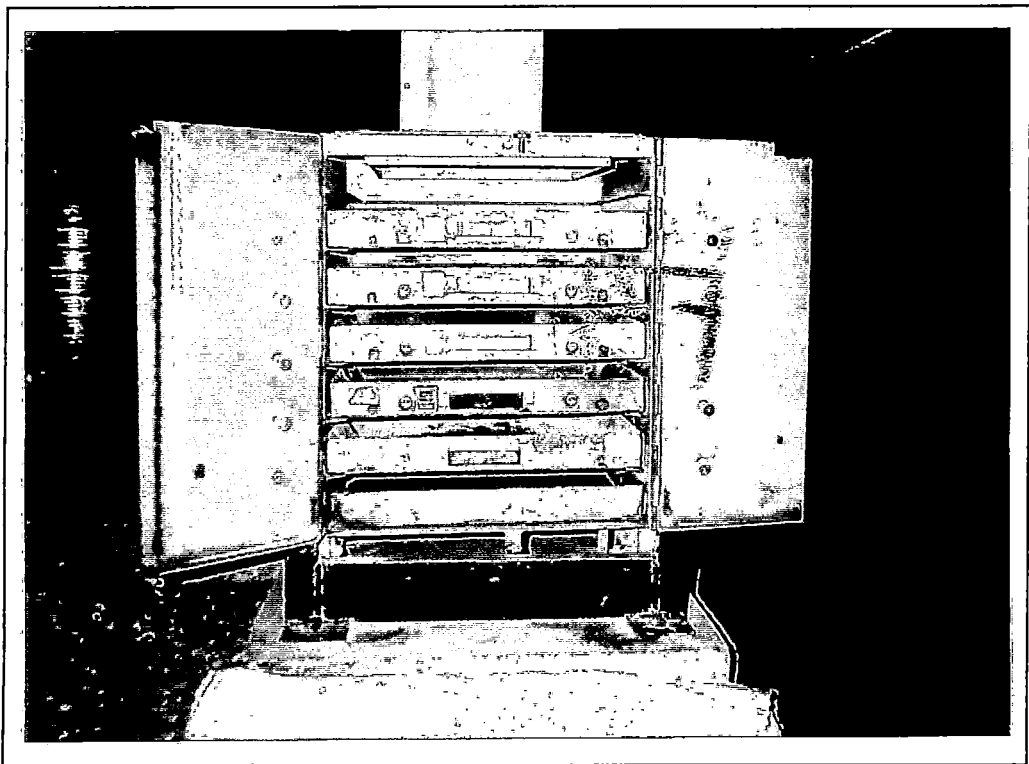
9.2 Bias.- Este método de ensayo no tiene bias porque el valor determinado solo puede ser definido en términos de éste método de ensayo.

ANEXO VII

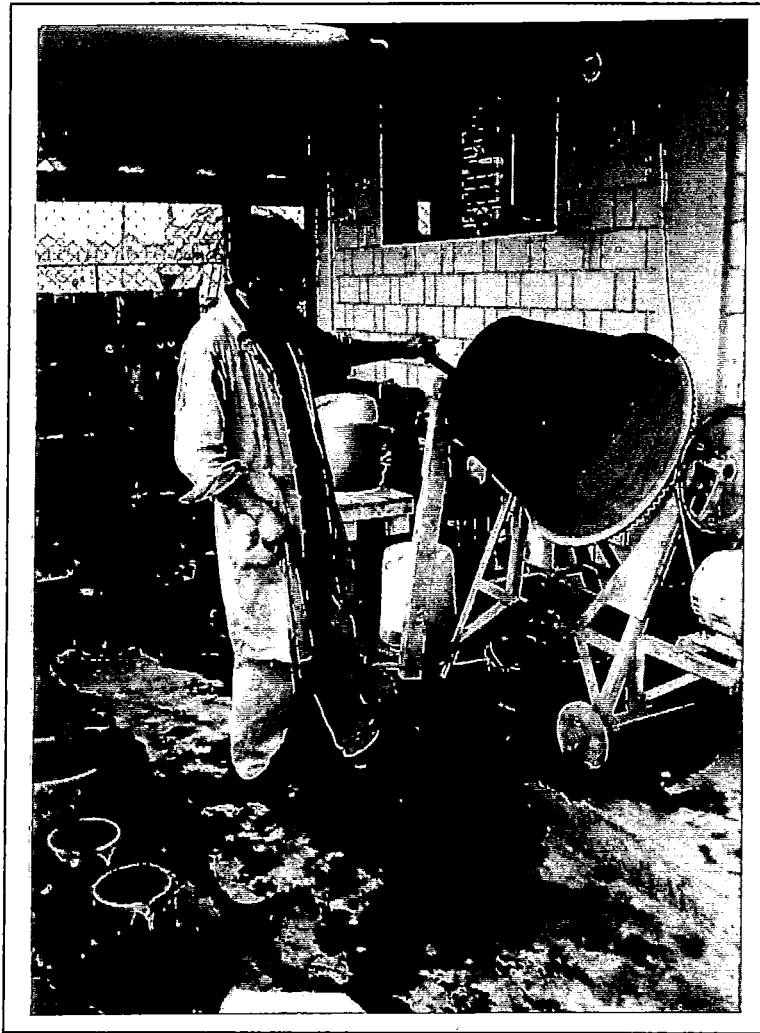
FOTOGRAFIAS



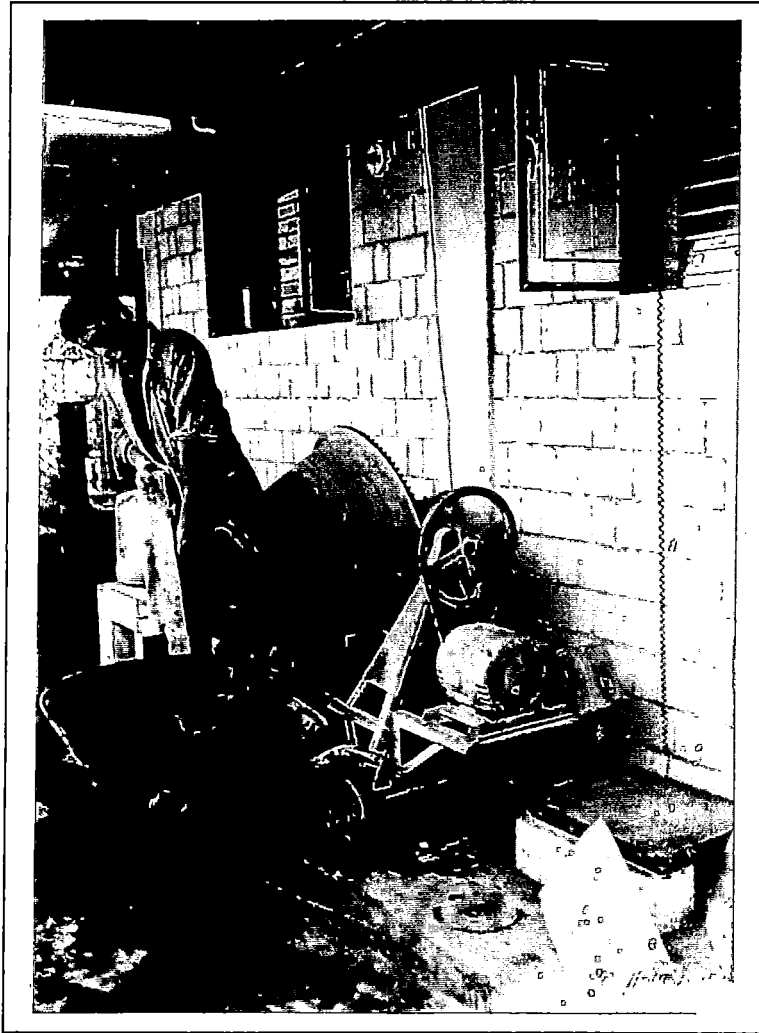
SE APRECIA LOS TAMICES ESTANDAR - NORMALIZADOS, NECESARIOS PARA EFECTUAR EL ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO



SE APRECIA LOS TAMICES ESTANDAR - NORMALIZADOS, NECESARIOS PARA EFECTUAR EL ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO



PREPARACION DEL CONCRETO – SE APRECIA LA MEZCLADORA
CON MOTOR ELECTRICO CON CAPACIDAD DE 3pie³



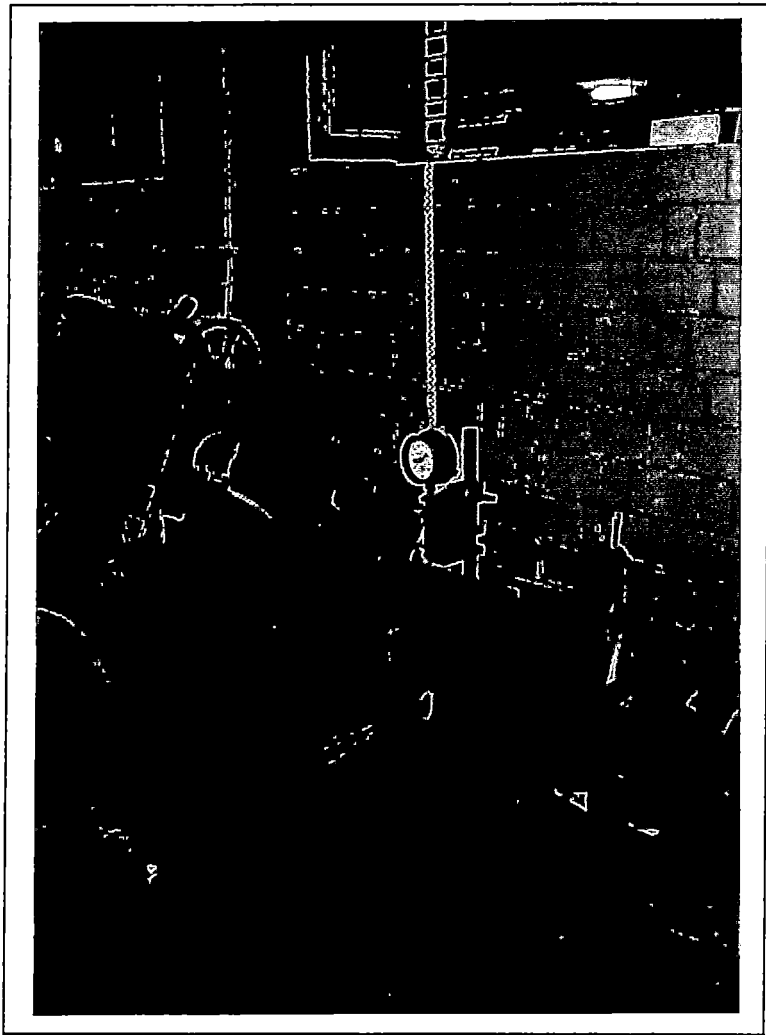
VACIADO DEL CONCRETO A LA CARRETILLA CUYA SUPERFICIE ESTA HUMEDA



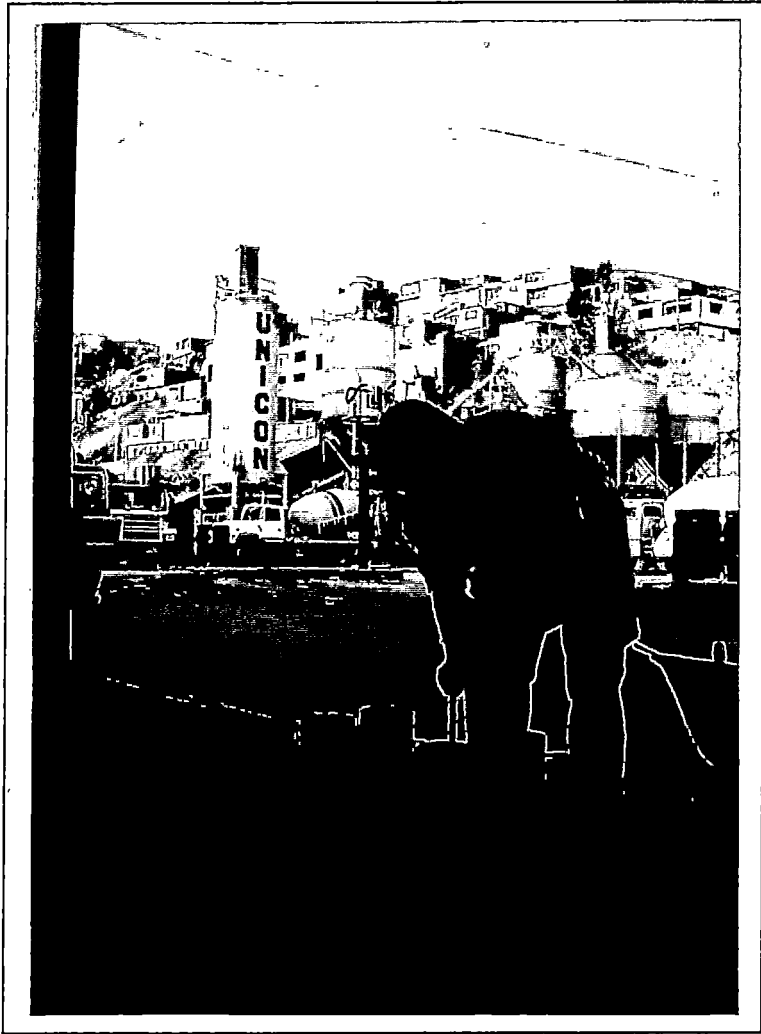
ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO, SE OBSERVA EL ENRASADO DEL CONCRETO EN EL RECIPIENTE DE 10 dm³ (1/3 pie cúbico)



TAMIZADO DEL CONCRETO POR LA MALLA N°4 (4,76 mm), EL MORTERO PASANTE SERVIRÁ PARA EL ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO



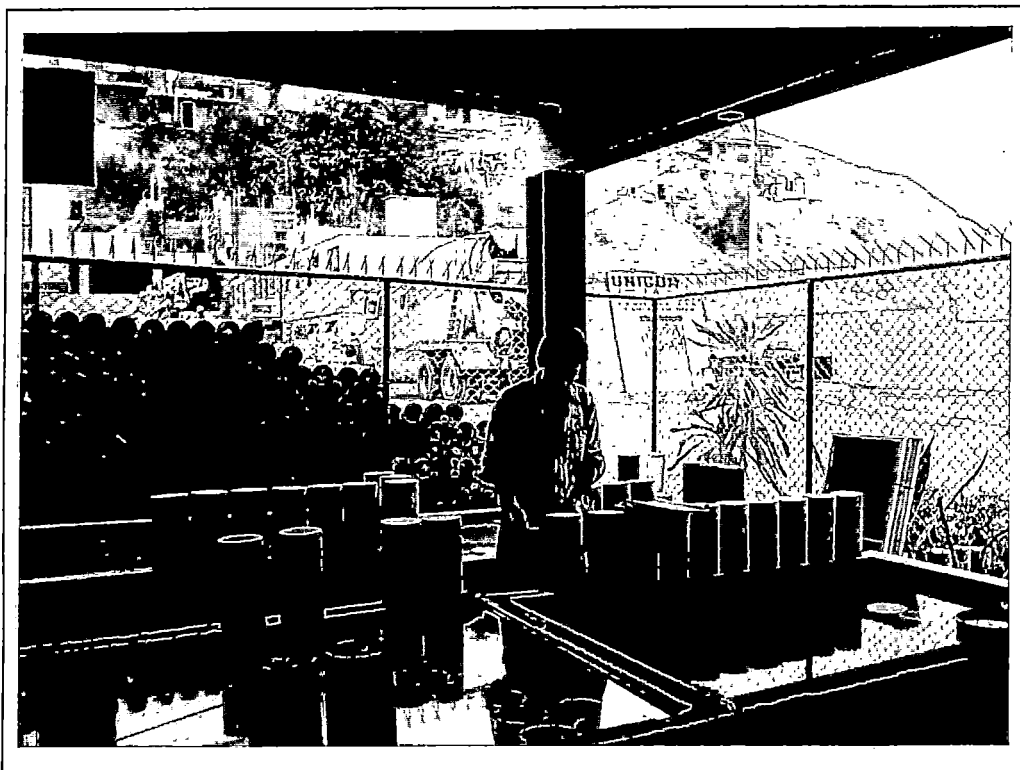
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO, CONTROLANDO LOS TIEMPOS PARA LA PENETRACION DE LAS AGUJAS



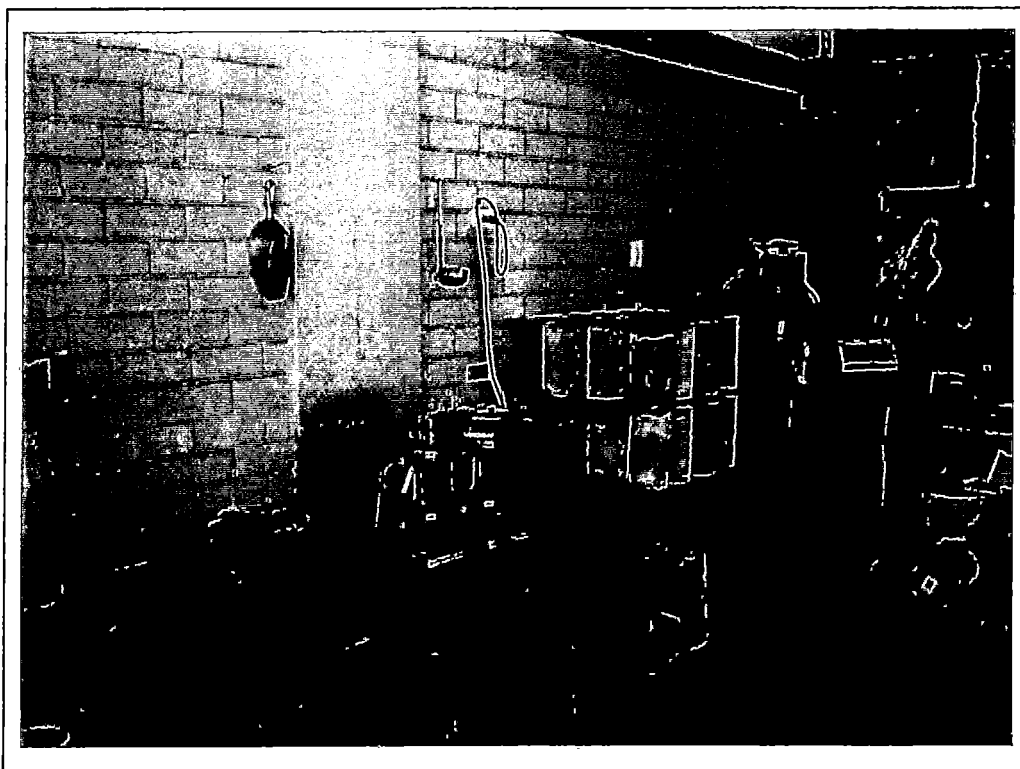
VARILLADO DEL CONCRETO EN TRES CAPAS (c/c con 25 golpes)



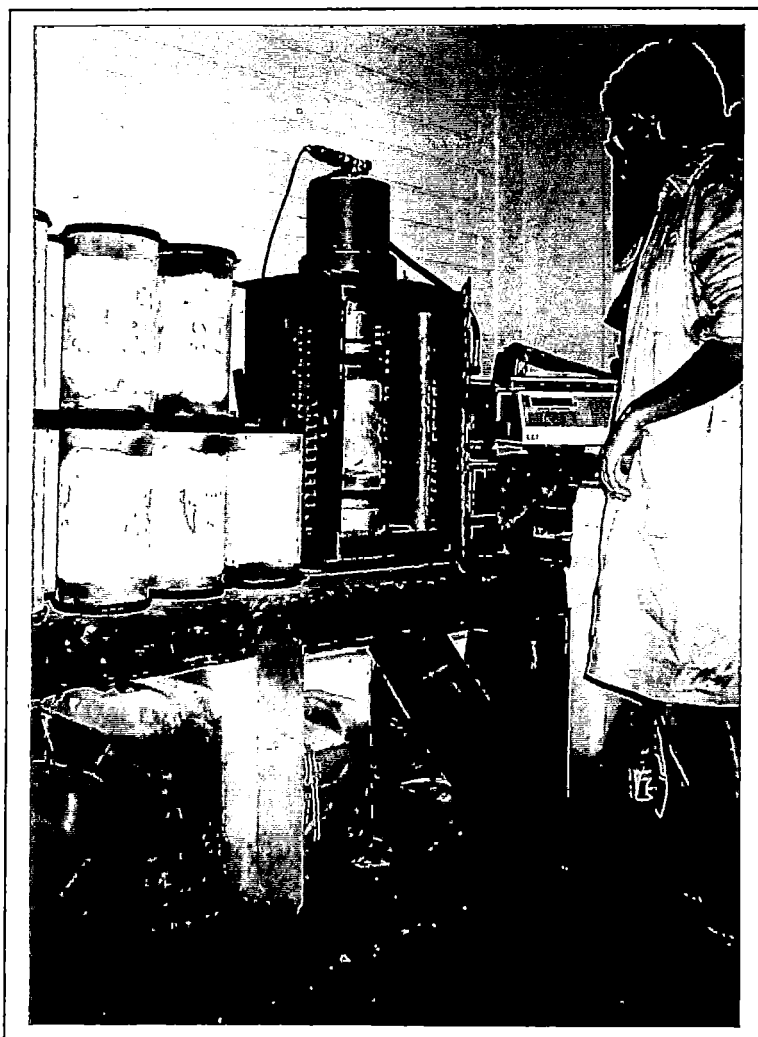
LLENANDO CON CONCRETO LOS MOLDES DE 6" x 12".



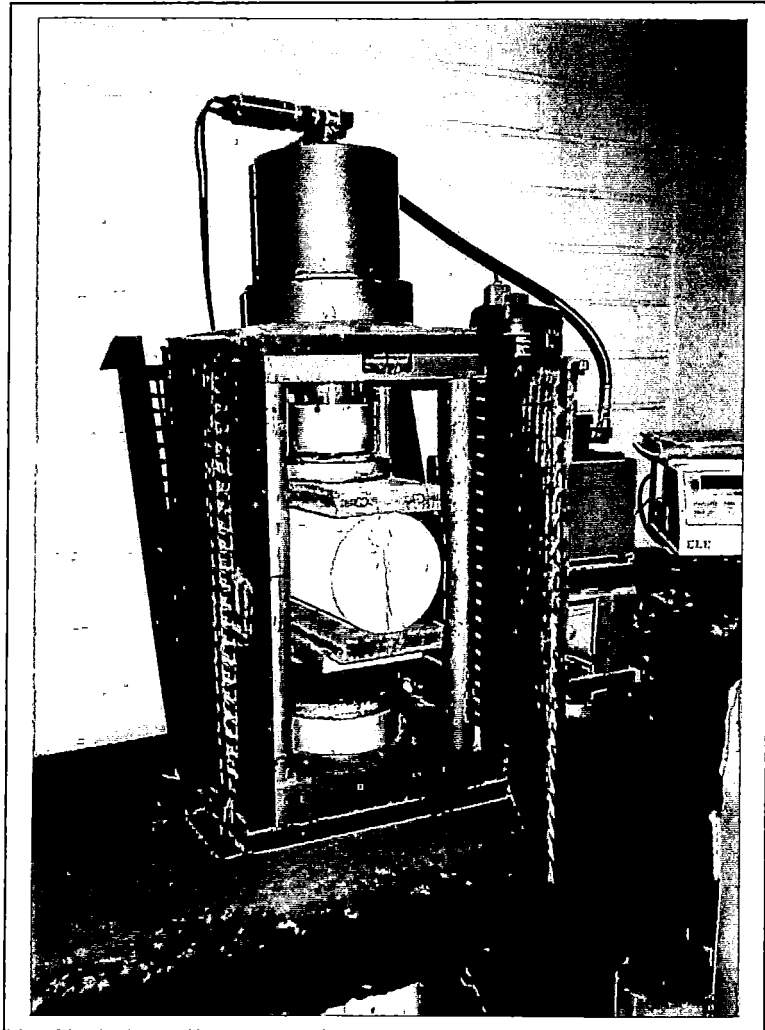
POZA DE CURADO – SE OBSERVA LAS PROBETAS HA SER ENSAYADAS



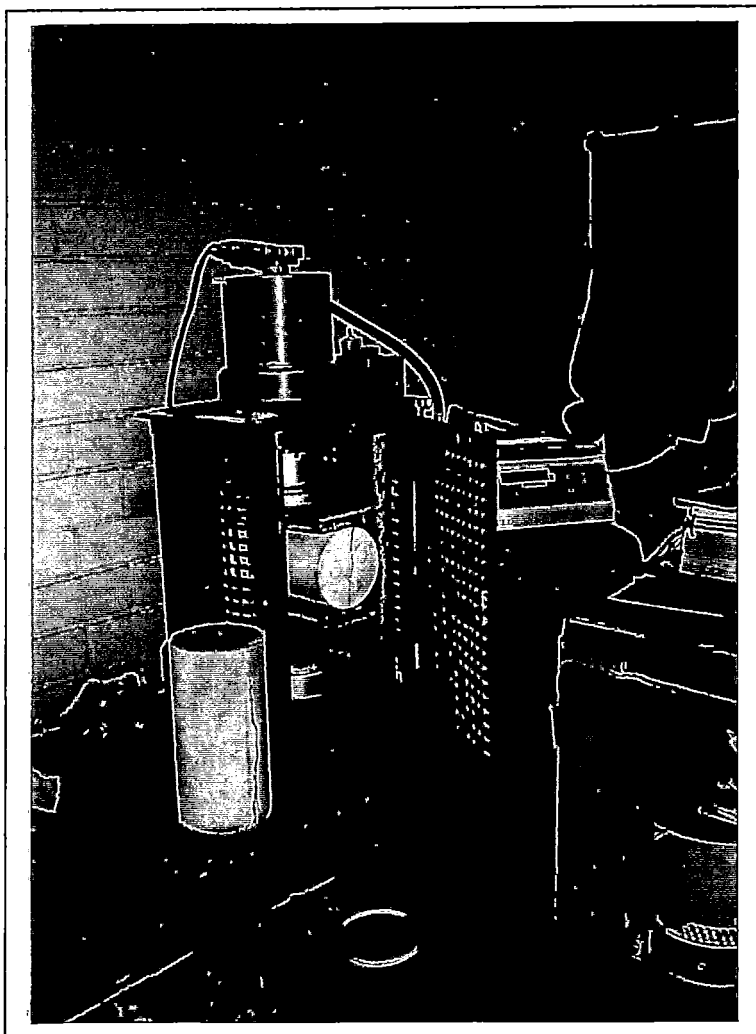
PROBETAS CON CAPING – SE OBSERVA LA COCINA ELECTRICA Y EL EQUIPO PARA EL CAPEADO



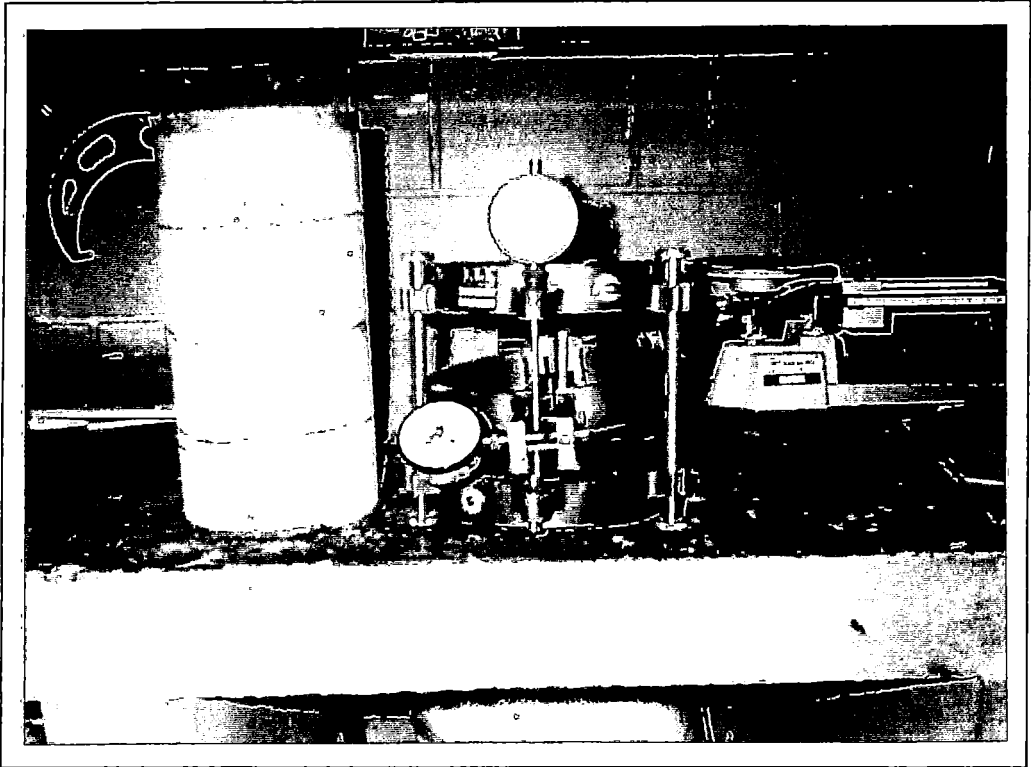
ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE – SE OBSERVA LAS PROBETAS CON SU RESPECTIVO CAPING ANTES DE SER SOMETIDAS AL ENSAYO



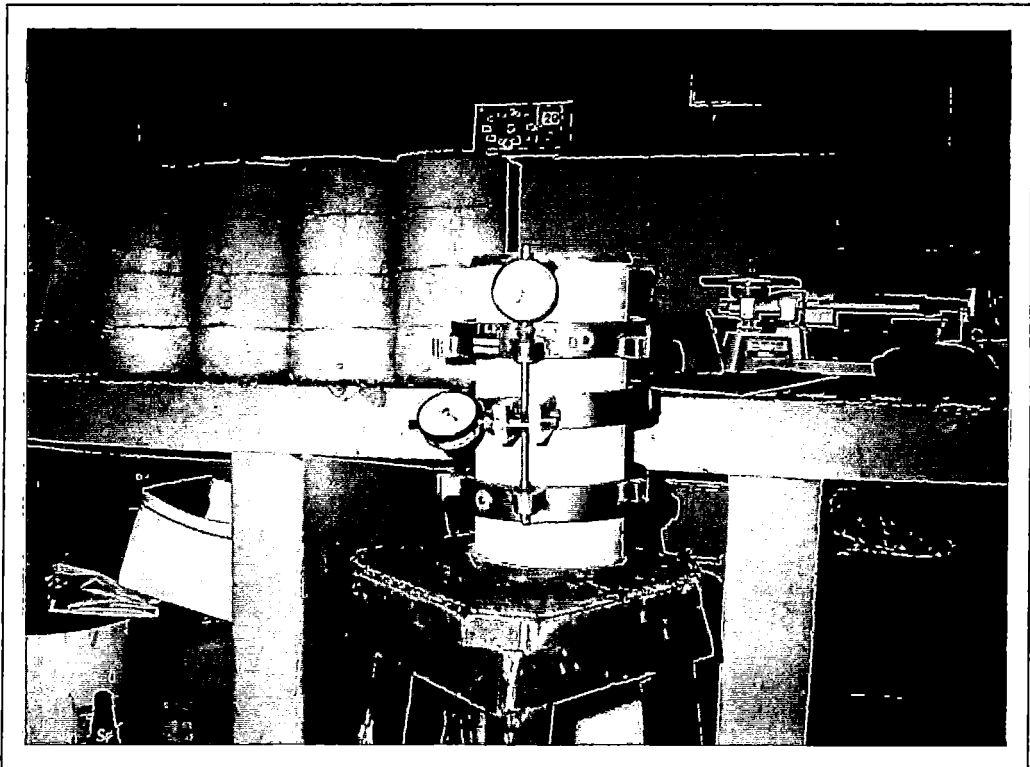
ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
METODO BRASILEÑO



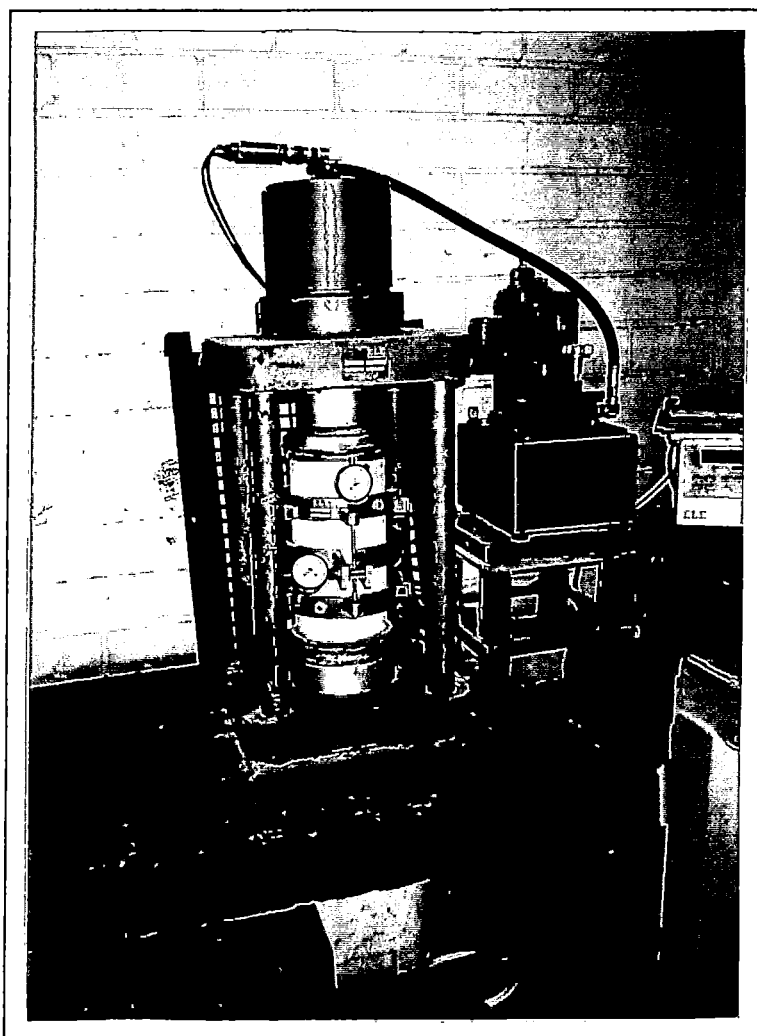
ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL, LUEGO DE ENSAYADA LA PROBETA DE CONCRETO SE OBSERVA LA LINEA DE FALLA; TIPICO EN ESTE TIPO DE ENSAYOS



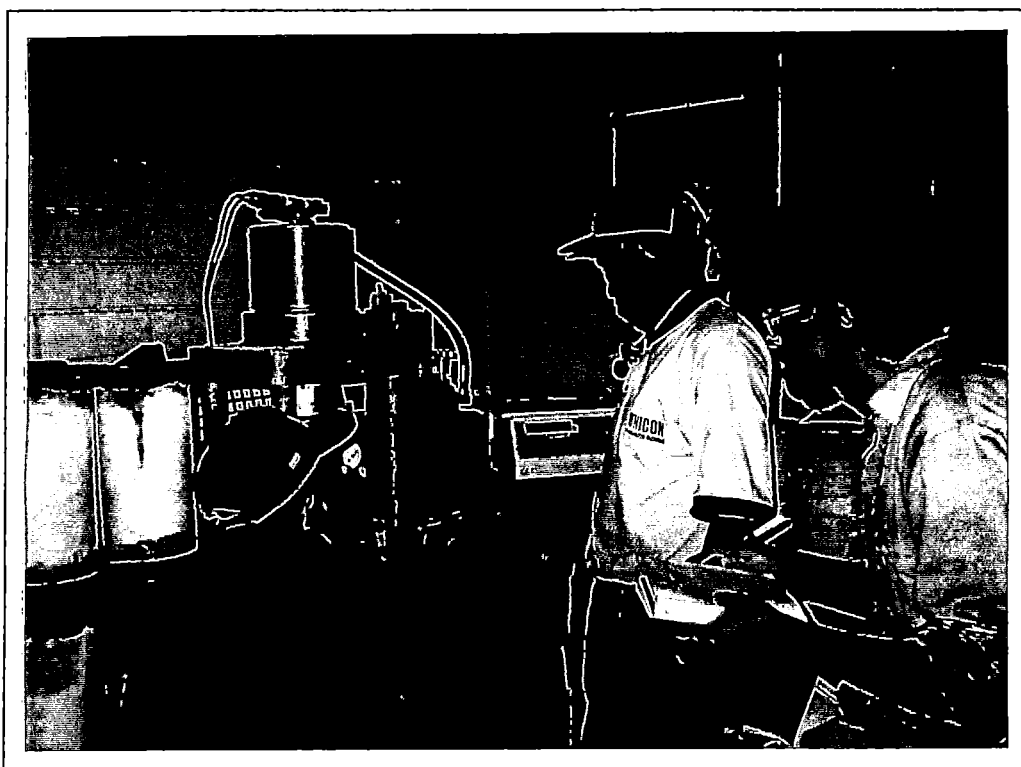
ENSAYO DEL MODULO ELASTICO ESTATICO, SE OBSERVA EL COMPRESOMETRO



ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO, SE OBSERVA LAS PROBETAS MARCADAS Y EL COMPRESOMETRO COLOCADO LISTO PARA SER ENSAYO



ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO
SE APRECIA MOMENTOS ANTES DEL ENSAYO



ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO, SE APRECIA INSTANTES DEL ENSAYO, REQUIERE TRES PERSONAS PARA LA TOMA DE DATOS

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1) TITULO: **HORMIGON ARMADO**
AUTOR: JIMENEZ MONTOYA P.
EDICION: 7ma.
CONTENIDO: Relación entre las resistencias del concreto.

- 2) TITULO: **TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO EN EL PERU**
AUTOR: ENRIQUE PASQUEL CARBAJAL.
EDITORIAL: Capítulo de Ingeniería Civil – CIP – 1,998.
BIBLIOTECA: Particular.
CONTENIDO: Diseño de Mezclas, control de calidad del concreto, agregados para concreto, propiedades principales del concreto.

- 3) TITULO: **NORMAS ITINTEC**
AUTOR: ITINTEC
EDITORIAL: ITINTEC 1979
BIBLIOTECA: LEM – UNI.
CONTENIDO: Norma de ensayo para materiales.

- 4) TITULO: **CEMENTO (BOLETINES TECNICOS)**
AUTOR: ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO - ASOCEM.
EDITORIAL: ASOCEM.
BIBLIOTECA: Particular.
CONTENIDO: Probetas de concreto, curado del concreto, mezcla del concreto, granulometria de los agregados, características físicas de los agregados.

- 5) **TITULO:** **SUPERVISION DE OBRAS DE CONCRETO**
AUTOR: ACI – LIMA – PERU 1987.
BIBLIOTECA: ACI – UNI – FIC.
CONTENIDO: Fundamentos del concreto, dosificación y control de calidad del concreto, colocación del concreto.
- 6) **TITULO:** **ESTADISTICA PARA ADMINISTRADORES**
AUTOR: LEVI RICHARD I.
CONTENIDO: Análisis de regresión.
- 7) **TESIS:** **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESION, FLEXION Y TENSION DEL CONCRETO ENDURECIDO”**
AUTOR: EFRAIN LAURA DE LA CRUZ.
AÑO: LIMA – PERU - 1991.
- 8) **TESIS:** **“UTILIZACION DEL CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP – ATLAS EN EL ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESION, FLEXION Y TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL DEL CONCRETO ENDURECIDO”**
AUTOR: JOAQUIN HILDEBRANDO ANDALUZ WESTREICHER.
AÑO: LIMA – PERU - 1992.

9) TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO USANDO CEMENTO PUZOLANICO ATLAS, A/C DE 0.40 A 0.55"

AUTOR: BRUNO LEONARDO COSSIO TAPIA.

AÑO: LIMA – PERU - 1996.

10) TESIS: "CORRELACION ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO V "ANDINO" (a/c de 0.55 a 0.70)"

AUTOR: IVAN ASCUE TORRES.

AÑO: LIMA – PERU - 1999.