

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“ES CONVENIENTE REFORZAR EL CONCRETO
CON VIRUTA DE CUERO, EN LIMA”**



TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL

PRESENTADO POR

ASTRID DAGSFNEY CASTAGNE SAAVEDRA

LIMA – PERU

2013

DEDICATORIA

A mi Padre Juan Krun Castagne Pinedo y a mi Madre
Elsa Saavedra Panduro por ser mi mejor amiga y
acompañarme en cada etapa de mi vida. Y al Ing.
Franco Romero Canchan por apoyarme desde el
comienzo de la tesis.

AGRADECIMIENTO

A MACCAFERRI por la donación de las fibras sintéticas (FibroMac).

A la Ing. Liliana Chavarria Reyes por todo el apoyo brindado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales.

A la Ing. Enriqueta Pereyra Salardi por la confianza depositada en mi persona y por guiarme en el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE

OBJETIVO GENERAL:	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	9
CAPÍTULO I.....	10
ASPECTOS GENERALES	10
1.1 INTRODUCCION.....	10
1.2 PARAMETROS.....	2
1.3 PRINCIPIOS TEORICOS	2
1.3.1 <i>Fenómenos causantes de los cambios volumétricos</i>	3
CAPÍTULO II.....	25
DE LOS MATERIALES.....	25
2.1 RESUMEN.....	25
2.2 CEMENTO.....	25
2.2.1 <i>Composición Química</i>	26
2.2.2 <i>Características Químicas</i>	27
2.3 AGREGADOS.....	28
2.3.1 <i>Generalidades</i>	28
2.3.2 <i>Agregado Fino</i>	28
2.3.3 <i>Agregado Grueso</i>	28
2.3.4 <i>Definición de los agregados</i>	29
2.3.5 <i>Características de los agregados</i>	31
2.4 AGUA	49
2.5 FIBRAS	51
2.5.1 <i>Fibra Sintética</i>	51
2.5.2 <i>Fibra Natural</i>	55
CAPÍTULO III.....	58
ENSAYO DE LOS MATERIALES	58
3.1 ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.....	58
3.1.1 <i>Medición del aislamiento (Slump)</i>	58
3.1.2 <i>Determinación del peso unitario</i>	60

3.1.3	<i>Medición del contenido de aire (%)</i>	61
3.1.4	<i>Muestreo de probetas</i>	63
3.1.5	<i>Muestreo de vigas</i>	63
3.2	ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO	64
3.2.1	<i>Resistencia a la compresión</i>	64
3.2.2	<i>Resistencia a la Flexión</i>	67
3.3	ENSAYO DE FISURACION.....	69
3.3.1	<i>Introducción :</i>	69
3.3.2	<i>Metodología empleada</i>	70
3.3.3	<i>Cálculos de la tasa de evaporación</i>	71
3.3.4	<i>Cálculos y resultados</i>	72
CAPÍTULO IV		78
ÁNALISIS DE RESULTADOS		78
4.1	ENSAYOS EN ESTADO FRESCO	78
4.1.1	<i>Ensayo de Asentamiento (Slump)</i>	78
4.1.2	<i>Ensayo de peso unitario</i>	80
4.1.3	<i>Ensayo de contenido de aire</i>	81
4.2	ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO	83
4.2.1	<i>Ensayo de resistencia a la compresión</i>	83
4.2.2	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION	85
4.3	ENSAYOS DE FISURACION	86
CAPÍTULO V		89
EVALUACIÓN ECONÓMICA COMPARATIVA.....		89
5.1	ANÁLISIS DE COSTOS.	89
5.2	ANÁLISIS DE COSTO- BENEFICIO.....	91
CAPÍTULO VI		94
CONCLUSIONES.....		94
RECOMENDACIONES		96
BIBLIOGRAFÍA		97
GALERÍA DE FOTOS		99
ENSAYO DE CONCRETO FRESCO.....		99

Ilustraciones de Figuras

FIGURA 1	10
FIGURA 2.....	12
FIGURA 3	13
FIGURA 4	14
FIGURA 5	18
FIGURA 6	21
FIGURA 7	21
FIGURA 8	22
FIGURA 9	22
FIGURA 10.....	23
FIGURA 11.....	24
FIGURA 12.....	34
FIGURA 13.....	35
FIGURA 14.....	37
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	44
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.017)	44
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	45
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.017)	45
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	46
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (NTP 400.018)	46
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	47
CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)	47
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	48
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.022).....	48

FOTO 1. FIBROMAC 12 EN BOLSA DE 600 G.....	54
FOTO 2. FIBRAS FIBROMAC 12 SUELTAS.....	54
FOTO 3. VIRUTA DE CUERO EN ESTADO NATURAL.....	57
FOTO 4. VIRUTA DE CUERO SUELTA.....	57
CUADRO COMPARATIVO DE ASENTAMIENTO (NTP 339.045).....	59
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 KG/CM ²	59
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 KG/CM ²	59
CUADRO COMPARATIVO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO	60
(NTP 339.045)	60
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 KG/CM ²	60
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 KG/CM ²	61
CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.080)	62
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 KG/CM ²	62
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 KG/CM ²	62
CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	65
(NTP 339.034)	65
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 KG/CM ²	65
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 KG/CM ²	66
CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	68
(NTP 339.078)	68
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 KG/CM ²	68
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 KG/CM ²	68
FOTO 5.....	69
FOTO 6.....	70
FOTO 8: COMPARADOR DE GRIETAS.....	73
FOTO 9: INSTRUMENTOS DE MEDICION.....	73
FOTO 10: MEDICION DE FISURA.....	74

GRAFICO 1. ASENTAMIENTO VS DOSIFICACION DE FIBRA	78
GRAFICO 2. ASENTAMIENTO VS DOSIFICACION DE FIBRA	79
GRAFICO 3. PESO UNITARIO VS DOSIFICACION DE FIBRA PARA UNA $F'_{C}=210$ KG/CM ²	80
GRAFICO 4. PESO UNITARIO VS DOSIFICACION DE FIBRA PARA UNA $F'_{C}=280$ KG/CM ²	81
GRAFICO 5. CONTENIDO DE AIRE VS DOSIFICACION DE FIBRA PARA UNA $F'_{C}=210$ KG/CM ²	82
GRAFICO 6. CONTENIDO DE AIRE VS DOSIFICACION DE FIBRA PARA UNA $F'_{C}=280$ KG/CM ²	82
GRAFICO 7. DESARROLLO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION $F'_{C}=210$ KG/CM ²	83
GRAFICO 8. DESARROLLO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION $F'_{C}=280$ KG/CM ²	84
GRAFICO 9. DESARROLLO DE RESISTENCIA A LA FLEXION PARA UNA $F'_{C}=210$ KG/CM ²	85
GRAFICO 10. DESARROLLO DE RESISTENCIA A LA FLEXION PARA UNA $F'_{C}=280$ KG/CM ²	86
GRAFICO 11. POTENCIAL DE FISURACION VS. DOSIFICACION DE FIBRAS.	87
GRAFICO 12. POTENCIAL DE FISURACION VS. DOSIFICACION DE FIBRAS.	88
GRAFICO 13. POTENCIAL DE FISURACION VS. COSTO POR M3 DE CONCRETO	91
GRAFICO 14. POTENCIAL DE FISURACION VS. COSTO POR M3 DE CONCRETO	92
GRAFICO 15. POTENCIAL DE FISURACION VS. COSTO POR M3 DE CONCRETO	92
GRAFICO 16. POTENCIAL DE FISURACION VS. COSTO POR M3 DE CONCRETO	93
ENSAYO DE PESO UNITARIO	99
ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	100
ENSAYO DE FISURAMIENTO	100
ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	101
ENSAYO DE FLEXIÓN	101

Ilustraciones de Tablas

TABLA 1. CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I (SOL).....	27
TABLA 3. REQUISITOS PARA CLASIFICAR LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS SEGUN EL ASTM C33.	33
TABLA 4. REQUISITOS PARA CLASIFICAR LOS AGREGADOS FINOS SEGUN EL ASTM C33.	36
TABLA 5. SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN LOS AGREGADOS.	41
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	42
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 400.012)	42
TABLA 6. COMPONENTES EN EL AGUA Y SUS EFECTOS.....	50
TABLA 7. PROPIEDADES DE LA FIBRA FIBROMAC 12.....	53
TABLA 8. PROPIEDADES DE LA VIRUTA DE CUERO 12.....	56
TABLA 9. CLASIFICACION POR ANCHO DE FISURA	74
TABLA 10: RESULTADOS DEL PANEL	75
TABLA 11. ENSAYO DE POTENCIAL DE FISURACION	76
TABLA 12. CUADRO DE PRECIOS DE LOS MATERIALES.....	89
TABLA 13. COSTO POR M ³ DE CONCRETO.	90

INTRODUCCIÓN

Como sabemos el concreto es un material que está sujeto a cambios volumétricos de acuerdo a la temperatura de exposición, siendo el más frecuente el caso de la contracción por secado en las primeras horas de fraguado, para el cual es necesario el uso de fibras sintéticas.

Para este proyecto se realizó un análisis comparativo entre fibra sintética (FibroMac) y fibra natural de origen animal (Viruta de cuero).

OBJETIVOS :

OBJETIVO GENERAL:

Determinar en que medida un concreto estándar adicionado con viruta de cuero puede remplazar al concreto de fibras sintéticas para reducir la fisuración en losas y que sea una alternativa económica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Ubicar, seleccionar y resumir planteamientos teóricos respecto a la elaboración del concreto.
- Describir el proceso de elaboración del concreto con fibras sintéticas (FibroMac) y fibras naturales (Viruta de cuero).
- Identificar las ventajas y desventajas del concreto endurecido utilizando la fibra sintética (FibroMac) y la fibra natural (Viruta de cuero).
- Proponer las recomendaciones de uso de la preparación actual del concreto sin fibras.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

Como sabemos la industria de aditivos y fibras sintéticas (fibras de acero, de Nylon o polipropileno) tienen tiempo en el mercado mejorando la resistencia al desgaste y durabilidad del concreto. Avances en investigación y tecnología han demostrado que las fibras sintéticas son viables para inhibir las fisuras causadas por la contracción plástica, obteniéndose óptimos diseños para concreto realizados con fibras pero su aplicación comercial aún está limitada debido a que estas fibras incrementan un poco el costo. Un concreto que use fibras naturales podría ser barato y además no tendría un impacto ambiental.

Además son posibles de obtener a un bajo costo haciendo uso de la mano de obra disponible en la localidad y las técnicas para su obtención. Estas son fibras llamadas típicamente naturales no procesadas.

Sin embargo las fibras naturales son generalmente derivadas de la madera pero estos procesos son altamente industrializados y no se dispone aún en países en desarrollo. A tales fibras se les conoce como fibras naturales procesadas.

Un tipo de fibra que al parecer tiene un futuro prometedor son las virutas de cuero que son residuos que se obtienen en las curtiembres producto del proceso de rebajado de piel de los animales vacunos (Vacas). Estas virutas

han incrementado el desperdicio en la tierra las cuales son eliminadas por empresas externas.

1.2 Parámetros

El diseño de la mezcla se realizó con cemento Pórtland Tipo I “Sol” para diferentes resistencias a la compresión : $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con dos clases de fibras: fibra sintética (FibroMac) y fibra natural (viruta de cuero), que se incorpora al concreto normal en diferentes dosificaciones como 300,600,900gr/m³ para las fibras sintéticas (FibroMac) y 300,600,900gr/m³ para las fibras naturales (viruta de cuero).

1.3 Principios Teóricos

...“Uno de los aspectos más importantes en el comportamiento del concreto son los cambios volumétricos, desde el punto de vista de la tecnología del concreto del diseño de mezclas, su producción, colocación y curado, como desde la perspectiva del diseño estructural, dado que sus efectos se traducen en contracciones y/o expansiones que ocasionan una gran variedad de problemas asociados principalmente a las fisuraciones y deformaciones que algunas veces sólo son objetables desde el punto de vista estético, ocasionando algunas veces la pérdida de capacidad portante y/o la alteración de las condiciones de uso y operatividad de las estructuras”. (1)

Roberto Gamboa García .Parámetros que afectan la calidad del concreto. Octubre del 2012.

Desde hace muchos años se han venido investigando mundialmente las causas y los efectos, principalmente en forma cualitativa, ya que la complejidad de los parámetros involucrados y la dificultad de correlacionar estudios a escalas de laboratorio, con el comportamiento de las estructuras in situ, limitan las posibilidades de establecer criterios cuantitativos generales.

Las fisuras son de recurrencia diaria y no existe obra realizada en concreto que no presente esta patología lo importante es saberlas reconocer y prevenir su aparición, saber cómo resanarlas cuando se presenten y en algunos casos inducir las para que aparezcan antes de realizar los acabados.

La Presente Información es obtenida del Libro “Tópicos de tecnología de concreto” del Ingeniero Enrique Pasquel Carbajal. Lima, Perú 1992-1993.

1.3.1 Fenómenos causantes de los cambios volumétricos

Los principales fenómenos que condicionan los cambios volumétricos del concreto están relacionados básicamente con el comportamiento de la pasta de cemento y su interacción con los otros elementos involucrados como son los agregados, el agua, los aditivos y las condiciones particulares del entorno, tales como características ambientales de humedad, temperatura, viento, así como los grados de restricción a la deformación de las estructuras, las peculiaridades del diseño estructural y los procesos constructivos.

Estos fenómenos se pueden sintetizar en :

- I. Contracción o retracción
- II. Cambios térmicos
- III. Flujo o fluencia
- IV. Agresividad química interna y externa

Debido al proyecto de investigación abarcaremos el I y II por estar embebidos en el tema de investigación.

1.3.1.1 Contracción o retracción

Es una de las causas más frecuentes de cambios volumétricos, llamada con frecuencia contracción o retracción de fragua o de

fraguado considerándose erróneamente a estos problemas de fisuraciones. Se tiene tres manifestaciones:

- I. Contracción intrínseca o espontánea
- II. Contracción por secado
- III. Contracción por carbonatación

1.3.1.1.1 Contracción intrínseca o espontánea

Es la que constituye la verdadera contracción de fraguado, producto del proceso químico de hidratación del cemento y su propiedad inherente de disminuir de volumen en este estado.

El mecanismo de este proceso es físico-químico, en que al mezclarse el cemento con el agua y obtenerse el gel del cemento, se inicia el proceso de hidratación así como la formación de los poros del gel y los poros capilares. El intercambio del agua contenida en los poros del gel y los poros capilares con el cemento aún no hidratado, es el responsable del cambio del volumen total de la pasta, y consecuentemente el volumen absoluto del cemento hidratado es siempre inferior al correspondiente al de las sales anhidras y el agua. Esta retracción es irreversible y no depende de los cambios de humedad posteriores al proceso de hidratación y endurecimiento.

La retracción espontánea depende exclusivamente del tipo y características particulares del cemento empleado por lo que cada cemento tiene un comportamiento singular frente a este fenómeno.

El orden de magnitud de la deformación unitaria atribuida a la contracción intrínseca oscila entre 10 y 150×10^{-6} dependiendo del cemento en particular aunque lo usual es que no sea mayor de 30×10^{-6} .

En términos generales, no produce fisuración pues las tracciones que se generan son bajas (2 a 8 kg/cm^2 salvo el caso de cementos particularmente excepcionales), y se desarrollan a lo largo del tiempo que demora en completarse el proceso de hidratación total del cemento, que como sabemos, se completa en gran medida a los 28 días de edad.

En consecuencia, la causa principal de fisuraciones en el concreto no es debido a la "contracción de fragua " o " contracción de fraguado " ya que está comprobado en forma fehaciente que este fenómeno no motiva agrietamiento en el concreto, dadas las condiciones estandarizadas de fabricación de los cementos Pórtland modernos que aseguran un comportamiento estable en este aspecto, y los esfuerzos de tracción mínimos que se generan, que son asimilables sin problemas por el concreto.

Suponemos que la causa de la confusión en cuanto a atribuírsele tradicionalmente a este fenómeno "fisuración" se debe a que hace algunos años no se había investigado a profundidad en forma cuantitativa este mecanismo, ni los otros que actúan simultáneamente en el concreto ocasionando cambios volumétricos, por lo que se tergiversaban cualitativamente los conceptos, asignándosele a la

contracción por fraguado una trascendencia mayor de la que realmente tiene. Si a esto le sumamos la falta de difusión de los resultados y conclusiones de las investigaciones científicas realizadas por el Ingeniero Enrique Pasquel Carbajal en su libro “Tópicos de Tecnología del concreto el año 1992, se llega pues a la situación de contar con una gran cantidad de colegas y estudiantes que aún mantienen ese criterio ya superado científicamente.

1.3.1.1.2 Contracción por secado

Este fenómeno se produce por la pérdida de humedad de la pasta, contenida en los poros capilares, cuyo efecto es despreciable en términos prácticos, debido a la acción de agentes externos como son la temperatura, viento y la humedad relativa, que propician la evaporación del agua de absorción contenida en los poros de gel, la cual es responsable del fenómeno de la contracción por secado.

Cuando el concreto está en estado fresco y la velocidad de exudación o sangrado (Bleeding) es menor que la velocidad de evaporación del agua superficial, se produce una contracción por secado muy rápida que es causante de fisuración.

Este efecto particular de la contracción por secado se le denomina contracción o retracción plástica del concreto (Plastic Shrinkage) por ocurrir cuando la mezcla aún se encuentra fresca y en estado plástico.

El orden de magnitud de la deformación unitaria producida por la contracción por secado sin ningún control puede oscilar entre 400 y 1100 $\times 10^{-6}$ dependiendo del caso en particular. En función de esto, las tensiones que se producen, pueden variar entre 100 kg/cm² y 275 kg/cm² en la generalidad de los casos, por lo que si recordamos que el orden de magnitud del esfuerzo en tracción del concreto es de alrededor del 10 % de la resistencia en compresión se puede deducir que para los concretos normales (100 kg/cm² a 350 kg/cm² de resistencia en compresión y del orden de 10 kg/cm² a 35 kg/cm² en tracción) los esfuerzos por contracción por secado normalmente superan a la capacidad resistente en tracción. En consecuencia, debido a los altos valores de esfuerzos de tracción que ocasiona, la contracción por secado es generalmente la causa principal de fisuración del concreto.

Esto lleva a concluir que si no se comprende perfectamente el fenómeno y no se toman las medidas adecuadas para controlarlo, se producirá indefectiblemente el agrietamiento; y en muchos casos en que éste es inevitable debido a las tensiones que ocurrirán, las condiciones del diseño arquitectónico y las características de exposición ambiental de las estructuras, habrá que determinar la ubicación conveniente de las juntas para orientar y regular la fisuración. Sin ninguna medida de control, el fenómeno se desarrolla con la rapidez con que pierde agua el concreto, generando fisuras por contracción plástica que sólo tienen una profundidad

del orden de 1 a 5 cm. Por lo que en la mayoría de los casos no afectan el comportamiento estructural.

1.3.1.1.2.1 Factores que afectan la contracción por secado en el concreto

a) Características del cemento

El tipo de cemento, su finura y el contenido de yeso en la composición, influyen en marcar las diferencias en contracción por secado, el cemento usado en esta investigación son cementos “Sol”.

Los estudios elaborados por el Ingeniero Enrique Pasquel Carbajal en su libro “Tópicos de Tecnología de concreto” en el año 1992, indican que no es posible a priori aseverar que un cemento que cumple con los requerimientos Standard para un tipo de cemento Pórtland tendrá mayor o menor contracción que otro cemento que cumple con requisitos diferentes.

Sin embargo, otros investigadores, han establecido tendencias que indican que en general los cementos Tipo II producen menor contracción que los Tipo I y mucho menor aún que los Tipo III. De los aspectos mencionados, al parecer la finura del cemento es la que tiene menor influencia en la variabilidad de la retracción.

b) Tipo de agregado

Las características de los agregados son importantes en cuanto a sus consecuencias en la retracción del concreto, si se considera que la piedra y la arena con la pasta de cemento constituyen una estructura mixta. Los agregados en el concreto restringen la retracción inherente de la pasta de cemento, por lo que la capacidad de deformación de los mismos y su adherencia con la pasta de cemento tienen importancia fundamental en la contracción del concreto. Dependiendo de las características de los agregados y su cantidad en el concreto, la contracción será sólo una fracción de la pasta sola, estimándose un orden de magnitud de la cuarta o sexta parte de la atribuida a ésta. Cuanto mayor es la rigidez del agregado y su módulo de elasticidad, mayor será la reducción de la retracción en el concreto.

Al estar el módulo de elasticidad inversamente relacionado con la porosidad y la absorción del agregado, se puede concluir en que los agregados más densos y con baja absorción producen concretos con menor retracción, siendo el efecto inverso con agregados livianos y muy absorbentes. Por otro lado, la cantidad de agregado en el volumen total del concreto, así como su granulometría tienen influencia primordial en la contracción, puesto que

agregados con gradación discontinua ameritan una gran cantidad de cemento para lograr una estructura mixta resistente, y consecuentemente tiene mayor preponderancia la retracción al incrementarse la cantidad de pasta. Indirectamente, el tamaño máximo de las partículas de los agregados, afecta también la contracción ya que al depender de este la cantidad de agua de mezcla (que como veremos en el siguiente punto es otro de los factores condicionantes de la contracción), a mayor tamaño máximo o módulo de fineza total de los agregados, menor será la contracción y viceversa.

En la Figura 1 se puede apreciar la tendencia manifestada:

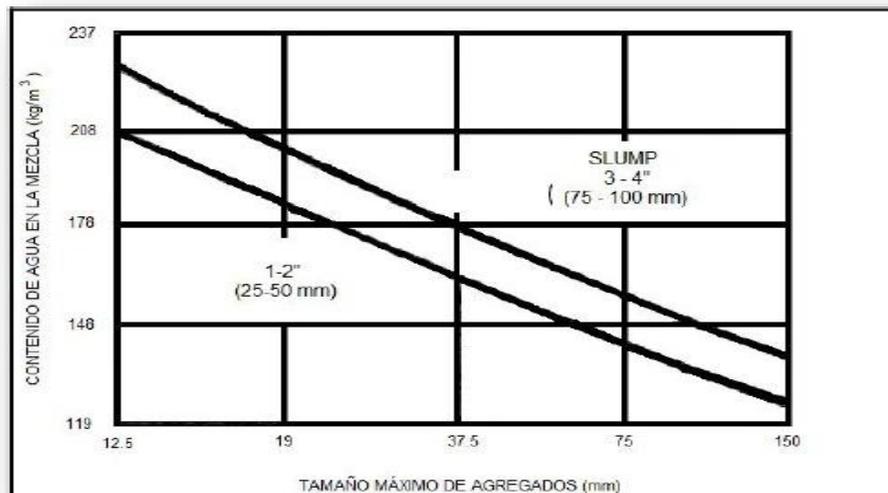
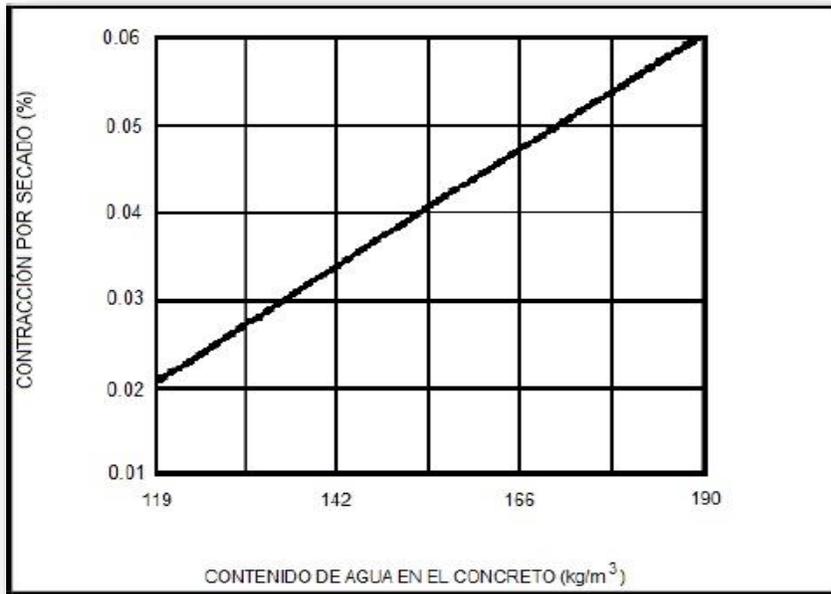


Figura 1

- c) Trascendencia del contenido de agua en la mezcla como condicionante de la contracción

En la Figura 2 podemos observar el efecto típico del contenido de agua en el concreto sobre la contracción, en base a un estudio desarrollado por el U.S. Bureau of Reclamation, donde se comprueba que la relación es directa y a mayor contenido de agua, aumenta la contracción. Si se recuerda que la cantidad de agua en la mezcla está en función inversa del tamaño máximo del agregado, y en relación directa con el asentamiento (Slump) se puede concluir que empleando el mayor tamaño de agregado y el menor asentamiento compatibles con los requisitos de trabajabilidad, se logra reducir la contracción por secado.



Figura

2

Otro factor que influye en los requerimientos de agua en la mezcla es la temperatura del concreto fresco, pues como se observa en la Figura 3, a mayor temperatura de la mezcla es mayor la cantidad de agua para un asentamiento constante.

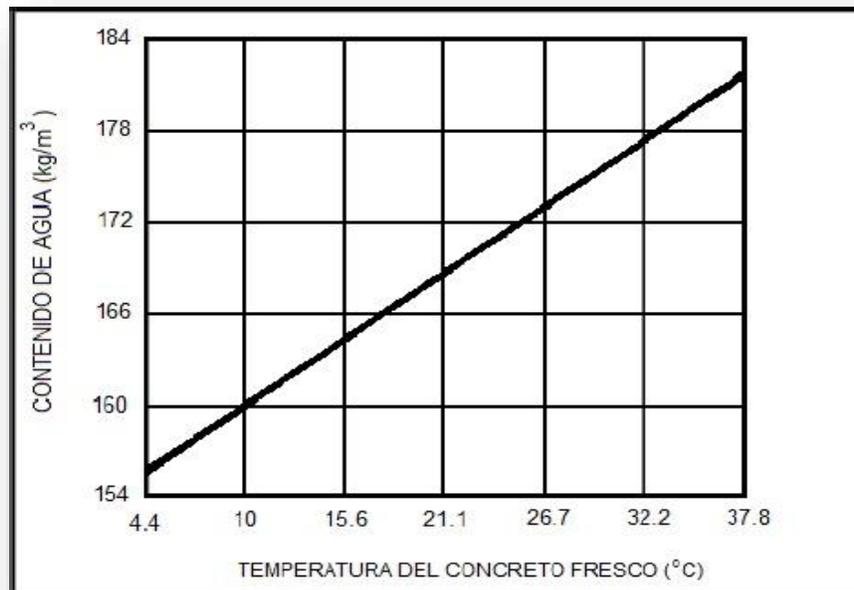


Figura 3

En este sentido, la temperatura individual de los componentes así como el calor de hidratación del cemento, definen la temperatura de la mezcla y por lo tanto, de su control dependerá indirectamente el reducir la contracción.

El aspecto final relacionado con la cantidad de agua y la retracción lo constituye la relación Agua/Cemento, donde el factor preponderante es la concentración de la pasta. Un concreto con relación A/C alta indica una concentración pobre de la pasta

de cemento y un intercambio elevado de agua de absorción en los poros del gel durante el secado, con el incremento de la contracción.

En el caso inverso, los concretos con relaciones A/C bajas, tienen menor contracción por secado.

En la Figura 4, se pueden apreciar los resultados de una investigación por el Ingeniero Enrique Pasquel Carbajal en su libro "Tópicos de tecnología de concreto" en el año 1992 que demuestra este efecto, que es independiente de la cantidad de cemento.

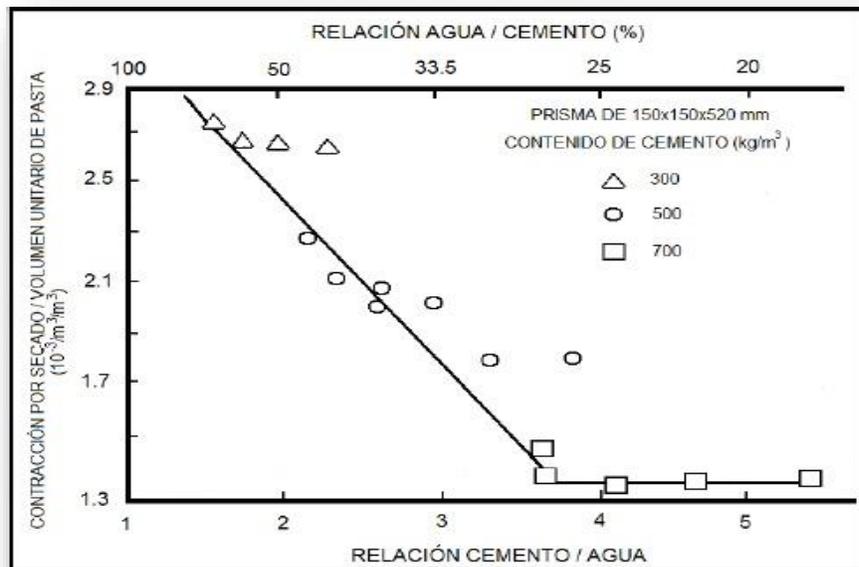


Figura 4

d) Influencia de los aditivos en la contracción por secado

En general, los aditivos que contribuyen a reducir el agua de amasado tienden a favorecer la reducción de la contracción, pero este efecto no es muy evidente en la mayoría de los casos. Sin embargo, está demostrado que en el caso de los superplastificantes, esta reducción sí es significativa en un orden de magnitud del 30%.

Los incorporadores de aire, pese a introducir una estructura de vacíos adicionales en la mezcla, no incrementan de manera significativa la retracción, con conclusiones de aire hasta el 5%.

Los acelerantes ocasionan un incremento en la contracción por secado que en promedio puede llegar a hacer hasta el 50% de lo normal desarrollándose la mayor parte a edades tempranas (7 días) y disminuyendo con el tiempo.

Las puzolanas empleadas como aditivos en las mezclas, no son de uso normal en nuestro medio, no obstante, estas ya vienen introducidas en varios de los cementos disponibles en el mercado nacional como cementos Pórtland Tipo IP e

IPM, por lo que es interesante abordar su efecto.

Las puzolanas contribuyen en general a aumentar los requerimientos de agua de la mezcla, pues le confieren una consistencia cohesiva por la que es necesario añadir más agua de la usual para obtener la trabajabilidad deseada. Luego pues, tienden a incrementar la contracción, pero este efecto se refleja primordialmente en estructuras de pequeñas dimensiones, más no en las estructuras masivas. Esto es debido en primer término al efecto de las dimensiones de los elementos, y la retentividad de agua que manifiestan las puzolanas; y en segundo lugar porque en los vaciados de elementos de dimensiones reducidas es necesario trabajar con mayores asentamientos para poderlas colmar eficientemente, y esto obliga a añadir más agua, lo que no se da en vaciados masivos en que las dimensiones de los elementos permiten trabajar con concretos muy secos.

e) Influencia de la duración del curado húmedo

El concepto básico reside en que la duración del curado húmedo del concreto no reduce la contracción por secado pues sólo la detiene mientras dura, pero una vez

que se inicia el secado, se verifica igual. La explicación está en que el curado entre 7 y 28 días propicia el desarrollo de las características resistentes del concreto y su capacidad de soportar esfuerzos generados por la contracción, pero no altera la continuidad del fenómeno pues en la medida que se produzca la pérdida del agua habrá retracción inexorablemente.

Existe sin embargo evidencia experimental que cuando el curado húmedo se efectúa con vapor y a presión atmosférica cual es el caso de los prefabricados, la contracción se reduce, probablemente por modificar la estructura de los poros del gel.

f) Efecto de las dimensiones del elemento estructural

La velocidad con que una estructura pierde agua, depende de las dimensiones de la misma pues cuantos mayores sean estas, mayor será el recorrido del flujo de agua hacia la superficie expuesta. En la Figura 5, se puede apreciar que el fenómeno de la contracción disminuye en la medida que aumentan las dimensiones del elemento para el mismo tipo de concreto. Un aspecto importante del efecto dimensional en la retracción es que las pruebas de laboratorio

para medida dan valores más altos que los obtenidos en las estructuras in situ, por lo que deben tomarse estos resultados con mucho cuidado cuando se trate de extrapolarlos cuantitativamente a escala natural.

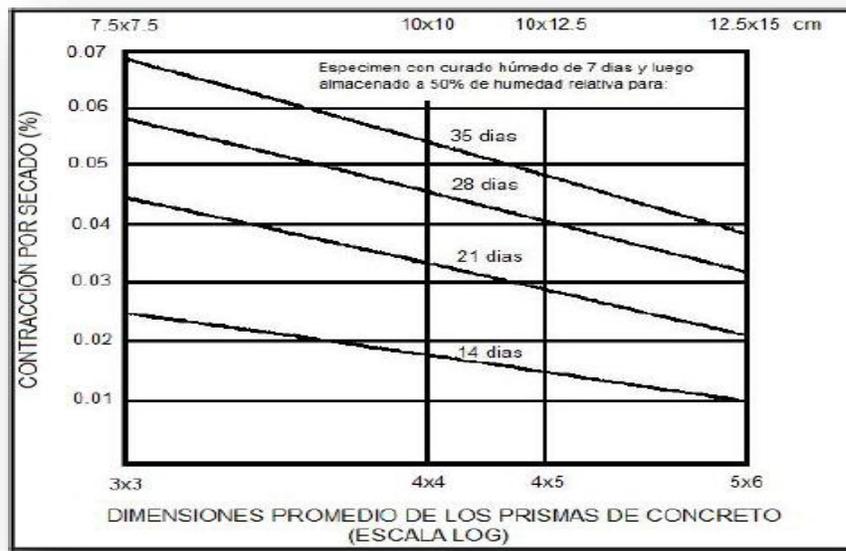


Figura 5

1.3.1.1.3 Contracción por carbonatación

Es un fenómeno que se produce exclusivamente en el concreto endurecido, y es causado por la reacción de los cristales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de los productos de hidratación del cemento comprimidos por la contracción de secado, con el CO_2 del ambiente formándose CaCO_3 con una reducción del volumen inicial que causa una descompresión interna y contracción adicional.

La humedad durante la exposición al Bióxido de Carbono es el factor principal que influye en la contracción por carbonatación, verificándose experimentalmente que los mayores valores se producen para humedades relativas del orden del 50%, mientras que es despreciables para humedades relativas cercanas al 100% o por debajo del 25%.

Esta reacción se produce aún para bajas concentraciones de CO₂, siendo más trascendente su efecto a nivel de laboratorio en que el tamaño de los especímenes favorece la contracción, o en el caso de estructuras que están sometidas a condiciones de exposición muy saturadas de CO₂ como suele ocurrir en ciertas instalaciones industriales. El control de las condiciones de humedad resulta el sistema más eficaz para atenuarla, y los valores de deformación unitaria oscilan entre 10 a 100x 10⁻⁶, por lo que las tensiones que produce normalmente son del orden de 2 a 20 kg/cm² no ocasionando fisuración en la mayoría de los casos.

1.3.1.2 Cambios térmicos

Las variaciones de temperatura en el concreto producen cambios volumétricos que inducen esfuerzos adicionales. Cuando estos esfuerzos superan la resistencia en tracción del concreto se produce la fisuración. Estos cambios térmicos pueden deberse al calor de hidratación del cemento y/o las condiciones ambientales. El coeficiente de expansión térmica del concreto es del orden de 7 a 11x10⁻⁶/ °C con un promedio de 10x10⁻⁶/ °C y es el que condiciona la capacidad de

deformación por temperatura. Si aplicamos los principios de la termodinámica, se puede inferir que cada °C de gradiente térmico induce un esfuerzo en el concreto del orden de 2 kg/cm².

Por lo tanto, para concretos normales del orden de 200 kg/cm² de resistencia en compresión, un gradiente térmico de alrededor de 10°C puede ocasionar agrietamiento si las condiciones de borde restringen las deformaciones, ocasionando esfuerzos que superan la capacidad resistente en tracción del concreto. Los cambios térmicos producidos por el calor de hidratación del cemento se verifican con mayor intensidad en el denominado concreto masivo, que en términos generales incluye a las estructuras con relación Volumen/Área superficial expuesta muy grande.

Como se observa en las Figuras 6 y 7 el tipo de cemento tiene una influencia primordial en el incremento de temperatura por el calor de hidratación. Por otro lado, la temperatura de colocación así como la temperatura ambiente tienen mucha trascendencia en el ascenso de la temperatura y el tiempo en que llega a su valor máximo (Figuras 8 y 9).

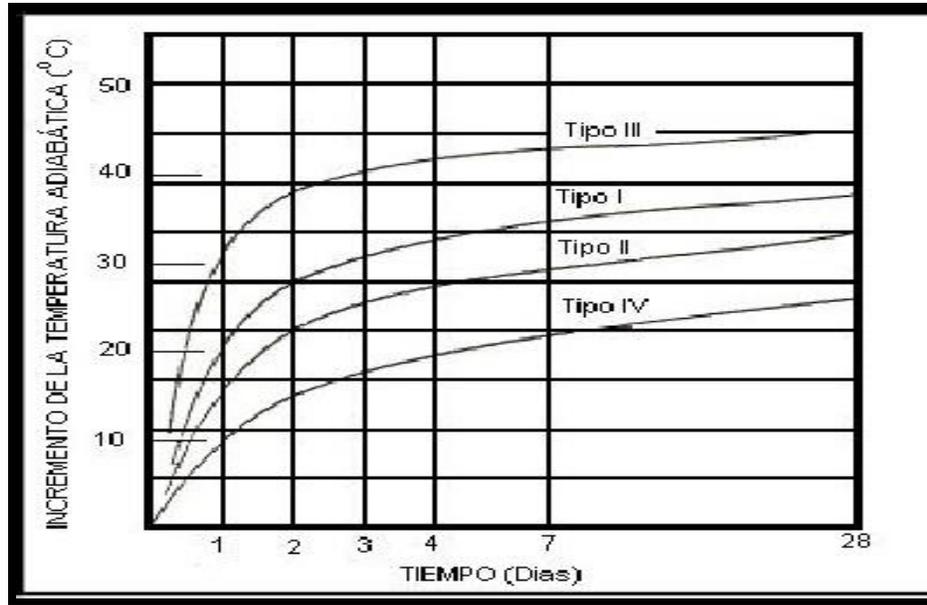


Figura 6

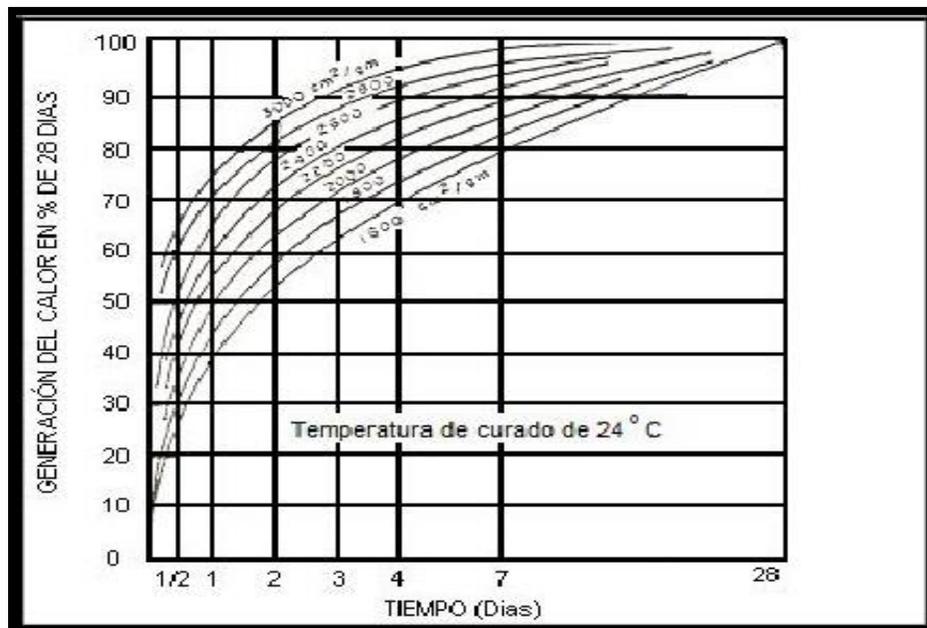


Figura 7

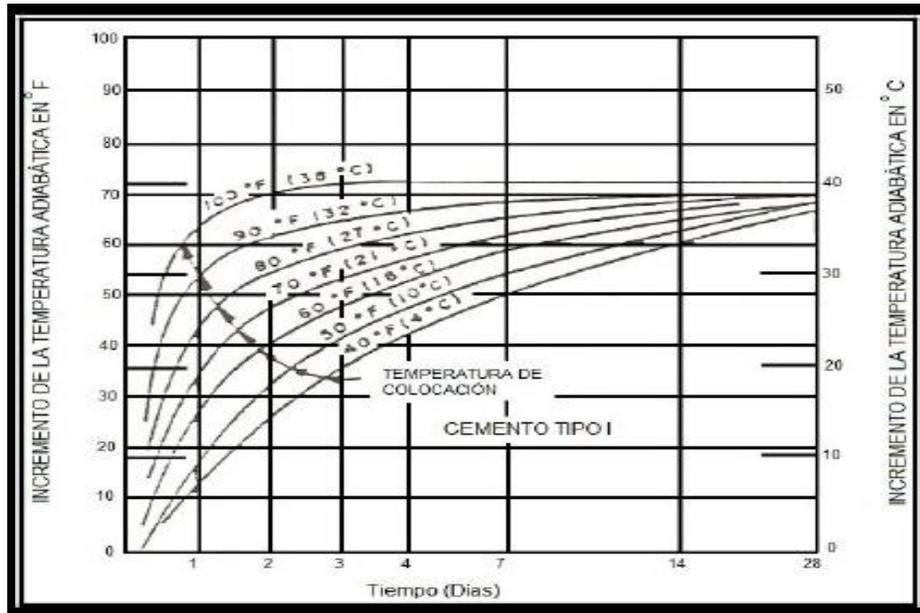


Figura 8

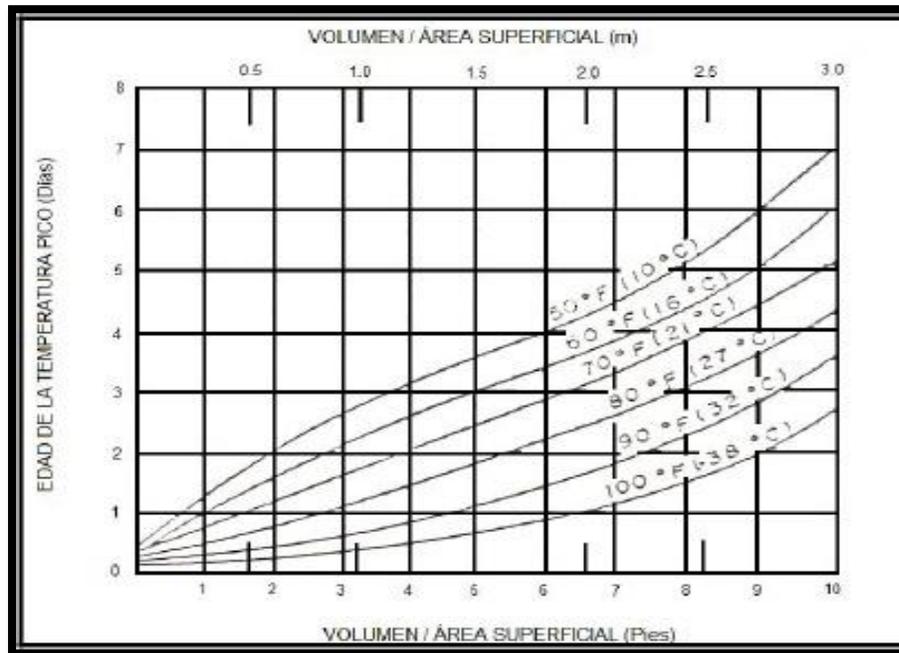


Figura 9

En la Figura 10 se observan las curvas que permiten evaluar en función de la temperatura de colocación del concreto y la relación Volumen/Área Superficial expuesta, el incremento de temperatura a esperarse si se emplea cemento Tipo I.

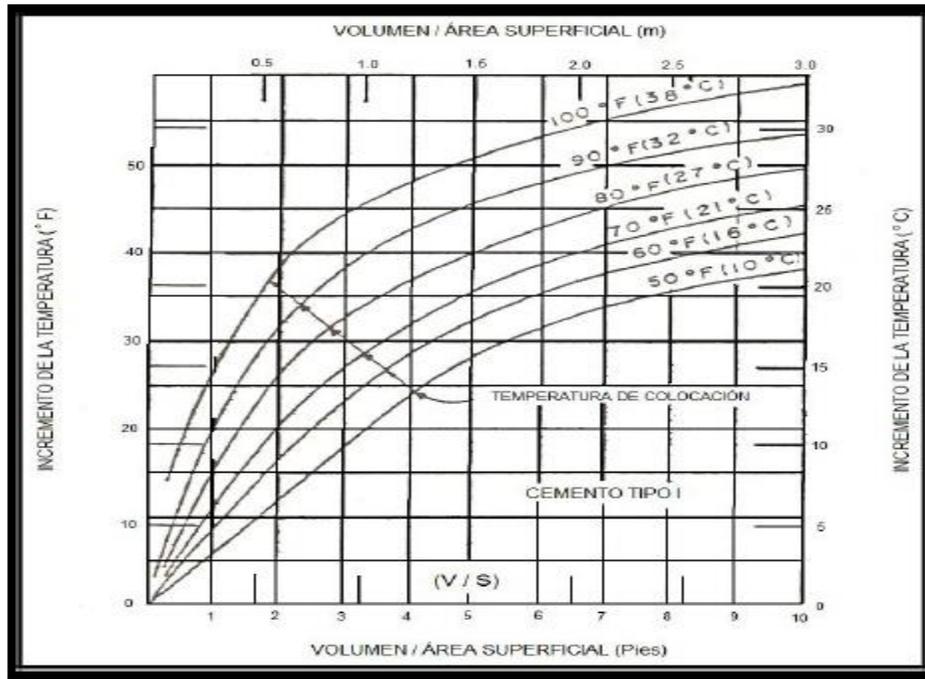
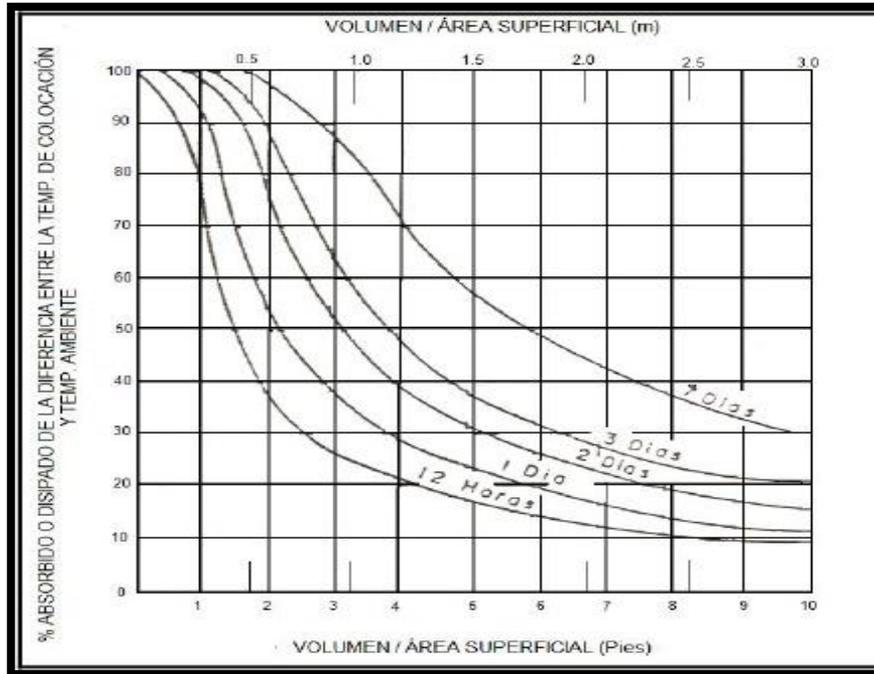


Figura 10

En la Figura 11 podemos comprobar el efecto de la relación Volumen/Área superficial, con el tiempo que necesita el concreto para disipar o absorber según sea el caso, el gradiente de temperatura entre la temperatura ambiente y la temperatura de colocación, concluyéndose en la importancia de tomar las precauciones necesarias para afrontar el intercambio de calor para estructuras masivas.



Figura

11

En el caso de estructuras de relación Volumen/Área superficial pequeña, los cambios térmicos se reflejan por el gradiente de temperatura entre caras opuestas, lo que por lo general induce flexiones y esfuerzos de tracción superficiales. Cuanto mayor sea el gradiente térmico mayor serán los esfuerzos inducidos y la posibilidad de fisuración.

Uno de los aspectos más importantes de los cambios térmicos está constituido por los ciclos de hielo y deshielo, en que el incremento del volumen del agua interna en el concreto produce expansiones y la posibilidad de fisuración si no se emplean incorporadores de aire para crear una estructura de vacíos adicional que contrarreste dichas expansiones.

CAPÍTULO II

DE LOS MATERIALES

2.1 Resumen

El concreto es una mezcla debidamente dosificada de cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua. En una proporción menor los aditivos, que originan nuevas propiedades en el concreto y pueden afectar notablemente su trabajabilidad, resistencia y/o durabilidad, y otras propiedades. Los agregados constituyen aproximadamente del 60 al 75 % del volumen total de concreto. La pasta de cemento une a los agregados y le da la característica de endurecerse cuando reacciona con el agua.

2.2 Cemento

Según la norma ASCTM C-150, el cemento Pórtland es definido como el producto obtenido de la pulverización muy fina del Clinker, el cual está constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico, posteriormente a la calcinación se le adiciona agua y sulfato de calcio amorfo o no tratado (yeso).

La norma ASTM C-150 clasifica el cemento Pórtland normal en cinco diferentes tipos de acuerdo a las propiedades de los cuatro compuestos principales: Tipo I, Tipos II, Tipo III, Tipo IV, Tipos V. Siendo los tipos más comunes son: Pórtland Tipo I, Pórtland Tipo I modificado (ó especial) y el Tipo III. A continuación una breve descripción de cada tipo:

- Cemento Pórtland Tipo I.- También conocido como cemento gris. Es el tipo destinado a obras que no exijan propiedades especiales. Su composición puede variar considerablemente según la marca. Puede contener puzolanas artificiales o naturales como cenizas, ladrillo molido y tierras volcánicas para mejorar sus propiedades.
- Cemento Pórtland Tipo II.- Se emplea en donde puede presentarse ataque moderado por sulfatos (estructuras de drenaje o concreto expuestos al aguas contaminadas de mar), asimismo cuando se desea un moderado calor de hidratación. Se recomienda para las construcciones en zonas costeras.
- Cemento Pórtland Tipo III.-Se usa cuando se requiere de una alta resistencia inicial y rápido endurecimiento. Su composición es similar a la del Tipo I, pero con mayor finura y sin el uso de puzolanas. Algunas veces presenta una baja resistencia a los sulfatos.
- Cemento Pórtland Tipo IV.- Es un cemento de bajo calor de hidratación. Este tipo se usa en las estructuras expuestas a sulfatos alcalinos del suelo o del agua, a los sulfatos de las aguas freáticas y para exposición al agua de mar.
- Cemento Pórtland Tipo V.- Este es un cemento de alta resistencia a los sulfatos ideal para estructuras en contacto con el agua de mar, para lo cual se especifica un contenido de aluminatos de calcio de 5% como máximo.

2.2.1 Composición Química

Una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante, se inicia una serie de reacciones químicas que en forma global se designan como hidratación del cemento. Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la rigidización gradual de la mezcla, que culmina con su fraguado y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto.

Aun cuando la hidratación del cemento es un fenómeno sumamente complejo, existen simplificaciones que permiten interpretar sus efectos en el concreto. El porcentaje en que se encuentra el Clinker en los cuatro componentes principales, dependen de las proporciones relativas entre

los compuestos ácidos y la cal, los componentes ácidos llamados también factores hidráulicos incluyen la sílice, la alúmina y el óxido férrico, siendo los dos últimos denominados fundentes.

De acuerdo a Bogue, los porcentajes límites de los componentes principales del Clinker, deben estar alrededor de los siguientes valores:

- Silicato Tricálcico (C_3S) 30% a 60%
- Silicato Dicálcico (C_2S) 15% a 60%
- Aluminato tricálcico (C_3A) 7% a 15%
- Aluminio-Ferricotetracálcico (C_4AF) 8% a 10 %

2.2.2 Características Químicas

Tabla 1. Características Químicas del cemento Pórtland Tipo I (Sol)

ELEMENTO	SOL TIPO I
Óxido de Calcio, CaO (%)	63,20
Óxido de Sílice, SiO_2 (%)	19,79
Óxido de Aluminio, Al_2O_3 (%)	6,15
Óxido de Hierro, Fe_2O_3 (%)	2,82
Óxido de Potasio, K_2O (%)	0,96
Óxido de Sodio, Na_2O (%)	0,28
Trióxido de Azufre, SO_3 (%)	2,58
Óxido de Magnesio, MgO (%)	3,16
Cal Libre (%)	0,52
Punto de Ignición (%)	0,80
Residuos Insolubles (%)	0,62
CaO Libre (%)	0,52
Álcalis (%)	0,91

2.3 Agregados

2.3.1 Generalidades

Los agregados utilizados para la investigación son de procedencia de la cantera La Gloria. Estos agregados son obtenidos mediante un proceso de chancado, zarandeo, tamizado y lavado obteniendo un producto libre de contaminación y cumpliendo con las especificaciones de la Norma NTP 400.010.

2.3.2 Agregado Fino

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa por el tamiz 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33.

2.3.2.1 Requisitos

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de partículas preferentemente angular, duro, compacto, resistente, libre de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

2.3.3 Agregado Grueso

Se define como agregado grueso a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa por el tamiz 4.75 mm (N°4) y cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33.

2.3.4 Definición de los agregados

Los agregados ocupan del 60% al 75% del volumen del concreto. Por tanto, sus características influyen en las propiedades del mismo. Los agregados influyen en las proporciones de la mezcla para el concreto y en la economía. Deben satisfacer ciertos requisitos y deben consistir en partículas limpias, duras, resistentes y durables, libres de sustancias químicas, recubrimientos de arcilla, o de otros materiales finos que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Las partículas débiles, quebradizas y laminadas son perjudiciales. Deberán evitarse especialmente los agregados que contengan pizarras laminares naturales o esquistos, partículas blandas y porosas, y algunos tipos de cuarzo ya que tienen mala resistencia al intemperismo. A menudo, basta una inspección visual para descubrir la debilidad en los agregados, de los cuales no se tengan registros sobre su buen comportamiento, y deberán probarse para ver si cumplen con los requisitos de control de calidad.

Tabla 2. Requisitos granulométricos y límites para las sustancias perjudiciales en agregado fino y grueso según la ASTM C 33.

Requisitos		Límites para sustancias perjudiciales		
Tamiz Estándar	Límites totales % acumulado Pasante	Descripción	Agregado Fino %	Agregado Grueso %
3/8"	100	1). Lentas de arcilla y partículas deleznable	3	2.0 a 10.0 (c)
# 4	95 a 100	2). Material menor que la malla # 200	3.0 a 5.0 (a)	1.0 (g)
# 8	80 a 100	3). Carbón y Lignito	0.5 a 1.0 (b)	0.5 a 1.0 (d)
# 16	50 a 85	4). Partículas ligeras (G<2.4)	----	3.0 a 8.0 (e)
# 30	25 a 60	5). Suma de 1), 3) y 4)	----	3.0 a 10.0 (f)
# 50	10 a 30	6). Abrasión	----	50
# 100	2 a 10	7). Desgaste con sulfato de sodio	10	12
		8). Desgaste con sulfato de Magnesio	15	18

- a) 3% para concretos sujetos a abrasión y 5% para los demás. Si se trata proveniente de chancado y el material más fino que el material 75 μm(N°200) consta de polvo de la fractura, esencialmente sin arcilla o pizarra, estos límites pueden aumentarse a 5 y 7% respectivamente.
- b) 0.5 % cuando la apariencia del concreto es importante y 1% para el resto.
- c) 2% y 3% para concreto arquitectónico en clima severo y moderado, 3% para losas y pavimentos expuestos a humedecimiento, 5% en estructuras interiores y 10% en zapatas y columnas interiores.
- d) 0.5% en concreto al exterior, 1% en el resto.
- e) 3% en concreto arquitectónico, 5% en concreto a la intemperie, 8% en el resto.
- f) 3% y 5% para concreto estructural en clima severo y moderado, 7% en concreto a la intemperie, 10 % el resto.
- g) Este porcentaje bajo cualquiera de las condiciones siguientes:(1) se permite incrementar a 1.5 si el material es esencialmente libre de arcillas o limonitas;o (2) Si la fuente de agregado fino a ser usado en el concreto es conocida por tener menos de la cantidad máxima especificada de pasante de la malla de 75 μm(N°200) (Tabla 1), se permite incrementar el porcentaje límite (L) en la cantidad de agregado grueso a $L = 1 + [(P)/(100-P)] (T.A)$, donde P =porcentaje de la arena en el concreto como porcentaje del total del agregado, T = el límite de la tabla para la cantidad permitida en el agregado fino, y A =la cantidad actual en el

agregado fino. (Esto provee un cálculo de pesos diseñados para limitar la mas máxima de material pasante de la malla de 75 μm (N°200) en el concreto de lo que se obtendría si ambos agregado fino y grueso fueren suministrados al máximo porcentaje tabulado para cada uno de estos ingredientes

2.3.5 Características de los agregados

Absorción y humedad superficial:

La absorción y la humedad superficial de los agregados deben determinarse, de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y se puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La estructura interna de un agregado está formada por materia sólida y huecos que pueden contener agua o no.

Las condiciones de humedad de los agregados se designa de la siguiente manera:

- Secados al horno, donde se observa totalmente seco.
- Secados al aire, donde se observa la partícula con la superficie secas, conteniendo algo de humedad internamente.
- Saturados y superficialmente secos, donde las partículas no absorben agua ni aumentan el agua de la mezcla.
- Húmedos o mojados, conteniendo un exceso de humedad en la superficie.

Granulometría de los agregados :

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme u continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100 de la serie Tyler y están basados de acuerdo con sus perforaciones cuadradas.

Los tamices estándares para determinar la gradación de los agregados gruesos tienen perforaciones cuadradas de 6", 3", 1 ½", ¾", y 3/8" de pulgada, más un N°4 (que tiene cuatro alambres por pulgada).

Otros tamaños de tamices que se usan con frecuencia para agregados gruesos son la de 2 ½", 2", 1", ½" pulgada.

A continuación presentamos los límites granulométricos según la norma ASTM C33 (Tablas 3 y 4 , y las Figuras 12 y 14).

Tabla 3. Requisitos para clasificar los agregados gruesos y finos según el ASTM C33.

Nº	TAMAÑO ASTM NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37,5mm (1 1/2")	25mm (1")	19mm (3/4")	12,5mm (1/2")	9,5mm (3/8")	4,75mm Nº 4	2,36mm Nº 8	1,18mm Nº 16
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90a100		25a60		0a15		0a5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90a100	35a70	0a15		0a5					
3	2" a 1"				100	90a100	35a70	0a15		0a5				
357	2" a Nº4				100	95a100		35a70		10a30		0a5		
4	1 1/2" a 3/4"					100	90a100	20a55	0a15		0a5			
467	1 1/2" a Nº4					100	95a100		35a70		10a30	0a5		
5	1" a 1/2"						100	90a100	20a55	0a10	0a5			
56	1" a 3/8"						100	90a100	40a85	10a40	0a15	0a5		
57	1" a Nº4						100	95a100		25a60		0a10	0a5	
6	3/4" a 3/8"							100	90a100	20a55	0a15	0a5		
67	3/4" a Nº4							100	90a100		20a55	0a10	0a5	
7	1/2" a Nº4								100	90a100	40a70	0a15	0a5	
8	3/8" a Nº8									100	85a100	10a30	0a10	0a5

El Agregado de Huso 9 es definido en la Norma C 125 como Agregado Fino. Se incluye como agregado grueso cuando se combina con una material del Huso 8 para crear un Huso 89, el cual es un agregado grueso según lo definido por la Norma C 125.

Limite Granulométrico para agregado grueso de Huso #67

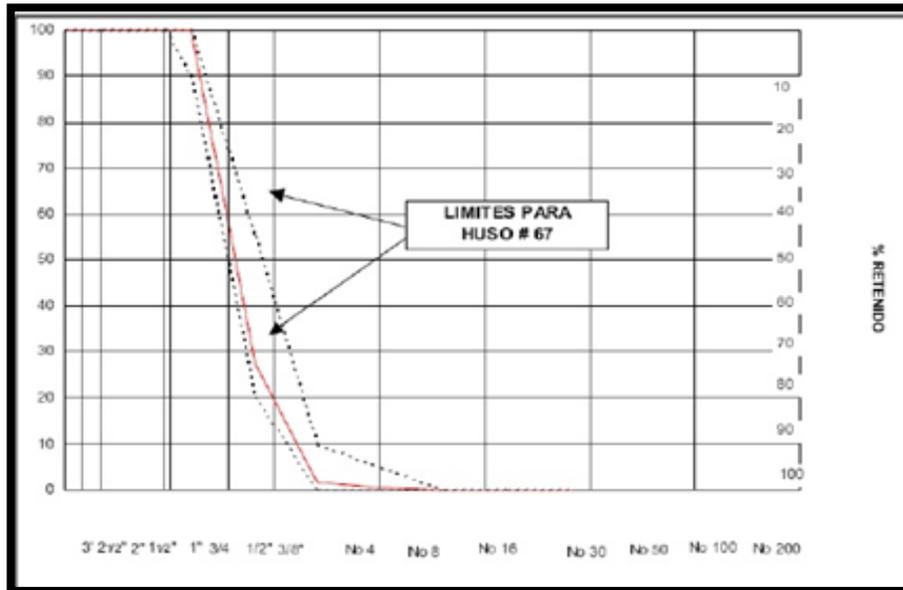


Figura 12

La NTP 339.047 especifica límites en las granulometrías y el tamaño máximo de los agregados, siendo:

- 1) TM es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.
- 2) TMN es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

La granulometría y el tamaño máximo afectan las proporciones relativas de los agregados, así como el cemento y el agua necesaria, la trabajabilidad, la economía, la porosidad y la contracción del concreto. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezcla a otra. Las arenas muy finas son con frecuencia costosas y las arenas muy gruesas pueden producir mezclas muy ásperas y poco manejables.

En general, los agregados que no tienen una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y dan una gran curva granulométrica pareja producen los mejores resultados, lo que se puede aplicar por la llamada teoría de la máxima densidad o del mínimo de huecos. El concepto del mínimo de huecos se puede observar en la Figura 13.

Ilustración de la teoría de la máxima densidad.

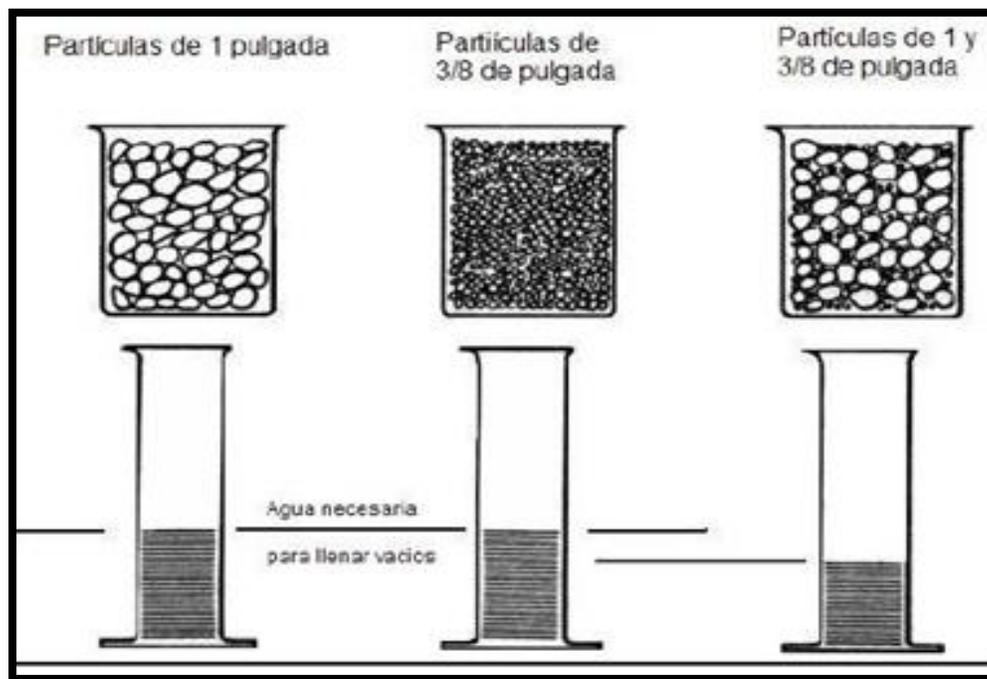


Figura 13

La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla, y tamaño máximo nominal del agregado grueso. En mezclas pobres o cuando se usan agregados gruesos de tamaño pequeño, es conveniente una granulometría que se aproxime lo más que se pueda al porcentaje máximo recomendado que pasa por cada tamiz, para así aumentar la trabajabilidad. En las mezclas ricas, por economía, son más convenientes las granulometrías gruesas.

Si se mantiene constante la relación a/c y se elige correctamente la relación agregado fino – grueso, puede usarse una amplia variación en la granulometría, sin que se produzca un efecto apreciable en la resistencia.

Las cantidades de agregado fino que pasan por los tamices números 50 y 100 afectan la trabajabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, textura superficial, y la exudación del concreto.

Tabla 4. Requisitos para clasificar los agregados finos según el ASTM C33.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
9,52 mm (3/8")	100
4,76 mm (Nº 4)	95 a 100
2,36 mm (Nº 8)	80 a 100
1,18 mm (Nº 16)	50 a 85
595 micrones (Nº 30)	25 a 60
297 micrones (Nº 50)	10 a 30
149 micrones (Nº 100)	2 a 10

Se define como módulo de fineza o finura, ya sea del agregado fino o del grueso, la suma de los porcentajes acumulados de agregados retenidos en los tamices estándar, dividida por 100. Es un indicador de la finura de un agregado: cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado. Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas para concreto.

Resistencia al desgaste:

La resistencia al desgaste se usa con frecuencia como indicador general de la calidad del agregado. Esta característica es esencial cuando el agregado se va a usar en concreto sujeto a desgaste como en los pisos para servicio pesado.

Resistencia a la congelación y a la fusión:

Una característica importante del concreto que va a quedar expuesto a la intemperie, la resistencia a la congelación y fusión de un agregado, está relacionada a su porosidad, absorción y estructura porosa. Si una partícula de agregado absorbe demasiada agua, el espacio en los poros no será suficiente para dar cabida a la dilatación del agua que ocurre durante la congelación.

Estabilidad química:

Se considera que los agregados tienen estabilidad cuando no reaccionan químicamente con el cemento en forma peligrosa, ni sufren la influencia química de otras fuentes externas. En algunas regiones, los agregados que tienen ciertos elementos químicos reaccionan con los álcalis del cemento.

Esta reacción álcali en el agregado puede producir expansión anormal y agrietamientos irregulares en el concreto. Los registros del comportamiento en el campo generalmente proporcionan la mejor información para poder seleccionar agregados sin afinidad química. Si no existen registros sobre el comportamiento del agregado, las pruebas de laboratorio son útiles para determinar su calidad.

Existen tres pruebas ASTM para identificar los agregados que reaccionan con los álcalis, dos para los del tipo silicoso y una para los tipos de carbonatado. Además, existe una técnica de la ASTM que se recomienda, la ASTM C 295 para el examen petrográfico de los agregados de ambos tipos. La ASTM C 227, comúnmente llamada la de la barra de mortero, se usa para determinar la afinidad química potencial expansiva entre el álcali y la sílice de combinación del cemento y agregado. En esta prueba se mide la expansión que se desarrolla en pequeñas barras de mortero durante su almacenamiento a una temperatura y humedad prescritas. La prueba de la barra de mortero puede usarse para los agregados finos y gruesos, pero generalmente deben transcurrir de tres a seis meses antes de poder hacer conclusiones.

La segunda prueba, la ASTM C 289, conocida con el nombre de prueba química rápida, se usa para identificar los agregados silicosos con afinidad química potencial. Puede terminarse en dos o tres días. Las conclusiones se basan en la intensidad de la reacción que ocurre entre una solución de hidróxido de sodio y una muestra triturada del agregado en cuestión.

La prueba de la especificación ASTM C 586, comúnmente conocida como prueba del cilindro de roca, se usa para detectar los agregados carbonatados potencialmente expansivos. Los cambios de longitud se determinan cuando la muestra está sumergida en una solución de hidróxido de sodio. Las tendencias expansivas son usualmente observables después de 28 días de inmersión. Los minerales, rocas y materiales sintéticos que pueden ser potencialmente reactivos con los álcalis del cemento son: Andesitas, Pizarras, Opalinas, Dolomitas, Calcíticas, Argillitas, Filitas, Calizas Dolomíticas, Cuarzita, Dolomitas de grano fino, Calcedonia Cuarzosa, Cristobalita, Riolitas, Dacita, Esquistos, Vidrio Volcánico, Pizarras Silicias y ciertas Gneis Granítico, Vidrio Silíceo, Sintético y Ópalo Tridimita.

Y las condiciones ideales para que exista este tipo de reacción son:

- Mineral reactivo.
- Alto contenido de álcalis $>0,6\%$
- Humedad relativa y temperaturas elevadas ($>80\%$ y 35°C).
- Edad de la estructura no menor a 5 años.

Forma y textura superficial de las partículas:

La forma de las partículas de superficie rugosa o las planas y alargadas requieren más agua para producir concreto manejable que los agregados redondeados o con partículas cuboides. Por tanto, las partículas del agregado que son angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo, cuando la gradación es buena, tanto los agregados triturados como los no triturados generalmente dan la misma resistencia, siempre que la dosificación del cemento sea la misma.

Las partículas de los agregados deben ser cortas, gruesas y libres de cantidades excesivas de piezas y en forma de placas o alargadas. Las piezas en forma de astillas, largas, en los agregados se deben evitar, o cuando menos limitarse a un máximo del 15% en peso del agregado total. Este requisito es igualmente importante para agregado fino triturado, ya que la piedra triturada con frecuencia contiene más partículas planas y alargadas.

Peso Unitario:

El peso unitario de un agregado es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente dividida entre su volumen, expresado en kg/m^3 .

Peso Específico:

El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua. Se usa en algunos cálculos para el control y proyecto de mezclas. La mayor parte de los agregados de peso normal tienen pesos específicos comprendidos entre 2400 kg/m³ y 2900 kg/m³.

Sustancias Perjudiciales en los agregados:

Las sustancias perjudiciales en los agregados y los efectos sobre el concreto. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Sustancias perjudiciales en los agregados.

Sustancias perjudiciales	Efecto sobre el concreto
Impurezas orgánicas	Afectan el fraguado y el endurecimiento, y pueden producir deterioro
Materiales más finos que el tamiz # 200	Afectan la adherencia y aumentan la cantidad de agua necesaria
Carbón de piedra, lignito u otros materiales ligeros	Afectan la durabilidad, y pueden producir manchas
Partículas blandas	Afectan la durabilidad
Partículas frágiles	Afectan la manejabilidad y durabilidad



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 400.012)

AGREGADO FINO

	PRIMER ENSAYO		SEGUNDO ENSAYO		TERCER ENSAYO	
MALLA	% RETENIDO	%QUE PASA	% RETENIDO	%QUE PASA	% RETENIDO	%QUE PASA
3/8"		100,00		100,00		100,00
N°4	2,00	97,90	2,11	97,89	3,01	96,99
N°8	6,10	85,42	4,22	93,67	5,53	91,46
N°16	35,67	53,57	39,38	54,29	40,05	51,41
N°30	26,06	25,48	23,45	26,75	21,73	29,68
N°50	15,67	10,28	19,50	7,25	14,43	15,25
N°100	5,50	3,70	2,69	4,56	7,15	8,10
FONDO	8,70		3,59		1,50	

mf =	3,00	2,98	3,01
------	------	------	------

mf promedio =	3,00
---------------	------

AGREGADO GRUESO

	PRIMER ENSAYO		SEGUNDO ENSAYO		TERCER ENSAYO	
MALLA	% RETENIDO	%QUE PASA	% RETENIDO	%QUE PASA	% RETENIDO	%QUE PASA
3/4"		100,00		100,00		100,00
1/2"	24,87	75,13	33,97	66,03	29,97	70,03
3/8"	18,58	56,55	22,01	44,02	25,72	44,31
N°4	44,98	11,57	39,48	4,54	39,67	4,64
FONDO	11,59		4,54		4,64	

mg =	5,64	5,61	5,65
mg promedio =	5,63		



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.017)

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra suelta+recipiente		6,09	6,14	6,10	Kg
Peso del recipiente		1,75	1,75	1,75	Kg
Peso de la muestra suelta	Ws	4,34	4,39	4,35	Kg
Peso del agua + recipiente		4,42	4,42	4,42	Kg
Peso del agua	Wa	2,67	2,67	2,67	Kg
Factor de calibración del recipiente	f	374,53	374,53	374,53	m ⁻³
Peso unitario suelto	PUS	1626	1644	1629	kg/m ³
PESO UNITARIO PROMEDIO DEL AGREGADO FINO	PUS _{promedio}	1633			kg/m ³

PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra compactado+recipiente		6,55	6,48	6,49	Kg
Peso del recipiente		1,75	1,75	1,75	Kg
Peso de la muestra compactada	Wc	4,80	4,73	4,74	Kg
Peso del agua + recipiente		4,42	4,42	4,42	Kg
Peso del agua	Wa	2,67	2,67	2,67	Kg
Factor de calibración del recipiente	f	374,53	374,53	374,53	m ⁻³
Peso unitario compactado	PUS	1798	1772	1775	kg/m ³
PESO UNITARIO PROMEDIO DEL AGREGADO FINO	PUC _{promedio}	1782			kg/m ³



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.017)

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra suelta+recipiente		5,96	5,86	6,17	Kg
Peso del recipiente		1,75	1,75	1,75	Kg
Peso de la muestra suelta	Ws	4,21	4,11	4,42	Kg
Peso del agua + recipiente		4,42	4,42	4,42	Kg
Peso del agua	Wa	2,67	2,67	2,67	Kg
Factor de calibración del recipiente	f	374,53	374,53	374,53	m ⁻³
Peso unitario suelto	PUS	1577	1539	1655	kg/m ³
PESO UNITARIO PROMEDIO DEL AGREGADO FINO	PUS _{promedio}	1591			kg/m ³

PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra compactado+recipiente		6,54	6,56	6,47	Kg
Peso del recipiente		1,75	1,75	1,75	Kg
Peso de la muestra compactada	Wc	4,79	4,81	4,72	Kg
Peso del agua + recipiente		4,42	4,42	4,42	Kg
Peso del agua	Wa	2,67	2,67	2,67	Kg
Factor de calibración del recipiente	f	374,53	374,53	374,53	m ⁻³
Peso unitario compactado	PUS	1794	1801	1768	kg/m ³
PESO UNITARIO PROMEDIO DEL AGREGADO FINO	PUC _{promedio}	1788			kg/m ³



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (NTP 400.018)

AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra	P1	500,00	500,00	500,00	gr
Peso de la muestra lavada y seca	P2	476,60	483,10	479,00	gr
Material que pasa la malla N°200	(P1-P2)	23,40	16,90	21,00	gr
% Que pasa la malla N°200	A	4,68	3,38	4,20	gr
% promedio Que pasa la malla N°200	A _{promedio}	4,09			%

AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra	P1	2500,00	2500,00	2500,00	gr
Peso de la muestra lavada y seca	P2	2480,00	2476,00	2340,00	gr
Material que pasa la malla N°200	(P1-P2)	20,00	24,00	160,00	gr
% Que pasa la malla N°200	A	0,80	0,96	6,40	gr
% promedio Que pasa la malla N°200	A _{promedio}	2,72			%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)

AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra	A	500,00	500,00	500,00	gr
Peso de la muestra lavada y seca	B	497,60	497,20	497,70	gr
Material que pasa la malla N°200	A-B	2,40	2,80	2,30	gr
% Que pasa la malla N°200	H	0,48	0,56	0,46	gr
% promedio Que pasa la malla N°200	H _{promedio}	0,50			%

AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra	A	2500,00	2500,00	2500,00	gr
Peso de la muestra lavada y seca	B	2480,00	2470,00	2480,00	gr
Material que pasa la malla N°200	A-B	20,00	30,00	20,00	gr
% Que pasa la malla N°200	H	0,80	1,20	0,80	gr
% promedio Que pasa la malla N°200	H _{promedio}	0,93			%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.022)

AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la fiola		212,90	175,40	175,40	g
Peso de la arena superficialmente seca		500,00	500,00	500,00	
Peso de la arena superficialmente seca+peso de la fiola		712,90	675,40	675,40	g
Peso de la arena superficialmente seca+peso de la fiola+peso del agua		1019,9	978,50	975,50	g
Peso del agua	W	307,00	303,10	300,10	g
peso de la arena seca	A	494,00	488,30	489,10	g
Volumen de la fiola	V	500,00	500,00	500,00	ml

Peso específico de masa	2,50
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2,54
Peso específico aparente	2,62
Porcentaje de absorción	1,95

AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	UNIDAD
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	B	5000,00	5000,00	5000,00	g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca dentro del agua+canastilla		3447,10	3834,30	3847,60	g
Peso de la canastilla dentro del agua		628,00	628,00	628,00	g
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C	2819,10	3206,30	3219,60	g
peso de la muestra seca	A	4980,00	4990,00	4960,00	g

Peso específico de masa	2,62
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2,63
Peso específico aparente	2,65
Porcentaje de absorción	0,47

2.4 Agua

Se entiende por agua de mezclado la cantidad de agua total contenida en el concreto fresco. Esta cantidad es usada para el cálculo de la relación agua/cemento (a/c) y está compuesta por el agua agregada a la mezcla y la humedad superficial de los agregados.

El agua de amasado cumple con una doble función en el concreto, por un lado cumple la hidratación del cemento y por el otro es indispensable para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del concreto.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatadas o minerales, aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos industriales, agua con contenido de sulfatos mayor de 1%, agua que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagüe, aguas que contengan azúcares o sus derivados, igualmente aquellas aguas

que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o la durabilidad del concreto o sobre las armaduras .

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, únicamente si están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elemento embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas en la medida que no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad del volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.

En la Tabla 6 se sintetiza el efecto de los diferentes componentes del agua en las propiedades del concreto.

Tabla 6. Componentes en el agua y sus efectos.

COMPONENTES DEL AGUA DE MEZCLA	EFFECTOS
Impurezas sólidas (arcillas o partículas finas de otros minerales) en concentraciones > 2000 ppm	Pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia
Impurezas orgánicas (aguas negras, verde, café)	Pueden afectar considerablemente el tiempo de fraguado y la resistencia
Agua de mar Aguas cloruradas	Corrosión del acero de refuerzo. Eflorescencias y humedad en superficies expuestas al aire y al agua
Carbonato de sodio	Fraguados muy rápidos Puede reducir la resistencia
Bicarbonatos	Pueden acelerar o retardar el fraguado Pueden reducir la resistencia
Sulfatos	Posibles reacciones expansivas y deterioros por reacción
Sales de estaño, zinc, cobre, plomo y magnesio	Pueden provocar reducción considerable de resistencia y también grandes variaciones en el tiempo de fraguado
Yodato de sodio, fosfato de sodio, arsenato de sodio y borato de sodio	Sales especialmente retardantes
Aguas ácidas de minas (ácidos clorhídrico, sulfúrico y otros en concentraciones mayores a 10000 ppm)	Pueden ocasionar problemas de manejo
Aguas alcalinas Hidróxido de sodio o de potasio	Puede reducir la resistencia

2.5 Fibras

2.5.1 Fibra Sintética

Se designan como fibras sintéticas a aquellas que se obtienen por procesos químicos de polirreacción a partir de sustancias de bajo peso molecular por vía puramente sintética, es decir, in vitro. Sin intervención de la naturaleza. Estas fibras junto con las llamadas fibras sintéticas (semisintéticas o regeneradas), que se obtienen por transformación química de productos naturales fibrosos, se engloban bajo la designación general de fibras químicas.

Son materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado.

Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo: la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de esferas o polvo en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestas pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticos (Se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor).

2.5.1.1 Fibra FibroMac

La fibra de polipropileno FibroMac 12 son compuestas por filamentos extremadamente finos producido a través de un proceso de extrusión. Su uso es indicado en concretos y morteros ya que reducen el índice de fisuras provocadas por la retracción y asentamiento. Esto se debe a su capacidad de retención de agua en el interior de estos. Además propician el control sobre los fenómenos de exudación y segregación.

La Fibra FibroMac 12 también mejoran el desempeño del hormigón endurecido, aumentando su resistencia en lo que se refiere al :

- Desgaste, ya que a través del control de exudación se evita el aumento de relación agua/cemento responsable por la disminución de la resistencia del concreto.
- Impacto, ya que, al controlar el índice y profundidad de las fisuras, ayudando a preservar la integridad de la estructura.
- Fuego, ya que con la fundición de las fibras, a altas temperaturas, son criados micro-canales que alivian la presión generada por los valores de agua causadores del fenómeno de “Spalling ” aumentando el tiempo de degradación de las estructuras en caso de incendios.

En la Tabla 7 se muestra las propiedades de la Fibra FibroMac 12.

Tabla 7. Propiedades de la Fibra FibroMac 12

FibroMac[®] 12		
Fibras para Refuerzo del Concreto		
Características técnicas		
FibroMac [®] 12 es una fibra de polipropileno producida a partir de multifilamentos, indicada para el refuerzo de concretos y morteros con la finalidad de generar un compuesto homogéneo y controlar la fisuración por retracción.		
Propiedades Físicas		
Diámetro	µm	18
Sección		Circular
Largo	mm	12
Alargamiento	%	80
Matéria-prima		polipropileno
Peso Específico	g/cm ³	0.91
Propiedades Mecánicas		
Temperatura de fusión	°C	160
Resistencia a la tracción	MPa (N/mm ²)	300
Módulo de Yang	MPa	3 000
Aplicación		
Campos de aplicación indicados		concreto proyectado, prefabricados, pavimentos, pisos, revestimientos.
Cantidad de fibras por kilo		300 000 000
Área superficial específica	m ² / kg	225
Dosaje (recomendación mínima)	g / m ³	600
Presentación		
Las fibras sintéticas FibroMac [®] 12 son acondicionadas en sacos hidrosolubles de 600g.		

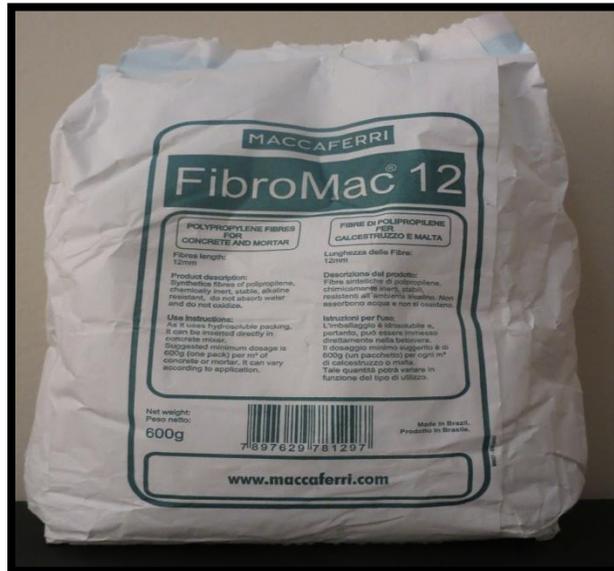


Foto 1. FibroMac 12 en bolsa de 600 g



Foto 2. Fibras FibroMac 12 sueltas

2.5.2 Fibra Natural

A partir de que las fibras de asbesto fueron relacionadas con potenciales peligros para la salud se inició la búsqueda de posibles sustitutos que le proporcionarían al concreto las propiedades tan favorables que el asbesto le daba, además de ser competitivos en calidad y precio.

Las fibras de acero, de vidrio y más recientemente las de polipropileno, son alternativas viables para reforzar al concreto. Sin embargo, otro grupo de fibras llamadas naturales (vegetales o animales) han sido motivo de varios estudios para su posible aplicación como refuerzo del concreto. Las fibras naturales están disponibles razonablemente en grandes cantidades en muchos países en desarrollo y representan una fuente renovable continua. Perú es un país que posee abundante producción de fibras naturales.

2.5.2.1 Fibra de origen animal (Viruta de cuero)

Las virutas de cuero fueron obtenidas de distintas curtiembres en Lima. Estas virutas no recibieron ningún tratamiento químico.

En la Tabla 8 se muestra una tabla elaborada para mostrar las propiedades de la Fibra natural de origen animal (Viruta de cuero).

Tabla 8. Propiedades de la Viruta de cuero 12

VIRUTA DE CUERO 12		
Fibras para Refuerzo del Concreto		
Viruta de cuero 12 es una fibra de origen natural proveniente del rebajado de la piel de de los animales vacunos .Indicada para el refuerzo de concretos y morteros con la finalidad de generar un compuesto homogéneo y controlar la fisuración por retracción.		
Propiedades Físicas		
Diámetro	mm	1.5
Sección		Plana
Largo	mm	12
Alargamiento	%	91
Materia Prima		Provenientes del rebajado de la piel de animales vacunos (Vacas)
Peso Específico	g/cm ³	0.95
Aplicación		
Campos de aplicación indicados		Concreto proyectado, prefabricados, pavimentos, pisos, revestimiento
Dosificación (recomendación mínima)	g/m ³	600
Presentación		
La fibras de origen Natural Viruta de Cuero 12 son acondicionados en sacos hidrosolubles de 600g.		



Foto 3. Viruta de cuero en estado natural.



Foto 4. Viruta de cuero suelta.

CAPÍTULO III

ENSAYO DE LOS MATERIALES

3.1 Ensayos en estado fresco

3.1.1 Medición del aislamiento (Slump)

A continuación se resume las prescripciones de la norma ASTM C143 y NTP 339.045 :

- 1) Humedecer el interior del molde y la base sobre la cual se hará el ensayo, la que debe ser firme, plana, nivelada y no absorbente.
- 2) Se sujeta el molde firmemente con los pies.
- 3) Se debe llenar la muestra en tres capas de igual volumen.
- 4) Cada capa debe ser compactada con 25 golpes en forma de espiral.
- 5) Cuando se realiza el asentamiento entre la capa una y dos, y la capa dos y tres se debe penetrar ligeramente la capa inferior de aproximadamente 1".
- 6) Rellene el cono hasta la cima con algunos excesos de concreto que desborde arriba.
- 7) Quitar el exceso de concreto usando la barra compactadora o plancha de albañilería.
- 8) Lentamente y con cuidado retirar el cono con una elevación en vertical 5 ± 2 seg. Colocar el cono invertido al lado del concreto deformado.
- 9) Se mide la distancia entre la varilla colocada sobre el molde y la cara superior del concreto, a esta distancia en cm, mm, o pulgadas se le llama ASENTAMIENTO.



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

CUADRO COMPARATIVO DE ASENTAMIENTO (NTP 339.045)

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	PATRÓN (pulgadas)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA		
		300 g/m ³	600 g/m ³	900g/m ³
		SLUMP (pulgadas)	SLUMP (pulgadas)	SLUMP (pulgadas)
FIBROMAC 12	3 2/3	2 1/2	2 3/7	2 1/3
VIRUTA DE CUERO	3 2/3	2 1/2	1 3/4	1 1/2

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	PATRÓN (pulgadas)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA		
		300 g/m ³	600 g/m ³	900g/m ³
		SLUMP (pulgadas)	SLUMP (pulgadas)	SLUMP (pulgadas)
FIBROMAC 12	3 1/4	3	2 3/4	2 1/9
VIRUTA DE CUERO	3 1/4	2 5/9	2 1/3	2

3.1.2 Determinación del peso unitario

La norma NTP 339.046 y ASTM C 138-36, nos da el procedimiento para el cálculo de peso unitario del concreto fresco:

1. Tener un recipiente de peso y volumen conocido y que este de acuerdo al tamaño máximo del agregado grueso según tabla.
2. Colocar el concreto dentro del recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen.
3. Compactar cada capa penetrando 25 veces con la varilla.
4. Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente.
5. Golpear firmemente de 10 a 15 veces los lados del recipiente con el mazo, cada una de las 3 capas, para así llenar los vacíos y eliminar las burbujas de aire que podrían quedar atrapados en el concreto.
6. Una vez llenado el molde, se enrasa con la regla metálica y se limpia todo el molde.
7. Se pesa el recipiente más el concreto en la balanza electrónica.



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

CUADRO COMPARATIVO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO

(NTP 339.045)

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	PATRÓN (Kg/m ³)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA		
		300 g/m ³	600 g/m ³	900g/m ³
		PESO UNITARIO(Kg/m ³)	PESO UNITARIO(Kg/m ³)	PESO UNITARIO(Kg/m ³)
FIBROMAC 12	2063	2035	2032	2030
VIRUTA DE CUERO	2063	2047	2039	2033

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	PATRÓN (Kg/m ³)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA		
		300 g/m ³	600 g/m ³	900g/m ³
		PESO UNITARIO(Kg/m ³)	PESO UNITARIO(Kg/m ³)	PESO UNITARIO(Kg/m ³)
FIBROMAC 12	2165	2140	2140	2122
VIRUTA DE CUERO	2165	2165	2154	2133

3.1.3 Medición del contenido de aire (%)

La norma NTP 339.080 nos da los pasos complementarios siguientes para obtener el contenido de aire del concreto:

1. Asegurar la tapa al molde, cerrando todos los seguros.
2. Cerrar la válvula de purga de aire del pistón.
3. Abrir las válvulas para el ingreso del agua al molde.
4. Inyectar agua en una de las válvulas, hasta que emerja por la otra. Se continúa inyectando agua, mientras se agita suavemente el conjunto, hasta que todo el aire haya salido por la otra válvula.
5. Cerrar las válvulas de agua, de forma que el recipiente quede hermético.
6. Bombear aire, con el pistón gradualmente hasta que la aguja del manómetro señale la presión inicial.
7. Abrir la válvula de aire para liberar la presión dentro del molde.
8. Tomar la lectura del manómetro y expresarla en porcentaje.
9. Abrir la válvula de purga del pistón para dejar salir el aire a presión.
10. Abrir las válvulas laterales para evacuar el remanente de aire.
11. Una vez evacuado todo el aire, abrir los seguros y remover la tapa.
12. Desechar el concreto del molde. Este concreto no debe ser usado para elaborar probetas o tomar muestras de ningún tipo.



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.080)
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 Kg/cm²

	PATRÓN (pulgadas)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA		
		300 g/m ³	600 g/m ³	900g/m ³
TIPO DE FIBRA	CONTENIDO DE AIRE (%)			
FIBROMAC 12	2,3	2,4	2,4	2,5
VIRUTA DE CUERO	2,3	2,3	2,3	2,4

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 Kg/cm²

	PATRÓN (pulgadas)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA		
		300 g/m ³	600 g/m ³	900g/m ³
TIPO DE FIBRA	CONTENIDO DE AIRE (%)			
FIBROMAC 12	2,4	2,4	2,5	2,5
VIRUTA DE CUERO	2,4	2,4	2,4	2,5

3.1.4 Muestreo de probetas

A continuación se resume las prescripciones de la norma ASTM C31 y

NTP 339.033 :

1. Se usaron moldes plásticos de 6” de diámetro y 12” de altura.
2. Las herramientas deben estar limpias y húmedas.
3. Se llena en 2 capas de igual altura.
4. Se efectúan 25 golpes con una varilla de 5/8” por cada capa. La capa inferior se compacta en todo su espesor. En la capa siguiente penetrará toda su profundidad y aproximadamente 1” de la capa inferior.
5. Se aplican entre 10 a 15 golpes laterales con un martillo de goma de 600 gramos para cada capa con la finalidad de eliminar burbujas de aire atrapado y cerrar los espacios dejados al compactar.
6. Al compactar la capa superior se debe mantener el concreto sobrepasando el tope del molde.
7. Una vez llenado el molde, se enrasa con una regla metálica o plancha.

3.1.5 Muestreo de vigas

A continuación se resume las prescripciones de la norma ASTM C31 y NTP339.033:

1. Se usaron moldes metálicos de 6” x 6” de sección transversal y 20” de longitud.
2. Las herramientas deben estar limpias y húmedas.
3. Se llena en 2 capas de igual altura.
4. Se efectúan 54 varilladas con una varilla de 5/8” por cada capa. La capa inferior se compacta en todo su espesor. En la capa siguiente penetrará toda su profundidad y aproximadamente 1” de la capa inferior.
5. Se aplican entre 10 a 15 golpes laterales con un martillo de goma de 600 gramos para cada capa con la finalidad de eliminar burbujas de aire atrapado y cerrar los espacios dejados al compactar.
6. Una vez llenado el molde, se enrasa con una regla metálica o plancha.

3.2 Ensayos en Estado endurecido

3.2.1 Resistencia a la compresión

A continuación se resume las prescripciones de la norma ASTM C39 y NTP339.034:

1. Se requiere una máquina de ensayo capaz de mantener la velocidad de carga continua y uniforme.
2. Se mide el diámetro y la altura de la probeta cilíndrica con una aproximación de 0,1mm con un calibrador micrométrico.
3. Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y se centra sobre el mismo.
4. Se aplica la carga en forma continua y constante evitando choques. La velocidad de carga estará en el rango de 0,14 a 0,34 MPa/s.
5. Se anota la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del concreto.
6. Cálculo:

Donde:

$$R \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \boxed{R = \frac{P}{A}} \text{ Resistencia a la compresión}$$

P = Carga máxima (kg)

A = Sección normal a la carga (cm²)



CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NTP 339.034)

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	EDAD (días)	PATRÓN (kg/cm ²)	DOSIFICACIÓN DE FIBRAS		
			300 g/m ³	600 g/m ³	900 g/m ³
			RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
FIBROMAC 12	3	262	269	292	277
	7	299	294	320	298
	28	325	312	329	311
	45	345	332	338	341
VIRUTA DE CUERO	3	262	277	265	276
	7	299	314	304	328
	28	325	333	314	346
	45	345	339	328	344

Nota 1. Los resultados obtenidos en este ensayo se obtuvieron del promedio de 3 muestras realizadas para cada diseño de mezcla.



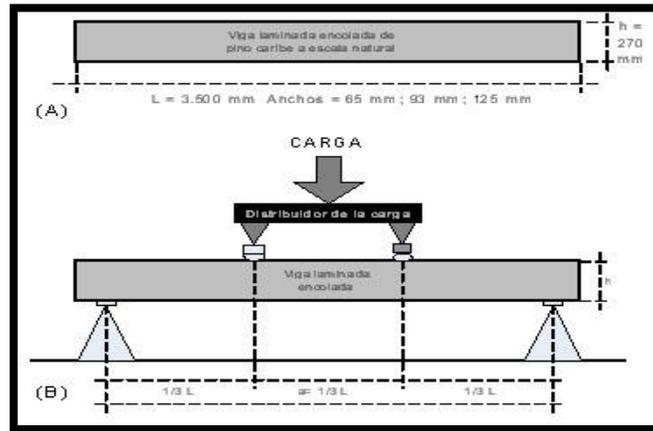
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	EDAD (días)	PATRÓN (kg/cm ²)	DOSIFICACIÓN DE FIBRAS		
			300 g/m ³	600 g/m ³	900 g/m ³
			RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
FIBROMAC 12	3	361	361	363	365
	7	384	390	379	397
	28	392	396	393	403
	45	409	410	426	411
VIRUTA DE CUERO	3	361	353	371	375
	7	384	379	387	383
	28	392	388	410	396
	45	409	404	419	415

Nota 2. Los resultados obtenidos en este ensayo se obtuvieron del promedio de 3 muestras realizadas para cada diseño de mezcla.

3.2.2 Resistencia a la Flexión

El ensayo para determinar la resistencia a la flexión en vigas, esta especificado en la Norma NTP 339.078 y ASTM C78.



1. Se marcan los especímenes de concreto como se muestra en la figura.
2. Se coloca en la prensa automática y se ensaya.
3. Cálculo:

$$Mr = \frac{PxL}{bxh^2}$$

Donde:

Mr = Módulo de rotura (kg/cm^2)

P = Carga máxima aplicada (kg)

L = Luz libre (cm) b = Ancho promedio del espécimen

h = Altura promedio del espécimen (cm)



CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

(NTP 339.078)

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 210 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	EDAD (días)	PATRÓN (kg/cm ²)	DOSIFICACIÓN DE FIBRAS		
			300 g/m ³	600 g/m ³	900 g/m ³
			MODULO DE ROTURA (Kg/cm ²)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm ²)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm ²)
FIBROMAC 12	28	43	40	50	58
VIRUTA DE CUERO	28	43	35	40	47

RESISTENCIA EN COMPRESIÓN 280 Kg/cm²

TIPO DE FIBRA	EDAD (días)	PATRÓN (kg/cm ²)	DOSIFICACIÓN DE FIBRAS		
			300 g/m ³	600 g/m ³	900 g/m ³
			MODULO DE ROTURA (Kg/cm ²)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm ²)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm ²)
FIBROMAC 12	28	54	55	57	59
VIRUTA DE CUERO	28	54	43	51	46

3.3 Ensayo de fisuración

3.3.1 Introducción :

Este ensayo nos permite determinar el grado de fisuración por contracción plástica en un elemento rectangular y sometida a una alta tasa de evaporación.

El dispositivo de ensayo (Foto 5) consta de un molde de 45 x 75 cm de superficie con un espesor de 5cm. Debe destacarse que tanto la mezcla patrón como las mezclas adicionadas con fibras fueron evaluadas con esta geometría.



Foto 5

3.3.2 Metodología empleada

El ensayo consiste en colocar el concreto en el dispositivo, compactarlo y terminarlo de forma tal de reproducir el método de colocación que posteriormente va tener en obra. La temperatura del hormigón fresco en todos los casos se mantuvo en un rango de 21 ± 2 °C.

Luego de moldeada la losa se procede a comenzar con el ensayo dentro de los minutos posteriores a la puesta en contacto entre el cemento y el agua.

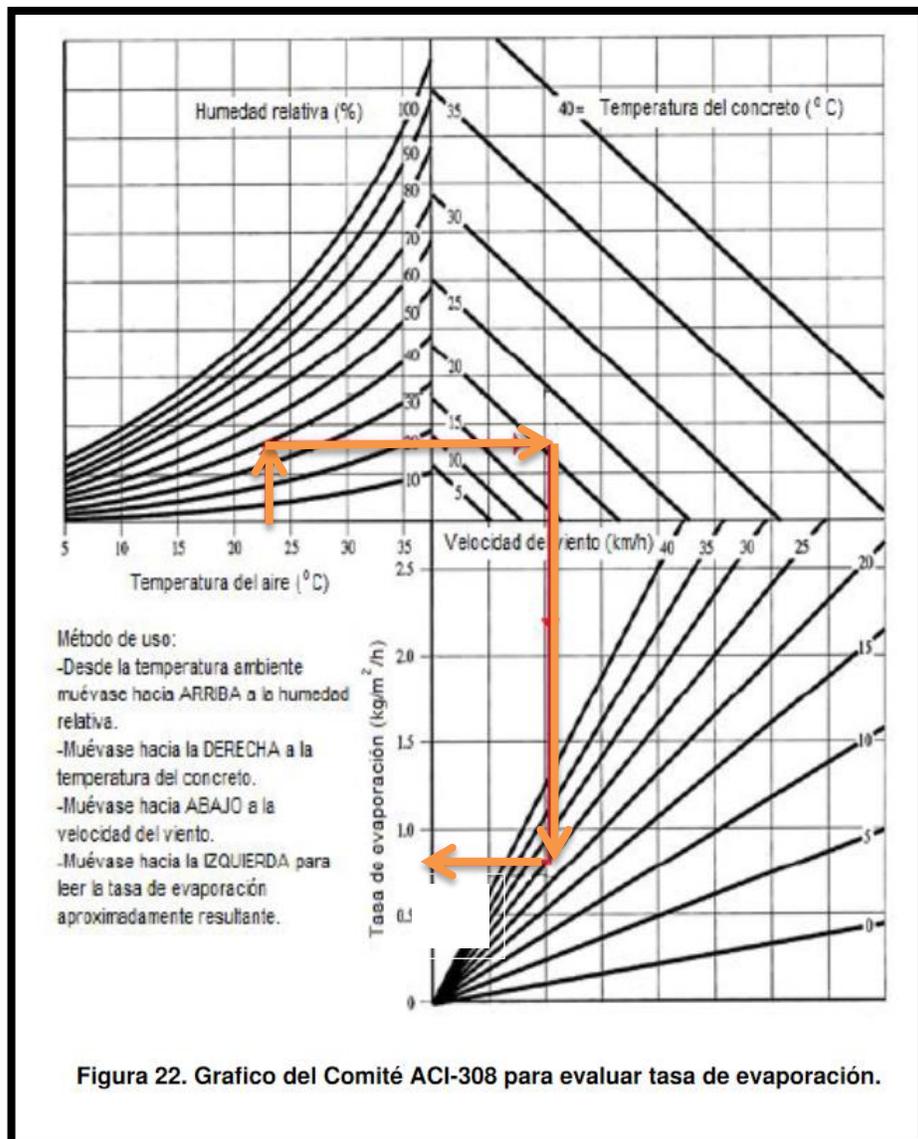
Una vez colocada el concreto en estudio, el dispositivo se coloca en un ambiente acondicionado a una temperatura de 22 ± 1 °C. A estas condiciones ambientales se les adiciono un ventilador de alta velocidad capaz de generar vientos de 24 km/h sobre la superficie de la losa. El ensayo se muestra en la foto 6.



Foto 6

3.3.3 Cálculos de la tasa de evaporación

De acuerdo al gráfico del comité ACI-308 y según estas condiciones, la velocidad de evaporación del agua libre es de $0.8 \pm 0.2 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, bordeando el límite que las diferentes recomendaciones consideran suficientes para suspender las tareas de colocación del concreto por ser de alto riesgo de fisuración.



3.3.4 Cálculos y resultados

Luego de producida la fisuración plástica y adoptando una duración máxima de ensayo de 2 horas a partir de la colocación del dispositivo en condiciones ambientales de máxima evaporación se realizan las siguientes operaciones:

En primer término se identifica todo el área fisurada, marcándose todas las fisuras encontradas (Foto 7).

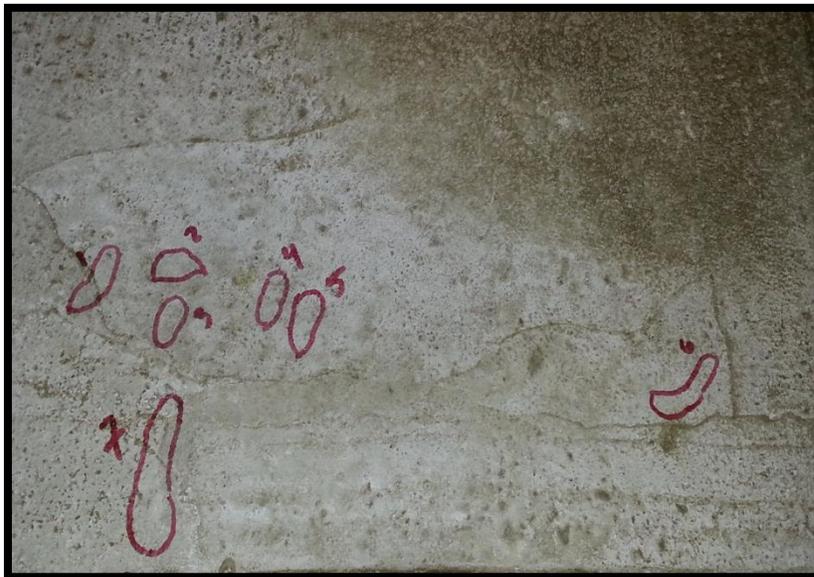


Foto 7: Identificación de fisuras

En segundo lugar, se procede a la medición con una lupa y un comparador de grietas todos los anchos de las fisuras registradas en la losa (Fotos 8 y 9).



Foto 8: Comparador de grietas



Foto 9: Instrumentos de medición

En tercer lugar, se mide con wincha o regla el desarrollo longitudinal de cada fisura (Foto 10).



Foto 10: Medición de fisura

Por último, el espesor de las fisuras se clasifica de acuerdo a las categorías mostradas en la tabla 9.

Tabla 9. Clasificación por ancho de fisura

ANCHO (mm)	PESO
0.05	1
0.10	2
0.15	3
0.20	4
0.25	5
0.30	6
0.35	7
0.40	8
0.45	9
0.50	10
0.80	11

Fuente: Propuesta de un método de ensayo para

evaluar y cuantificar la fisuración por contracción plástica Loma Negra

Para cada espesor de fisura, el peso asignado se multiplica a la longitud total en centímetros de la misma para obtener el valor promedio. La sumatoria de todos los valores promedio representa el potencial de fisuración de la losa.

Por ejemplo, se tiene los siguientes resultados para el panel “PATRÓN 210”:

Tabla 10: Resultados del panel

ESPESOR (mm)	PESO	LONGITUD TOTAL (cm)	POTENCIAL DE FISURACIÓN
0.25	5	12	60
0.25	5	8	40
0.05	1	7	7
0.05	1	4	4
0.05	1	8	8
0.05	1	5	5
0.05	1	7	7
		FINAL	131

$$\text{POTENCIAL DE FISURACIÓN} = \sum (\text{PESO} \times \text{LONGITUD})$$

Los resultados obtenidos en la Tabla 11 donde se informa el resultado individual.

Tabla 11. Ensayo de Potencial de fisuración

Ensayo de potencial de fisuración $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

POTENCIAL DE FISURACIÓN			
MEZCLA EVALUADA	M-1	M-2	PROMEDIO
PATRÓN 210	129	132	131
CRF-300	26	14	20
CRF-600	13	21	17
CRF-900	10	8	9
CRV-300	76	92	84
CRV-600	68	76	72
CRV-900	69	59	64

Ensayo de potencial de fisuración $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

POTENCIAL DE FISURACIÓN			
MEZCLA EVALUADA	M-1	M-2	PROMEDIO
PATRÓN 280	290	310	300
CRF-300	62	46	54
CRF-600	42	48	45
CRF-900	18	12	15
CRV-300	151	161	156
CRV-600	105	111	108
CRV-900	64	62	63

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Ensayos en estado fresco

4.1.1 Ensayo de Asentamiento (Slump)

Como se aprecia en el Gráfico 1, el asentamiento (Slump) del concreto para una $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ disminuye aproximadamente $1 \frac{1}{6}"$, $2"$, $2 \frac{1}{6}"$ con fibra sintética (FibroMac) y disminuye aproximadamente $1 \frac{1}{6}"$, $1 \frac{1}{4}"$, $1 \frac{1}{3}"$ con la fibra natural de origen animal para dosificaciones de 300, 600, 900 g/m^3 .

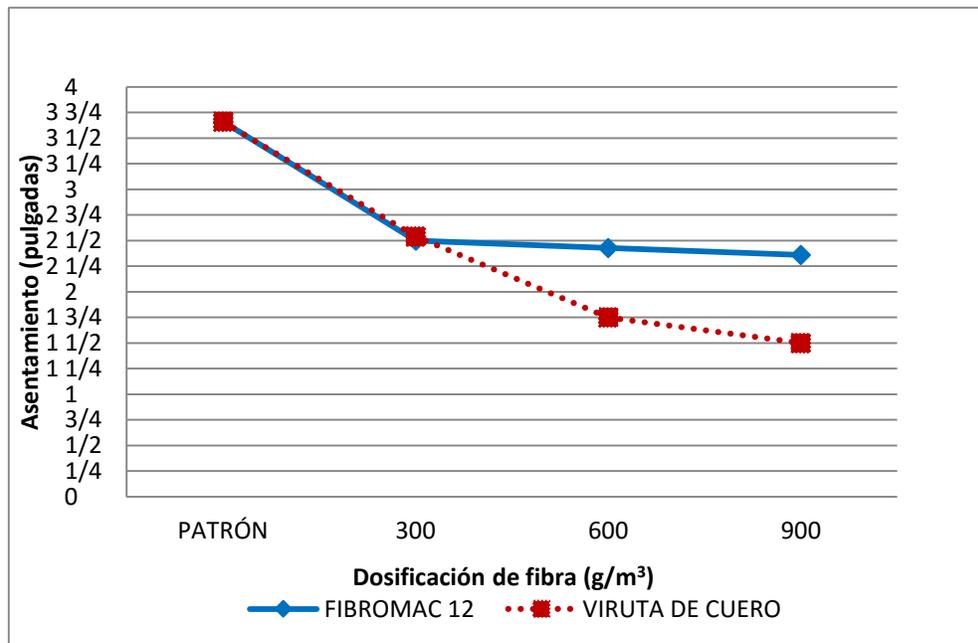


Gráfico 1. Asentamiento vs Dosificación de fibra

En el Gráfico 2, el asentamiento (Slump) del concreto para una $f'c=280$ kg/cm² disminuye aproximadamente 1/4", 1/2", 11/4" con fibra sintética (FibroMac) y disminuye aproximadamente 2/3", 1", 11/7" con la fibra natural de origen animal para dosificaciones de 300, 600, 900 g/m³.

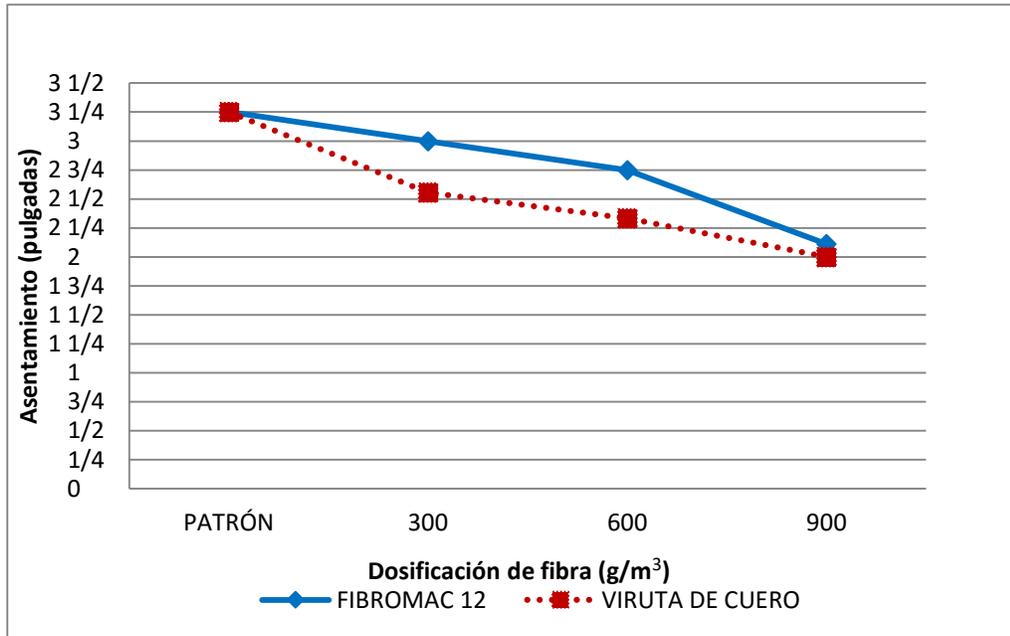


Gráfico 2. Asentamiento vs Dosificación de fibra

Este decaimiento del slump en ambas resistencias de compresión se debe a que las fibras sintéticas (FibroMac) y fibras de origen animal (Viruta de cuero) hace que la mezcla sea menos trabajable ya que se forma como una red interna dentro del concreto disminuyendo ligeramente la trabajabilidad.

4.1.2 Ensayo de peso unitario

Los resultados del Gráfico 3 y 4 de peso unitario para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ reflejan una disminución a medida que se aumenta la dosificación de la fibra sintética (FibroMac) y fibra de origen animal (Viruta de cuero) esto se debe principalmente a que las fibras sintéticas y fibras de origen animal atrapan aire aligerando el peso del concreto.

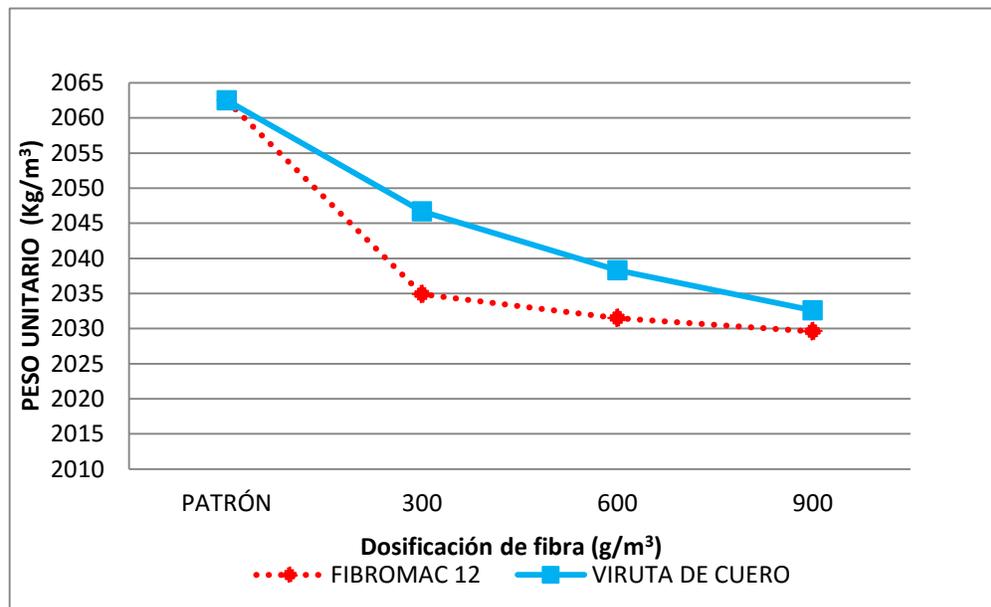


Gráfico 3. Peso unitario vs Dosificación de fibra para una $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

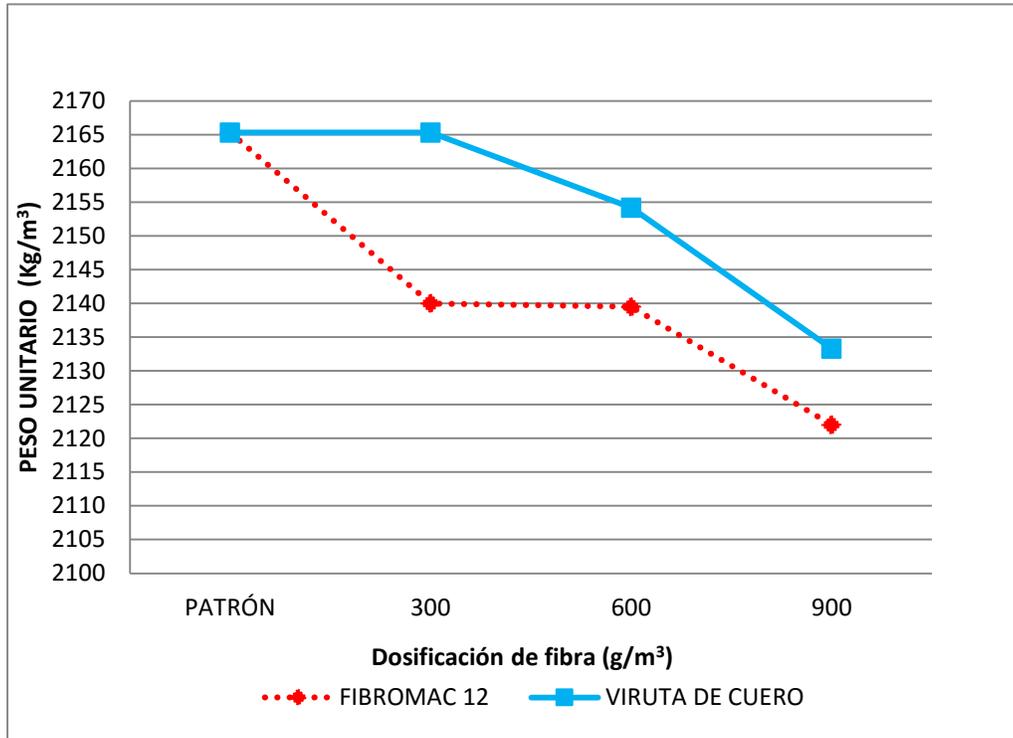


Gráfico 4. Peso unitario vs Dosificación de fibra para una $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

4.1.3 Ensayo de contenido de aire

Según el Gráfico 5 y 6, el contenido de aire aumenta ligeramente a medida que la dosificación de fibra va aumentando debido a que la fibra forma una red interna atrapando más aire.

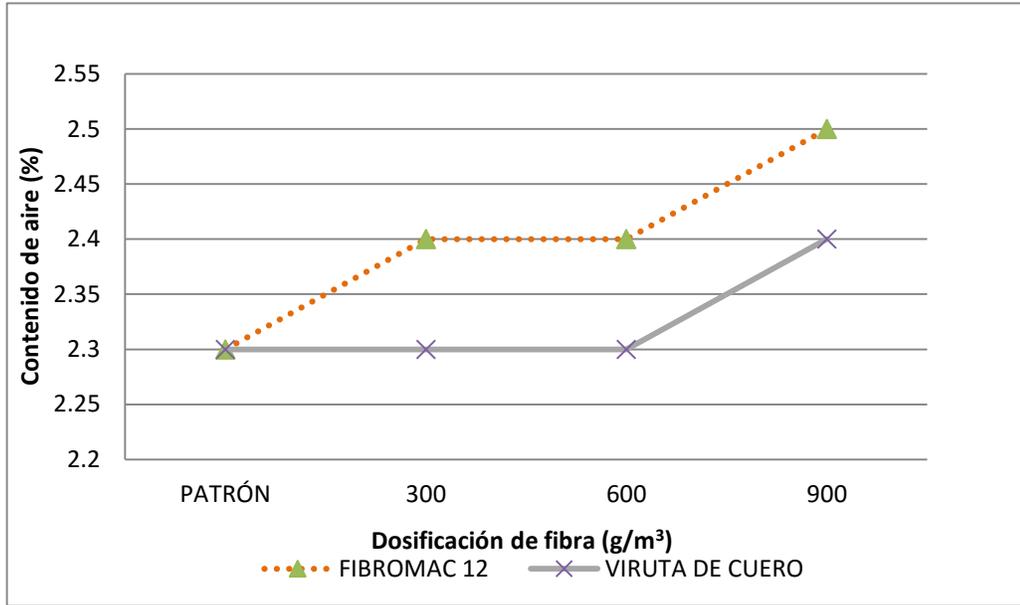


Gráfico 5. Contenido de aire vs Dosificación de fibra para una $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$

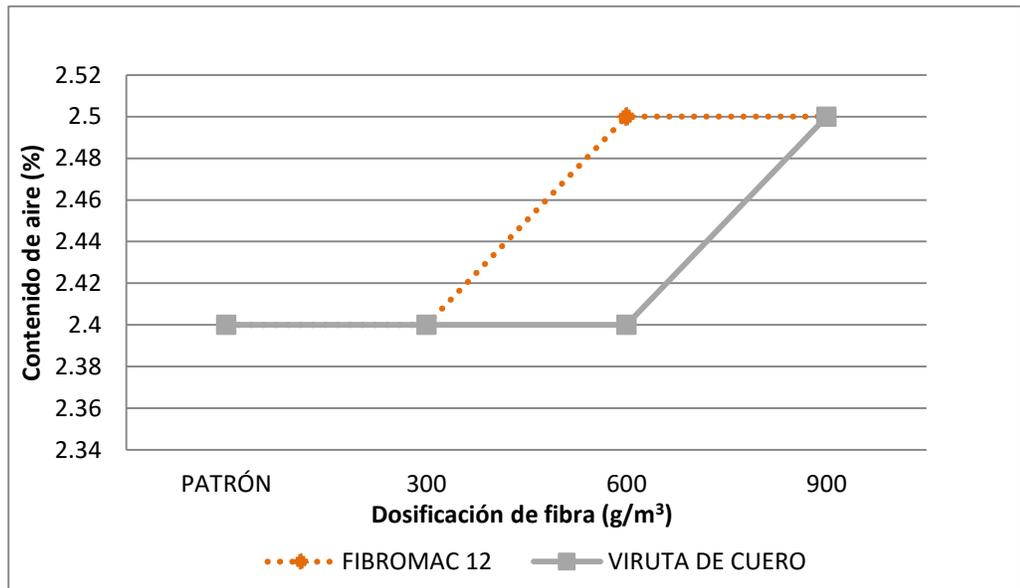


Gráfico 6. Contenido de aire vs Dosificación de fibra para una $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$

4.2 Ensayos en estado endurecido

4.2.1 Ensayo de resistencia a la compresión

Como se observa en el Gráfico 7 y Gráfico 8, las fibras no aportan significativamente la resistencia a la compresión a los 28 días. Esto se puede deber al aumento de aire atrapado en el concreto.

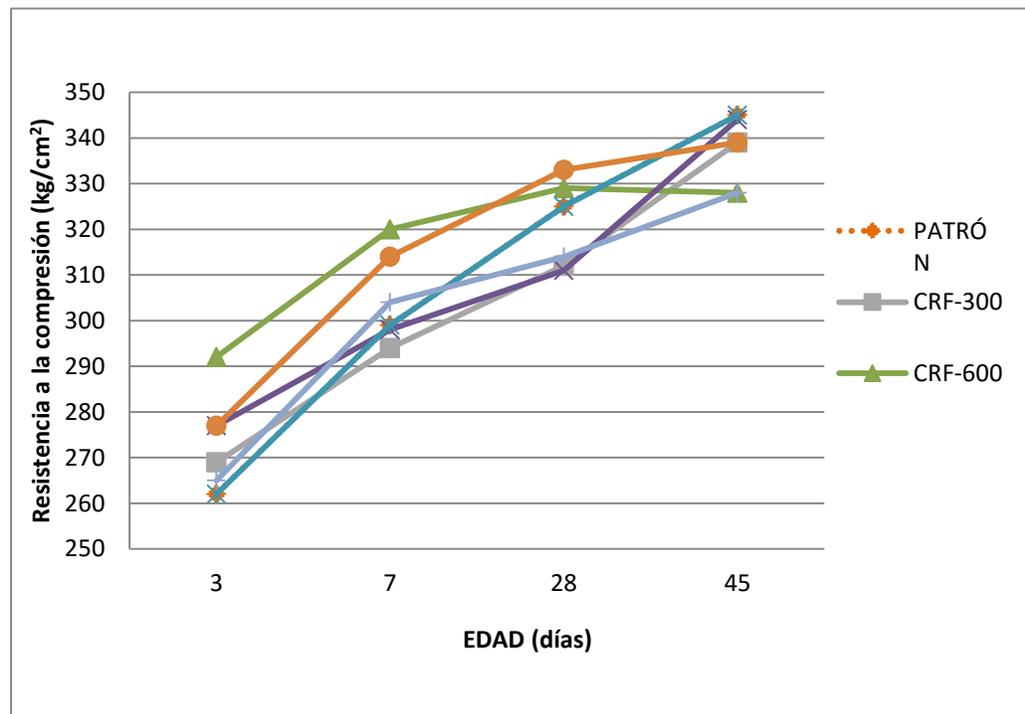


Gráfico 7. Desarrollo de resistencia a la compresión $f_c=210$ kg/cm²

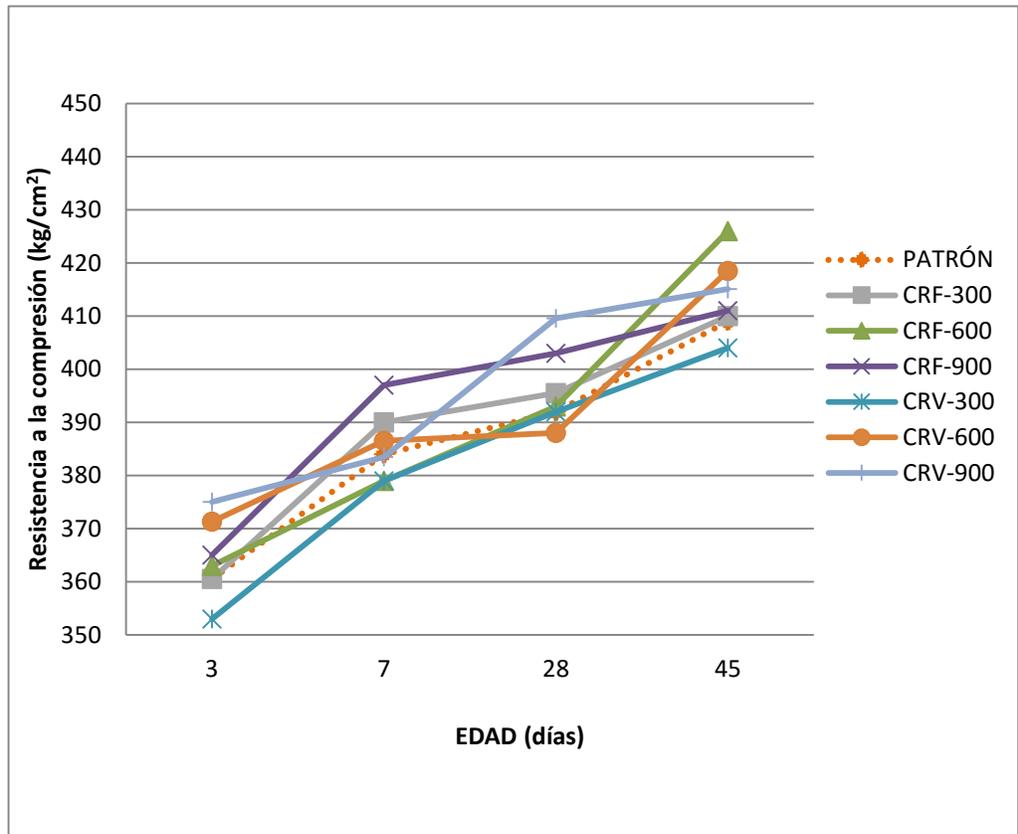


Gráfico 8. Desarrollo de resistencia a la compresión $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$

4.2.2 Ensayo de resistencia a la flexión

Como se observa en el Gráfico 9 y Gráfico 10, la resistencia a la flexión se ve incrementada ligeramente tanto para el concreto reforzado con fibra sintética (FibroMac) como con la fibra natural (Viruta de cuero) a medida que las dosificaciones se aumentan. Esto se debe a que las fibras aportan ductilidad al concreto.

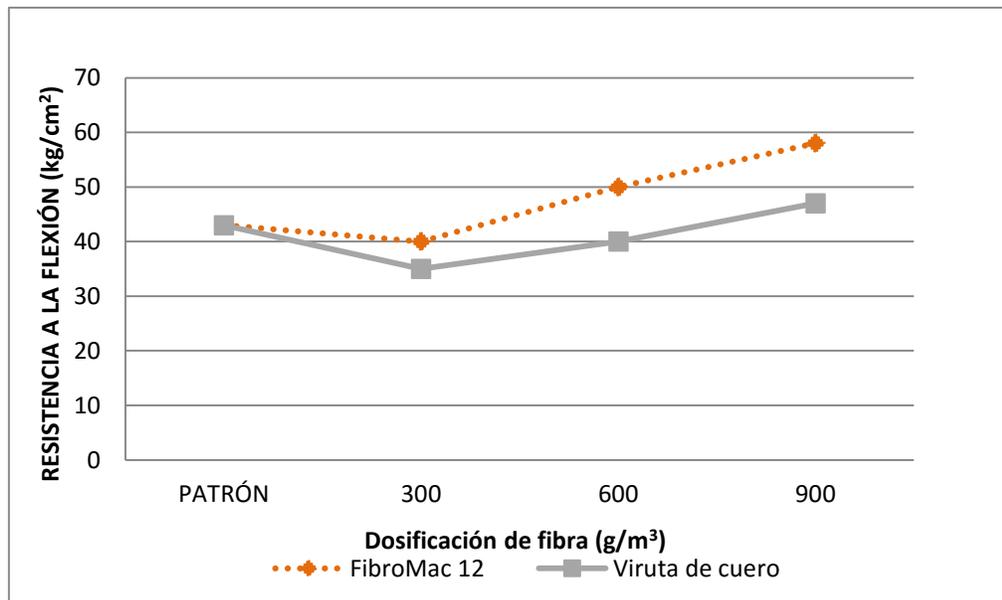


Gráfico 9. Desarrollo de resistencia a la flexión para una $f'c=210$ kg/cm²

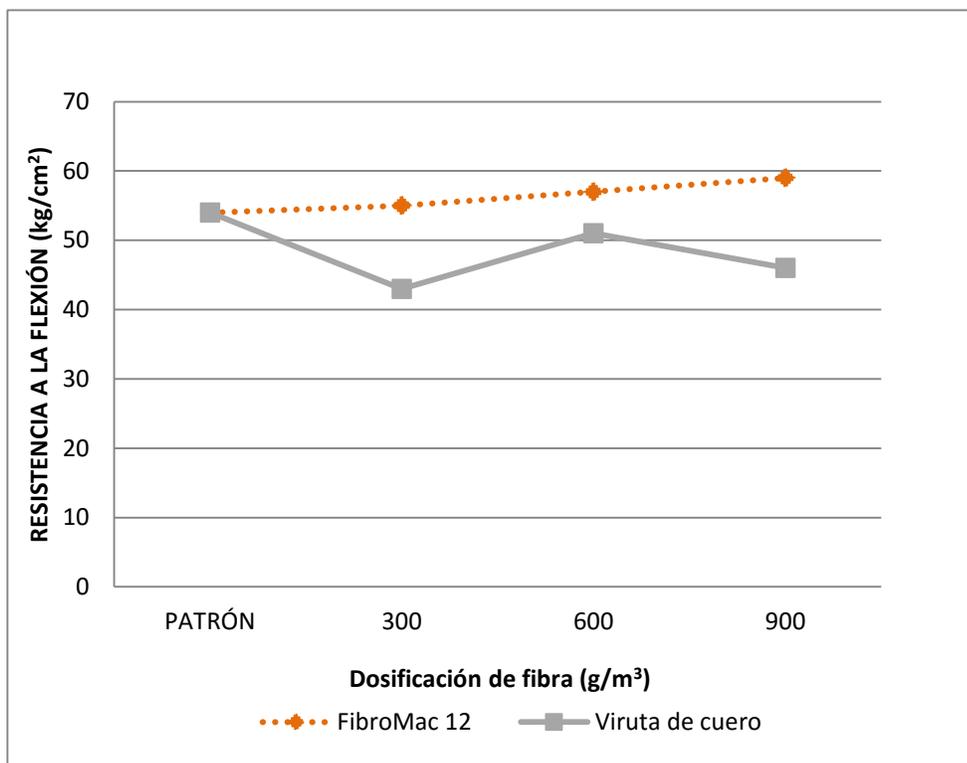


Gráfico 10. Desarrollo de resistencia a la flexión para una $f'c=280$ kg/cm²

4.3 Ensayos de fisuración

Como se observa en el Gráfico 11 y 12, la fibra sintética (FibroMac) inhiben mejor las fisuras causadas por contracción plástica que la fibra natural de origen animal (viruta de cuero).

En el Gráfico 11, los resultados para una $f'c=210$ kg/cm² nos indican que la fibra sintética logra inhibir las fisuras en un 85,87,93% para dosis de 300,600,900 g/m³ respectivamente. Mientras la fibra natural logra inhibir 36,45,51 %.

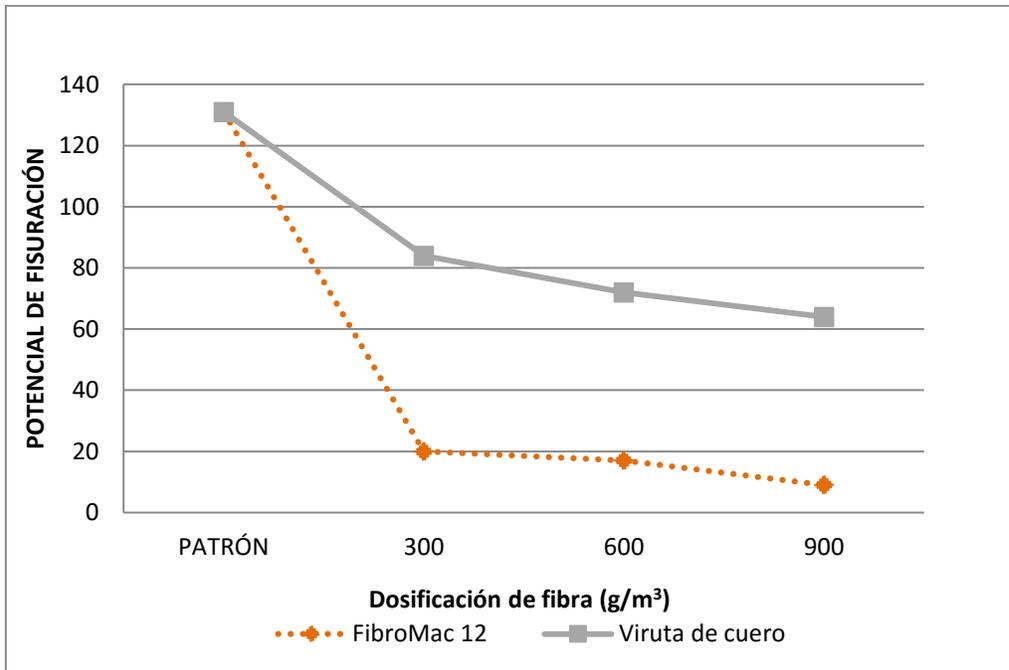


Gráfico 11. Potencial de fisuración vs. Dosificación de fibras.

En el Gráfico 12, los resultados para una $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ nos indican que la fibra sintética logra inhibir las fisuras en un 82,85,95 % para dosis de 300,600,900 g/m^3 respectivamente. Mientras la fibra natural logra inhibir 48,64,79 %.

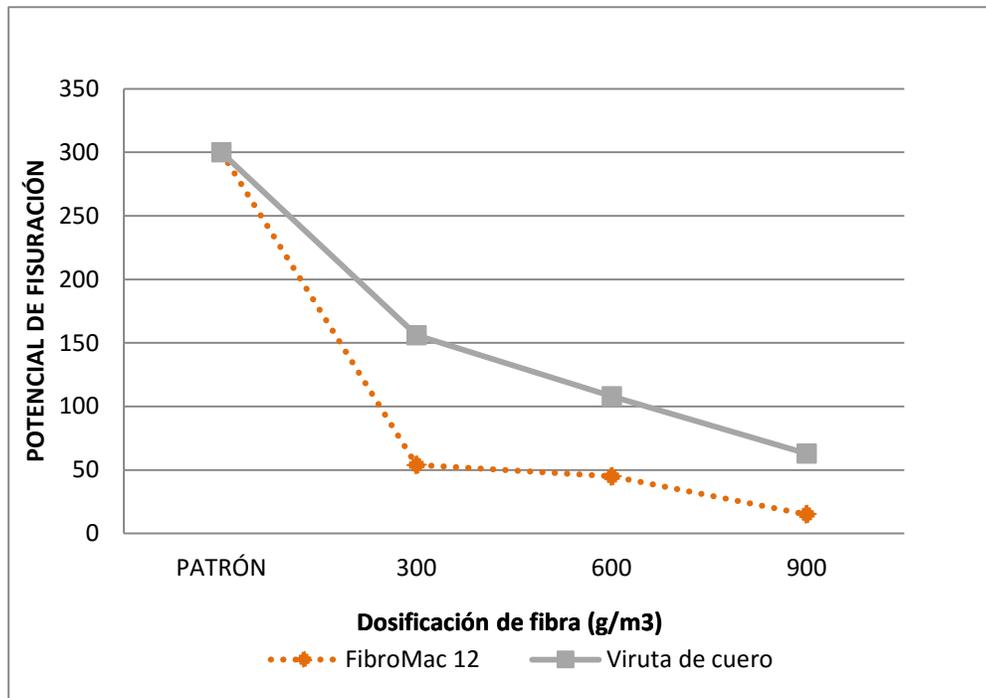


Gráfico 12. Potencial de fisuración vs. Dosificación de fibras.

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA COMPARATIVA

5.1 Análisis de costos.

Tabla 12. Cuadro de precios de los materiales.

Material	Unidad	Precio (S/.)
Cemento	bolsa	17.10
Agua	m3	6.61
Agregado fino	m3	161.42
Agregado grueso	m3	162.27
FibroMac	bolsa	25.00
Viruta de cuero	kg	5.00

Tabla 13. Costo por m³ de concreto.

	FibroMac (S/.)	Viruta de cuero (S/.)
Patrón	362.27	362.27
300 g/m ³	367.25	363.77
600 g/m ³	372.23	365.27
900 g/m ³	377.21	366.77

Para una $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

	FibroMac (S/.)	Viruta de cuero (S/.)
Patrón	338.46	338.46
300 g/m ³	343.44	339.96
600 g/m ³	348.42	341.46
900 g/m ³	353.40	342.96

Para una $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Como se observa en la Tabla 13, el concreto reforzado con fibra sintética (FibroMac) es más caro que el concreto reforzado con fibra natural de origen animal (Viruta de cuero).

5.2 Análisis de costo- beneficio

Para este análisis se tuvo en cuenta el potencial de fisuración de cada mezcla, comparándolo con el costo de la misma por metro cúbico.

- Para una $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

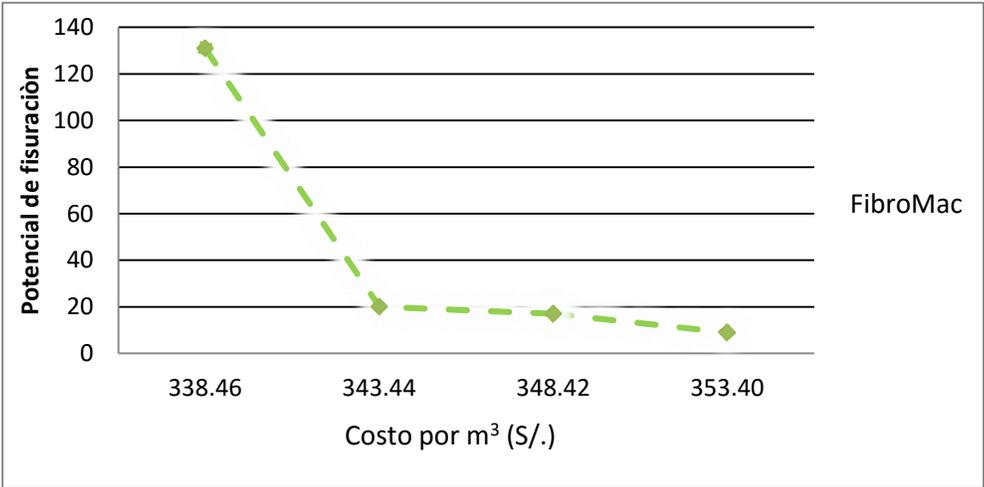


Gráfico 13. Potencial de fisuración vs. Costo por m3 de concreto

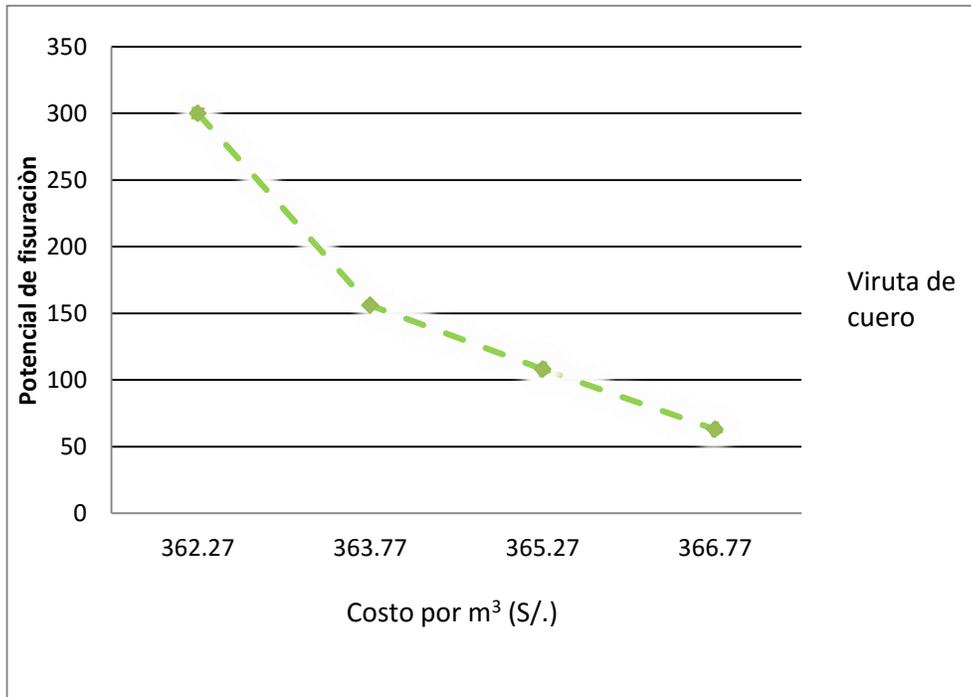


Gráfico 14. Potencial de fisuración vs. Costo por m3 de concreto

- Para una $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

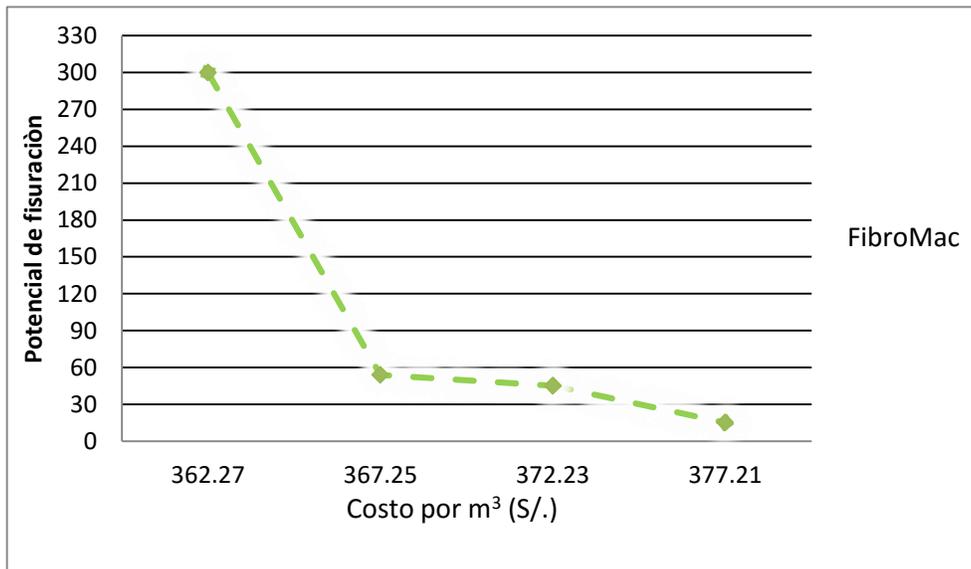


Gráfico 15. Potencial de fisuración vs. Costo por m3 de concreto

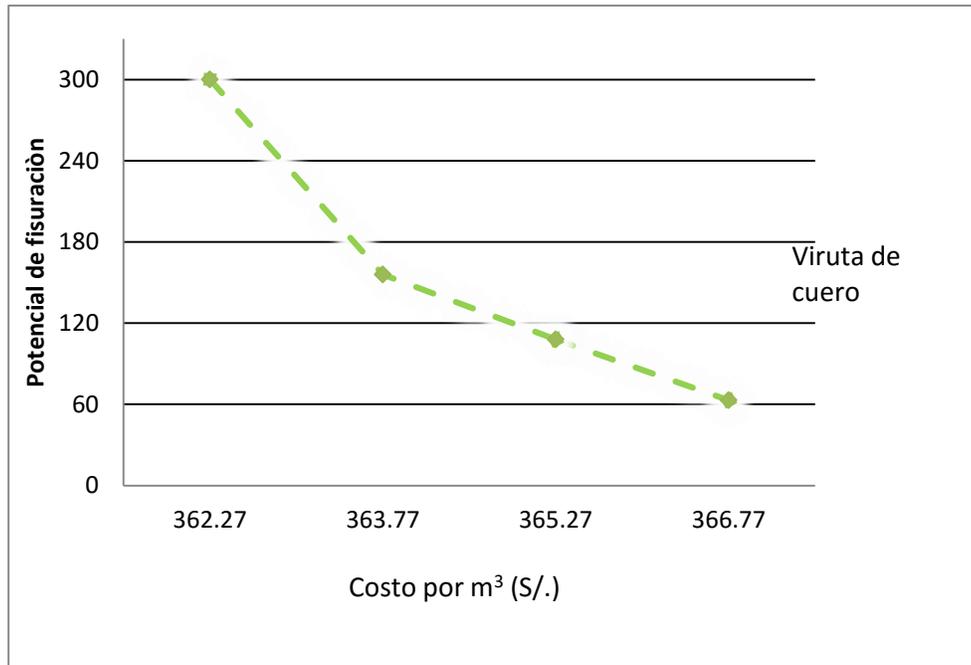


Gráfico 16. Potencial de fisuración vs. Costo por m3 de concreto

Podemos observar en los Gráficos 13 y 15 que para lograr minimizar la fisuración se necesita emplear mayor dosis de fibra generando incremento en el costo por metro cúbico de concreto.

En el Gráfico 14 y 16, podemos observar que el resultado de las virutas es alentador con respecto al costo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- La incorporación de fibras en el concreto disminuye el asentamiento haciendo el concreto menos trabajable.
- Al incrementar la dosis de fibras naturales y fibras sintéticas aumenta los contenidos de aire, debido a que la fibra forma una red interna atrapando más aire.
- Para una $f'c=210\text{kg/cm}^2$, la fibra sintética (FibroMac) inhibe la fisuración por contracción plástica hasta el 93% para la dosis de 900 g/m^3 .
- Para una $f'c=280\text{kg/cm}^2$, la fibra sintética (FibroMac) inhibe la fisuración por contracción plástica hasta el 95% para la dosis de 900 g/m^3 .
- Para una $f'c=210\text{kg/cm}^2$, la fibra natural de origen animal (Viruta de cuero) inhibe la fisuración por contracción plástica hasta en un 51% para la dosis de 900 g/m^3 .
- Para una $f'c=280\text{kg/cm}^2$, la fibra natural de origen animal (Viruta de cuero) inhibe la fisuración por contracción plástica hasta en un 79% para la dosis de 900 g/m^3 .
- La fibra sintética disminuye más eficientemente la fisuración por contracción plástica que la fibra natural de origen animal .
- La resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos reforzados con fibra sintética y los especímenes reforzados con fibra de origen animal demostró que no hay mucha variación respecto al patrón, tanto para $f'c=210\text{ kg/cm}^2$, $f'c=280\text{ kg/cm}^2$.

- La resistencia a la flexión de los especímenes cilíndricos reforzados con fibra sintética y los especímenes reforzados con fibra de origen animal demostró que ambas incrementan ligeramente la resistencia a la flexión a medida que las dosificaciones se aumentan con respecto al patrón, tanto para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.
- La fibra de origen animal resulto ser más económica que la fibra sintética y esto se debe a que las virutas de cuero se encuentran como desperdicio de los centro de curtiembre. Además no fueron tratadas químicamente, lo cual incrementaría el costo.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los ensayos de Asentamiento o Slump las fibras sintéticas (FibroMac) y fibra natural (Viruta de cuero) se pueden aplicar en concretos proyectados, prefabricados, pavimentos, pisos, revestimientos.
- Es necesario el uso de plastificantes cuando se añadan dosis mayores de fibras a lo empleado en esta investigación ya que estas brindarán trabajabilidad en el momento de su colocación.
- Se sugiere aplicar la fibra natural a escala real en zonas donde exista climas adversos que puedan generar el fenómeno de contracción plástica para ver el comportamiento de estas.

BIBLIOGRAFÍA

Título : Tópicos de Tecnología del concreto.

Autor : Enrique Pasquel Carbajal

Lugar de Publicación : Lima, Perú 1992-1993

Título : Naturaleza y Materiales del concreto

Autor : Enrique Rivva Lopez

Lugar de Publicación : Lima, Perú 2000

Título : Fisuras de retracción plástica

Autor : Edgardo Becker

Lugar de Publicación : Argentina 2005

Título : Concreto reforzado con fibras

Autor : Instituto Mexicano del cemento y del concreto

Lugar de Publicación : México, 2007

Título : Cracks in concrete

Autor : Joe E. Kelly

Lugar de Publicación : USA,1981

Título : Standart specification for concrete aggregates

Autor : ASTM C33

Lugar de Publicación : USA,2003

Título : Standart test method for compressive strength of
cylindrical specimens

Autor :ASTM C39

Lugar de Publicación : USA,2004.

Título : Standart test method for slump of hydraulic cement
concrete

Autor :ASTM C143

Lugar de Publicación : USA,2005

GALERÍA DE FOTOS

ENSAYO DE CONCRETO FRESCO

ENSAYO DE ASENTAMIENTO



ENSAYO DE PESO UNITARIO



ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

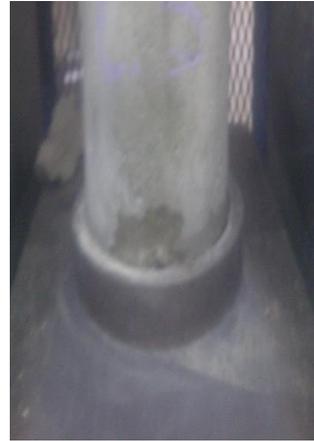


ENSAYO DE FISURAMIENTO



ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO

ENSAYO DE COMPRESIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN

