

# **UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

## **FACULTAD DE INGENIERIA**

### **ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE CONCRETO SIMPLE REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO DRAMIX Y WIRAND, EMPLEANDO CEMENTO ANDINO TIPO V”.**



### **PROYECTO DE TESIS**

### **PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**BACHILLER VANESSA CECILA CORCINO ALBORNOZ**

**LIMA – PERU  
2007**

## INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCION

CAPITULO I: INTRODUCCION	7
CAPITULO II: MATERIALES EMPLEADOS	21
CAPITULO III: PROPIEDADES DEL CONCRETO	73
CAPITULO IV: DISEÑO DE MEZCLA	83
CAPITULO V: ENSAYOS DE CONCRETO SIMPLE Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO	98
CAPITULO VI: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	197
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	203
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	208

Dedico este trabajo a dos de las personas que mas quiero, a mis padres Orlando y Susy por su apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTO

Debo expresar mi especial agradecimiento a mi familia que tanto me ha apoyado; a la familia Panduro Tineo por su apoyo incondicional durante el periodo de elaboración de este proyecto. Además agradecer la colaboración que he recibido de todos aquellos amigos y compañeros, en especial a mi amiga e Ingeniera Dina Panduro Tineo por ayudarme y asesorarme.

Igualmente reconocer a la Ingeniera Enriqueta Pereyra Salardi por sus sabias sugerencias, disponibilidad y apoyo técnico a lo largo de la elaboración del proyecto de tesis y a la Ingeniera Liliana Chavarria Reyes por su colaboración en la realización en este propósito.

A mi querida Alma Mater la “**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**”, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil así como a los docentes que imparten sus conocimientos y experiencias.

A las personas e instituciones que tuvieron la gentileza de donar materiales y documentación técnica, haciendo posible la parte experimental del presente estudio.

- UNICON, CEMENTOS LIMA S.A., INVERSIONES MIDAS S.A., MACCAFERRI PERU S.A.

## **INTRODUCCION**

El concreto armado con fibras, es el concreto formado por un conglomerado hidráulico, generalmente cemento Portland, áridos finos y gruesos, agua y fibras discontinuas y discretas. La incorporación de fibras de acero, plásticas, cerámicas, naturales, en materiales compuestos de matriz frágil o cuasi frágil, ha demostrado ser un medio eficaz para mejorar la tenacidad del material, aumentar su resistencia y su capacidad de deformación y controlar el desarrollo y la propagación de fisuras.

La proporción adecuada de estas fibras es la que aporta al concreto un mayor o menor refuerzo, que se traduce en una mejora en sus características de tenacidad, control de fisuración y resistencia a flexotracción. La respuesta mecánica del concreto reforzado con fibras depende de las dimensiones y de la cantidad de fibras incorporada a la matriz. La inclusión de fibras de 25 a 50 mm de longitud, en cantidades menores del 2% en volumen, constituye la aplicación mas frecuente en el campo de las estructuras de la ingeniería civil. Para el caso del concreto su aplicación se ha ido consolidando en los últimos tiempos, especialmente en la construcción de pavimentos, estructuras hidráulicas, túneles, tabiques, estructuras lineales y estructuras sometidas a acciones dinámicas.

En este informe se va a tratar exclusivamente de la incorporación de fibras de acero en el concreto, utilizando Cemento Andino Tipo V, los cálculos y resultados

serán comparados con resultados obtenidos del concreto patrón (dosificación de fibra de acero 0 kg/cm<sup>2</sup>).

Las fibras que se utilizaron para este proyecto fueron las que actualmente se encuentran en el mercado nacional, WIRAND y DRAMIX.

# **CAPITULO 1. DEFINICION DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

## **1.1 DEFINICIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

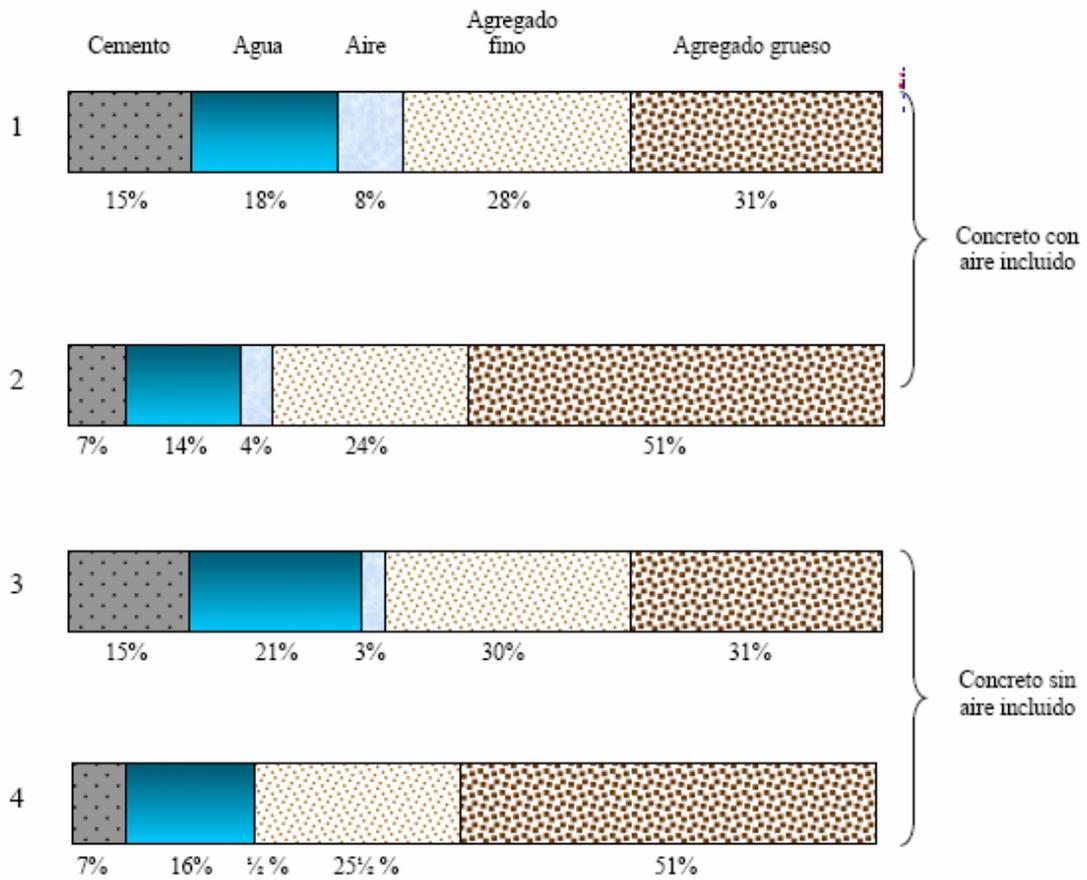
El concreto con fibra es la combinación del concreto convencional con fibras de acero que al ser incorporadas mejoran las propiedades mecánicas del concreto.

La fibra es fabricada a partir de alambre trefilado, de acero bajo en carbono y caracterizadas por su elevado límite elástico (800-1500 Mpa), permiten habitualmente sustituir por completo el armado tradicional del concreto a base de mallas electro soldadas y acero corrugado.

El Concreto Reforzado con Fibras de Acero es un material compuesto con unas ventajas y propiedades específicas de las que se podrá beneficiar notablemente en comparación con los métodos tradicionales de armado.

## **1.2 COMPONENTES BÁSICOS**

El concreto está compuesto de cemento Portland, agregados, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. La Figura 1.1 muestra que el volumen absoluto del cemento está comprendido usualmente entre el 7% y el 15% y el agua entre el 14% y el 21%. El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.



**Figura 1.1**

Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como resistencia a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

Para el caso del presente trabajo se adicionara la fibra de acero en proporción, de acuerdo a la dosificación de la mezcla.

### **1.3 INFLUENCIA DE LA FIBRA EN EL CONCRETO**

La influencia de la incorporación de fibra de acero en el concreto es de uso general, en las propiedades mecánicas del concreto, las fibras brindan control de agrietamiento durante el asentamiento plástico del concreto y después que el concreto esté totalmente endurecido.

En la investigación se realizaron ensayos comparativos entre un concreto patrón, que no contenía fibras y con un concreto con distinto porcentaje de fibra adicionado. La fibra adicionada estuvo relacionada entre un 2% y 3% del peso del concreto. El concreto patrón o concreto simple tenía una calidad nominal, expresada como resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 y 60 días, de 280 kg/cm<sup>2</sup> y como resistencia a la flexión a los 14, 28 y 45 días. Las propiedades del concreto que se estudiaron fueron la trabajabilidad, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión

## **1.4 VENTAJAS DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

Las principales ventajas del concreto reforzado con fibra de acero:

- ✓ Superiores propiedades mecánicas; mayor resistencia a la flexión, tracción y cortante.
- ✓ Método superior en calidad y beneficios, además de menor costo que la malla metálica, como refuerzo secundario.
- ✓ Gran capacidad para soportar cargas.
- ✓ Control eficaz de los fenómenos de fisuración y retracción del hormigón.
- ✓ Excelente resistencia a los impactos y a la fatiga.
- ✓ Ductilidad.
- ✓ Excelente resistencia a la corrosión.
- ✓ Rápida y sencilla aplicación.
- ✓ Sustitución de la malla de acero, eliminando los riesgos de una mala colocación dependiendo del tipo de uso.
- ✓ Mejora el comportamiento y estabilidad de las juntas.
- ✓ Permite reducir el número de juntas de retracción.
- ✓ De fácil integración al hormigón, tanto en planta como a pie de obra.
- ✓ No requiere de tratamientos especiales. Se aplican las técnicas tradicionales de extendido y acabado.
- ✓ Economía. En la mayoría de los casos, para la realización de pavimentos de hormigón, supone un importante ahorro de materiales.

Tener en cuenta que la fibra de acero no es un sustituto del refuerzo estructural, no previene fisuras ocasionadas por fuerzas externas, que para ningún caso se deben de modificar el diseño de las juntas en losas, toda modificación al concreto alterará el diseño de mezcla.

## **1.5 APLICACIONES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

Principales aplicaciones de las fibras de acero son:

### **1.5.1. Pavimentación.**

Los pisos industriales son expuestos a una multitud de esfuerzos y tensión excesiva. Causado por hidratación, contracción, retracción y condiciones climatológicas; el esfuerzo ocurre durante la etapa de endurecimiento, el cual es insuficientemente sostenido por un concreto no reforzado. Junto con su uso, grandes cargas estáticas y móviles, puntuales o distribuidas con deformaciones menores de la losa del piso son transmitidas al subsuelo. Los pisos de concreto agrietados normalmente no representan un peligro para su uso. El 20% del costo de un edificio nuevo corresponde al piso de concreto. Pueden existir problemas usando el resultado de una planeación falsa y costos por la pérdida de producción la cual difícilmente es calculada.

El mecanismo de un concreto reforzado con fibra de acero es mayormente basado en reprimir la formación y extensión de las grietas.

El comportamiento de adherencia de las fibras de acero al concreto es un factor de influencia esencial. Dado a la inferior adherencia de la superficie.

Eso quiere decir que después de que ocurre el ensanchamiento de una grieta visible, los ganchos de los extremos de las fibras de acero enganchan la grieta y transmiten las fuerzas de una pared de la grieta hacia la otra. Las fibras de acero tienen que

mostrar una alta fuerza a la tensión dado a su bajo factor de capacidad por unidad (40% - 60%).

Usos:

- ✓ Pavimentación Industrial
- ✓ Pavimentación Aeroportuaria
- ✓ Pavimentación de avenidas
- ✓ Fundación para máquinas vibratorias
- ✓ Reparación de superficies
- ✓ Tanques de agua.

Ventajas:

- ✓ Mayor resistencia al impacto
- ✓ Mayor resistencia al congelamiento – descongelamiento
- ✓ Mayor comportamiento a la fatiga



*Concreto reforzado con fibra de acero*



*Vibrado piso con concreto reforzado con fibra de acero*

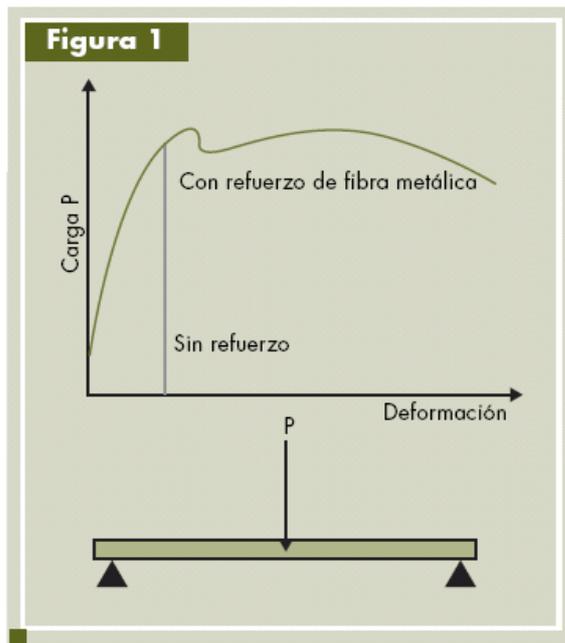


### **1.5.2. Concreto Proyectado**

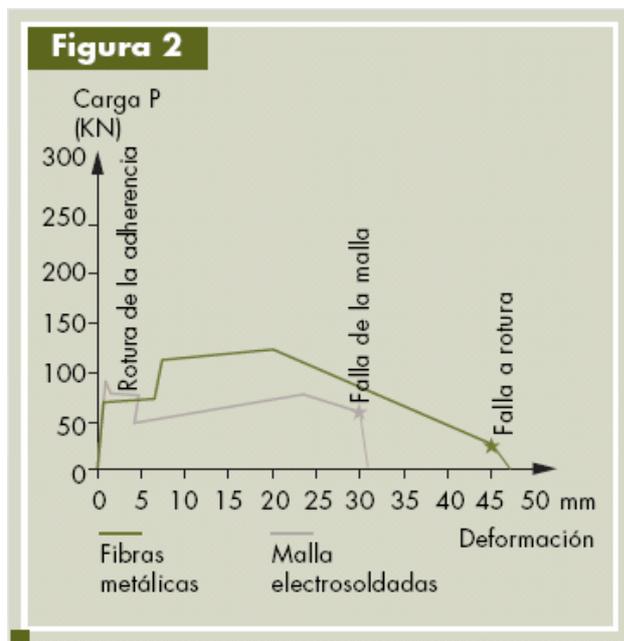
La incorporación de fibras de acero al concreto proyectado, reemplazando a la malla electrosoldada, en algunas obras se ha llegado a incrementar el rendimiento de avance hasta un 40%, debido al ahorro de tener que instalar la malla de refuerzo, que además implica un alto riesgo.

Las fibras se distribuyen uniformemente en todo el espesor del hormigón proyectado, impartiendo un mejor comportamiento triaxial frente a las tensiones de corte y flexión debido a la disminución drástica de las fisuras por contracción. No hay que dejar de mencionar que el efecto de sombra que se produce detrás de la malla electrosoldada puede dejar vacíos que inducen corrosión en la misma y posterior fisuración del concreto.

El comportamiento del concreto proyectado frente a la absorción de esfuerzos mejora notablemente gracias a la ductilidad que le otorgan las fibras en dosis adecuadas, llegando a aumentar el valor de energía de rotura del concreto hasta en 5 veces.



En la figura 1; La energía absorbida antes de la rotura por el concreto es el área bajo la curva; se le denomina igualmente “tenacidad” y se expresa en Joules.



La figura 2 muestra que la absorción de energía de rotura de las fibras es mayor que la de las mallas electrosoldadas (Estudio realizado en Noruega por la Asociación de Investigación Técnica de Noruega – NTNF).

#### Usos:

- ✓ Construcción de túneles carreteros, ferroviarios, hidráulicos.
- ✓ Industria mineras
- ✓ Revestimiento de taludes
- ✓ Estabilización de excavación para fundaciones.
- ✓ Trabajos de saneamiento
- ✓ Estabilización de taludes.

#### Ventajas:

- ✓ Mayor resistencia a la abrasión y al impacto.
- ✓ Mayor estanqueidad y resistencia a la congelación.
- ✓ Mayor capacidad de adherencia.
- ✓ Reducción en el espesor promedio de shotcrete debido a que el mismo copia el perfil de la roca.
- ✓ Las fibras producen además ahorros de tiempo y dinero.
- ✓ Ahorro en costos directos ya que el costo de la fibra equivale a un 50% del costo directo de la malla (contando mano de obra).
- ✓ Ahorro en el costo indirecto por evitar la colocación del shotcrete en dos capas.
- ✓ Ahorro en el hormigón utilizado ya que las fibras permiten aplicar el espesor requerido en toda la superficie, independiente de las irregularidades del sustrato.
- ✓ Ahorro debido a la disminución del rebote provocado por la malla de refuerzo.



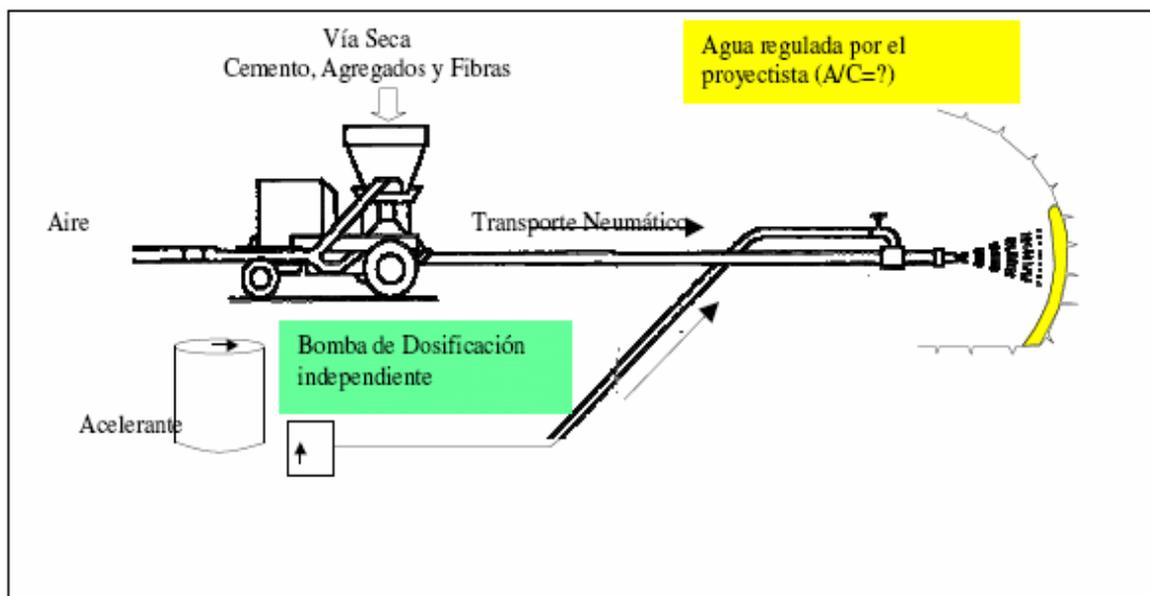
*Construcción de Túneles*



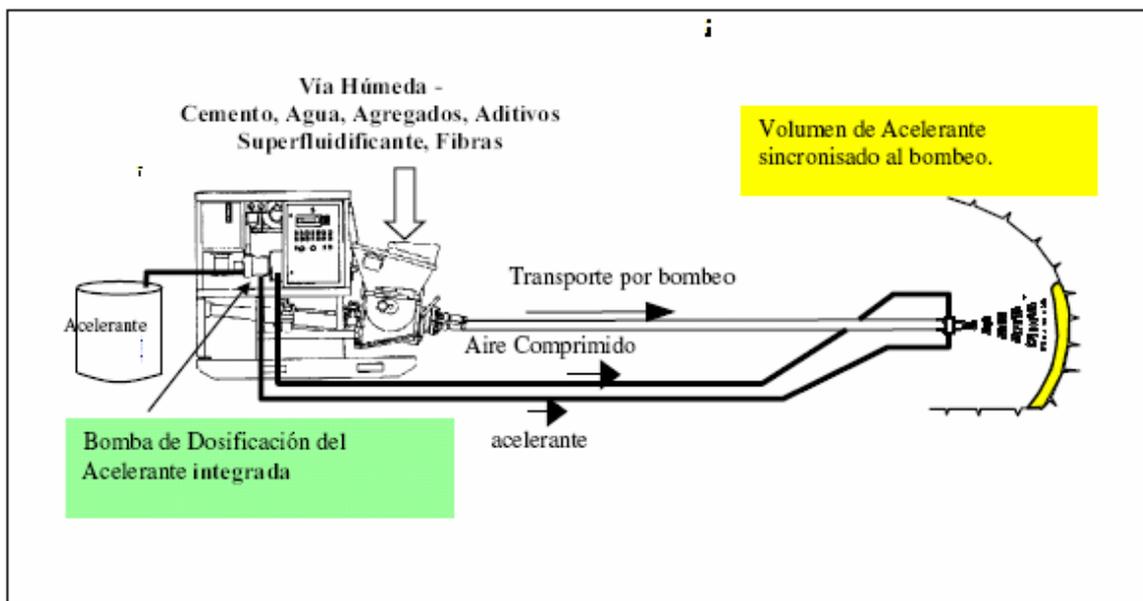
*Aplicación en Tunel*



*Equipo de lanzado del shocrete*



*Secuencia lógica del concreto proyectado Vía Seca*



*Secuencia lógica del concreto proyectado Vía Húmeda*

### 1.5.3. Prefabricados de concreto con fibra

- ✓ Paredes prefabricadas
- ✓ Sumideros prefabricados
- ✓ Fundación tipo zapata
- ✓ Revestimiento de conductos de acero en ambientes agresivos.
- ✓ Anillos para túneles.
- ✓ Hornos, tanques de agua.
- ✓ Elementos resistentes al fuego.

Ventajas:

- ✓ Mayor productividad.
- ✓ Mejor resistencia al impacto.
- ✓ Mayor resistencia al congelamiento–descongelamiento
- ✓ Para solicitaciones de retracción, una armadura en fibras puede sustituir íntegramente la armadura tradicional.

- ✓ La fibra puede sustituir la armadura por corte.



*Paredes prefabricadas*



*Dovelas prefabricadas*

# **CAPITULO 2. CEMENTO**

## **2.1 CEMENTO**

El cemento Portland es un aglomerante hidráulico ya que en combinación con el agua puede desarrollar propiedades, es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida.

El cemento es un clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas.

### **2.1.1 Cemento Andino Tipo V**

Cemento con alta resistencia a la acción de los sulfatos, se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar. La resistencia al sulfato del cemento Tipo V se logra minimizando el contenido de  $C_3A$ , pues este compuesto es el más susceptible al ataque de los sulfatos. El cemento Tipo V es usado donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias)

### **2.1.2 Propiedades Físicas y Químicas**

Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerantes en construcción, como la cal aérea y el yeso (no hidráulico), el cemento endurece rápidamente y alcanza resistencias altas; esto gracias a reacciones complicadas de la combinación cal – sílice.

✓ Análisis químico del cemento:

CaO	63 % (Cal)
SiO <sub>2</sub>	20 % (Sílice)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6 % (Alúmina)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 % (Óxido de Hierro)
MgO	1.5 % (Óxido de Magnesio)
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	1 % (Álcalis)
Pérdida por calcinación	2 %
Residuo insoluble	0.5 %
SO <sub>3</sub>	2 % (Anhídrido Sulfúrico)
CaO Residuo	1 % (Cal libre)
Suma	100%

✓ Características químicas:

- Módulo fundente
- Compuestos secundarios
- Pérdida por calcinación
- Residuo insoluble

✓ Características físicas:

- Superficie específica
- Tiempo de fraguado
- Falso fraguado
- Estabilidad de volumen
- Resistencia mecánica
- Contenido de aire
- Calor de hidratación

### **2.1.3 Peso Específico**

Un saco de cemento Portland pesa 42,5 kg y tiene un volumen de aproximadamente 1 pie cúbico (28,32 lt) cuando acaba de ser empacado.

El peso específico del cemento Portland a granel puede variar considerablemente dependiendo de su manejo y almacenamiento. Un cemento Portland demasiado suelto puede pesar únicamente  $833 \text{ kg/m}^3$ , mientras que si se compacta por vibración, el mismo cemento puede llegar a pesar  $1650 \text{ kg/m}^3$ . Por este motivo, la práctica correcta consiste en pesar el cemento a granel para cada mezcla de concreto que se vaya a producir

El peso específico del cemento ANDINO TIPO V es de 3,15. El peso específico de un cemento, determinado con la norma ASTM C 188 no es indicador de la calidad del cemento; su uso principal se tiene en los cálculos de proporción de mezclas.

## **2.2 AGREGADO FINO**

### **2.2.1 Características Generales**

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el Tamiz NTP 9,4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

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

### 2.2.2 Análisis Granulométrico

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

Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.

Malla		% Porcentaje que Pasa
3/8"	( 9,50 mm )	100
N° 4	( 4,75 mm )	95 @ 100
N° 8	( 2,36 mm )	80 @ 100
N° 16	( 1,18 mm )	50 @ 85
N° 30	( 600 micrones )	25 @ 60
N° 50	( 300 micrones )	5 @ 30
N° 100	( 150 micrones )	0 @ 10

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá de 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado o un contenido de cemento mayor de 255 kg/m<sup>3</sup>; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas mallas, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

### 2.2.3 Modulo de Finura

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente:

ASTM N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma N.T.P. 400.011.

El módulo de finura se calcula para el agregado fino más que para un agregado grueso. Los valores se encuentran en un rango entre 2,3 y 3,1 donde un valor más alto indica una gradación más gruesa.

$$\text{Módulo de Finura} = M.F. = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

Se realizaron tres ensayos granulométricos del agregado fino de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Muestra N° 1 Módulo de Fineza 2,72  
 Procedencia Cantera de Jicamarca Peso de la Muestra 500 gr

Malla	P. Retenido (gramos)	%Retenido	%Retenido Acumulado	% que pasa	ESPECIFICACIONES	
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
N°4	17,20	3,00	3,00	97,00	95,00	100,00
N°8	72,40	15,00	18,00	82,00	80,00	100,00
N°16	89,85	18,00	36,00	64,00	50,00	85,00
N°30	99,80	20,00	56,00	44,00	25,00	60,00
N°50	114,55	23,00	79,00	21,00	10,00	30,00
N°100	69,10	14,00	93,00	7,00	2,00	10,00
Fondo	37,10	7,00	100,00	0,00		



#### 2.2.4 Peso Específico

El peso específico según la norma ASTM C 127-84 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas.

- Peso específico de masa (G).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V - W}$$

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G<sub>ss</sub>).

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G}_{ss}) = \frac{500}{V - W}$$

- Peso específico aparente (G<sub>a</sub>).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$\text{Peso específico aparente (G}_a) = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

### 2.2.5 Porcentaje de Absorción

El porcentaje de absorción es la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C±5°C.

$$\text{Porcentaje de absorción (a\%)} = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$

Se realizaron tres ensayos del agregado fino de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

#### PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

Muestra N°1	ASTM	C	
	Norma	128	
Descripción	Símbolo	Can	Und.
Peso de la Fiola		155,45	g
Peso de Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola		655,45	g
Peso de Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola +Peso del Agua		972,70	g
Peso del Agua	W	317,25	g
Peso de la Arena Seca	A	492,00	g
Volumen de la Fiola	V	500,00	cc

$$1.- \text{ Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V - W} = 2,69$$

$$2.- \text{ Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Gsss)} = \frac{500}{V - W} = 2,74$$

$$3.- \text{ Peso específico aparente (Ga)} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2,82$$

$$4.- \text{ Porcentaje de absorción (a\%)} = 100 \times \frac{500 - A}{A} = 1,63\%$$

### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Muestra N° 2

Norma

ASTM C 128

Descripción	Símbolo	Can	Und
Peso de la Fiola		159,45	g
Peso de Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola		659,45	g
Peso de Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola + Peso del Agua		974,05	g
Peso del Agua	W	314,60	g
Peso de la Arena Seca	A	484,00	g
Volumen de la Fiola	V	500,00	cc

$$1.- \text{ Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V - W} = 2,61$$

$$2.- \text{ Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Gsss)} = \frac{500}{V - W} = 2,70$$

$$3.- \text{ Peso específico aparente (Ga)} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2,86$$

$$4.- \text{ Porcentaje de absorción (a\%)} = 100 \times \frac{500 - A}{A} = 3,31\%$$

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

Muestra N° 3

Norma

ASTM C 128

Descripción	Símbolo	Cand.	Und.
Peso de la Fiola		157,55	g
Peso de Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola		657,55	g
Peso de Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola +Peso del Agua		975,10	g
Peso del Agua	W	317,55	g
Peso de la Arena Seca	A	488,00	g
Volumen de la Fiola	V	500,00	cc

$$1.- \quad \text{Peso específico de masa } (G) = \frac{A}{V - W} = 2,66$$

$$2.- \quad \text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco } (G_{sss}) = \frac{500}{V - W}$$

$$= 2,74$$

$$3.- \quad \text{Peso específico aparente } (G_a) = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2,86$$

$$4.- \quad \text{Porcentaje de absorción } (a\%) = 100 \times \frac{500 - A}{A} = 2,48\%$$

## PROMEDIO DE LOS RESULTADOS

Peso Específico de Masa	2,65
Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seco	2,72
Peso Específico Aparente	2,85
Porcentaje de Absorción	2,47

### 2.2.6 Contenido de Humedad

Podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).

Si el agregado tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar agua a la mezcla para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar a la mezcla será menor, ya que los agregados aportarán agua. Se debe de tener consideración la humedad de los agregados en el momento de elaborar el concreto, porque si la humedad es alta, aumentará la relación agua-cemento y caerán las resistencias, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Se realizaron tres ensayos del agregado fino de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Muestra N°1	Norma	ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>	<b>Und</b>
Peso De La Muestra Húmeda	500,00	g
Peso De La Muestra Seca	483,25	g
Contenido De Agua	16,75	g
Contenido De Humedad	3,47	g

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$=3,47\%$$

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Muestra N°2	Norma	ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Can</b>	<b>Und</b>
Peso de la Muestra Húmeda (A)	500,00	g
Peso de la Muestra Seca (B)	480,30	g
Contenido de Agua	19,70	g
Contenido de Humedad	4,10	g

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$=4,10\%$$

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Muestra N°3	Norma	ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>	<b>Und.</b>
Peso De La Muestra Húmeda	500,00	g
Peso De La Muestra Seca	482,00	g
Contenido De Agua	18,00	g
Contenido De Humedad	3,73	g

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$= 3,73\%$$

### **PROMEDIO DE LOS RESULTADOS**

<b>ENSAYOS</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>
Muestra N°1	3,47
Muestra N°2	4,1
Muestra N°3	3,73
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,77</b>

#### **2.2.7 Pesos Volumétricos Secos, Suelos y Compactados**

El peso unitario o densidad de masa 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, representará el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en kg/m<sup>3</sup>.

La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

- I. Peso unitario suelto :

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un recipiente de diámetro y profundidad prescritas que depende del tamaño máximo del agregado hasta que desborde y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

- II. Peso unitario compactado:

Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y se remueve de nuevo lo que sobresalga. Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

Se realizaron tres ensayos del agregado fino de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

#### PESO UNITARIO SUELTO

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra Suelta + recipiente(g)	6 399,00	6 463,50	6 620,50
Peso del recipiente(g)	1 751,20	1 748,50	1 753,00
Peso de la muestra suelta(g)	4 647,80	4 715,00	4 867,50
Peso del recipiente + agua (g)	4 569,00	4 553,50	4 555,00
Peso del agua(g)	2,82	2,81	2,80
Factor calibración del recipiente	354,90	356,51	356,89
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>1 649,00</b>	<b>1 681,00</b>	<b>1 737,00</b>

#### PESO UNITARIO COMPACTO

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra compactada + recipiente (g)	6 699,00	6 620,50	6 817,00
Peso del recipiente (g)	1 751,00	1 753,00	1 752,00
Peso de la muestra compactada + recipiente (g)	4 948,00	4 867,50	5 065,00
Peso del recipiente + agua (g)	4 555,50	4 555,00	4 563,50
Peso del agua (g)	2,82	2,80	2,81
Factor calibración del recipiente	256,60	356,89	355,68
<b>PESO UNITARIO COMPACTO</b>	<b>1 764,00</b>	<b>1 737,00</b>	<b>1 802,00</b>

## PROMEDIO DE LOS RESULTADOS

<b>ENSAYOS</b>	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PESO UNITARIO COMPACTO</b>
Muestra N° 1	1 649	1 764
Muestra N° 2	1 681	1 737
Muestra N° 3	1 674	1 802
<b>PROMEDIO</b>	<b>1 668</b>	<b>1 768</b>

### 2.2.8 Porcentaje que pasa la malla N° 200.

Según la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Se realizaron tres ensayos de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Muestra N° 1	Norma ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>
Peso de la muestra	500
Peso de la muestra lavada y secada	470
Material que pasa la malla N°200	30
% Que pasa la malla N°200	6,0

$$\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$= 6.0\%$$

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Muestra N°2	Norma ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>
Peso de la muestra	500
Peso de la muestra lavada y secada	468,5
Material que pasa la malla N° 200	31,50
% Que pasa la malla N° 200	6,3

$$\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$= 6,3\%$$

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Muestra N°1	Norma ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>
Peso de la muestra	500
Peso de la muestra lavada y secada	470
Material que pasa la malla N° 200	30
% Que pasa la malla N° 200	6,0

$$\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$= 6,0\%$$

#### **PROMEDIO DE LOS RESULTADOS**

<b>ENSAYOS</b>	<b>% QUE PASA LA MALLA N° 200</b>
Muestra N° 1	6,0
Muestra N° 2	6,3
Muestra N° 3	6,0
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,1</b>

## 2.3 AGREGADO GRUESO

### 2.3.1 Características Generales

Se define como agregado grueso a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial, retenida en el tamiz 4,75 mm (Nº 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma N.T.P. 400.037 ó ASTM C 33. Para la siguiente investigación se trabajó con dos clases de agregados gruesos, combinando estos dos agregados se obtiene el agregado de huso 57.

### 2.3.2 Análisis Granulométrico

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para asentamiento de aproximadamente 7,5 cm. para un amplio rango de tamaños de agregado grueso.

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado donde se produce el primer retenido y el tamaño máximo corresponde a la malla más pequeña por la que pasa todo el agregado.

Se realizaron tres ensayos granulométricos del agregado grueso de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Muestra Nº 1

Peso de la Muestra

500gr

Tipo de agregado :

Piedra Nº 67

Malla	P .Retenido (gramos)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa	ESPECIFICACIONES	
2"	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 ½"	0,00	0,00	0,00	100,00		
1"	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100

¾"	94,00	2,00	2,00	98,00	90	100
½"	1 607,50	32,00	34,00	66,00	40	100
3/8"	1 555,00	31,00	65,00	35,00	20	55
Nº4	1 729,50	35,00	100,00	0,00	0	10
Fondo	14,00	0,00	100,00	0,00		

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Muestra Nº 2

Peso de la Muestra

500gr

Tipo de agregado :

Piedra Nº67

Malla	P .Retenido (gramos)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa	ESPECIFICACIONES	
2"	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 ½"	0,00	0,00	0,00	100,00		
1"	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
¾"	223,00	5,00	5,00	95,00	90	100
½"	1 769,00	35,00	40,00	60,00	40	100
3/8"	1 597,00	32,00	72,00	28,00	20	55
Nº4	1 406,00	28,00	100,00	0,00	0	10
Fondo	5,00	0,00	100,00	0,00		

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Muestra Nº 3

Peso de la Muestra

500gr

Tipo de agregado :

Piedra Nº 67

Malla	P .Retenido (gramos)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa	ESPECIFICACIONES	
2"	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 ½"	0,00	0,00	0,00	100,00		
1"	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
¾"	115,00	3,00	3,00	97,00	90	100
½"	1 823,00	36,00	39,00	61,00	40	100

3/8"	1 610,00	32,00	71,00	29,00	20	55
Nº4	1 451,00	29,00	100,00	0,00	0	10
Fondo	5,00	0,00	100,00	0,00		

### 2.3.3 Peso Específico

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco } (G_{sss}) = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente } (G_a) = \frac{A}{(A - C)}$$

$$\text{Peso específico de masa } (G) = \frac{A}{(B - C)}$$

### 2.3.4 Porcentaje de Absorción

Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto.

La absorción del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. A continuación se presenta la expresión que se utiliza para calcular el porcentaje de absorción al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{Porcentaje de absorción } (a\%) = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$

Se realizaron tres ensayos de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

Muestra N° 1 Peso de la Muestra 500gr  
 Tipo de Agregado Piedra Tipo N° 67

Descripción	Símbolo	Cand.	Und.
Peso de la Muestra Saturada con Superficie seca	B	5 000	g
Peso dentro del agua de la muestra Saturada + Canastilla		3 779,7	g
Peso de la canastilla dentro del agua		619	g
Peso de la muestra saturada dentro del Agua	C	3 160,7	g
Peso de la muestra seca	A	4 936,2	g

$$1.- \text{ Peso específico de masa } (G) = \frac{A}{(B - C)} = 2,68$$

$$2.- \text{ Peso específico de masa saturado superficialmente seco } (G_{ss}) = \frac{B}{B - C} = 2,72$$

$$3.- \text{ Peso específico aparente } (G_a) = \frac{A}{(A - C)} = 2,78$$

$$4.- \text{ Porcentaje de absorción } (a\%) = 100 \times \frac{500 - A}{A} = 1,29 \%$$

## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

Muestra N° 2

Peso de la Muestra 500gr

Tipo de Agregado : Piedra Tipo N° 67

Descripción	Símbolo	Cand.	Und.
Peso de la muestra saturada con superficie seca	B	5 000	g
Peso dentro del agua de la muestra saturada + canastilla		3 779,7	g
Peso de la canastilla dentro del agua		619	g
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C	3 160,7	g
Peso de la muestra seca	A	4 947,5	g

$$1.- \quad \text{Peso específico de masa } (G) = \frac{A}{(B - C)} = 2,69$$

$$2.- \quad \text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco } (G_{sss}) = \frac{B}{B - C} = 2,72$$

$$3.- \quad \text{Peso específico aparente } (G_a) = \frac{A}{(A - C)} = 2,77$$

$$4.- \quad \text{Porcentaje de absorción } (a\%) = 100 \times \frac{500 - A}{A} = 1,06\%$$



### 2.3.5 Contenido de Humedad

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de la mezclas de diseño.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Se realizaron tres ensayos de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Muestra N° 1	Norma	ASTM 70 -79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>	<b>Und.</b>
Peso de la muestra húmeda	2 500,00	g
Peso de la muestra seca	2 489,00	g
Contenido de agua	11,00	g
Contenido de humedad	0,44	g

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$= 0,44\%$$

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Muestra N°2	Norma	ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>	<b>Und.</b>
Peso de la muestra húmeda	2 500,00	g
Peso de la muestra seca	2 488,00	g
Contenido de Agua	12,00	g
Contenido de humedad	0,48	g

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$= 0.48\%$$

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Muestra N°3	Norma	ASTM 70-79
<b>Descripción</b>	<b>Cand.</b>	<b>Und.</b>
Peso de la muestra húmeda	2 500,00	g
Peso de la muestra seca	2 489,00	g
Contenido de agua	10,00	g
Contenido de humedad	0,40	g

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$= 0,40\%$$

### **PROMEDIO DE LOS RESULTADOS**

<b>ENSAYOS</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>
Muestra N° 1	0,44
Muestra N° 2	0,48
Muestra N° 3	0,40
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,44</b>

### 2.3.6 Pesos Volumétricos Secos y Suelos

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. En el agregado grueso los incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario y sea influenciado por su granulometría, gravedad específica, su perfil y textura superficial y su grado de compactación de masa. Cuanto mas alto el peso específico para una granulometría dada, mayor el peso unitario del concreto.

El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, entre 200 y 2 400 kg/m<sup>3</sup>, generalmente varia entre 1 500 y 1 700 kg/m<sup>3</sup>.

Se realizaron tres ensayos de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

#### PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Norma

ASTM 400,017

#### PESO UNITARIO SUELTO

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra suelta + recipiente (g)	18 418,00	18 884,00	18 767,00
Peso del recipiente (g)	5 575,00	5 575,00	5 575,00
Peso de la muestra suelta (g)	12 843,00	13 309,00	13 192,00
Peso del recipiente +agua (g)	14 790,00	14 819,00	14 805,00
Peso del agua (g)	9 215,00	9 243,50	9 230,00
Factor calibración del recipiente	0,11	0,11	0,11
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>1 394</b>	<b>1 440</b>	<b>1 429</b>

#### PESO UNITARIO COMPACTO

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra compactada + recipiente (g)	19 680,00	19 641,00	19 510,00
Peso del recipiente (g)	5 575,00	5 575,00	5 575,00

Peso de la muestra compactada + recipiente (g)	14 105,00	14 066,00	13 935,00
Peso del recipiente + agua (g)	14 790,00	14 819,00	14 805,00
Peso del agua (g)	9 215,00	9 244,00	9 230,00
Factor calibración del recipiente	0,11	0,11	0,11
<b>PESO UNITARIO COMPACTO</b>	<b>1 531</b>	<b>1 522</b>	<b>1 510</b>

### PROMEDIO DE LOS RESULTADOS

ENSAYOS	PESO UNITARIO SUELTO	PESO UNITARIO COMPACTO
Muestra N° 1	1 394	1 531
Muestra N° 2	1 440	1 522
Muestra N° 3	1 429	1 510
<b>PROMEDIO</b>	<b>1 421</b>	<b>1 521</b>

## ***2.4 FIBRA DE ACERO***

A partir de 1960 se incorporaron las fibras de acero para fabricar un concreto consolidado de elementos discontinuos y distribuídos aleatoriamente. Sin embargo, no fue sino en 1971 cuando en Estados Unidos se hicieron los primeros estudios e investigaciones dirigidos al uso del concreto consolidado con fibras, las que desde entonces han sido elementos indispensables en la construcción de pisos industriales de alto desempeño, pavimentos, cubiertas para puentes, concretos lanzados para la estabilización de taludes, revestimientos de túneles, elementos estructurales prefabricados, bóvedas y refractarios, entre otros usos.

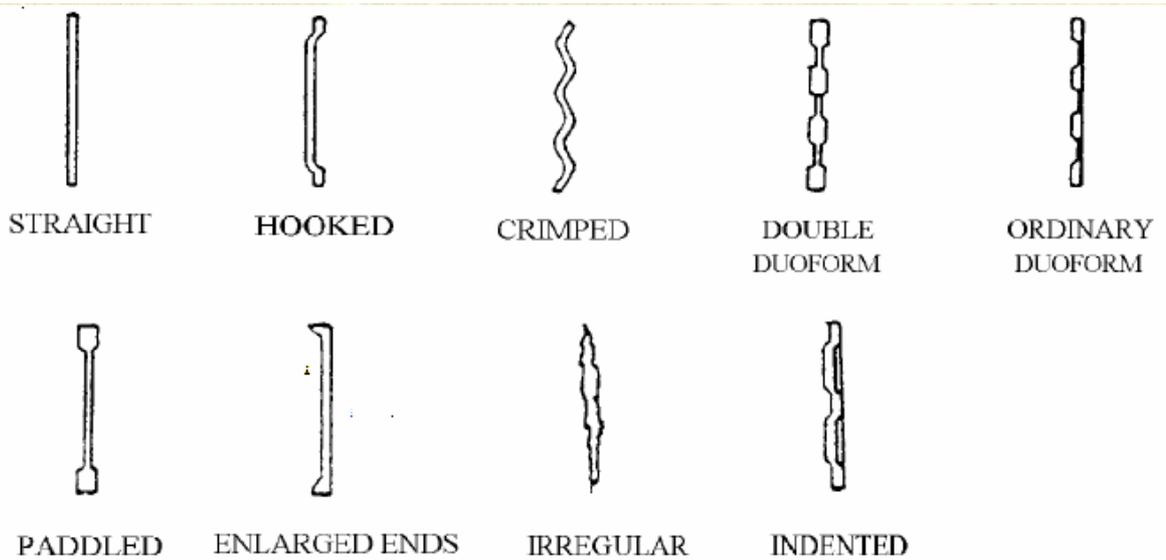
La aparición en el mercado de nuevos tipos de fibras y su utilización para el refuerzo del concreto permite mejorar notablemente su calidad, propiedades y su comportamiento a los refuerzos y deformaciones.

El concreto reforzado con fibras de acero es una alternativa eficaz ante la necesidad de reforzar y mejorar el comportamiento estructural del concreto armado tradicional. Incorporando y distribuyendo homogéneamente fibras de acero en la matriz del concreto puede reducirse significativamente la fragilidad y con ello mejorar las propiedades mecánicas.

La orientación de la fibra también influye siendo máximo el beneficio cuando la fibra es unidireccional y paralela al esfuerzo de tracción aplicado y es de menor influencia cuando se orientan al azar en tres dimensiones.

Suelen tener diversas formas siendo las onduladas y las ganchudas las más comunes. Los aceros que se usan son aceros al Carbono o inoxidables.

Diferentes formas de presentación:



### 2.4.1 Características Generales

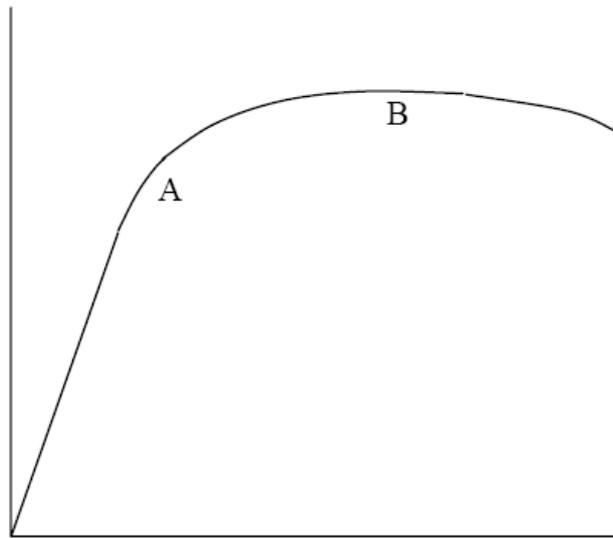
Las fibras se caracterizan:

- ✓ Longitud  $L$ : es la distancia entre las dos extremidades;
- ✓ Relación de forma  $L/d$  (longitud /diámetro medio)
- ✓ El esfuerzo máximo que puede soportar la fibra depende de su relación de forma.
- ✓ Diámetro (o diámetro equivalente)  $D_e$ : es el diámetro del hilo, para las FIBRAS de sección transversal circular, o es el diámetro del círculo de área igual a la de la sección transversal de la fibra ( $0,15 \leq D_e \leq 1,20$ );
- ✓ Relación de aspecto  $\lambda = L/D_e$ : es la relación entre la longitud  $L$  y el diámetro  $D_e$  (o diámetro equivalente);
- ✓ Resistencia a tracción: se refiere al hilo semielaborado o el de la fibra;
- ✓ Forma: fibras rectilíneas o fibras amoldadas (longitudinalmente o transversalmente);
- ✓ La fibra falla por tensión.
- ✓ La longitud de la fibra debe ser mayor que el tamaño máximo de las partículas de agregado.

- ✓ La adherencia mejora en fibras de superficie rugosa, extremos agrandados.

## 2.4.2 Comportamiento mecánico del concreto armado con fibras

Cuando una pieza de concreto armado con fibras es sometida a flexión se observa varios tipos de comportamiento en la curva de tensión-deformación:



Hasta el punto A se puede considerar que existe proporcionalidad entre la carga aplicada y la deformación originada, aplicando incrementos sucesivos de carga. A este punto se le denomina “tensión de primera fisura” o “límite elástico”. Posteriormente aparece un nuevo punto B a partir del cual se produce una caída en la tensión. A este punto B se le denomina “tensión de rotura” o “resistencia final”.

En el concreto convencional, una vez fisurada la zona en tracción se produce la rotura de la pieza.

Antes de llegar a la tensión de primera fisura se puede suponer un comportamiento elástico, tanto para el concreto como para las fibras; ya que el módulo de elasticidad de las fibras es mayor que la del concreto (10 veces en el caso de fibras de acero), el incremento de volumen de fibras aumenta el límite elástico del compuesto. No obstante, este efecto es menor que en el caso del concreto armado convencional para el mismo volumen de acero y fibras uniformemente distribuidas.

Una vez sobrepasado el límite elástico, la curva tensión-deformación deja de ser lineal, alcanzando un máximo en el punto B. El fallo se produce generalmente por arrancamiento de las fibras, sin que éstas lleguen a alcanzar su tensión de rotura salvo en aquellos casos en que se mejora la adherencia de las fibras, con lo que algunas pueden llegar a la rotura.

Después de la carga máxima, la disminución de tensiones con el incremento de las deformaciones es mucho menor en el concreto armado con fibras que en el convencional y, por tanto, la energía absorbida antes de la rotura completa de la pieza ensayada es mucho mayor en el concreto de fibras que en uno convencional, dependiendo esta diferencia del volumen de fibras empleado.

Se produce, además, un importante aumento de la tenacidad, que se pone de manifiesto en la menor pendiente de la curva tensión-deformación del concreto de fibras respecto al convencional.

En las proximidades de la máxima carga de flexión, parte de la sección transversal de la pieza se agrieta y algunas de las fibras pueden sufrir deslizamientos parciales, dependiendo su cuantía, entre otras cosas, de que se haya mejorado por algún sistema la adherencia de las fibras. Por ello, no es

posible predecir racionalmente la carga de rotura del concreto con fibras; sin embargo, basándose en los resultados experimentales y en las teorías de composición pueden lograrse aproximaciones empíricas.

Los factores que tienen mayor influencia en la carga máxima son el porcentaje en volumen de fibras y el aspecto (esbeltez) de las mismas.

Se define la tenacidad como la energía absorbida para producir la separación completa de la pieza. Está representada por el área de la curva de tensión-deformación. También se puede medir mediante ensayos de impacto. La adición de fibras al concreto aumenta hasta el doble la tenacidad del hormigón.

### 2.4.3 Fibras en el Mercado Nacional – Tipos de Fibra

Las fibras que más se utilizan son de acero, de vidrio y de polipropileno y por otro lado las de carbono y aramida. Las propiedades son las que se muestran en la tabla a continuación:

<b>Tipo de Fibra</b>	<b>Densidad</b>	<b>Resistencia a Tracción (Mpa)</b>	<b>Módulo de Elasticidad (Gpa)</b>	<b>Alargamiento %</b>
Acero	7,84	500 a 2 000	200	0,5 a 3,5
Vidrio	2,60	2 000 a 4 000	70 a 80	2 a 3,5
Polipropileno	0,90	400 a 700	8 a 16	8
Carbono	1,90	2 600	230	1
Aramida			65 a 130	2,1 a 4

	1,45	3600		
--	------	------	--	--

L

Las cantidades usadas de fibra van aproximadamente entre el 1 al 5% por volumen, y sus propiedades deben ser bastante más altas que las de matriz. El flujo plástico de las fibras debe ser muy bajo para que no ocurran esfuerzos por relajación. El módulo de Poisson debe ser similar para que no ocurran esfuerzos laterales inducidos, que pudiera afectar la adherencia entre las superficies de contacto.

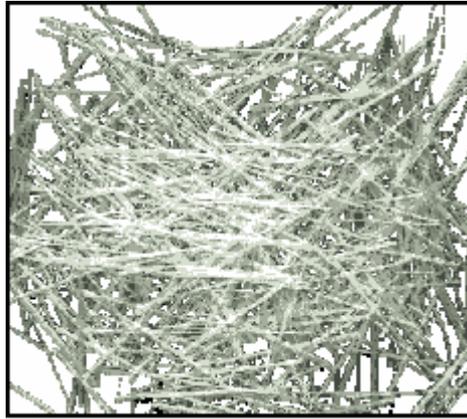
El mezclado de las fibras se realiza al final del proceso de amasado, este concreto que contiene cierta dosificación de fibra tienen menos docilidad que los concretos tradicionales. Debe preverse una dispersión uniforme de las fibras y prevenirse una segregación o enredo de las fibras.

➤ **Concreto con fibra de vidrio.**

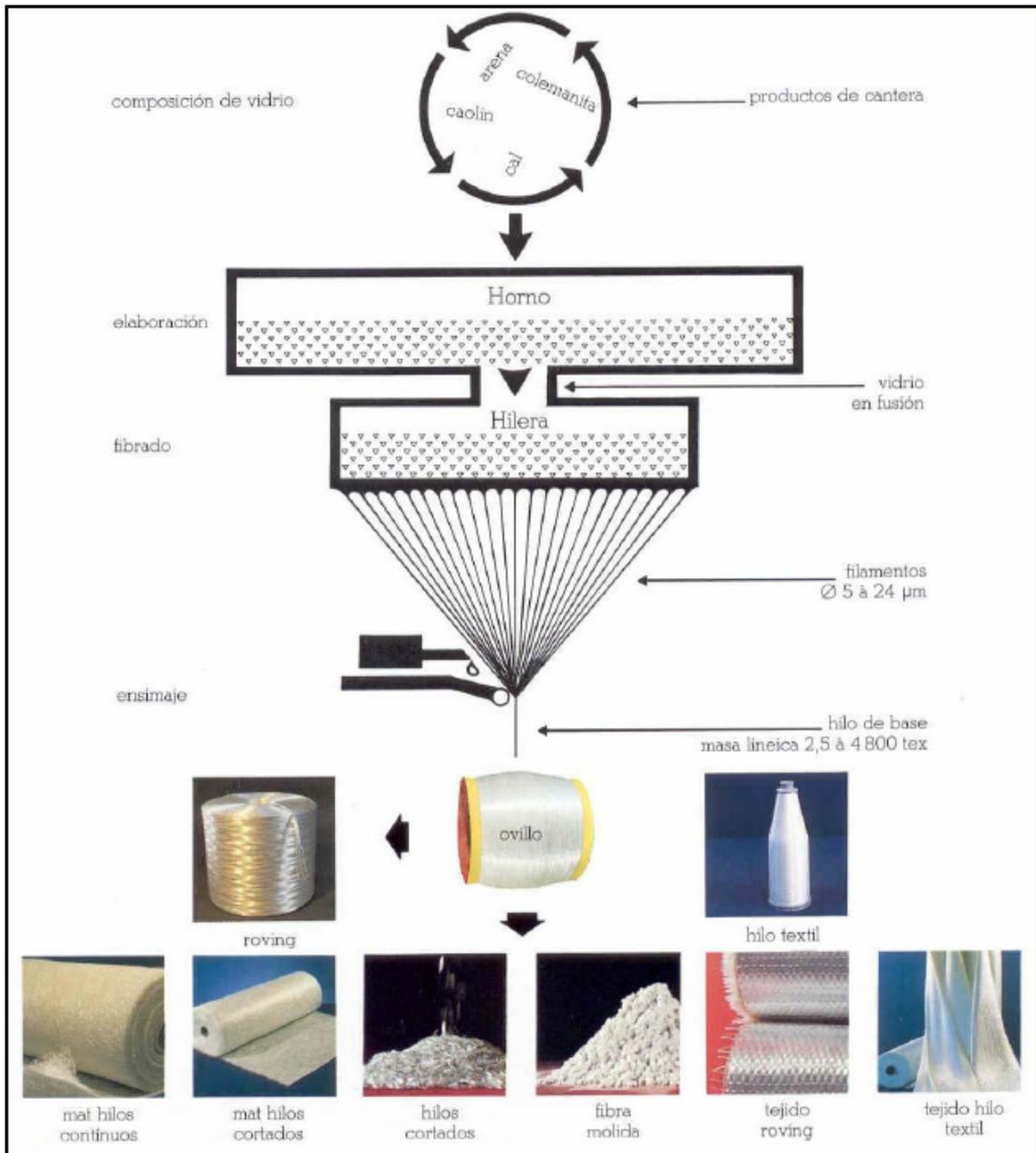
La longitud de este tipo de fibra es de hasta 40 mm y los contenidos usuales son de alrededor del 5%. Su mezclado es diferente al de las fibras de acero, por ejemplo cuando se trata de capas delgadas, las fibras en madeja se alimentan dentro de una pistola de aire comprimido que las corta y las rosea con la lechada de cemento. Lo que se denomina colocación por proyección.

La fibra de vidrio debe ser resistente al ataque del álcalis del cemento. Son muy utilizadas en paneles de fachadas más que nada con propósitos arquitectónicos o

de revestimiento. También se usa para tabiques antifuego, muros antirruido y como encofrados perdidos.



*Fibra de Fibra de Vidrio.*



*Proceso de Fabricación de Fibra de Vidrio.*

➤ **Concreto con fibra de polipropileno**

En este caso las fibras son de polímeros, (plásticas) son también resistentes a los álcalis. El problema que tienen es que sus propiedades mecánicas son bajas (con módulos de elasticidad pequeños y adherencia reducida).

Estas fibras se usan mayormente como refuerzo de morteros, controlando la fisuración por retracción, para elementos prefabricados (mejoran la resistencia al impacto y al fraccionamiento de las piezas terminadas) y para concretos proyectados, en los que se producen menores pérdidas por rebote y se consiguen mayores espesores sin descuelgues de material.



*Fibra de Carbono.*

➤ **Concreto con fibra Aramida**

Las fibras de Aramida comenzaron a fabricarse en 1987 (Teijin), a partir de copolímeros a través de diferentes procesos de fabricación.

Las principales características son:

- ✓ Densidad baja: 1,39-1,45
- ✓ Es cinco veces más dura que la fibra de acero (por unidad de masa).
- ✓ Alta tenacidad y elasticidad.
- ✓ Alta resistencia a tracción.
- ✓ Alto módulo de elasticidad Young.
- ✓ Resistente a la corrosión y a la oxidación.
- ✓ Aislante eléctrico; no conductor.
- ✓ Resistente a los álcalis excepto con valores extremos de PH.
- ✓ No magnético; permeable al magnetismo.
- ✓ Resistente a la abrasión y a la erosión.
- ✓ Químicamente resistente.
- ✓ Resistente al calor (200° C durante largos períodos de tiempo).
- ✓ Sensible a la humedad y a las sales.

Usos:

- ✓ Similar al de las fibras de carbono.
- ✓ Por el momento, su utilización en el campo de la ingeniería civil está limitada, a la fabricación de cables de anclaje, elementos de pretensado y geomallas.
- ✓ En un futuro próximo con la reducción de sus costos de producción, estas fibras, solas o en combinación con otro tipo de fibras, se utilizarán como refuerzo de concretos proyectados tenaces y dúctiles, compatibles con deformaciones superiores al 4%.
- ✓ Estas fibras hacen a los hormigones proyectados muy adecuados para ser utilizados en túneles que desarrollen fuertes presiones y deformaciones del terreno.

- ✓ En reparaciones y refuerzos puntuales de revestimientos deteriorados.
- ✓ En la fabricación de revestimientos más resistentes estructuralmente y resistentes a los seísmos.



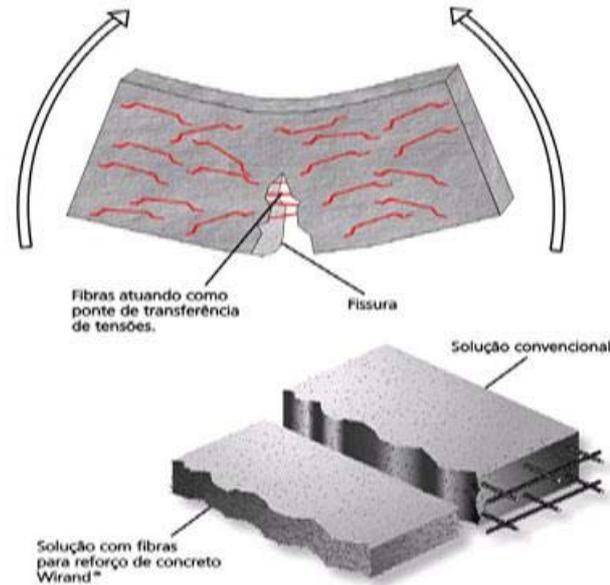
*Fibra de Aramida.*

#### **2.4.4 Comportamiento Estructural**

##### ➤ **Comportamiento dúctil**

Debido a la energía absorbida por las FIBRAS que se adhieren al concreto durante la ruptura.

Las fibras se oponen al desarrollo de la fisura.



➤ **Resistencia a la Compresión**

Las fibras de acero evitan que el concreto tenga una falla frágil y explosiva cuando éste está sometido a compresión dándole ductilidad al compuesto.

Bajo esfuerzos uniaxiales, el concreto reforzado con fibras de acero muestra ligero aumento, disminución o mantiene la resistencia comparado con el concreto simple, dependiendo del tipo de fibra, factor de forma y concentración de fibra.

➤ **Resistencia a La Tracción.**

El ensayo de Tracción se utiliza para evaluar propiedades mecánicas de los materiales que son importantes en el diseño, dentro de las cuales se destaca la resistencia, en particular, de metales y aleaciones.

En este ensayo la muestra se deforma usualmente hasta la fractura incrementando gradualmente una tensión que se aplica uniaxialmente a lo largo del eje longitudinal de la muestra. Las muestras normalmente

tienen sección transversal circular, aunque también se usan especímenes rectangulares.

El esfuerzo último a la tracción se alcanza cuando el sistema interno de fisuras crece hasta una situación inestable en la cual puede propagarse catastróficamente.

Las fibras restringen las fisuras internas a zonas localizadas, evitando su propagación a las adyacentes. Esto siempre que estén uniformemente distribuidas y lo suficientemente juntas para interactuar con las fisuras y evitar su propagación.

Existe alguna correlación entre la resistencia a la tracción y el espaciamiento de las fibras en el concreto. Se concluye finalmente que la resistencia a la tracción del concreto reforzado con fibras de acero se incrementa con la disminución de la separación entre las fibras: un concepto importante es el espaciamiento. Las fibras mejoran su participación en el concreto si están más cerca unas a otras, incrementando más la resistencia a la tracción y controlando mejor las fisuras.

➤ **Resistencia a la Flexión.**

La influencia de las fibras en la resistencia a la flexión es mayor que en la compresión y en la tensión directa. Dos valores se distinguen normalmente, referido al esfuerzo de fisuración, correspondiente a la carga que origina la primera fisura y hace que la curva carga - deformación abandone su comportamiento lineal. El otro valor corresponde a la máxima carga registrada, llamada esfuerzo último de flexión o Módulo de Rotura.

El contenido de fibra es el parámetro de mayor importancia. El esfuerzo último crece en relación al índice de refuerzo de fibra, que viene a ser el producto de la concentración de fibra ( $v$ ) por el factor de forma ( $l/d$ ).

Concentraciones menores a 0.5% de fibra con factores de forma menores a 50 no tienen efecto sobre el concreto.

Las fibras prismáticas con extremos ensanchados o doblados pueden producir un incremento en la flexión respecto al concreto no reforzado de hasta 100%. Se ha encontrado además que la resistencia decrece con el aumento del tamaño máximo del agregado.

Existen tres etapas en la respuesta a la carga - deflexión de muestras de concreto reforzado con fibras ensayadas a flexión, el que se grafica a continuación, estas son:

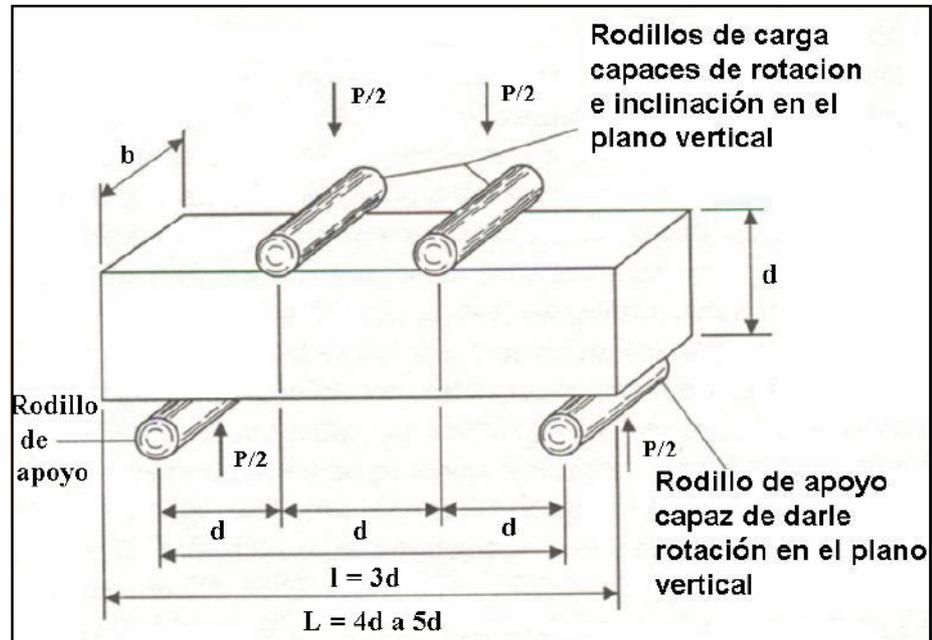
Diagrama esquemático de carga - deflexión del concreto reforzado con fibras.

a. Una respuesta más o menos lineal hasta el punto A. El mecanismo de resistencia en esta etapa del comportamiento involucra una transferencia de tensión desde la matriz hasta las fibras por corte interfacial. La tensión impuesta es compartida entre la matriz y las fibras hasta que la matriz se raje lo que se conoce como "*resistencia inicial a la fisura*" o "*límite de elasticidad*".

b. Una etapa de transición no lineal entre el punto A y la máxima capacidad de carga en el punto B (suponiendo que la carga en B es mayor que la carga en A). En esta etapa y después de la fisura, la tensión en la matriz es transferida de forma progresiva a las fibras. Con el aumento de la carga, las fibras tienden a separarse gradualmente desde la matriz llevándola a una respuesta no lineal a la carga - deflexión hasta que se alcance la última capacidad de carga en flexión en el punto B. Este punto es conocido como "*máxima resistencia*".

c. Una post etapa descendiente del punto máximo después de la resistencia máxima hasta la rotura completa del compuesto. Las respuestas a la carga deflexión en esta etapa de la conducta y el grado

donde se da la pérdida en resistencia con una deformación creciente, son una indicación importante de la capacidad del compuesto con fibras para absorber grandes cantidades de energía ante la rotura y es una característica que diferencia al concreto reforzado con fibras del concreto simple. Dicha característica es llamada *"tenacidad"*.



*Esquema*

### ➤ **Contracción de Fragua**

Los mismos factores que influyen en la deformación por contracción en el concreto simple influyen también en la deformación por contracción del concreto reforzado con fibras; concretamente, en la temperatura y humedad relativa, propiedades de los materiales, la duración de curación y el tamaño de la estructura. La adición de fibras (particularmente las de acero), al concreto tiene efectos beneficiosos para equilibrar los movimientos que surgen a raíz de los cambios de volumen que se dan en el concreto, además tiende a estabilizar los movimientos tempranos al ser comparados con el concreto simple.

La principal ventaja de las fibras en relación a la contracción es su efecto para reducir el espesor adverso de las grietas de contracción. La presencia de fibras de acero demora la formación de la primera fisura,

permite que el concreto ajuste más de una fisura y reduce considerablemente el ancho de ésta.

➤ **Resistencia a la Fatiga**

En muchas aplicaciones, particularmente en pavimentos, la resistencia flexional a la fatiga y el límite de aguante son parámetros importantes de diseño ya que estas estructuras deben ser diseñadas para ciclos de carga de fatiga. Ningún ensayo normal (tamaño de la muestra, tipo de carga, porcentaje de carga, criterio de falla a la fatiga) se encuentra actualmente disponible para evaluar el rendimiento de la fatiga por flexión del concreto reforzado con fibras.

La resistencia a la fatiga puede ser descrita como el *máximo esfuerzo*, a la fatiga por flexión donde los compuestos de concreto reforzados con fibras pueden aguantar una cantidad prescrita de ciclos de fatiga antes de la falla. También puede ser definida como la cantidad máxima de ciclos de fatiga requerida para ceder una viga bajo un nivel de máximo esfuerzo a la flexión dada.

➤ **Resistencia a la Abrasión y Erosión.**

Según Nanni en 1989, quien realizara algunas pruebas de abrasión sobre muestras de corte de campo y laboratorio, afirmó que no se mostró alguna diferencia considerable entre la resistencia a la abrasión del concreto simple y el concreto reforzado con fibras de acero. Sin embargo, los resultados indicaron que las fibras de acero tienen efectos beneficiosos en la prevención de descascarado de los pavimentos existentes.

Mientras la abrasión se relacione con el desgaste de pavimentos y losas de tráfico sobre ruedas es similar a la erosión de baja velocidad en las estructuras hidráulicas donde no se espera que la presencia de fibras incremente la resistencia a la abrasión del concreto.

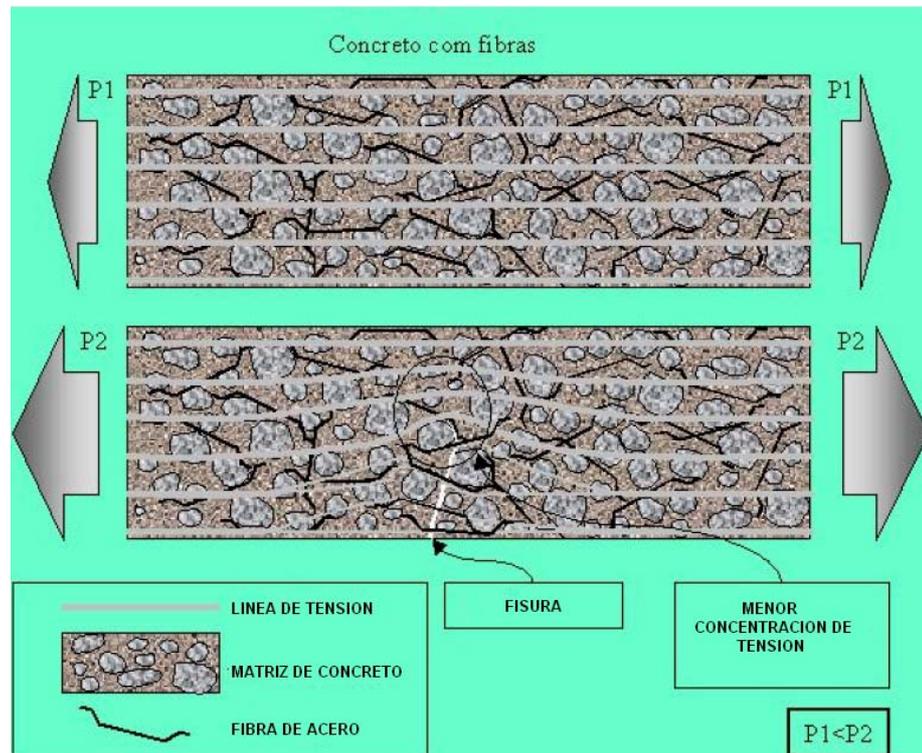
➤ **Consistencia y Trabajabilidad**

La inclusión de las fibras en el concreto hace que éste disminuya su trabajabilidad y aumente su consistencia, lo cual significa que el slump disminuye. La gran área superficial de las fibras tiende a restringir la movilidad de la mezcla.

La interacción de las fibras puede llevar a la formación de bolones que van en desmedro del material endurecido. En general, la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el incremento del factor de forma de la fibra usada.

➤ **Resistencia al Fisuramiento**

La Resistencia al fisuramiento incide directamente en la durabilidad del concreto reforzado con fibras de acero. Las fibras por lo general no cambian la permeabilidad que es debida a la porosidad del concreto pero disminuye la permeabilidad debida a las rajaduras. Las fibras de acero previenen que las micro fisuras se conviertan en fisuras mayores y de ésta manera protege al concreto poroso del ataque agresivo del medio. Las fibras de acero se oxidan solamente en la superficie del concreto. La superficie oxidada es mínima.



### *Resistencia a la Fisuración*

#### ➤ **Resistencia al Corte**

El uso de las fibras para mejorar el comportamiento al corte del concreto es prometedor; sin embargo, los esfuerzos de investigación registrados sobre el comportamiento al corte del concreto reforzado con fibras son limitados.

La adición de fibras mejora generalmente la ductilidad y resistencia al corte del concreto. Se ha registrado que los estribos como refuerzo al corte en los miembros del concreto pueden ser parcial o totalmente reemplazados por el uso de las fibras de acero.

#### ➤ **Resistencia al Congelamiento - Deshielo**

La adición de las fibras de acero no tiene algún efecto considerable sobre la resistencia al congelamiento y deshielo del concreto. Es decir, los concretos que no son resistentes al congelamiento y al deshielo no mejorarán su resistencia con la adición de fibras.

### 2.4.5 Fibras utilizadas

Las fibras utilizadas para este informe fueron, DRAMIX y WIRAND las que actualmente están siendo usadas en el mercado nacional.

#### ✓ FIBRA DRAMIX

Las fibras Dramix son filamentos de acero, deformados y cortados en determinadas longitudes, para el refuerzo del hormigón, mortero u otros materiales compuestos. El Dramix es una fibra de alambre estirado en frío, con extremos conformados y encolado en peines.

Un factor clave para valorar la calidad del concreto con fibras de acero, es la relación entre la longitud y el diámetro de las fibras. Cuánto más alta sea la relación  $l/d$ , mejor será el resultado.

Según las presentaciones de DRAMIX se tiene 3 diferentes relaciones  $l/d$ .

#### ▪ DRAMIX $l/d$ 45

Una relación  $l/d$  de 45 es el valor mínimo requerido para obtener un hormigón dúctil con fibra de acero con dosificaciones razonables de fibra. Estas fibras se utilizan en aplicaciones con requerimientos generales y no especificados. Incluso de forma suelta (no encoladas) son fáciles de mezclar.

- **DRAMIX l/d 65**

Las fibras de acero encoladas con una relación l/d de 65 son fáciles de mezclar y utilizar, al mismo tiempo que proporcionan un hormigón con fibra de acero notablemente mejorado. Dramix l/d 65 es el compromiso ideal entre rendimiento, facilidad de mezclado y coste. Llamada la fibra “RENDIMIENTO DE ALTA CALIDAD”.

- **DRAMIX l/d 80**

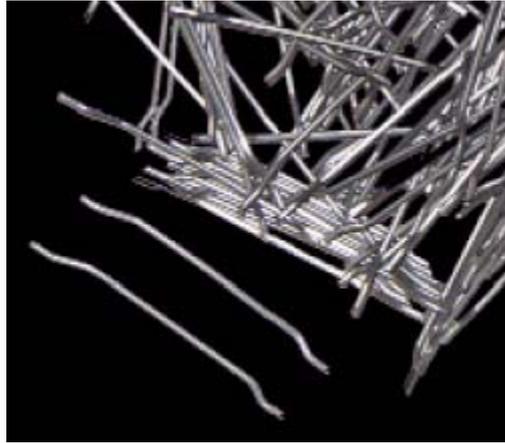
Es ideal para aplicaciones que requieran un hormigón muy resistente, con especificaciones muy estrictas. Es llamada la fibra “SUPER RENDIMIENTO”. Éstas fibras encoladas ofrecen lo mejor en ductilidad, absorción de energía y control de fisuras.



*Fibra DRAMIX*

- ✓ **FIBRA WIRAND**

Es una fibra metálica, producida por trefilación a partir de alambres de bajo contenido de carbono. Presenta dos dobleces en cada extremidad para mejorar la adherencia y consecuentemente, el anclaje.



*Fibra WIRAND*

## **2.5 AGUA**

Normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar, para evitar que se subestime esta segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera.

Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, aún en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en el concreto.

Una práctica bastante común consiste en utilizar el agua potable para fabricar concreto sin ninguna verificación previa, suponiendo que toda agua que es potable también es

apropiada para elaborar concreto; sin embargo, hay ocasiones en que esta presunción no se cumple, porque hay aguas potables aderezadas con citratos o con pequeñas cantidades de azúcares, que no afectan su potabilidad pero pueden hacerlas inadecuadas para la fabricación de concreto.

En todo caso, la consideración contraria pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto no tienen ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características físico-químicas.

### **2.5.1 Propiedades Físicas y Químicas del Agua**

Refiriéndose a las características físico - químicas del agua para concreto, no parece haber consenso general en cuanto a las limitaciones que deben imponerse a las sustancias e impurezas cuya presencia es relativamente frecuente, como puede ser el caso de algunas sales inorgánicas (cloruros, sulfatos), sólidos en suspensión, materia orgánica, de óxido de carbono disuelto, etc.

Sin embargo, en lo que sí parece haber acuerdo es que no debe tolerarse la presencia de sustancias que son francamente dañinas, como grasas, aceites, azúcares y ácidos, por ejemplo:

- ✓ La presencia de alguna de estas sustancias, que por lo demás no es común, debe tomarse como un síntoma de contaminación que requiere eliminarse antes de considerar la posibilidad de emplear el agua.
- ✓ Cuando el agua de uso previsto es potable, cabe suponer en principio que sus características físico-químicas son adecuadas para hacer concreto, excepto por la posibilidad de que contenga alguna sustancia saborizante, lo

cual puede detectarse fácilmente al probarla. Así, por ejemplo, si considera que el agua es clara, y no tiene sabor dulce, amargo o salobre, puede ser usada como agua de mezclado o de curado para concreto, sin necesidad de mayores pruebas.

Para el caso específico de la fabricación de elementos de concreto pre-esforzado, hay algunos requisitos que son más estrictos en cuanto al límite tolerable de ciertas sales que pueden afectar al concreto y al acero de preesfuerzo.

En diversas especificaciones y prácticas recomendadas, al establecer la calidad necesaria en el agua de mezclado, se pone más énfasis en la valuación de los efectos que produce en el concreto, que en la cuantificación de las sustancias indeseables e impurezas que contiene.

Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo.

Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con las resistencias posteriores (a 28 días o más) y los de largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali-agregado y la corrosión del acero de refuerzo.

La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio del análisis químico del agua antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excedidas de sulfatos, álcalis, cloruros y de óxido de carbono disuelto, principalmente.

Es necesario verificar la calidad del agua de uso industrial, ya que este no es potable (aspecto bacteriológico) a menos que tenga antecedentes de uso con buen éxito en la fabricación de concreto. Hay otras fuentes de suministro de agua para elaborar el concreto en sitios alejados de los centros de población, como son los pozos, manantiales corrientes superficiales (arroyos y ríos), almacenamientos naturales (lagos, lagunas) y almacenamientos creados artificialmente (vasos de presas).

Salvo que existan antecedentes de uso del agua en la fabricación de concreto con buenos resultados, debe verificarse invariablemente su calidad antes de emplearla.

En cuanto al agua de mar, su principal inconveniente al ser juzgada como agua de mezclado para concreto, consiste en su elevado contenido de cloruros (más de 20 000 ppm) que la convierten en un medio altamente corrosivo para el acero de refuerzo, y esto la hace inaceptable para su empleo en el concreto reforzado.

No obstante, en determinados casos se ha llegado a emplear agua de mar para la elaboración de concreto destinado a elementos no reforzados.

# CAPITULO 3. PROPIEDADES DEL CONCRETO

## 3.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

### 3.1.1 Trabajabilidad

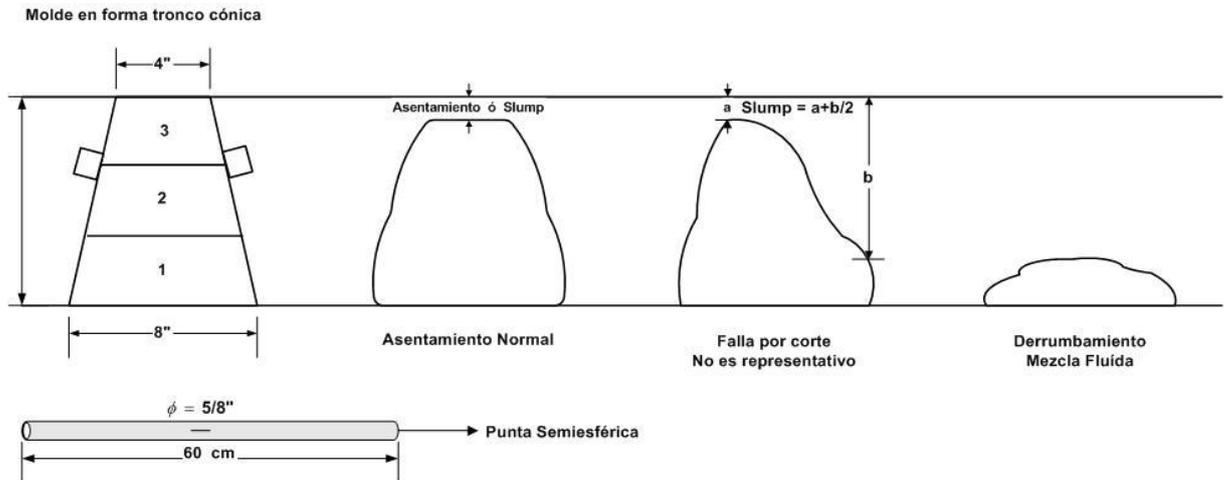
Se define como el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto en estado fresco en los procesos de fabricación, transporte, colocación, compactación y acabado.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de los casos, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos 1/4" sobre el agregado grueso.

El método tradicional de medir la trabajabilidad es el "slump" o consistencia, medido con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero

trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.



### 3.1.2 Segregación

La diferencia de densidades entre los componentes del concreto provoca una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y

se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra mayor del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más del 6%.

### **3.1.3 Exudación**

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

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

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

#### **3.1.4 Estabilidad**

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin medir la aplicación de fuerzas externas.

Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos Standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

Es interesante notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.

#### **3.1.5 Factor de compactación**

Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco.

Existen varios métodos que establecen el denominado “Factor de compactación”, que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado.

Considerando que en nuestro medio no es usual disponer del equipo para la prueba Standard, se puede hacer un ensayo simplificado llenando un molde para peso unitario de por lo menos 1 pie<sup>3</sup> dejando caer el material desde una altura máxima de 0,60 m. referida al fondo del recipiente hasta colmarlo, alisándolo finalmente sin compactar. El peso unitario en estas condiciones se divide entre el peso unitario compactado Standard (3 capas con 25 golpes, ó 2 capas con vibrador) para obtener el Factor de Compactación.

Esta operación debe hacerla una sola persona manteniendo constantes el equipo para el manipuleo y el procedimiento, ya que los resultados están influenciados significativamente por estos aspectos. Hay que tener claro que los valores obtenidos nos sirven para controlar la trabajabilidad en el campo y comparar diseños similares para elegir el óptimo, pero no nos da un valor absoluto para comparar diseños con materiales diferentes.

En la medida que reduzcamos al mínimo el factor de compactación, nos acercaremos al diseño más eficiente en este aspecto.

### **3.1.6 Movilidad**

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte. La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

Finalmente, en relación a los criterios generales hay que tener siempre presente que los diseños de mezcla los hacemos inicialmente asumiendo que las condiciones de temperatura y humedad son las Standard (20° C, 70% de Humedad relativa), lo cual difiere por lo general de las condiciones reales, por lo que no deben perderse de vista nunca estos factores al diseñar y evaluar un diseño de mezcla, ya que puede trastornar nuestras premisas y resultados.

### **3.1.7 Contracción**

Es una de las propiedades mas importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua de la mezcla. Este proceso no es irreversible, ya que si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida.

Esta propiedad es muy importante en relación con los cambios volumétricos en el concreto, siendo lo fundamental en ésta revisión de conceptos, el tener claro que el concreto de todas maneras se contrae y si no tomamos las medidas adecuadas indefectiblemente se fisura, y en muchos casos esta fisuración es inevitable por lo que solo resta proveerla y orientarla.

## **3.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO**

### **3.2.1 Elasticidad**

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga versus deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra a definir un "Módulo de elasticidad Estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 Kg/cm<sup>2</sup>. y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y por ende la relación agua/cemento.

Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

### **3.2.2 Resistencia**

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento es la compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento., que se acostumbra expresar en términos de la relación agua/cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a un elemento adicional constituido por la calidad de agregados, que complementan la estructura del concreto. Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto. Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 Kg/cm<sup>2</sup>., habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencias del orden de 700 Kg/cm<sup>2</sup>. Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión superiores a los 1 500 Kg /cm<sup>2</sup>.

### **3.2.3 Extensibilidad**

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

# **CAPITULO 4: NOCIONES BASICAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA**

## **4.1 NOCIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA**

Existen en la actualidad una serie de métodos de diseño de mezclas que con mayor o menor refinamiento establecen tablas y/o gráficos para estimar cantidades de agua de amasado en función del tamaño máximo, geometría del agregado, así como el asentamiento relaciones agua/cemento, a usar referidas a resistencias en compresión determinadas experimentalmente, las proporciones en que deben intervenir la piedra y la arena en base a gradaciones y consideraciones teóricas y/o prácticas etc.

Las cualidades de una buena mezcla de concreto fresco debe de ser manejable, durable, la resistencia y apariencia uniforme en el estado endurecido.

Los métodos para diseñar una mezcla de concreto varían desde el método de volumen arbitrario, hasta el método del peso y volumen absolutos del PCA.

Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar en el cálculo, los volúmenes de los componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con el aire que atrapa el concreto suministren la unidad de medida que se esté adoptando que usualmente es  $1\text{m}^3$ .

La resistencia en compresión es un requisito fundamental, en algunas ocasiones se exige consideraciones especiales de durabilidad, un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación a/c.

En ciertas ocasiones, las condiciones de durabilidad de las estructuras de concreto por circunstancias de exposición y agresividad extrema al medio ambiente y las características de operatividad o uso, motivan que independientemente del fcr, se deba asumir una relación agua/cemento muy baja que optimice la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión y el desgaste, la resistencia a la agresión química, etc., y que

estará consecuentemente a una resistencia en compresión generalmente superior a la necesaria por requerimientos estructurales.

## **4.2 DISEÑO PARA CONCRETO NORMAL Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

### **4.2.1 Diseño para concreto Normal**

Para el diseño del concreto normal después de haber concluido los ensayos para determinar todas las características físicas de los materiales, se procede al diseño de mezcla y se sigue los siguientes pasos:

1. Seleccionar la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada por el proyectista ( $f'_c$ ).
2. Seleccionar el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.
3. Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento.
4. Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, que depende del tamaño máximo y del asentamiento de la mezcla.
5. Determinar el porcentaje de aire atrapado.
6. Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada así como también algunas condiciones de durabilidad. Se elegirá la menor de estas dos relaciones obteniéndose así la resistencia en compresión necesaria y la durabilidad requerida.
7. Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua-cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.

8. Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso.
9. Determinar empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.
10. Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.

#### **4.2.2 Diseño para concreto con fibra**

Para el diseño del concreto con fibra después de haber concluido los ensayos para determinar todas las características físicas de los materiales, se procede al diseño de mezcla y se sigue los mismos pasos para un concreto normal y como adicional se adiciona la fibra según la dosificación de acuerdo al diseño, para esto se sigue el procedimiento:

1. Seleccionar la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada por el proyectista ( $f'_c$ ).
2. Seleccionar el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.
3. Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma.
4. Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, que depende del tamaño máximo y del asentamiento de la mezcla
5. Determinar el porcentaje de aire atrapado.

6. Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada así como también algunas condiciones de durabilidad. Se elegirá la menor de estas dos relaciones obteniéndose así la resistencia en compresión necesaria y la durabilidad requerida.
7. Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua-cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.
8. Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso.
9. Determinar empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado esta en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.
10. Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.
11. Dosificación de fibra de acuerdo a diseño.

Como dato adicional se debe de considerar lo siguiente:

- ✓ Peso específico del cemento, las proporciones de la mezcla deberán ser seleccionadas para alcanzar el valor de la resistencia de diseño, pero el contenido de cemento no deberá ser menor que el indicado en la Tabla IV.1.

## CONTENIDO MÍNIMO DE CEMENTO

<b>Tamaño máximo Nominal del agregado grueso</b>	<b>Contenido mínimo de cemento en Kg/cm<sup>3</sup></b>
3/8"	360
1/2"	350
3/4"	320
1"	300
1 1/2"	280

Tabla IV.1

En cuanto a los agregados, la aceptación de un agregado para ser empleado en la preparación del concreto deberá basarse en la información obtenida a partir de los ensayos de laboratorio. Las cantidades de agregados grueso y fino que se emplean por tanda deben permitir la humedad de los mismos.

Generalmente, los agregados estarán húmedos y sus masas estimadas aumentaran de manera combinada. Si las masas se determinan sobre una base seca, entonces el contenido total de humedad se agrega; si las masas se precisan sobre la base saturada y de superficie seca, también el contenido de humedad se sumará. El contenido que se debe añadir a la mezcla es igual al agua libre menos el contenido de humedad de los agregados.

Para cada mezcla propuesta deberán prepararse y curarse mínimo dos probetas para ensayos de compresión para las edades determinadas, de acuerdo a este informe serán 7,14 ,28 y 45 días, siguiendo lo indicado en la Norma ASTM C 192. Las probetas deberán ser ensayadas por resistencia de acuerdo a la Norma ASTM C 39.

## CÁLCULOS

### CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

La resistencia a la compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla IV.3 para una resistencia de diseño  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Tabla IV.3

Según el cuadro se debe de usar  $f'_c + 84$ , entonces el resultado sería  $f'_{cr}=364$  kg/cm<sup>2</sup> (280+84).

### TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

En la medida que el porcentaje de vacíos tienda a disminuir conforme aumente el tamaño máximo nominal de un agregado bien graduado, los requisitos de mortero de la unidad de volumen del concreto serán menores al incrementarse aquel. En la Tabla IV.4 se muestran los porcentajes que pasan por las diferentes mallas:

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0,5	...

1 ½"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0,5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0,10	0,5
¾"	...	...	100	90-100	...	20-55	0,10	0,5
½"	...	...	...	100	90-100	40-70	0,15	0,5
3/8"	...	...	...	...	100	85-100	10,30	0,10

Tabla IV.4

Después de haber realizado la granulometría, el tamaño máximo nominal que nos corresponde es el de ½".

### **ASENTAMIENTO**

La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

- ✓ Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento está entre 0" y 2" (0 a 50 mm).
- ✓ Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento está entre 3" y 4" pulgadas (75 a 100 mm).
- ✓ Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento está entre 5" o más pulgadas (mayor de 125 mm)

Para el diseño de mezcla según los datos corresponde obtener un asentamiento de 3" a 4".

## AGUA DE MEZCLADO

Es la cantidad de agua que se debe incorporar por unidad cúbica de concreto para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está en estado seco.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1/2" y el asentamiento es de 3" y 4", con estos datos se ve la Tabla IV.5 y se selecciona el volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua, en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	205	200	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	225	215	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	240	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Tabla IV.5

De la Tabla IV.5 el volumen de agua: **215 l/m<sup>3</sup>**

## CONTENIDO DE AIRE

En los concreto siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, granulometría y tamaño máximo del agregado. De la Tabla IV.6 se obtiene el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregados grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la norma ASTM C 33. Siguiendo con el diseño, según los datos obtenidos, con el tamaño máximo nominal de ½” y obtenemos **2,5%** de aire atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8”	3,0%
½”	2,5%
¾”	2,0%
1”	1,5%
1 ½”	1,0%
2”	0,5%
3”	0,3%

Tabla IV.6

## RELACION AGUA-CEMENTO POR DURABILIDAD

La relación agua-cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua. La relación de a/c por durabilidad es de 0,45.

## **CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO**

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua-cemento seleccionada, se puede determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir el volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua-cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cúbica de concreto.

$$\text{Factor cemento (FC)} = 215/0,45 = 477,78 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{FC} = 350 \text{ Kg/m}^3 \text{ contenido mínimo de cemento para } f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

De ambos valores escogemos el mayor, entonces **FC = 477,78 kg/m<sup>3</sup>**

## **CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO**

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el Método del Comité 211 del ACI, se debe entrar a la Tabla IV.8 con un Módulo de Fineza de 2,82 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1/2" encontrándose un valor de  $b/b_o = 0,548$  metros cúbicos de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen del concreto.

T.M.N. Ag. Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/bo) para diferentes MF			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,6
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,7
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Tabla IV.8

- Peso del agregado grueso =  $0,548 \times 1\,521 = 833,508$  Kg.

### **CONTENIDO DE AGREGADO FINO.**

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso sólido.

- Volumen abs. Ag. fino =  $1 - \left( \frac{477,78}{3\,150} + \frac{215}{1\,000} + \frac{833,51}{2\,690} + \frac{2,5}{100} \right) = 0,2985$  m<sup>3</sup>

- Peso del Ag. Fino =  $0,2985 \times 2\,580 = 770,05$  Kg.

## **VALORES DE DISEÑO**

Las cantidades de materiales empleadas como valores de diseño fueron:

Para concreto normal con cemento ANDINO Tipo V

.- Cemento.....	477,78 kg
.- Agua de diseño.....	215 lt
.- Agregado fino seco.....	770,05 kg
.- Agregado grueso seco.....	833,51 kg
.- Relación agua/cemento.....	0,45

## **CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

El control del proceso de fabricación del concreto constituye un aspecto fundamental. Se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Respetar las proporciones de los componentes del concreto obtenidos en laboratorio, a menos que se produzcan cambios en sus características, en cuyo caso deberán efectuarse ajustes al diseño. Controlar la humedad de los agregados, verificando su contenido. No utilizar agregados que contengan sales o materiales orgánicos. No utilizar cemento que denote inicios de un proceso de fraguado. Controlar constantemente que el asentamiento del cono de Abrams se encuentre dentro de límites aceptables. El propio cono de Abrams puede ser utilizado para ajustar un diseño si los agregados se han humedecido por permanecer a la intemperie, en cuyo caso se deberá modificar fundamentalmente la cantidad de agua añadida.

- ✓ Se deberá tener especial cuidado con el transporte del hormigón para no producir segregación.

### 4.3 DOSIFICACIÓN DE FIBRA EN EL CONCRETO

Para concreto con Cemento ANDINO Tipo V adicionado con fibra las dosificaciones para este informe son de 20, 25 y 35 kg, estas dosificaciones se usaron para ambas marcas tanto para DRAMIX como para WIRAND, para poder compararlas.

Las cantidades de materiales empleadas como valores de diseño fueron:

Para dosificación 20 Kg. por 1 m<sup>3</sup>

- Fibra DRAMIX
  - .- Cemento..... 477,78 kg
  - .- Agua de diseño..... 215 l
  - .- Agregado fino seco..... 770,05 kg
  - .- Agregado grueso seco..... 833,51 kg
  - .- Relación agua/cemento..... 0,45
  - .- Fibra DRAMIX..... 20 kg
  
- Fibra WIRAND
  - .- Cemento..... 477,78 kg
  - .- Agua de diseño..... 215 l
  - .- Agregado fino seco..... 770,05 kg
  - .- Agregado grueso seco..... 833,51 kg
  - .- Relación agua/cemento..... 0,45

.- Fibra WIRAND..... 20 kg

Para dosificación 25 Kg. por 1 m<sup>3</sup>

- Fibra DRAMIX

.- Cemento..... 477,78 kg

.- Agua de diseño..... 215 l

.- Agregado fino seco..... 770,05 kg

.- Agregado grueso seco..... 833,51 kg

.- Relación agua/cemento..... 0,45

.- Fibra DRAMIX..... 25 kg

- Fibra WIRAND

.- Cemento..... 477,78 kg

.- Agua de diseño..... 215 l

.- Agregado fino seco..... 770,05 kg

.- Agregado grueso seco..... 833,51 kg

.- Relación agua/cemento..... 0,45

.- Fibra WIRAND..... 25 kg

Para dosificación 35 kg. por 1 m<sup>3</sup>

- Fibra DRAMIX

.- Cemento..... 477,78 kg

.- Agua de diseño..... 215 l

.- Agregado fino seco..... 770,05 kg

- .- Agregado grueso seco..... 833,51 kg
- .- Relación agua/cemento..... 0,45
- .- Fibra DRAMIX..... 35 kg
- Fibra WIRAND
  - .- Cemento..... 477,78 kg
  - .- Agua de diseño..... 215 l
  - .- Agregado fino seco..... 770,05 kg
  - .- Agregado grueso seco..... 833,51 kg
  - .- Relación agua/cemento..... 0.45
  - .- Fibra WIRAND..... 35 kg

Las correcciones al diseño de mezcla por humedad de los agregados, fueron efectuados cada tanta.

# **CAPITULO 5. ENSAYOS DE CONCRETO SIMPLE Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

## **5.1 ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO**

El concreto fresco depende de los procedimientos de muestreo que permitan contar con porciones representativas, luego del conocimiento de las propiedades en este estado y las pruebas que las evalúan.

La Norma ASTM C-172, da las pautas a seguirse en el muestreo, y que consisten básicamente en:

- ✓ El tiempo transcurrido entre la obtención de dos porciones para formar una muestra debe ser como máximo 15 min.
- ✓ Las muestras deben transportarse al sitio donde se realizarán los ensayos o donde se moldearán probetas, teniendo que efectuarse un re-mezclado con lampa para uniformizar la mezcla luego del transporte.
- ✓ Las pruebas de control de concreto fresco deben efectuarse a más tardar 5 min. después de obtenida la muestra.

- ✓ El moldeo de probetas para ensayos de compresión debe iniciarse dentro de los 15 min. luego del muestreo.
- ✓ El tiempo entre la obtención y el uso de la muestra debe ser el menor posible, cuidando en todo momento de protegerla del sol, el viento y otras fuentes de evaporación.
- ✓ El tamaño mínimo de muestras para ensayos de compresión debe ser 1 pie<sup>3</sup>.
- ✓ El muestreo de mezcladoras estacionarias o camiones mezcladores debe realizarse del tercio central de la carga, y en por lo menos dos porciones que se integrarán en una sola muestra.

Es importante tener en cuenta que todas estas limitaciones están establecidas para que la muestra que se obtenga sea óptima desde el punto de vista estadística, y que si bien el incumplimiento de alguna de ellas no ocasiona un perjuicio aparente al concreto, sí puede estar afectando al resultado del control, y consecuentemente obtener un mal resultado de un buen concreto.

### **5.1.1 Trabajabilidad y Su Trascendencia.**

#### **5.1.1.1 *Ensayo del Cono de Abrams - Asentamiento (NTP 339.035)***

El ensayo de slump proporciona información útil sobre la uniformidad de las mezclas y es una herramienta muy importante en el control de calidad del concreto fresco. Las variaciones en el slump en varias mezclas de una misma dosificación indican que algún cambio ha ocurrido en las características físicas y granulometría de los agregados, el contenido de aire, la temperatura, el uso de aditivos.

### **EQUIPOS Y ACCESORIOS**

- Barra compactadora, recta de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta redondeada. En ningún caso se usa fierro corrugado.
- Cono de Abrams, molde metálico con forma de tronco de cono hueco, con los dos círculos de las bases paralelos entre sí y formando ángulo recto con el eje del cono. El diámetro de la base inferior es 20 cm. y de 10 cm. en la base superior con un espesor mínimo de 1,5 mm y la altura del molde es de 30 cm. El molde está provisto de agarradores y aletas de pie.

## PROCEDIMIENTO

- Se coloca el molde sobre una superficie plana, manteniéndolo inmóvil pisando las dos aletas de pie del cono.
- Se realiza el llenado del concreto en 3 capas de aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del volumen del cono cada una y se compactan con 25 golpes, distribuyendo uniformemente los golpes en la sección transversal de cada capa.
- Luego se llena el cono hasta los  $\frac{2}{3}$  del volumen total y se compacta de nuevo 25 veces, penetrando esta capa pero no atravesando hasta el fondo, sólo penetrando ligeramente en la capa inmediata inferior.
- Se llena el cono en exceso y se compacta de nuevo con 25 golpes. Si después de compactar hubiera una deficiencia de material, se añade la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde.

- Finalmente, se retira el exceso de concreto de la parte superior del cono utilizando la varilla de acero o la plancha de albañil y enrasar. Se limpia el concreto derramado en la base del cono y se levanta el mismo sin movimientos laterales o torsionales.
- Para terminar se coloca la varilla de acero horizontalmente a lo largo del molde invertido de manera que la varilla se extienda hasta el concreto revenido. Se mide la distancia de la parte inferior de la varilla de acero al centro de la cara superior del concreto deformado.
- 

### ASENTAMIENTO DE CONCRETO PATRÓN

Norma: NTP 339.035

Realizado por: Bach. Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
ASENTAMIENTO	As	3 ½"	3"	3 ¼"

<b>As = 3 ¼"</b>
------------------

## ASENTAMIENTO DE CONCRETO REFORZADO

### CON FIBRA DRAMIX (20 kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.035

Realizado por: Bach. Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
ASENTAMIENTO	As	3"	3 ¼"	3"

**As = 3"**

## ASENTAMIENTO DE CONCRETO REFORZADO

### CON FIBRA DRAMIX (25 kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.035

Realizado por: Bach. Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
ASENTAMIENTO	As	3 ¾"	3"	3"

**As = 3 ¼"**

**ASENTAMIENTO DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA DRAMIX (35 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.035

Realizado por: Bach. Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
ASENTAMIENTO	As	3 ¼"	3"	3½"

**As = 3 ¼"**

**ASENTAMIENTO DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.035

Hecho por: Bach. Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
ASENTAMIENTO	As	4 ¼"	4 ¾"	4 "

**As = 4 ¼"**

**ASENTAMIENTO DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.035

Hecho por: Bach. Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
ASENTAMIENTO	As	3 ¼"	3 ½"	3 ¼"

**As = 3 ¼"**

**ASENTAMIENTO DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.035

Hecho por: Bach. Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
ASENTAMIENTO	As	3 ¼"	3 ¾"	3 ½"

**As = 3 ½"**

### **5.1.2 Peso Unitario (NTP. 339.046)**

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2 240 y 2 400 kg por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). El peso unitario (densidad) del concreto varia, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, los mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado. Para el diseño de estructuras de concreto, comúnmente se supone que la combinación del concreto convencional y de las barras de refuerzo pesa  $2\,400\text{ kg/m}^3$ . Además del concreto convencional, existe una amplia variedad de otros concretos para hacer frente a diversas necesidades, variando desde concretos aisladores ligeros con pesos unitarios de  $2\,400\text{ kg/m}^3$ , a concretos pesados con pesos unitarios de  $6\,400\text{ kg/m}^3$ , que se emplean para contrapesos o para blindajes contra radiaciones.

### **EQUIPOS Y ACCESORIOS**

- Barra compactadora, recta de acero, lisa de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.

- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.

Datos del Recipiente

CAPACIDAD		TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	
ps <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	pulg.	mm
1/10	3	½	12.5
1/3	10	1	25.4
1/2	15	1 ½	38.1
1	10	2	50.8

### CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7 °C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7° C (1 000 kg/m<sup>3</sup>) por el peso del agua a 16,7 °C necesario para llenar el recipiente. Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

## **PROCEDIMIENTO**

Se llena la tercera parte del recipiente y se apisona el concreto con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie y luego dar golpes con el martillo de goma. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes en forma de espiral y dar de 10 a 15 golpes con el martillo de goma. Llenar hasta rebosar y compactar 25 veces con la barra compactadora y nuevamente dar golpes con el martillo de goma, el concreto excedente se elimina usando la barra compactadora y luego se pesa el recipiente lleno.

## **EXPRESIÓN DE RESULTADOS**

Se determina el peso neto del concreto en el recipiente.

El peso unitario del concreto se obtiene multiplicando el peso neto del concreto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Norma : N.T.P. 339.046

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO NORMAL

DESCRIPCION	SIMBOLO	M1	M2	M3	UNID.
Peso del concreto + recipiente	Wrc	27,50	27,62	27,73	kg
Peso del recipiente	Wr	5,58	5,58	5,58	kg
Peso del concreto	Wc	21,92	22,04	22,15	kg
Peso del agua + recipiente	War	14,82	14,93	14,77	kg
Peso del agua	Wa	9,24	9,35	9,19	kg
Factor de calibración del recipiente	f	108,25	106,93	108,79	m <sup>-3</sup>
Peso unitario del concreto	PU	2 373	2 357	2 410	kg/m <sup>3</sup>

De las 3 muestras se obtiene el promedio:

<b>PROMEDIO</b>	<b>2 380</b>	kg/m <sup>3</sup>
-----------------	--------------	-------------------

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Norma : N.T.P. 339,046  
REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO DRAMIX 20 kg/m<sup>3</sup>

DESCRIPCION	SIMBOLO	M1	M2	M3	UNID.
Peso del concreto + recipiente	Wrc	26,91	27,55	27,64	kg
Peso del recipiente	Wr	5,58	5,58	5,58	kg
Peso del concreto	Wc	21,33	21,97	22,06	kg
Peso del agua + recipiente	War	14,52	14,37	14,67	kg
Peso del agua	Wa	8,94	8,79	9,092	kg
Factor de calibración del recipiente	f	111,83	113,74	109,99	m <sup>-3</sup>
Peso unitario del concreto	PU	2 386	2 499	2 427	kg/m <sup>3</sup>

De las 3 muestras se obtiene el promedio:

<b>PROMEDIO</b>	<b>2 437</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
-----------------	--------------	-------------------------

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Norma : N.T.P. 339,046  
REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO DRAMIX 25 kg/m<sup>3</sup>

DESCRIPCION	SIMBOLO	M1	M2	M3	UNID.
Peso del concreto + recipiente	Wrc	26,20	26,81	26,75	kg
Peso del recipiente	Wr	5,58	5,58	5,58	kg
Peso del concreto	Wc	20,62	21,23	21,17	kg
Peso del agua + recipiente	War	14,58	14,17	14,65	kg
Peso del agua	Wa	9,00	8,59	9,07	kg
Factor de calibración del recipiente	f	111,09	116,39	110,23	m <sup>-3</sup>
Peso unitario del concreto	PU	2 290	2 471	2 334	kg/m <sup>3</sup>

De las 3 muestras se obtiene el promedio:

<b>PROMEDIO</b>	<b>2 365</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
-----------------	--------------	-------------------------

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Norma : N.T.P. 339,046  
REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO DRAMIX 35 kg/m<sup>3</sup>

DESCRIPCION	SIMBOLO	M1	M2	M3	UNID.
Peso del concreto + recipiente	Wrc	28,10	27,94	28,14	kg
Peso del recipiente	Wr	5,58	5,58	5,58	kg
Peso del concreto	Wc	22,52	22,36	22,56	kg
Peso del agua + recipiente	War	14,33	14,25	14,54	kg
Peso del agua	Wa	8,75	8,67	8,96	kg
Factor de calibración del recipiente	f	114,26	115,31	111,8	m <sup>-3</sup>
Peso unitario del concreto	PU	2 573	2 579	2518	kg/m <sup>3</sup>

De las 3 muestras se obtiene el promedio:

<b>PROMEDIO</b>	<b>2 557</b>	kg/m <sup>3</sup>
-----------------	--------------	-------------------

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Norma : N.T.P. 339,046  
REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO WIRAND 20kg/m<sup>3</sup>

DESCRIPCION	SIMBOLO	M1	M2	M3	UNID.
Peso del concreto + recipiente	Wrc	28,45	28,65	28,14	kg
Peso del recipiente	Wr	5,58	5,58	5,58	kg
Peso del concreto	Wc	22,87	23,07	22,56	kg
Peso del agua + recipiente	War	14,2	14,54	13,74	kg
Peso del agua	Wa	8,622	8,96	8,16	kg
Factor de calibración del recipiente	f	115,98	111,58	122,52	m <sup>-3</sup>
Peso unitario del concreto	PU	2 652	2 574	2 764	kg/m <sup>3</sup>

De las 3 muestras se obtiene el promedio:

<b>PROMEDIO</b>	<b>2 667</b>	kg/m <sup>3</sup>
-----------------	--------------	-------------------

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Norma : N.T.P. 339,046  
REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO WIRAND 25kg/m<sup>3</sup>

DESCRIPCION	SIMBOLO	M1	M2	M3	UNID.
Peso del concreto + recipiente	Wrc	27,55	28,23	27,85	kg
Peso del recipiente	Wr	5,58	5,58	5,58	kg
Peso del concreto	Wc	21,972	22,65	22,27	kg
Peso del agua + recipiente	War	14,15	14,56	14,02	kg
Peso del agua	Wa	8,57	8,98	8,44	kg
Factor de calibración del recipiente	f	116,66	111,33	118,46	m <sup>-3</sup>
Peso unitario del concreto	PU	2 563	2 521	2 638	kg/m <sup>3</sup>

De las 3 muestras se obtiene el promedio:

<b>PROMEDIO</b>	<b>2 575</b>	kg/m <sup>3</sup>
-----------------	--------------	-------------------

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Norma : N.T.P. 339,046

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO WIRAND 35kg/m<sup>3</sup>

DESCRIPCION	SIMBOLO	M1	M2	M3	UNID.
Peso Del Concreto + Recipiente	Wrc	28.2	28.69	26.87	kg
Peso Del Recipiente	Wr	5.58	5.58	5.58	kg
Peso Del Concreto	Wc	22.622	23.112	21.292	kg
Peso Del Agua + Recipiente	War	14.33	14.28	14.74	kg
Peso Del Agua	Wa	8.752	8.702	9.162	kg
Factor De Calibracion Del Recipiente	f	114.26	114.92	109.15	m <sup>-3</sup>
Peso Unitario Del Concreto	PU	2584.78	2655.94	2323.95	kg/m <sup>3</sup>

De las 3 muestras se obtiene el promedio:

<b>PROMEDIO</b>	<b>2521.56</b>	kg/m <sup>3</sup>
-----------------	----------------	-------------------

### **5.1.3 Contenido de Aire (NTP 339.036)**

Toda mezcla de concreto tiene aire atrapado entre los materiales (agua, cemento y agregados). La cantidad de este aire depende de las propiedades físicas del agregado, del método de compactación y de las proporciones en que se han combinado los ingredientes en la mezcla. Generalmente este aire ocupa del 1% al 3% de volumen de la mezcla salvo que el concreto este expuesto a cambios bruscos de temperatura (congelarse y descongelarse), para lo cual se necesita incorporar aire mediante el uso de aditivos, por lo tanto el volumen de aire en la mezcla aumentaría.

Hay tres métodos para medir el contenido de aire total en el concreto fresco:

- a) GRAVIMÉTRICO
- b) VOLUMÉTRICO
- c) DE PRESIÓN

El método más confiable y exacto es el de presión, el cual se basa en la relación entre el volumen de aire y la presión aplicada(a una temperatura

constante). No se necesita conocer las proporciones de la mezcla o las propiedades de los materiales, el porcentaje aire se obtiene directamente.

### CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO PATRÓN

Norma: NTP 339.036

Realizado por: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
CONTENIDO DE AIRE	A	1,8 %	1,7%	1,6%

**A = 1,7 %**

### CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO REFORZADO

#### CON FIBRA DRAMIX (20 Kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.036

Realizado por: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
CONTENIDO DE AIRE	A	1,8 %	1,7%	1,7%

**A = 1,75%**

**CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA DRAMIX (25 Kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.036

Realizado por: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
CONTENIDO DE AIRE	A	1,8 %	1,9%	1,85%

**A = 1,85 %**

**CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA DRAMIX (35 Kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.036

Realizado por: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
CONTENIDO DE AIRE	A	1,9 %	2,0 %	2,1 %

**A = 2,0 %**

**CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA WIRAND (20 Kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.036

Realizado por: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
CONTENIDO DE AIRE	A	1,75 %	1,7 %	2,0%

**A = 1,82 %**

**CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA WIRAND (25 Kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.036

Realizado por: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
CONTENIDO DE AIRE	A	1,95%	1,85%	2,0%

**A = 1,93 %**

**CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA WIRAND (35 Kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.036

Realizado por: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
CONTENIDO DE AIRE	A	1,80 %	1,85%	2,0%

**A = 1,88 %**

**5.1.4 Exudación (NTP. 339.077)**

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. La exudación no es necesariamente dañina, si no es interrumpida (el agua se evapora), la relación efectiva de a/c puede reducirse, con el consiguiente incremento en la resistencia. Por otra parte, si el agua que sube lleva consigo gran cantidad de las partículas más finas

del cemento, se formara una capa de nata. Si ésta queda en la parte superior de un bloque, se formará una superficie porosa. En la parte superior se formará una capa débil y su adherencia con la siguiente capa será inadecuada. Por ésta razón, la nata siempre debe ser removida mediante cepillado y lavado.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de éste y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla. Una mayor temperatura, dentro del rango normal, incrementa la tasa de exudación, aunque la capacidad de exudación total probablemente no resulte afectada. Las mezclas ricas son menos propensas a la exudación que las pobres; también se logra reducir la exudación añadiendo puzolana o polvo de aluminio.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

## **EQUIPOS Y ACCESORIOS**

- Barra compactadora, recta de acero, lisa de 16 mm (5/8”) de diámetro y aproximadamente 600 mm (24”) de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.

- Martillo de goma.
- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
- Pipeta o instrumento similar para extraer el agua libre de la superficie de la probeta.
- Tubo graduado con capacidad suficiente para recoger y medir la cantidad de agua extraída.

## **PROCEDIMIENTO**

- Llenar el recipiente con concreto fresco en tres capas, se compacta cada capa con 25 golpes con la barra compactadora y los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de goma después de compactar cada capa.
- Después de colocar la tercera capa de concreto se enrasa el exceso con la barra compactadora y se limpia la pestaña del recipiente.
- Después de llenar, nivelar y alisar la superficie del recipiente se anota la hora, peso y su contenido.
- Se extrae el agua que se haya acumulado en la superficie (con una pipeta) a intervalos de 10 min. Durante los primeros 40 min., y a intervalos de 30 min. de allí en adelante hasta que cese la exudación, se inclina el recipiente colocando un taco de aproximadamente 5 cm.

de espesor debajo de uno de los lados del recipiente 2 min. antes de extraer el agua.

- Después que el agua haya sido extraída, se devuelve el recipiente a su posición original, y después de cada extracción transferir el agua a un tubo graduado. Se anota la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia.
- Cuando se requiere solamente el volumen total de agua exudada el procedimiento de extracción periódica puede ser omitido y la extracción se hará en una sola operación.

## EXPRESIÓN DE RESULTADOS

- Se calcula el volumen de agua de exudación por unidad de superficie con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{V_1}{A}$$

En donde:

$V_1$  Volumen en centímetros cúbicos del agua de exudación, durante un intervalo seleccionado.

$A$  Área expuesta del concreto, en centímetros cuadrados.

- Se calcula el agua acumulada de exudación, expresada como porcentaje del agua de mezclado contenida en la probeta de ensayo, como sigue:

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$E = \frac{D}{C} \times 100$$

En donde:

- C Masa de agua en la probeta de ensayo, en Kilogramos.
- W Masa total de la mezcla, en kilogramos.
- w Masa neta del agua en la mezcla, en kilogramos.
- S Masa de la muestra, en kilogramos.
- D Volumen total de agua de exudación extraída de la probeta de ensayo en L multiplicada por 1 kg/l.

Características del recipiente:

Diámetro = 25,3 cm      Área del Recipiente = 27,8 cm

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EXUDACIÓN

Norma : N.T.P. 339.077

Realizado por : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO PATRÓN

#### MUESTRA Nº 1

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOL ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:10	10	3,0	3,0	5,97E-03
09:20	10	7,0	10,0	1,39E-02
09:30	10	9,0	19,0	1,79E-02
09:40	10	14,0	33,0	2,79E-02
10:10	30	24,4	57,4	4,86E-02
10:40	30	18,5	75,9	3,68E-02
11:10	30	13,0	88,9	2,59E-02
11:40	30	8,0	96,9	1,59E-02
12:10	30	3,0	99,9	5,97E-03

**OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %**

V (L) = 0,0999

#### **Materiales :**

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	14,00	kg
Agregado Grueso	=	14,70	kg
Agua	=	3,60	lt
Total		<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 40,14	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	35,05	Kg
Wconcreto	=	29,1	kg
Diámetro recip.	=	25,3	cm
Altura recip.	=	27,8	cm
		C	2,61 lt
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,83</b>	<b>%</b>

## MUESTRA N° 2

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOL ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:55	10	4,0	4,0	7,96E-03
10:05	10	5,0	9,0	9,95E-03
10:15	10	8,0	17,0	1,59E-02
10:25	10	10,0	27,0	1,99E-02
10:55	30	15,0	42,0	2,99E-02
11:25	30	17,2	59,2	3,42E-02
11:55	30	14,5	73,7	2,89E-02
12:25	30	8,0	81,7	1,59E-02

## OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0817$$

### Materiales :

Cemento	=	7,80	kg
Agregado Fino	=	13,70	kg
Agregado Grueso	=	14,60	kg
Agua	=	<u>3,10</u>	lt.
<b>Total</b>		<b>39,20</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	35,14	kg
Wconcreto	=	29,19	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,31 lt.
	<b>Exd (%)</b>	<b>= 3,54</b>	<b>%</b>

### MUESTRA N° 3

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOL ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
10:14	10	6,5	6,5	1,29E-02
10:24	10	11	17,5	2,19E-02
10:34	10	19	36,5	3,78E-02
10:44	10	20	56,5	3,98E-02
11:14	30	21	77,5	4,18E-02
11:44	30	10	87,5	1,99E-02
12:14	30	7	94,5	1,39E-02
12:44	30	4	98,5	7,96E-03
01:14	30	2	100,5	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,1005$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	13,60	kg
Agregado Grueso	=	14,70	kg
Agua	=	3,60	lt
Total		<u>39,74</u>	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	34,95	kg
Wconcreto	=	29	kg
Diámetro recip.	=	25,3	cm
Altura recip.	=	27,8	cm
		C	2,63 lt.
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,83</b>	<b>%</b>

De los ensayos de exudación obtenidos del concreto patrón son:

M1	M2	M3	<b>PROMEDIO</b>
3,83	3,54	3,83	<b>3,73</b>

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EXUDACION

Norma : N.T.P. 339,077

Realizado por : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO DRAMIX 20kg/m<sup>3</sup>

#### MUESTRA N° 1

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
10:15	10	4,0	4,0	7,96E-03
10:25	10	7,0	11,0	1,39E-02
10:35	10	8,0	19,0	1,59E-02
10:45	10	8,1	27,1	1,61E-02
11:15	30	20,0	47,1	3,98E-02
11:45	30	17,0	64,1	3,38E-02
12:15	30	12,0	76,1	2,39E-02
12:45	30	2,2	78,3	4,38E-03

**OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %**

V (L) = 0,0783

#### **Materiales :**

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	16,70	kg
Agregado Grueso	=	15,60	kg
Agua	=	3,40	L
Total		<u>43,54</u>	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	36,1	Kg
Wconcreto	=	30,15	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,35 L
	<b>Exd (%)</b>	<b>= 3,33</b>	<b>%</b>

## MUESTRA N° 2

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
10:05	10	5	5	9,95E-03
10:15	10	7	12	1,39E-02
10:25	10	8	20	1,59E-02
10:35	10	12,5	32,5	2,49E-02
11:05	30	18	50,5	3,58E-02
11:35	30	13	63,5	2,59E-02
12:05	30	8	71,5	1,59E-02
12:35	30	5	76,5	9,95E-03
01:05	30	2	78,5	3,98E-03

## OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0785$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	15,40	kg
Agregado Grueso	=	16,80	kg
Agua	=	3,10	L
Total		<u>43,14</u>	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	36,3	kg
Wconcreto	=	30,35	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,18 L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,60</b>	<b>%</b>

### MUESTRA N° 3

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:45	10	3	3	5,97E-03
09:55	10	6,5	9,5	1,29E-02
10:05	10	9,8	19,3	1,95E-02
10:15	10	17,3	36,6	3,44E-02
10:45	30	12,5	49,1	2,49E-02
11:15	30	10	59,1	1,99E-02
11:45	30	5	64,1	9,95E-03
12:15	30	3	67,1	5,97E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0671$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	15,70	kg
Agregado Grueso	=	16,90	kg
Agua	=	2,85	L
<b>Total</b>		<b>43,29</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	35,8	kg
Wconcreto	=	29,85	kg
Diámetro recip.	=	25,3	cm
Altura recip.	=	27,8	cm
		C	L
		1,97	L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,41</b>	<b>%</b>

De los ensayos de exudación obtenidos del concreto con dosificación 20kg/cm<sup>2</sup> DRAMIX son:

M1	M2	M3	<b>PROMEDIO</b>
3,33	3,60	3,41	<b>3,45</b>

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EXUDACION

Norma : N.T.P. 339.077

Realizado por : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO DRAMIX 25kg/m<sup>3</sup>

#### MUESTRA N° 1

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:35	10	4	4	7,96E-03
09:45	10	7,5	11,5	1,49E-02
09:55	10	8	19,5	1,59E-02
10:05	10	9	28,5	1,79E-02
10:35	30	18	46,5	3,58E-02
11:05	30	17	63,5	3,38E-02
11:35	30	10	73,5	1,99E-02
12:05	30	2	75,5	3,98E-03

**OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %**

$$V (L) = 0,0755$$

#### **Materiales :**

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	14,20	kg
Agregado Grueso	=	14,70	kg
Agua	=	3,20	L
Total		<u>39,94</u>	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	36,2	Kg
Wconcreto	=	30,25	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,42 L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,12</b>	<b>%</b>

## MUESTRA N° 2

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:25	10	4	4	7,96E-03
09:35	10	6	10	1,19E-02
09:45	10	9	19	1,79E-02
09:55	10	18	37	3,58E-02
10:25	30	15,6	52,6	3,10E-02
10:55	30	10	62,6	1,99E-02
11:25	30	7	69,6	1,39E-02
11:55	30	2	71,6	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0716$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	13,70	kg
Agregado Grueso	=	14,98	kg
Agua	=	3,10	L
<b>Total</b>		<b>39,62</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	35,9	kg
Wconcreto	=	29,95	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,34 L
	<b>Exd (%)</b>	<b>= 3,06</b>	<b>%</b>

### MUESTRA N° 3

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:30	10	4	4	7,96E-03
09:40	10	6	10	1,19E-02
09:50	10	8,8	18,8	1,75E-02
10:00	10	12,6	31,4	2,51E-02
10:30	30	18	49,4	3,58E-02
11:00	30	17,1	66,5	3,40E-02
11:30	30	9	75,5	1,79E-02
12:00	30	2	77,5	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0775$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	15,00	kg
Agregado Grueso	=	16,10	kg
Agua	=	3,20	L
Total		<u>42,14</u>	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	36,7	kg
Wconcreto	=	30,75	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,34 L
<b>Exd (%)</b>	=	<b>3,32</b>	<b>%</b>

De los ensayos de exudación obtenidos del concreto con dosificación 25kg/cm<sup>2</sup> DRAMIX son:

M1	M2	M3	<b>PROMEDIO</b>
3,12	3,06	3,32	<b>3,16</b>

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EXUDACION

Norma : N.T.P. 339.077

Realizado por : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO DRAMIX 35kg/m<sup>3</sup>

#### MUESTRA N° 1

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:20	10	4	4	7,96E-03
09:30	10	8	12	1,59E-02
09:40	10	9	21	1,79E-02
09:50	10	17	38	3,38E-02
09:20	30	13	51	2,59E-02
09:50	30	10	61	1,99E-02
10:20	30	7	68	1,39E-02
10:50	30	2,5	70,5	4,98E-03

**OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %**

$$V (L) = 0,0705$$

#### **Materiales :**

Cemento	=	7,80	kg
Agregado Fino	=	13,80	kg
Agregado Grueso	=	14,50	kg
Agua	=	3,80	L
Total		<u>39,90</u>	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	35,2	Kg
Wconcreto	=	29,25	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,79 L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>2,53</b>	<b>%</b>

## MUESTRA N° 2

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:40	10	3	3	5,97E-03
09:50	10	5	8	9,95E-03
10:00	10	6,2	14,2	1,23E-02
10:10	10	15	29,2	2,99E-02
10:40	30	14	43,2	2,79E-02
11:10	30	9	52,2	1,79E-02
11:40	30	6,4	58,6	1,27E-02
12:10	30	2	60,6	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0606$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	14,20	kg
Agregado Grueso	=	14,90	kg
Agua	=	3,10	L
<b>Total</b>		<b>40,04</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	35,6	kg
Wconcreto	=	29,65	kg
Diámetro recip.	=	25,3	cm
Altura recip.	=	27,8	cm
		C	2,30 L
	<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>2,64 %</b>

### MUESTRA N° 3

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:30	10	6	6	1,19E-02
09:40	10	14,5	20,5	2,89E-02
09:50	10	18,8	39,3	3,74E-02
10:00	10	16	55,3	3,18E-02
10:30	30	13	68,3	2,59E-02
11:00	30	8	76,3	1,59E-02
11:30	30	4	80,3	7,96E-03
12:00	30	2	82,3	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0823$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	13,80	kg
Agregado Grueso	=	14,90	kg
Agua	=	3,90	L
<b>Total</b>		<b>40,44</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	35,8	kg
Wconcreto	=	29,85	kg
Diámetro recip.	=	25,3	cm
Altura recip.	=	27,8	cm
		C	2,88 L
<b>Exd (%)</b>	=	<b>2,86</b>	<b>%</b>

De los ensayos de exudación obtenidos del concreto con dosificación 35kg/cm<sup>2</sup> DRAMIX son:

M1	M2	M3	<b>PROMEDIO</b>
2,53	2,64	2,86	<b>2,68</b>

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EXUDACION

Norma : N.T.P. 339.077

Realizado por : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO WIRAND 20kg/m<sup>3</sup>

#### MUESTRA N° 1

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:35	10	4	4	7,96E-03
09:45	10	7,5	11,5	1,49E-02
09:55	10	8	19,5	1,59E-02
10:05	10	8,5	28	1,69E-02
10:35	30	18	46	3,58E-02
11:05	30	17	63	3,38E-02
11:35	30	9	72	1,79E-02
12:05	30	3	75	5,97E-03

#### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,075$$

#### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	14,20	kg
Agregado Grueso	=	14,70	kg
Agua	=	3,20	L
		Total	39,94 kg
Wrecip	=	5,95	kg

Wrecip+concreto	=	36,2	Kg
Wconcreto	=	30,25	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,42 L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,09</b>	<b>%</b>

## MUESTRA N° 2

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
10:40	10	3,5	3,5	6,97E-03
10:50	10	8	11,5	1,59E-02
11:00	10	9	20,5	1,79E-02
11:10	10	12,5	33	2,49E-02
11:40	30	18	51	3,58E-02
12:10	30	12	63	2,39E-02
12:40	30	8,6	71,6	1,71E-02
01:10	30	4	75,6	7,96E-03
01:40	30	2	77,6	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0776$$

#### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	15,30	kg
Agregado Grueso	=	16,90	kg
Agua	=	3,31	L
<b>Total</b>		<b>43,35</b>	<b>kg</b>
Wrecip	=	5,95	kg

Wrecip+concreto	=	35,8	kg
Wconcreto	=	29,85	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,28 L
	<b>Exd (%)</b>	<b>= 3,40</b>	<b>%</b>

### MUESTRA N° 3

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:50	10	2	2	3,98E-03
10:00	10	5	7	9,95E-03
10:10	10	12	19	2,39E-02
10:20	10	18	37	3,58E-02
10:50	30	14	51	2,79E-02
11:20	30	8	59	1,59E-02
11:50	30	5	64	9,95E-03
12:20	30	2,5	66,5	4,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0665$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	15,70	kg
Agregado Grueso	=	16,90	kg
Agua	=	2,70	L
Total		<hr/> 43,14	kg

Wrecip	=	5,95	kg
--------	---	------	----

Wrecip+concreto	=	36,1	kg
Wconcreto	=	30,15	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	1,89 L
<b>Exd (%)</b>	=	<b>3,52</b>	<b>%</b>

De los ensayos de exudación obtenidos del concreto con dosificación

20kg/cm<sup>2</sup> WIRAND son:

M1	M2	M3	<b>PROMEDIO</b>
3,09	3,40	3,52	<b>3,34</b>

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EXUDACION

Norma : N.T.P. 339,077

Realizado por : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO WIRAND 25kg/m<sup>3</sup>

#### MUESTRA N° 1

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:20	10	1,1	1,1	2,19E-03
09:30	10	4,0	5,1	7,96E-03
09:40	10	7,5	12,6	1,49E-02
09:50	10	14,3	26,9	2,85E-02
10:20	30	22,4	49,3	4,46E-02
10:50	30	160,1	65,4	3,20E-02
11:20	30	10,4	75,8	2,07E-02
11:50	30	4,6	80,4	9,15E-03
12:20	30	1,7	82,1	3,38E-03

#### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0821$$

#### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	15,40	kg
Agregado Grueso	=	16,80	kg
Agua	=	3,90	lt.
Total		<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 43,94	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	35,5	Kg
Wconcreto	=	29,55	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,62 L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,13</b>	<b>%</b>

## MUESTRA N° 2

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
10:00	10	2,3	2,3	4,58E-03
10:10	10	7,0	9,3	1,39E-02
10:20	10	11,2	20,5	2,23E-02
10:30	10	17,9	38,4	3,56E-02
11:00	30	16,1	54,5	3,20E-02
11:30	30	9,0	63,5	1,79E-02
12:00	30	6,0	69,5	1,19E-02
12:30	30	2,0	71,5	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0715$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	13,70	kg
Agregado Grueso	=	14,98	kg
Agua	=	3,00	L
<b>Total</b>		<b>39,52</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	35,1	kg
Wconcreto	=	29,15	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,21 L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>3,23</b>	<b>%</b>

### MUESTRA N° 3

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:15	10	2,0	2	3,98E-03
09:25	10	5	7	9,95E-03
09:35	10	8,5	15,5	1,69E-02
09:45	10	12,4	27,9	2,47E-02
10:25	30	18	45,9	3,58E-02
10:55	30	14,0	59,9	2,79E-02
11:15	30	8,5	68,4	1,69E-02
11:45	30	6	74,4	1,19E-02
12:15	30	2,0	76,4	3,98E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0764$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	13,20	kg
Agregado Grueso	=	14,80	kg
Agua	=	3,20	L
<b>Total</b>		<b>39,04</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	36,1	kg
Wconcreto	=	30,15	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,47 L
<b>Exd (%)</b>	=	<b>3,09</b>	<b>%</b>

De los ensayos de exudación obtenidos del concreto con dosificación 25kg/cm<sup>2</sup> WIRAND son:

M1	M2	M3	<b>PROMEDIO</b>
3,13	3,23	3,09	<b>3,15</b>

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EXUDACION

Norma : N.T.P. 339.077

Realizado por : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO WIRAND 35kg/m<sup>3</sup>

#### MUESTRA N° 1

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:45	10	2,1	2,1	4,18E-03
09:55	10	5,5	7,6	1,09E-02
10:05	10	8,6	16,2	1,71E-02
10:15	10	9,5	25,7	1,89E-02
10:45	30	21	46,7	4,18E-02
11:15	30	19,4	66,1	3,86E-02
11:45	30	11,1	77,2	2,21E-02
12:15	30	1,7	78,9	3,38E-03

**OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %**

$$V (L) = 0,0789$$

#### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	16,70	kg
Agregado Grueso	=	17,40	kg
Agua	=	4,20	L
Total		<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 46,14	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip + concreto	=	36,8	Kg
Wconcreto	=	30,85	kg
Diámetro recip.	=	25,3	cm
Altura recip.	=	27,8	cm
		C	2,81 L
<b>Exd (%)</b>	<b>=</b>	<b>2,81</b>	<b>%</b>

### MUESTRA N° 2

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:30	10	3	3	5,97E-03
09:40	10	4,5	7,5	8,96E-03
09:50	10	6	13,5	1,19E-02
10:00	10	6,5	20	1,29E-02
10:30	30	15,6	35,6	3,10E-02
11:00	30	18	53,6	3,58E-02
11:30	30	10	63,6	1,99E-02
12:00	30	4	67,6	7,96E-03

### OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %

$$V (L) = 0,0676$$

### Materiales :

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	14,80	kg
Agregado Grueso	=	15,90	kg
Agua	=	3,20	L
<b>Total</b>		<b>41,74</b>	<b>kg</b>

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	35,6	kg
Wconcreto	=	29,65	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,27 L
	<b>Exd (%)</b>	<b>= 2,97</b>	<b>%</b>

**MUESTRA N° 3**

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )
	Inicio	-	-	-
09:30	10	2	2	3,98E-03
09:40	10	4	6	7,96E-03
09:50	10	6	12	1,19E-02
10:00	10	8,9	20,9	1,77E-02
10:30	30	12,5	33,4	2,49E-02
11:00	30	18,5	51,9	3,68E-02
11:30	30	11,9	63,8	2,37E-02
12:00	30	8,6	72,4	1,71E-02
12:30	30	4,2	76,6	8,36E-03
01:00	30	2	78,6	3,98E-03

**OBSERVACIONES : EXUD(%) <= 5 %**

$$V (L) = 0,0786$$

**Materiales :**

Cemento	=	7,84	kg
Agregado Fino	=	15,58	kg
Agregado Grueso	=	16,70	kg
Agua	=	4,10	L
Total		<u>44,22</u>	kg

Wrecip	=	5,95	kg
Wrecip+concreto	=	36,2	kg
Wconcreto	=	30,25	kg
Diametro recip	=	25,3	cm
Altura recip	=	27,8	cm
		C	2,80 L
<b>Exd (%)</b>	=	<b>2,80</b>	<b>%</b>

De los ensayos de exudación obtenidos del concreto con dosificación 35kg/cm<sup>2</sup> WIRAND son:

M1	M2	M3	<b>PROMEDIO</b>
2,81	2,97	2,80	<b>2,86</b>

## 5.2 ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

### 5.2.1 Resistencia a la Compresión

La Resistencia a la Compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo  $f' c$ . Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas especimenes de concreto; en los Estados Unidos, a menos de que se especifique de otra manera, los ensayos a compresión de mortero se realizan sobre cubos de 5 cm. en tanto que los ensayos a compresión del concreto se efectúan sobre cilindros que miden 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 Kg/cm<sup>2</sup>. Un concreto de alta resistencia tiene una resistencia a la compresión de cuando menos 420 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno.

D = Diámetro promedio de la probeta cilíndrica en cm.

G = Carga Máxima aplicada sobre la probeta en kg.

Rc = Resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>.

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO PATRÓN

FECHA DE MOLDEO : 04/07/2005

FECHA DE ROTURA : 11/07/2005

TIEMPO DE CURADO 7 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CN - 7D	15	471,0	48010	271,8	CONO	97,08
CN - 7D	15	458,6	46750	264,7	CONO	94,53
CN - 7D	15	433,1	44150	250,0	COLUMNAR	89,27

PROMEDIO 262,2  
DESVIACION STANDAR 11,1

FECHA DE MOLDEO : 04/07/2005

FECHA DE ROTURA : 18/07/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CN - 14D	15	636,2	64853	367,2	CORTE	131,14
CN - 14D	15	632,7	64500	365,2	CORTE	130,42
CN - 14D	15	622,8	63490	359,5	CORTE	128,38

PROMEDIO 363.9  
DESVIACION STANDAR 4.0

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO PATRÓN

FECHA DE MOLDEO : 04/07/2005

FECHA DE ROTURA : 01/08/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CN - 28D	15	660,6	67340	381,3	CORTE	136,16
CN - 28D	15	669,6	68260	386,5	CORTE	138,02
CN - 28D	15	678,6	69170	391,6	CORTE	139,86

PROMEDIO 386,4  
DESVIACION STANDAR 5,2

FECHA DE MOLDEO : 04/07/2005

FECHA DE ROTURA : 02/09/2005

TIEMPO DE CURADO 60 días

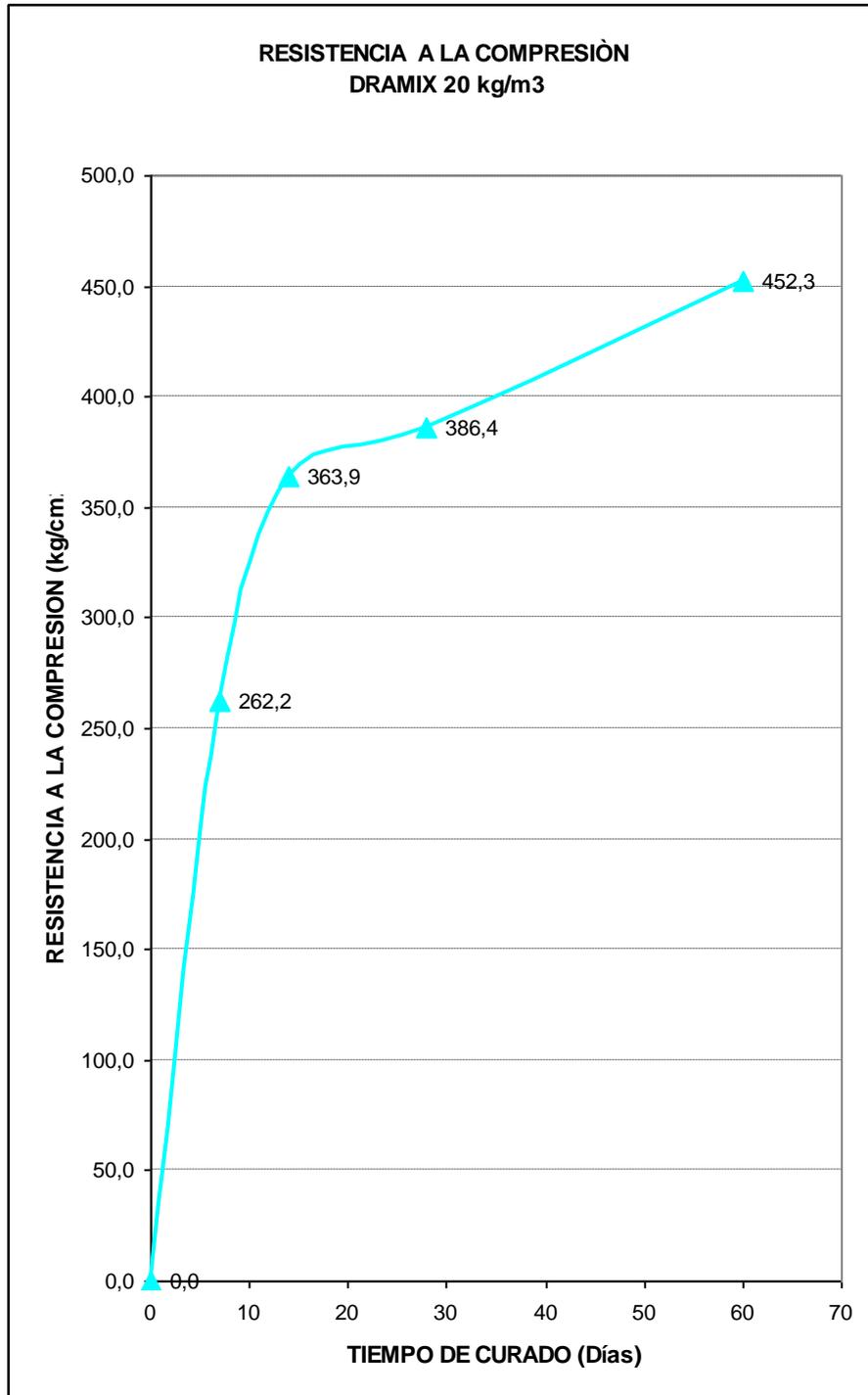
N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CN - 60D	15	786,7	80190	454,0	COLUMNAR	162,15
CN - 60D	15	775,6	79060	447,6	CONO	159,86
CN - 60D	15	788,8	80410	455,3	CONO	162,59

PROMEDIO 452,3  
DESVIACION STANDAR 4,1

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### CONCRETO PATRÒN



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 20kg

FECHA DE MOLDEO : 01/08/2005

FECHA DE ROTURA : 08/08/2005

TIEMPO DE CURADO 7 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD20 - 7D	15	403,2	41100	232,7	CONO	83,11
CD20 - 7D	15	370,0	37720	213,6	CONO	76,27
CD20 - 7D	15	417,3	42540	240,8	CONO	86,02

PROMEDIO 229,0  
DESVIACION STANDAR 14,0

FECHA DE MOLDEO : 01/08/2005

FECHA DE ROTURA : 15/08/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD20 - 14D	15	502,4	51210	289,9	COLUMNAR	103,55
CD20 - 14D	15	524,6	53480	302,8	COLUMNAR	108,14
CD20 - 14D	15	514,3	52430	296,8	CORTE	106,02

PROMEDIO 296,5  
DESVIACION STANDAR 6,4

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÒN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m3 = 20kg

FECHA DE MOLDEO : 01/08/2005

FECHA DE ROTURA : 29/08/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD20 - 28D	15	598,4	61000	345,4	CONO	123,34
CD20 - 28D	15	622,0	63400	359,0	CONO	128,20
CD20 - 28D	15	613,2	62510	353,9	CONO	126,40

PROMEDIO 352,7  
DESVIACION STANDAR 6,9

FECHA DE MOLDEO : 01/08/2005

FECHA DE ROTURA : 30/09/2005

TIEMPO DE CURADO 60 días

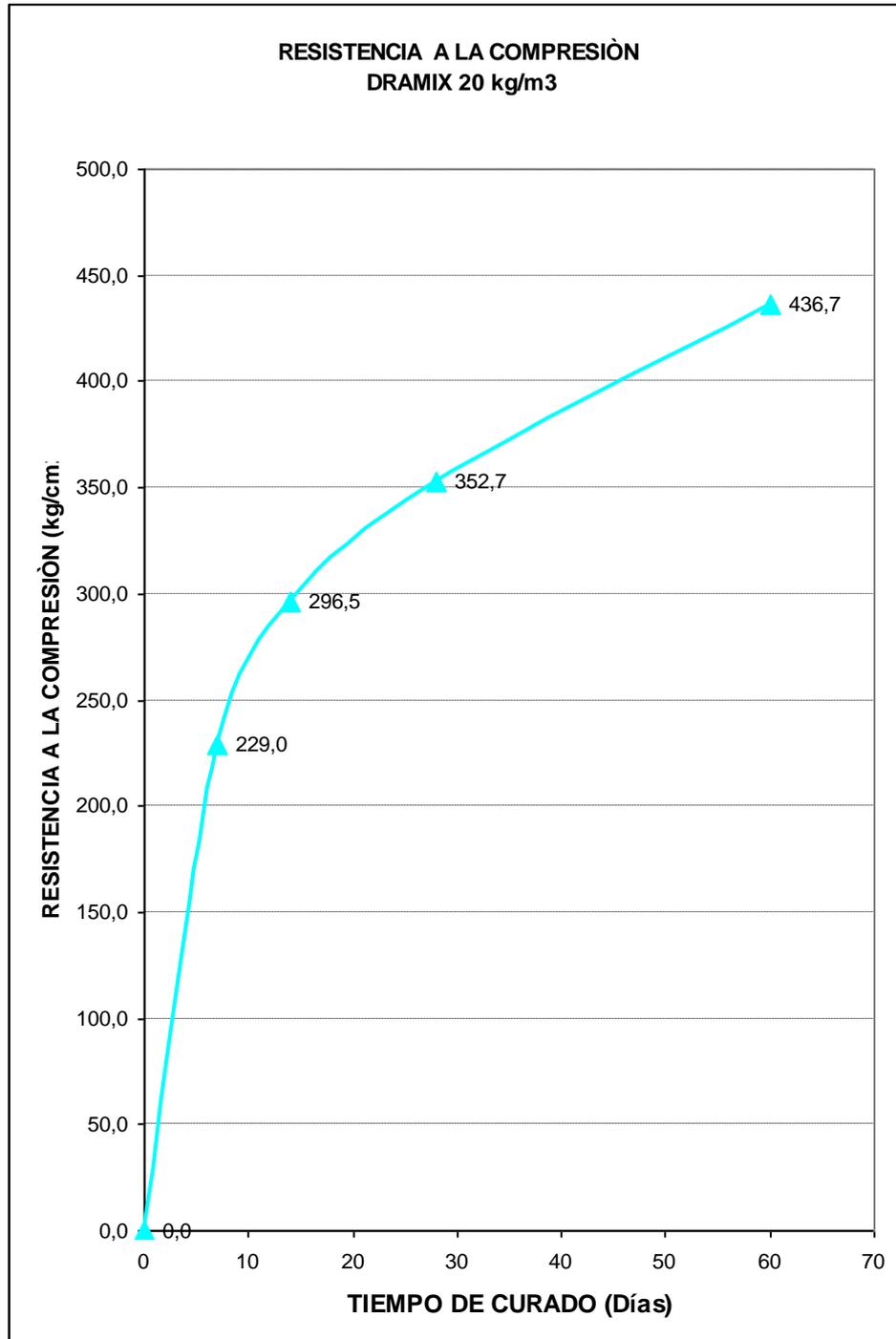
N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD20 - 60D	15	783,3	79850	452,1	CONO	161,46
CD20 - 60D	15	750,3	76480	433,0	CONO	154,65
CD20 - 60D	15	736,1	75040	424,9	CORTE	151,73

PROMEDIO 436,7  
DESVIACION STANDAR 14,0

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 20kg



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÒN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m3 = 20kg

FECHA DE MOLDEO : 07/07/2005

FECHA DE ROTURA : 14/07/2005

TIEMPO DE CURADO 7 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW20 - 7D	15	430,2	43850	248,3	CORTE	88,67
CW20 - 7D	15	436,3	44480	251,8	CORTE	89,94
CW20 - 7D	15	410,6	41860	237,0	CONO	84,64

PROMEDIO 245,7  
DESVIACION ESTANDAR 7,7

FECHA DE MOLDEO : 07/07/2005

FECHA DE ROTURA : 21/07/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW20 -14D	15	581,0	59230,0	335,3	CORTE	119,77
CW20 -14D	15	567,0	57800,0	327,2	CORTE	116,87
CW20 -14D	15	574,3	58540,0	331,4	CORTE	118,37

PROMEDIO 331,3  
DESVIACION ESTANDAR 4,0

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÒN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m<sup>3</sup> = 20kg

FECHA DE MOLDEO : 07/07/2005

FECHA DE ROTURA : 04/08/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW20 -28D	15	679,5	69270		392,2	CONO	140,07
CW20 -28D	15	685,6	69890		395,7	CONO	141,32
CW20 -28D	15	712,9	72670		411,4	CONO	146,94

PROMEDIO 399,8  
DESVIACION ESTANDAR 10,3

FECHA DE MOLDEO : 07/07/2005

FECHA DE ROTURA : 05/09/2005

TIEMPO DE CURADO 60 días

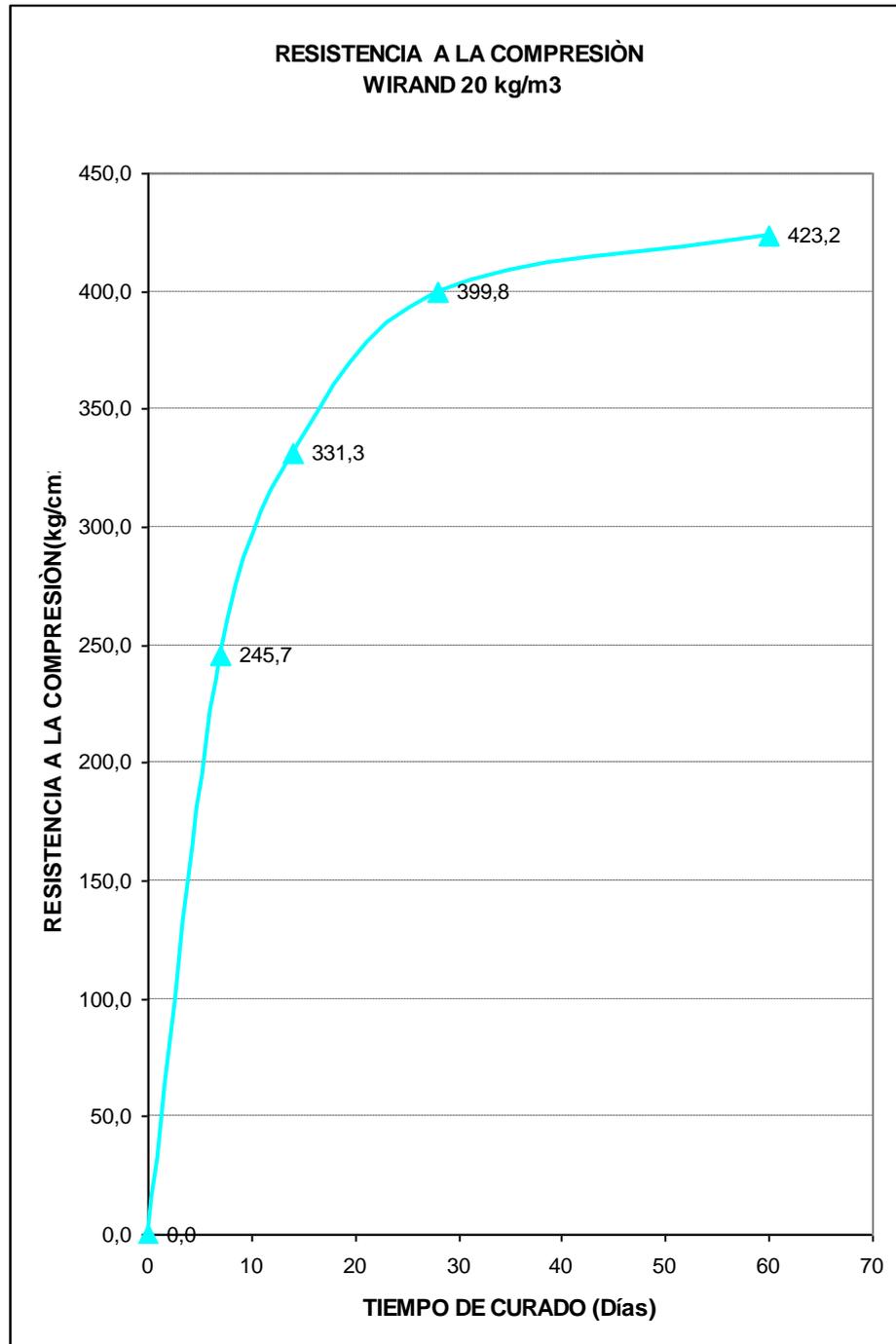
N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW20 -60D	15	750,0	76450		432,8	CORTE	154,58
CW20 -60D	15	710,3	72410		410,0	CORTE	146,42
CW20 -60D	15	739,7	75400		426,9	CORTE	152,46

PROMEDIO 423,2  
DESVIACION ESTANDAR 11,9

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

**DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m<sup>3</sup> = 20kg**

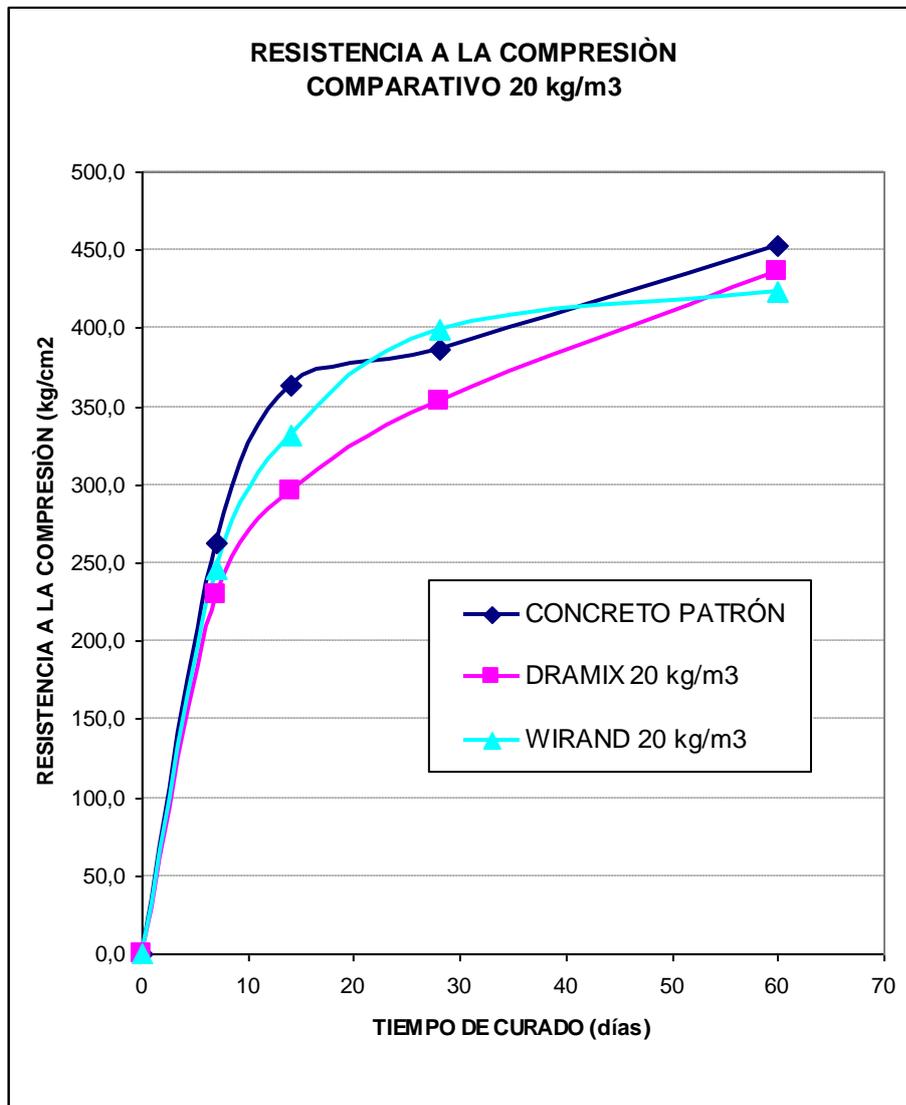


## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Edad (días)	Resistencia a la compresión f'c(kg/cm <sup>2</sup> )		
	CN	CD-20	CW-20
0	0,0	0,0	0,0
7	262,2	229,0	245,7
14	363,9	296,5	331,3
28	386,4	352,7	399,8
60	452,3	436,7	423,2

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION

REALIZADO POR: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 25kg

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2007

FECHA DE ROTURA : 18/08/2007

TIEMPO DE CURADO 7 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD25 - 7D	15	436,3	44480	251,8	COLUMNAR	89,94
CD25 - 7D	15	417,8	42590	241,1	CONO	86,12
CD25 - 7D	15	415,6	42370	239,9	CONO	85,67

PROMEDIO 244,3  
DESVIACION ESTANDAR 6,6

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2007

FECHA DE ROTURA : 25/08/2007

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD25 - 14D	15	556,9	56770	321,4	CONO	114,79
CD25 - 14D	15	532,9	54320	307,5	CONO	109,84
CD25 - 14D	15	524,0	53410	302,4	CONO	108,00

PROMEDIO 310,5  
DESVIACION ESTANDAR 9,8

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 25kg

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2007

FECHA DE ROTURA : 08/09/2007

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD25 - 28D	15	778,2	79330	449,1	CONO	160,41
CD25 - 28D	15	769,0	78390	443,8	CONO	158,51
CD25 - 28D	15	750,0	76450	432,8	CONO	154,58

PROMEDIO 441,9  
DESVIACION ESTANDAR 8,3

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2007

FECHA DE ROTURA : 10/10/2007

TIEMPO DE CURADO 60 días

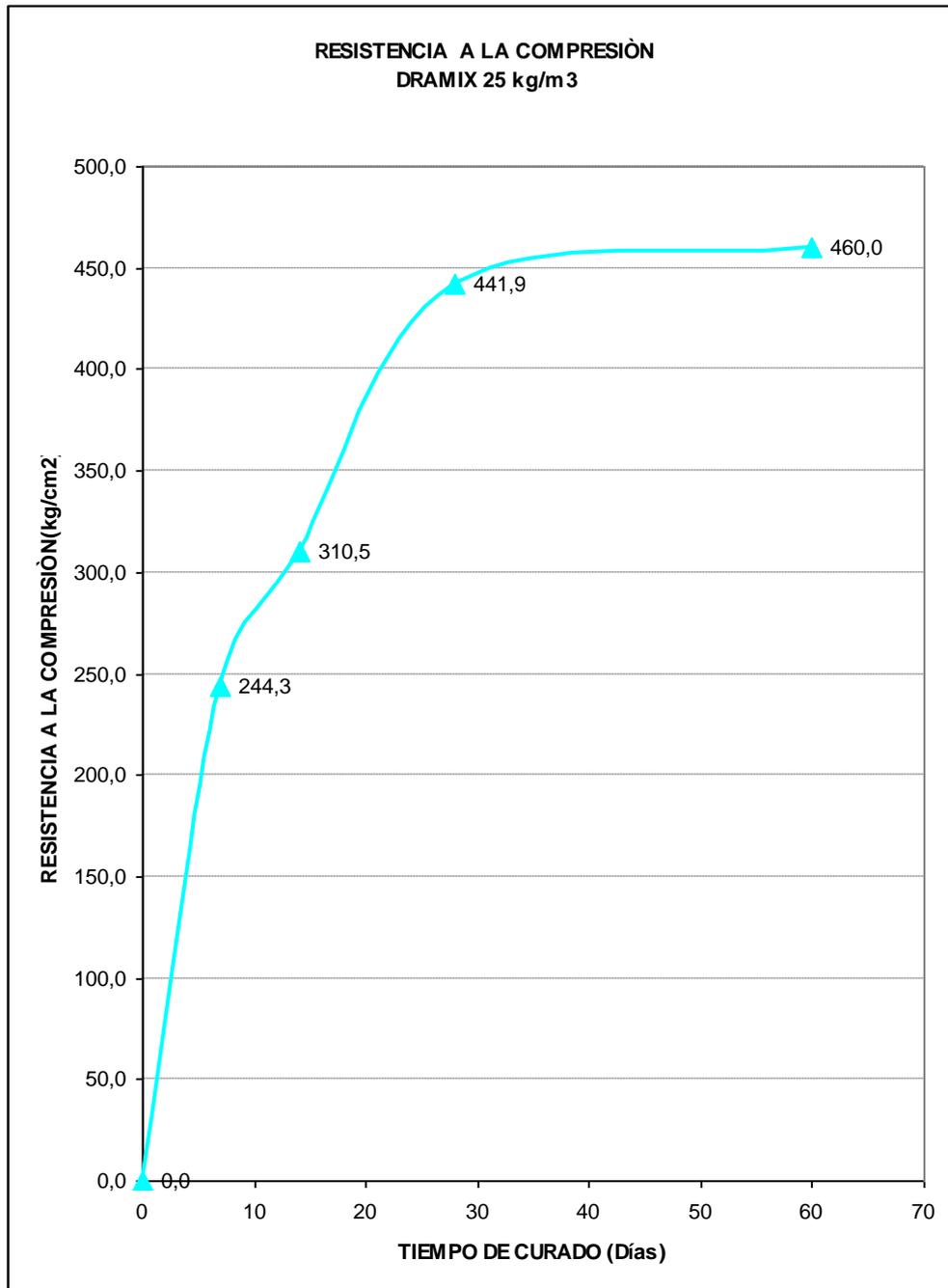
N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD25 - 60D	15	808,5	82420	466,6	CONO	166,66
CD25 - 60D	15	808,1	82380	466,4	CONO	166,58
CD25 - 60D	15	774,4	78940	446,9	COLUMNAR	159,62

PROMEDIO 460,0  
DESVIACION ESTANDAR 11,3

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

**DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 25kg**



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m3 = 25kg

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 15/08/2005

TIEMPO DE CURADO 7 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW25 - 7D	15	524,6	53480	302,8	CORTE	108,14
CW25 - 7D	15	511,6	52150	295,3	CONO	105,45
CW25 - 7D	15	509,9	51980	294,3	CONO	105,11

PROMEDIO 297,4  
DESVIACION ESTANDAR 4,7

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 22/08/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW25 -14D	15	700,0	71360	404,0	CONO	144,29
CW25 -14D	15	706,6	72030	407,8	CONO	145,65
CW25 -14D	15	709,3	72300	409,3	CONO	146,19

PROMEDIO 407,1  
DESVIACION ESTANDAR 2,7

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m<sup>3</sup> = 25kg

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 05/09/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW25 -28D	15	733,3	74750		423,2	CONO	151,15
CW25 -28D	15	730,4	74450		421,5	CONO	150,54
CW25 -28D	15	742,0	75640		428,3	CONO	152,95

PROMEDIO 424,3

DESVIACION ESTANDAR 3,5

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 07/10/2005

TIEMPO DE CURADO 60 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW25 -60D	15	764,6	77940		441,3	CONO	157,60
CW25 -60D	15	789,2	80450		455,5	CONO	162,67
CW25 -60D	15	769,5	78440		444,1	CONO	158,61

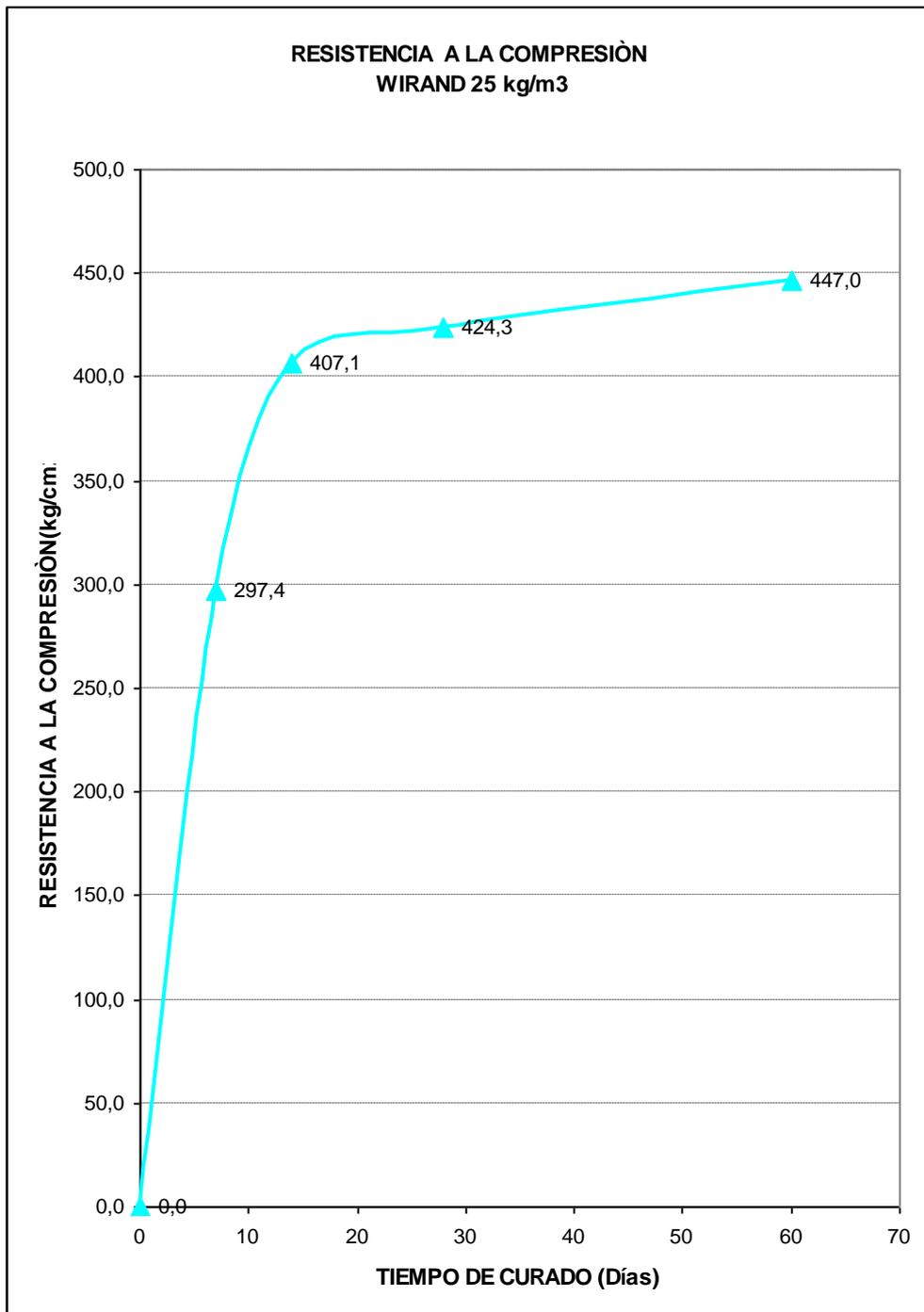
PROMEDIO 447,0

DESVIACION ESTANDAR 7,5

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

**DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m<sup>3</sup> = 25kg**

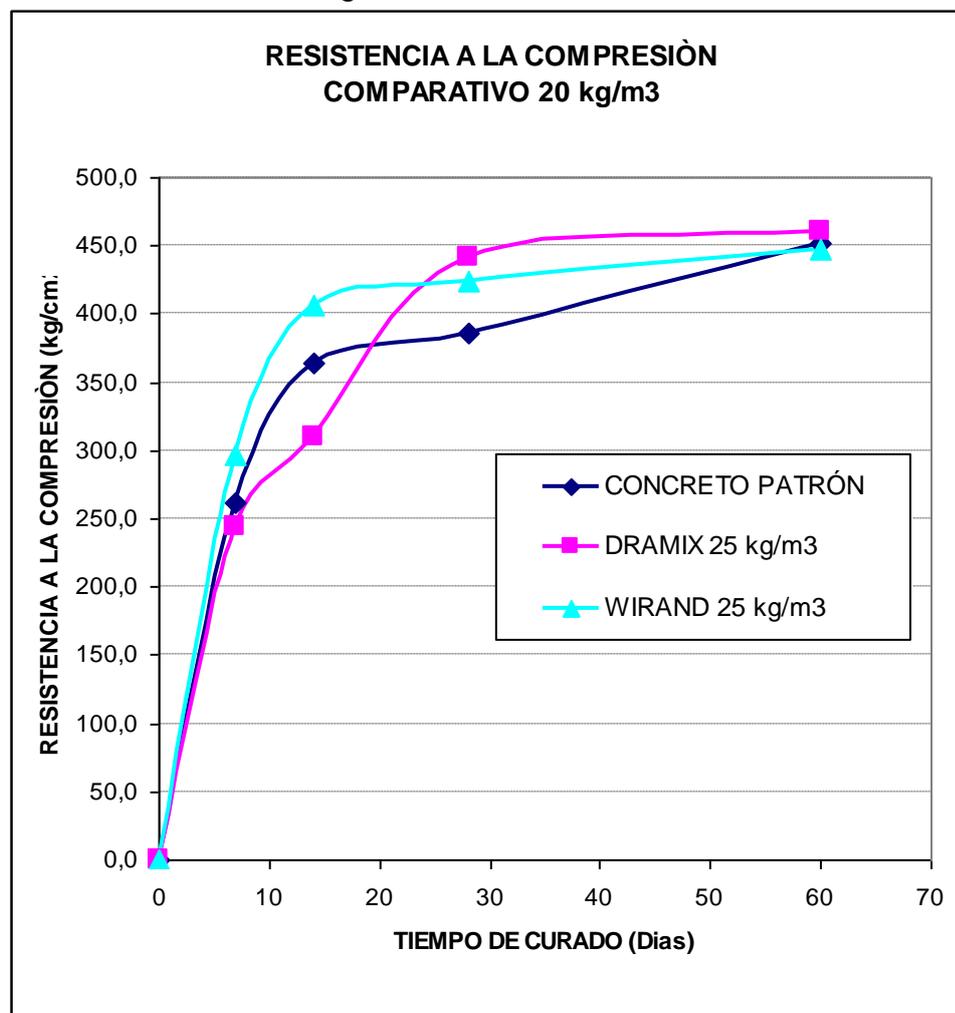


## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Edad (días)	Resistencia a la compresión f'c(kg/cm <sup>2</sup> )		
	CN	CD-25	CW-25
0	0,0	0,0	0,0
7	262,2	244,3	297,4
14	363,9	310,5	407,1
28	386,4	441,9	424,3
60	452,3	460,0	447,0

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION

REALIZADO POR: Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 35kg

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2005

FECHA DE ROTURA : 18/08/2005

TIEMPO DE CURADO 7 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD35 - 7D	15	503,9	51370		290,8	CONO	103,87
CD35 - 7D	15	506,8	51660		292,5	CONO	104,46
CD35 - 7D	15	497,2	50680		286,9	CONO	102,48

PROMEDIO 290,1  
DESVIACION ESTANDAR 2,9

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2005

FECHA DE ROTURA : 25/08/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD35 - 14D	15	615,3	62720		355,1	CONO	126,82
CD35 - 14D	15	600,5	61210		346,6	CONO	123,77
CD35 - 14D	15	593,9	60540		342,8	CONO	122,41

PROMEDIO 348,1  
DESVIACION ESTANDAR 6,3

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 35kg

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2005

FECHA DE ROTURA : 08/09/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD35 - 28D	15	719,9	73380		415,5	CONO	148,38
CD35 - 28D	15	718,3	73220		414,6	CONO	148,05
CD35 - 28D	15	717,1	73100		413,9	CONO	147,81

PROMEDIO 414,6  
DESVIACION ESTANDAR 0,8

FECHA DE MOLDEO : 11/08/2005

FECHA DE ROTURA : 10/10/2005

TIEMPO DE CURADO 60 días

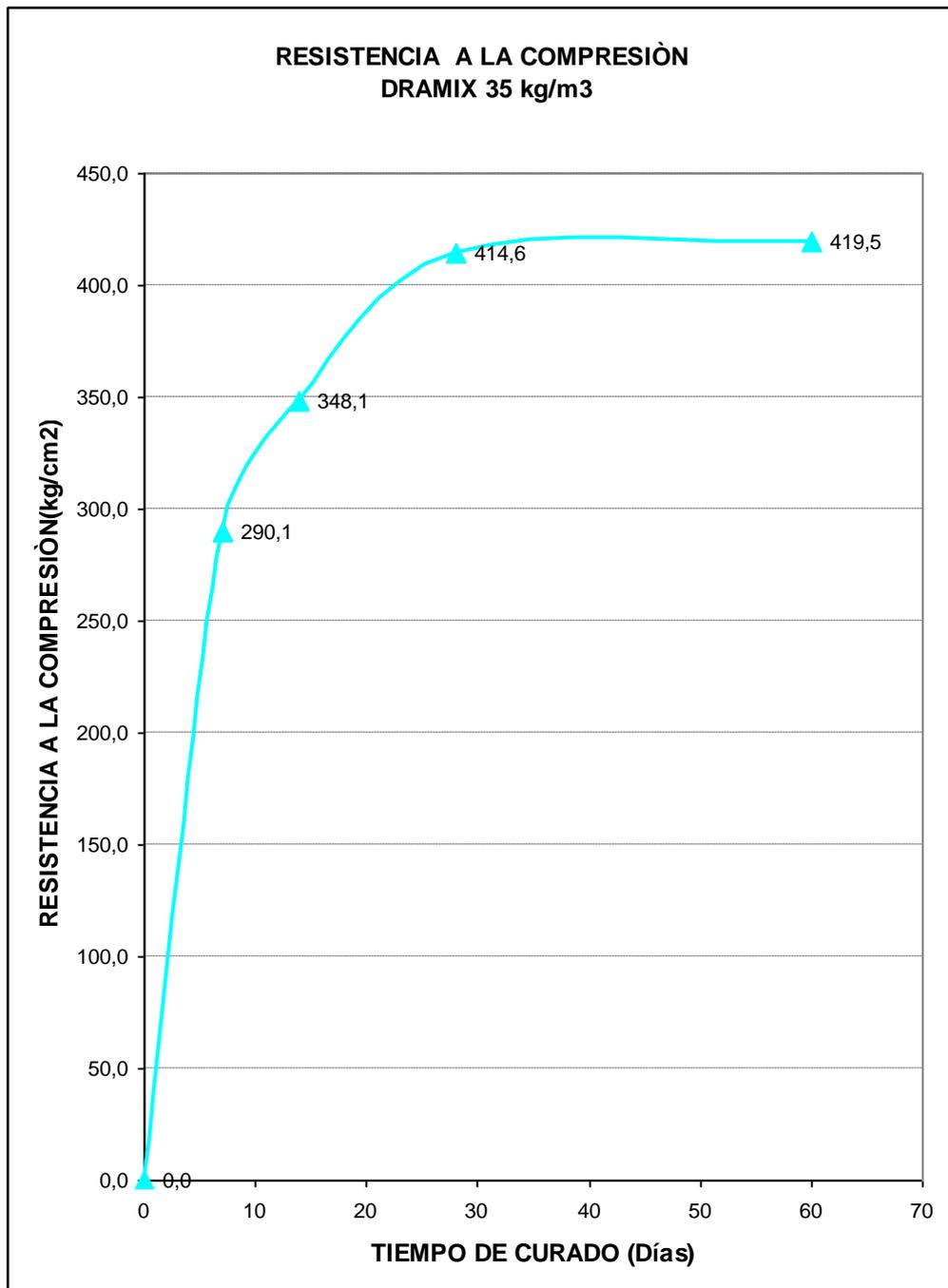
N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CD35 - 60D	15	717,7	73160		414,2	CONO	147,93
CD35 - 60D	15	731,8	74600		422,4	CONO	150,84
CD35 - 60D	15	731,2	74540		422,0	CONO	150,72

PROMEDIO 419,5  
DESVIACION ESTANDAR 4,6

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

**DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR 1m<sup>3</sup> = 35kg**



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m<sup>3</sup> = 35kg

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 15/08/2005

TIEMPO DE CURADO 7 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW35 - 7D	15	352,6	35940		203,5	CONO	72,67
CW35 - 7D	15	382,2	38960		220,6	CONO	78,78
CW35 - 7D	15	367,4	37450		212,0	CONO	75,73

PROMEDIO 212,0  
DESVIACION ESTANDAR 8,5

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 22/08/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	G	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW35 - 14D	15	498,3	50800		287,6	CONO	102,72
CW35 - 14D	15	516,7	52670		298,2	CONO	106,50
CW35 - 14D	15	503,8	51360		290,8	CONO	103,85

PROMEDIO 292,2  
DESVIACION ESTANDAR 5,4

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m<sup>3</sup> = 35kg

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 05/09/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW35 - 28D	15	670,4	68340	386,9	CONO	138,19
CW35 - 28D	15	641,8	65420	370,4	CONO	132,28
CW35 - 28D	15	674,4	68750	389,2	CONO	139,02

PROMEDIO 382,2  
DESVIACION ESTANDAR 10,3

FECHA DE MOLDEO : 08/08/2005

FECHA DE ROTURA : 07/10/2005

TIEMPO DE CURADO 60 días

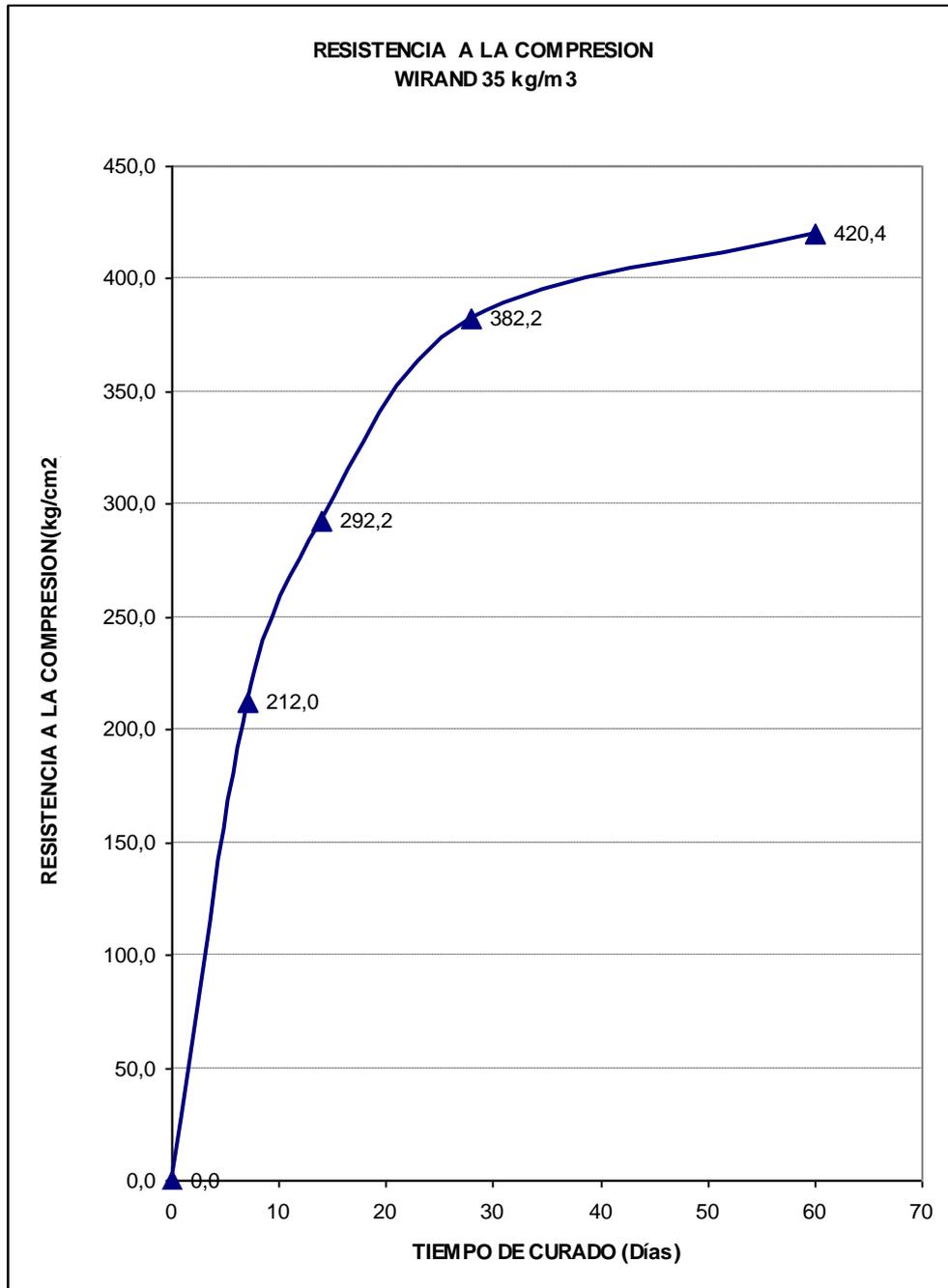
N° TESTIGOS	D (cm)	CARGA (KN)	CARGA G (Kg)	RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	% DE DISEÑO
CW35 - 60D	15	737,8	75210	425,8	CONO	152,08
CW35 - 60D	15	730,4	74450	421,5	CONO	150,54
CW35 - 60D	15	717,3	73120	414,0	CORTE	147,85

PROMEDIO 420,4  
DESVIACION ESTANDAR 6,0

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

**DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR 1m<sup>3</sup> = 35kg**

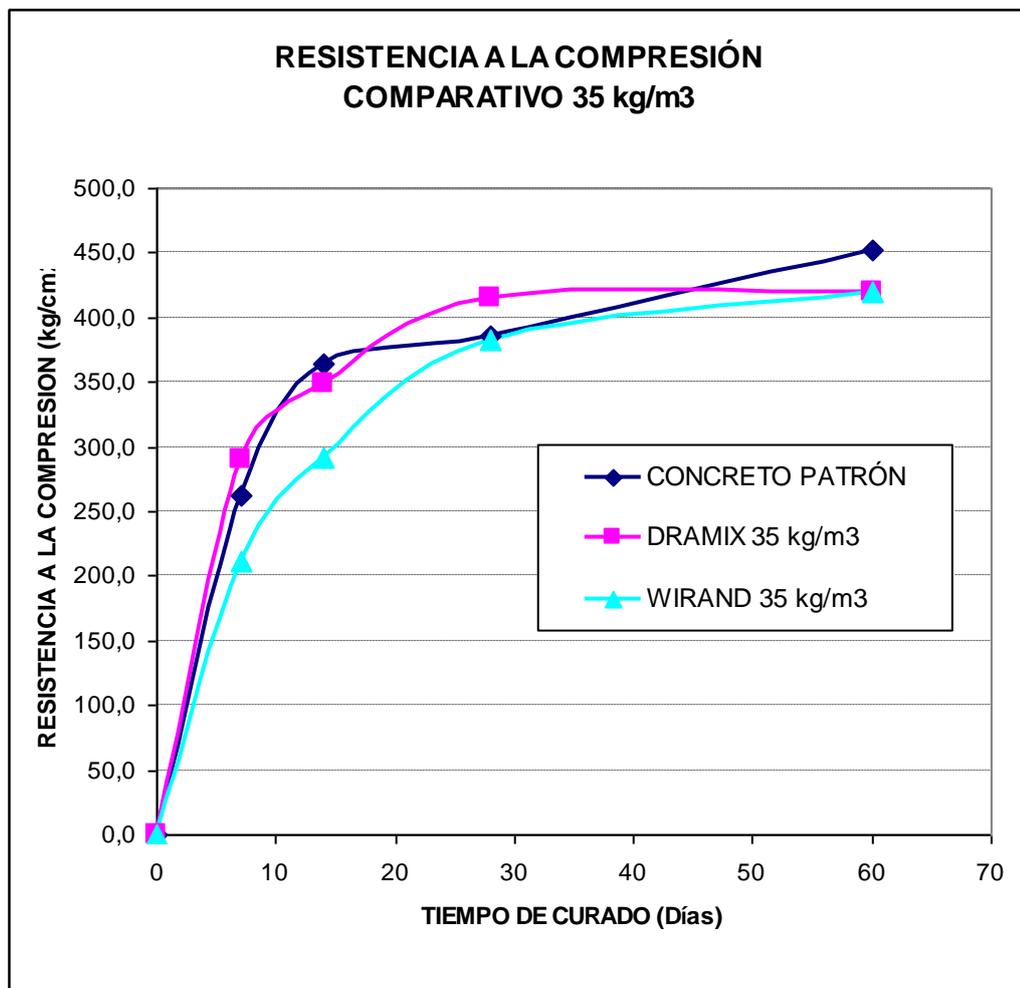


## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Edad (días)	Resistencia a la compresión f'c(kg/cm <sup>2</sup> )		
	CN	CD-25	CW-25
0	0,0	0,0	0,0
7	262,2	290,1	212,0
14	363,9	348,1	292,2
28	386,4	414,6	382,2
60	452,3	419,5	420,4

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz



### 5.2.2 Resistencia a la Flexión

Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de cómo mínimo tres veces el espesor. La Resistencia a la flexión se expresa como el *Módulo de Rotura* ( $M_r$ ) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C93 (cargada en el punto medio).

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. El Modulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es mas bajo que el Modulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

B = Ancho de la viga en cm.

H = Altura de la viga en cm.

P = Carga aplicada sobre la viga en kg

$M_r$  = Resistencia a la flexión en kg/cm<sup>2</sup>.

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

### CONCRETO PATRÓN

FECHA DE MOLDEO : 20/06/2005

FECHA DE ROTURA : 04/07/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V0 - 14d	15,3	15,4	38	3873,6	48,0
V0 - 14d	15,3	15,4	39,5	4026,5	49,9
V0 - 14d	15,4	15,5	33	3363,9	40,9

PROMEDIO 46,30

DESVIACIÓN ESTANDAR 4,8

FECHA DE MOLDEO : 20/06/2005

FECHA DE ROTURA : 18/07/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V0 - 28d	15,3	15,4	43,5	4434,3	55,0
V0 - 28d	15,2	15,4	44	4485,2	56,0
V0 - 28d	15,3	15,5	43	4383,3	53,7

PROMEDIO 54,9

DESVIACIÓN ESTANDAR 1,2

FECHA DE MOLDEO : 20/06/2005

FECHA DE ROTURA : 04/08/2005

TIEMPO DE CURADO 45 días

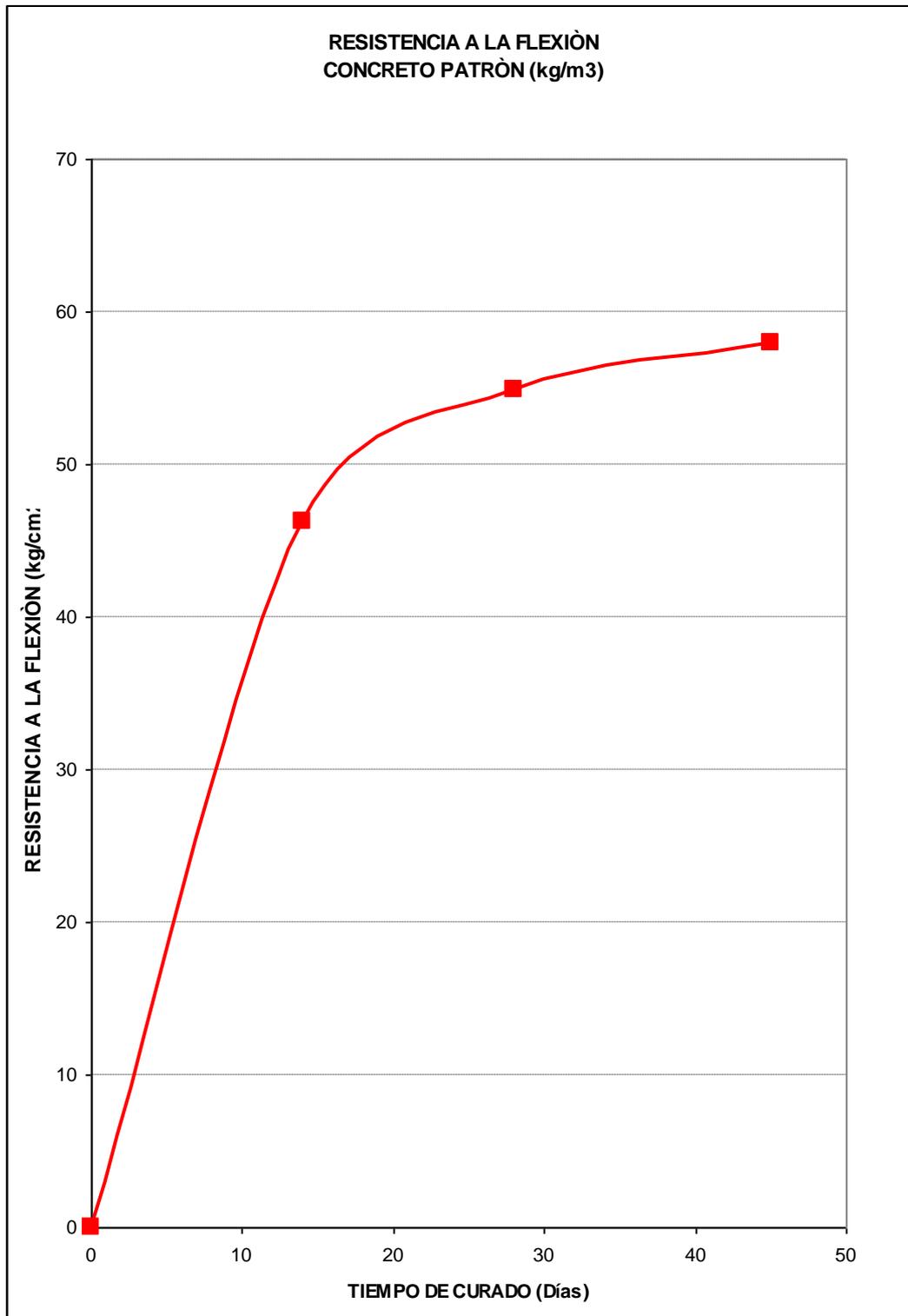
N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V0 - 45d	15,4	15,4	47,5	4842,0	59,7
V0 - 45d	15,5	15,4	43,5	4434,3	54,3
V0 - 45d	15,2	15,4	47	4791,0	59,8

PROMEDIO 57,9

DESVIACIÓN ESTANDAR 3,1

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )**

**CONCRETO PATRÓN**



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR $1\text{m}^3 = 20\text{kg}$

FECHA DE MOLDEO : 24/06/2005

FECHA DE ROTURA : 08/07/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V1 - 14d	15,3	15,4	33	3363,9	41,7
V1 - 14d	15,2	15,4	31,1	3170,2	39,6
V1 - 14d	15,2	15,5	30	3058,1	37,7

PROMEDIO 39,7

DESVIACIÓN ESTANDAR 2,0

FECHA DE MOLDEO : 24/06/2005

FECHA DE ROTURA : 22/07/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V1 - 28d	15,5	15,4	40	4077,5	49,9
V1 - 28d	15,4	15,5	39	3975,5	48,4
V1 - 28d	15,4	15,3	38,5	3924,6	49,0

PROMEDIO 49,1

DESVIACIÓN ESTANDAR 0,8

FECHA DE MOLDEO : 24/06/2005

FECHA DE ROTURA : 08/08/2005

TIEMPO DE CURADO 45 días

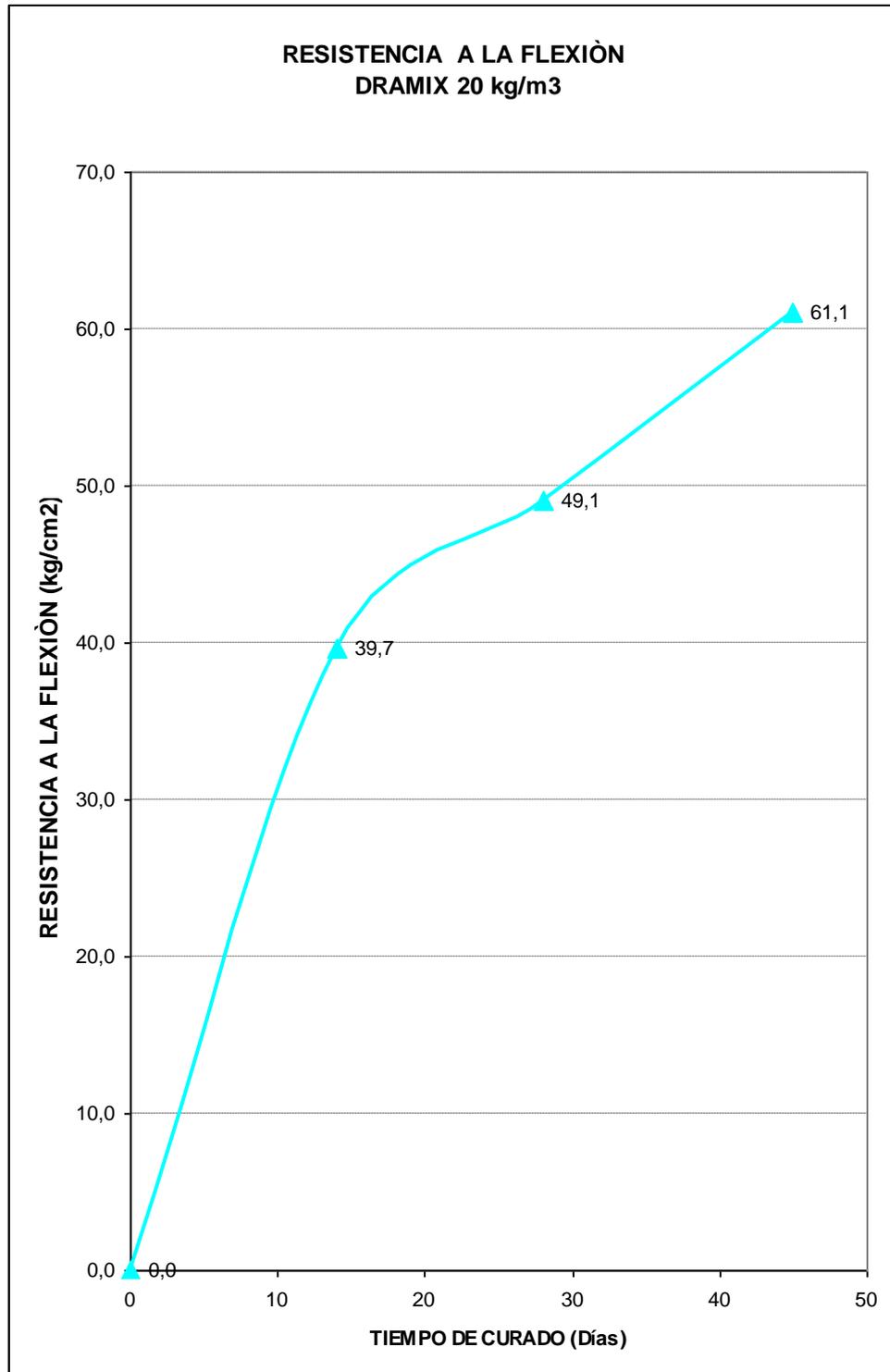
N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V1 - 45d	15,4	15,4	48	4893,0	60,3
V1 - 45d	15,5	15,3	45	4587,2	56,9
V1 - 45d	15,4	15,3	52	5300,7	66,2

PROMEDIO 61,1

DESVIACIÓN ESTANDAR 4,7

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÒN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )**

**DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR  $1\text{m}^3 = 20\text{kg}$**



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR $1\text{m}^3 = 20\text{kg}$

FECHA DE MOLDEO : 21/06/2005

FECHA DE ROTURA : 01/06/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V2 - 14d	15,4	15,4	41,5	4230,4	52,1
V2 - 14d	15,3	15,4	38	3873,6	48,0
V2 - 14d	15,3	15,4	39,5	4026,5	49,9

PROMEDIO 50,0

DESVIACIÓN ESTANDAR 2,0

FECHA DE MOLDEO : 21/06/2005

FECHA DE ROTURA : 19/07/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V2 - 28d	15,3	15,3	45	4587,2	57,6
V2 - 28d	15,2	15,5	42	4281,3	52,8
V2 - 28d	15,3	15,4	43	4383,3	54,4

PROMEDIO 54,9

DESVIACIÓN ESTANDAR 2,5

FECHA DE MOLDEO : 18/05/2005

FECHA DE ROTURA : 04/07/2005

TIEMPO DE CURADO 45 días

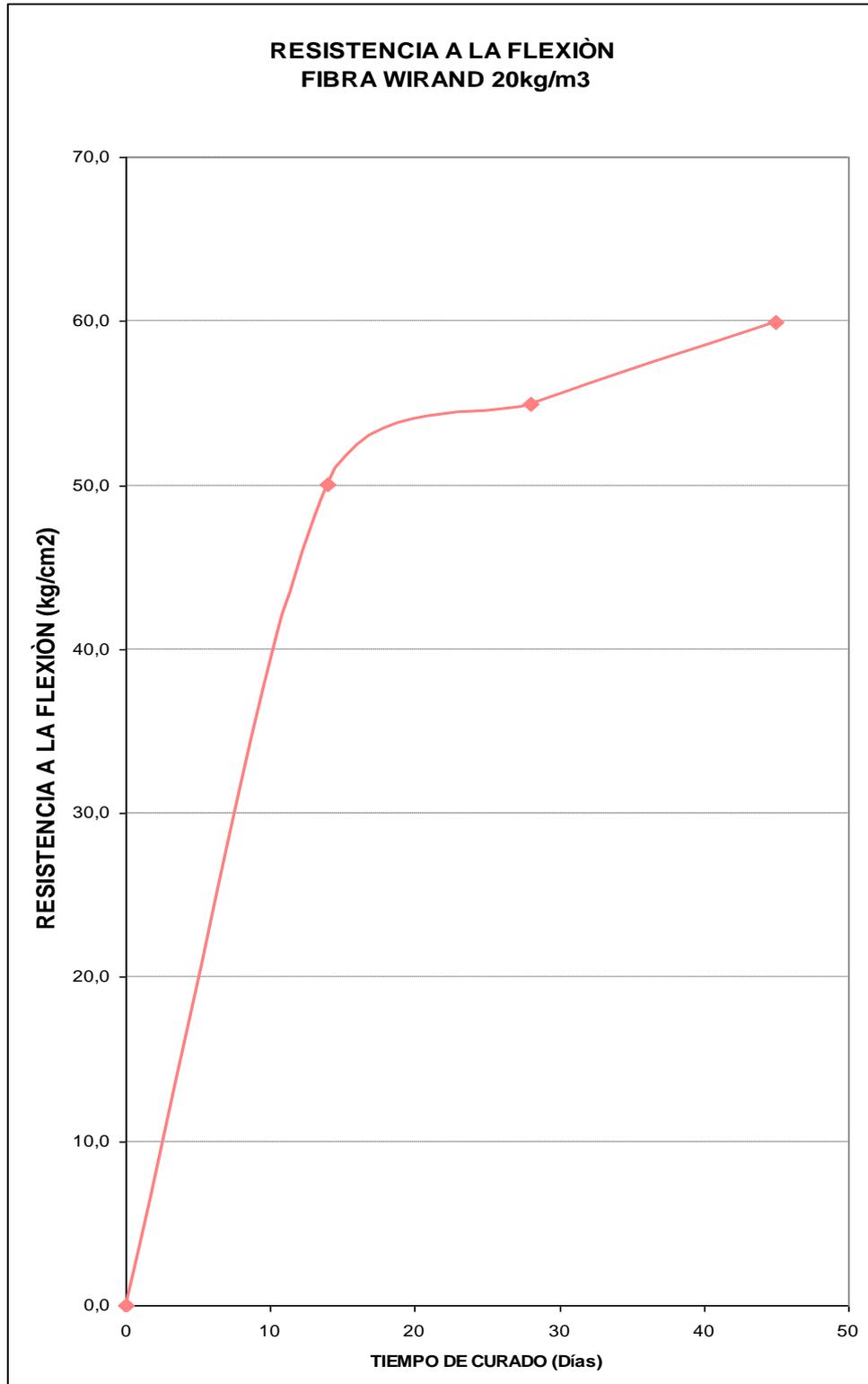
N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V2 - 45d	15,3	15,4	49	4994,9	61,9
V2 - 45d	15,4	15,6	48	4893,0	58,8
V2 - 45d	15,4	15,3	46,5	4740,1	59,2

PROMEDIO 60,0

DESVIACIÓN ESTANDAR 1,7

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )**

**DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR  $1\text{m}^3 = 20\text{kg}$**



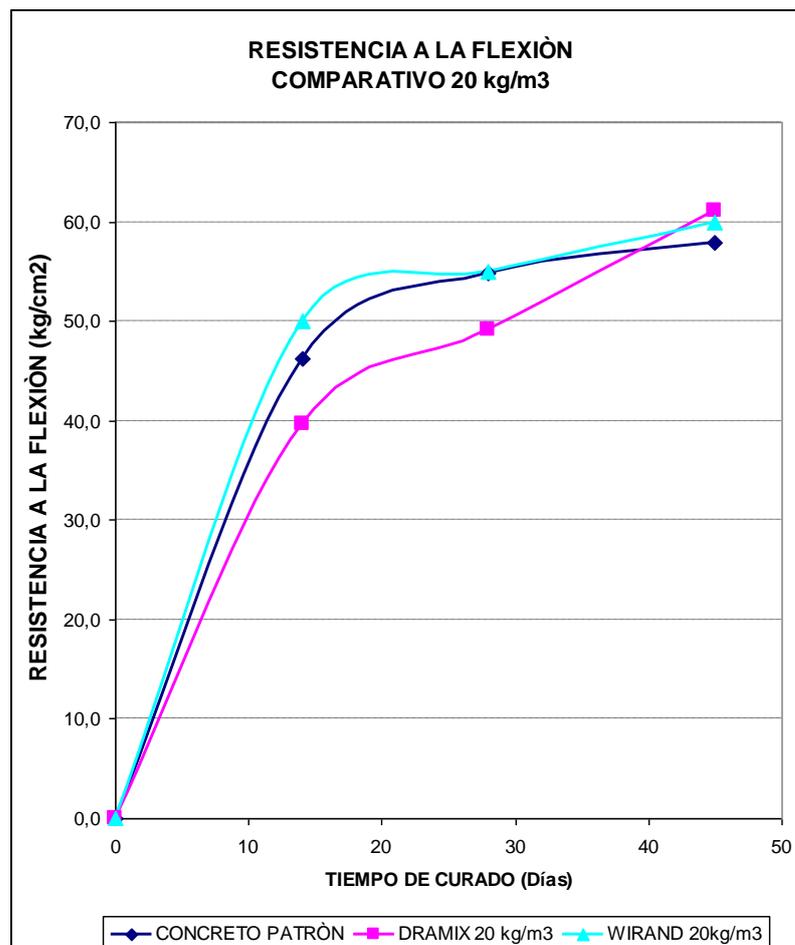
**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280$   
 $\text{kg/cm}^2$ )**

Edad (días)	Resistencia a la compresión $f'_c(\text{kg/cm}^2)$		
	CN	CD-20	CW-20
0	0,0	0,0	0,0
14	46,3	39,7	50,0
28	54,9	49,1	54,9
45	57,9	61,1	60,0

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )**

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

**DOSIFICACION DE FIBRA POR  $1\text{m}^3 = 20\text{kg}$**



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR $1\text{m}^3 = 25\text{kg}$

FECHA DE MOLDEO : 19/07/2005

FECHA DE ROTURA : 02/08/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V1 - 14d	15,2	15,4	36,5	3720,7	46,4
V1 - 14d	15,4	15,5	33	3363,9	40,9
V1 - 14d	15,4	15,4	35	3567,8	44,0
PROMEDIO					43,8
DESVIACIÓN ESTANDAR					2,8

FECHA DE MOLDEO : 19/07/2005

FECHA DE ROTURA : 16/08/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V1 - 28d	15,3	15,4	45	4587,2	56,9
V1 - 28d	15,5	15,4	44,5	4536,2	55,5
V1 - 28d	15,3	15,5	44	4485,2	54,9
PROMEDIO					55,8
DESVIACIÓN ESTANDAR					1,0

FECHA DE MOLDEO : 19/07/2005

FECHA DE ROTURA : 02/09/2005

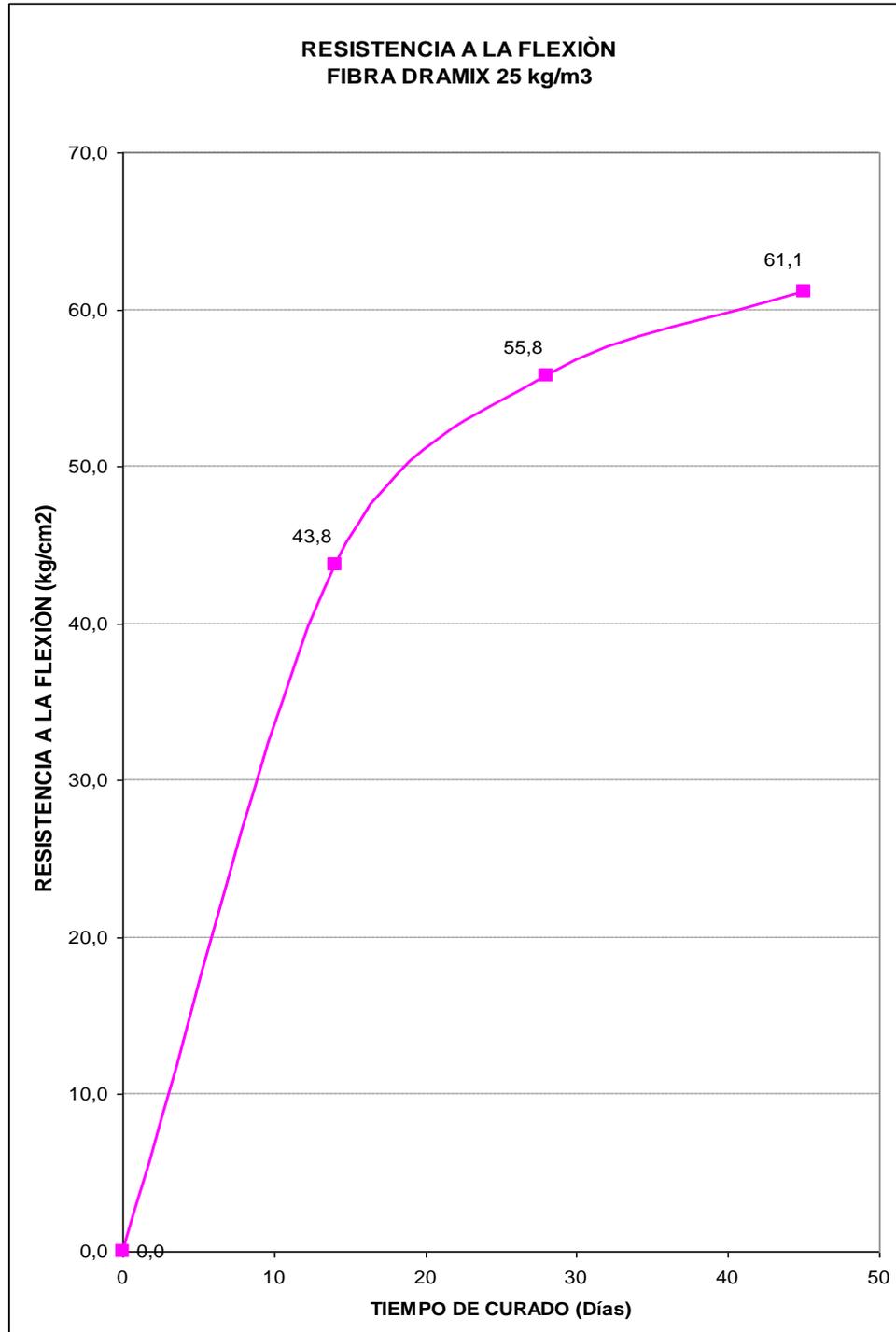
TIEMPO DE CURADO 45 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V1 - 45d	15,3	15,4	48	4893,0	60,7
V1 - 45d	15,2	15,6	49	4994,9	60,8
V1 - 45d	15,2	15,6	50	5096,8	62,0
PROMEDIO					61,1
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,7

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA DRAMIX POR $1\text{m}^3 = 25\text{kg}$



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA POR $1\text{m}^3 = 25\text{kg}$

FECHA DE MOLDEO : 21/07/2005

FECHA DE ROTURA : 01/06/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V2 - 14d	15,3	15,5	38,5	3924,6	48,0
V2 - 14d	15,3	15,3	37	3771,7	47,4
V2 - 14d	15,3	15,4	38	3873,6	48,0

PROMEDIO 47,8  
DESVIACIÓN ESTANDAR 0,4

FECHA DE MOLDEO : 21/07/2005

FECHA DE ROTURA : 18/08/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V2 - 28d	15,4	15,5	44	4485,2	54,6
V2 - 28d	15,4	15,5	41	4179,4	50,8
V2 - 28d	15,5	15,3	42	4281,3	53,1

PROMEDIO 52,8  
DESVIACIÓN ESTANDAR 1,9

FECHA DE MOLDEO : 21/07/2005

FECHA DE ROTURA : 22/07/2005

TIEMPO DE CURADO 45 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V2 - 45d	15,6	15,3	43,5	4434,3	54,6
V2 - 45d	15,3	15,4	44,5	4536,2	56,3
V2 - 45d	15,5	15,4	45	4587,2	56,2

PROMEDIO 55,7  
DESVIACIÓN ESTANDAR 0,9

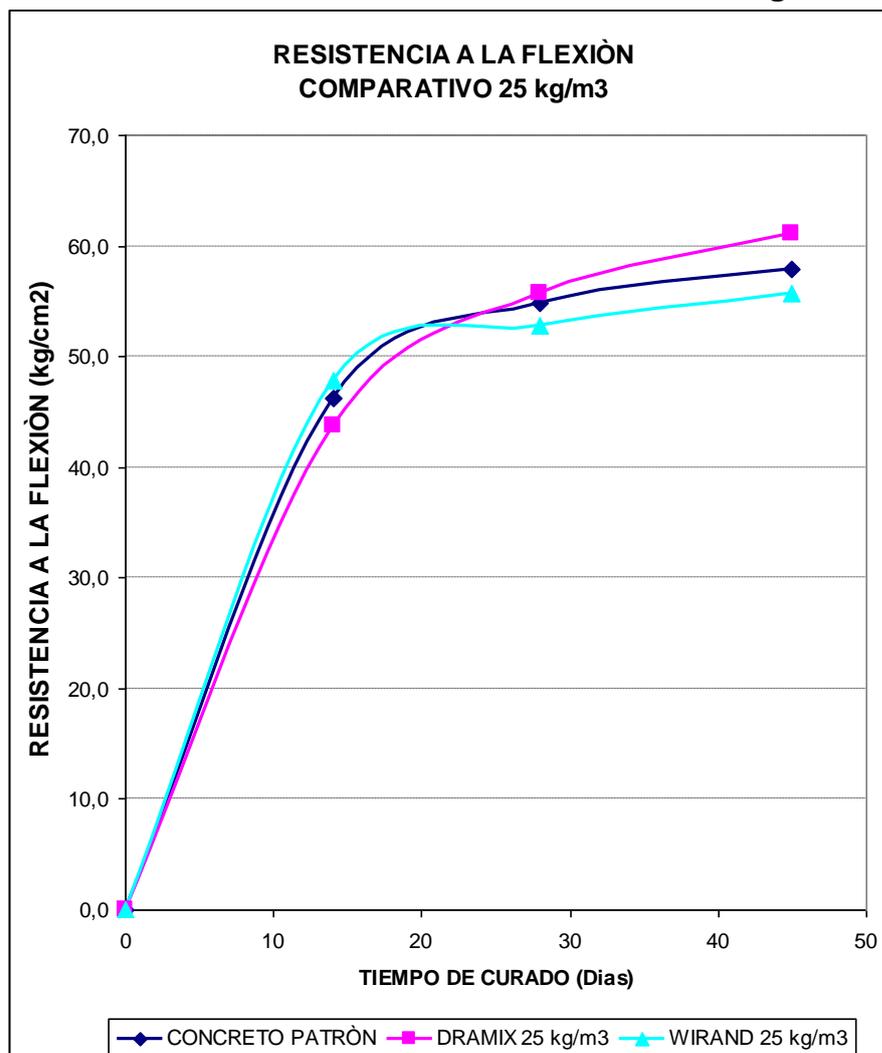
### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

Edad (días)	Resistencia a la compresión $f'_c(\text{kg/cm}^2)$		
	CN	CD-20	CW-20
0	0,0	0,0	0,0
14	46,3	43,8	47,8
28	54,9	55,8	52,8
45	57,9	61,1	55,7

### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

#### DOSIFICACION DE FIBRA POR $1\text{m}^3 = 25\text{kg}$



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA POR $1\text{m}^3 = 35\text{kg}$

FECHA DE MOLDEO : 19/07/2005

FECHA DE ROTURA : 02/08/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V1 - 14d	15,3	15,6	36,5	3720,7	45,0
V1 - 14d	15,3	15,4	37,5	3822,6	47,4
V1 - 14d	15,2	15,5	38	3873,6	47,7
PROMEDIO					46,7
DESVIACIÓN ESTANDAR					1,5

FECHA DE MOLDEO : 19/07/2005

FECHA DE ROTURA : 16/08/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V1 - 28d	15,3	15,3	47,5	4842,0	60,8
V1 - 28d	15,2	15,5	45	4587,2	56,5
V1 - 28d	15,3	15,4	46	4689,1	58,2
PROMEDIO					58,5
DESVIACIÓN ESTANDAR					2,2

FECHA DE MOLDEO : 19/07/2005

FECHA DE ROTURA : 02/09/2005

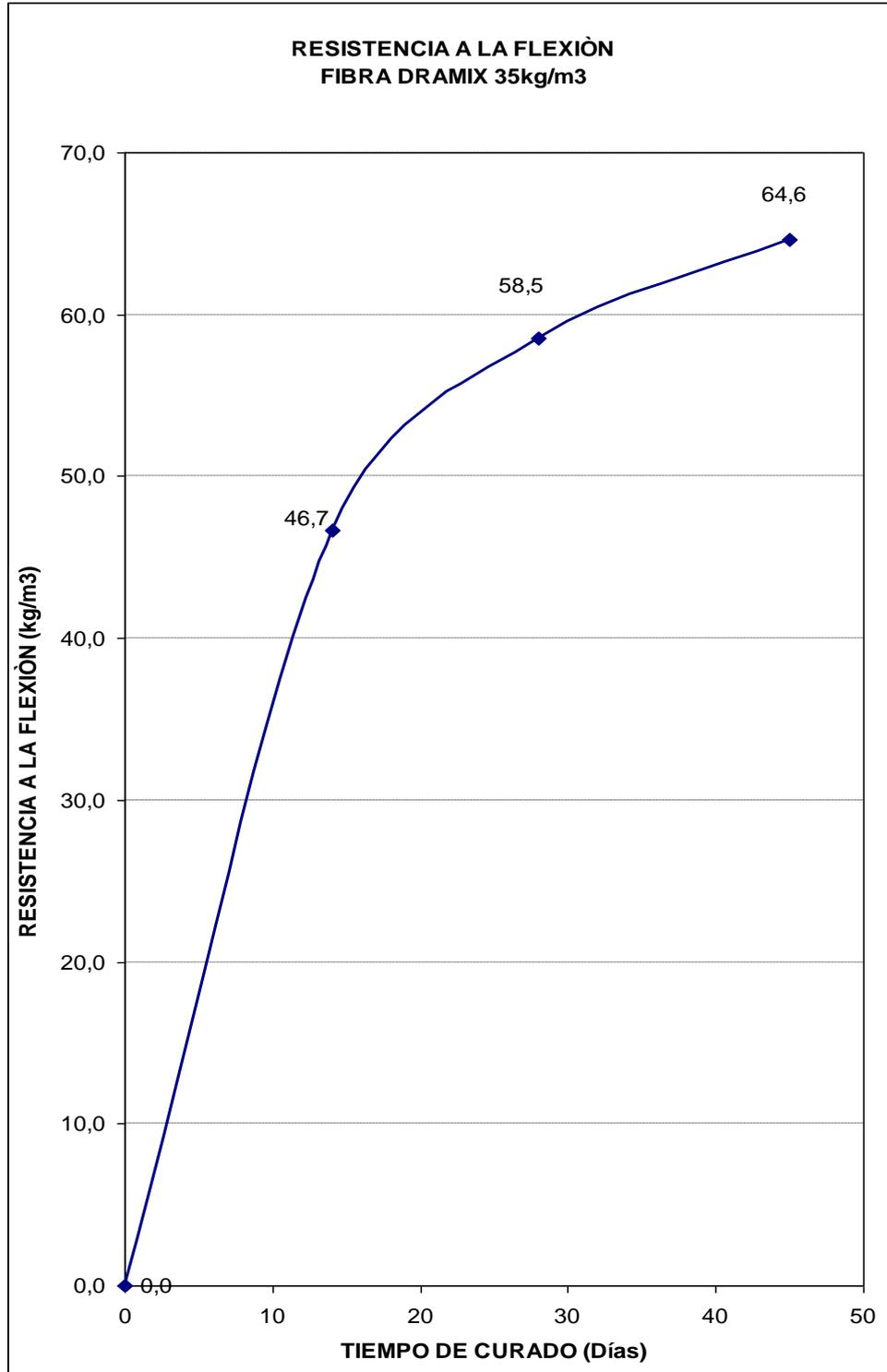
TIEMPO DE CURADO 45 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
V1 - 45d	15,2	15,4	50	5096,8	63,6
V1 - 45d	15,3	15,4	51	5198,8	64,5
V1 - 45d	15,3	15,4	52	5300,7	65,7
PROMEDIO					64,6
DESVIACIÓN ESTANDAR					1,1

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Alborno

### DOSIFICACION DE FIBRA POR $1\text{m}^3 = 35\text{kg}$



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

### DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR $1\text{m}^3 = 35\text{kg}$

FECHA DE MOLDEO : 21/07/2005

FECHA DE ROTURA : 01/06/2005

TIEMPO DE CURADO 14 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V2 - 14d	15,3	15,6	38	3873,6	46,8
V2 - 14d	15,3	15,4	37,5	3822,6	47,4
V2 - 14d	15,3	15,4	38,5	3924,6	48,7
PROMEDIO					47,6
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,9

FECHA DE MOLDEO : 21/07/2005

FECHA DE ROTURA : 18/08/2005

TIEMPO DE CURADO 28 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V2 - 28d	15,5	15,4	45	4587,2	56,2
V2 - 28d	15,4	15,5	44,5	4536,2	55,2
V2 - 28d	15,2	15,4	42	4281,3	53,4
PROMEDIO					54,9
DESVIACIÓN ESTANDAR					1,4

FECHA DE MOLDEO : 21/07/2005

FECHA DE ROTURA : 04/09/2005

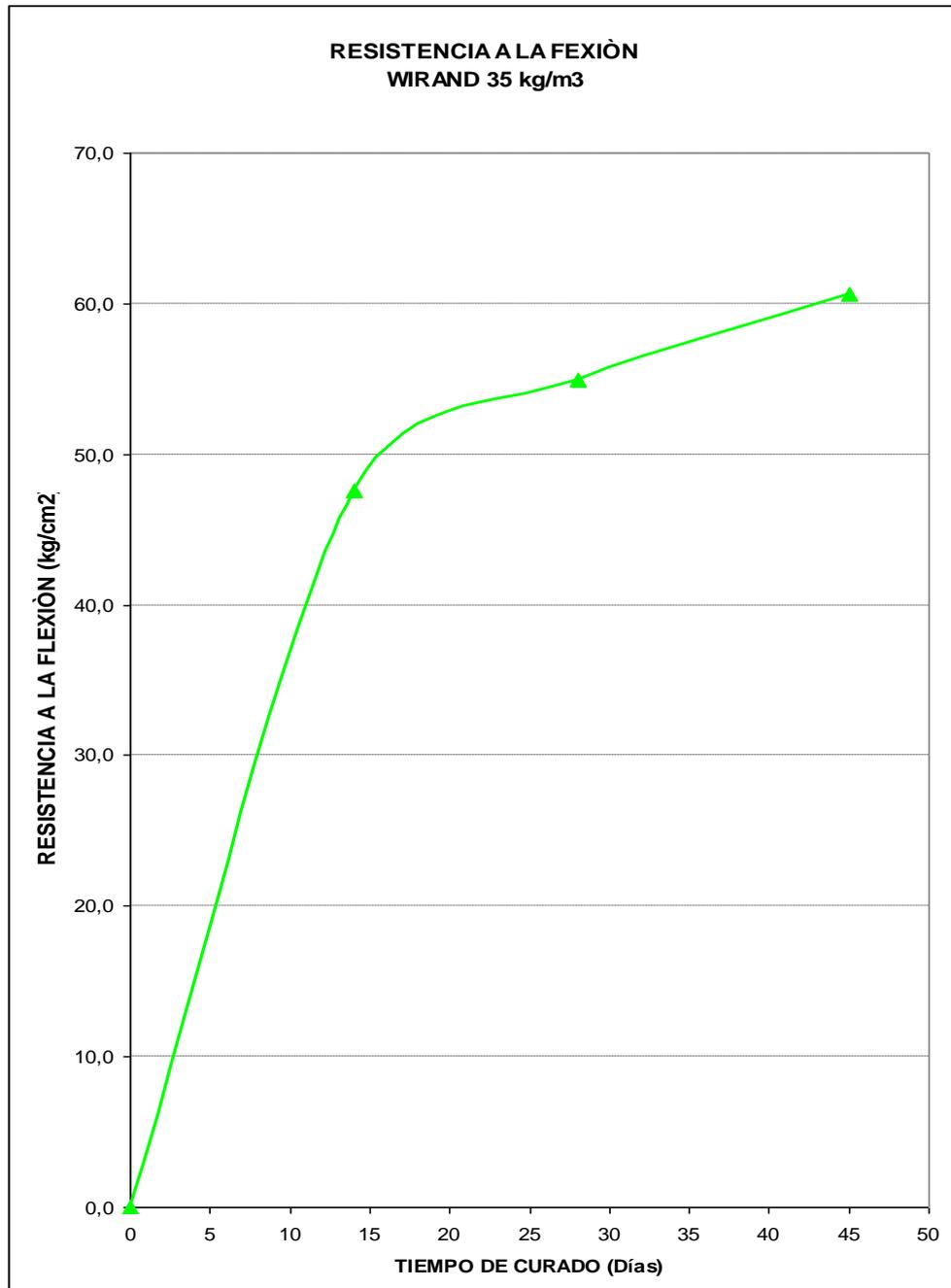
TIEMPO DE CURADO 45 días

N° TESTIGOS	Base b (cm)	Altura h(cm)	CARGA (KN)	CARGA P (Kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
V2 - 45d	15,4	15,4	50	5096,8	62,8
V2 - 45d	15,3	15,4	47,5	4842,0	60,0
V2 - 45d	15,5	15,5	48	4893,0	59,1
PROMEDIO					60,7
DESVIACIÓN ESTANDAR					1,9

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

**DOSIFICACION DE FIBRA WIRAND POR  $1\text{m}^3 = 35\text{kg}$**



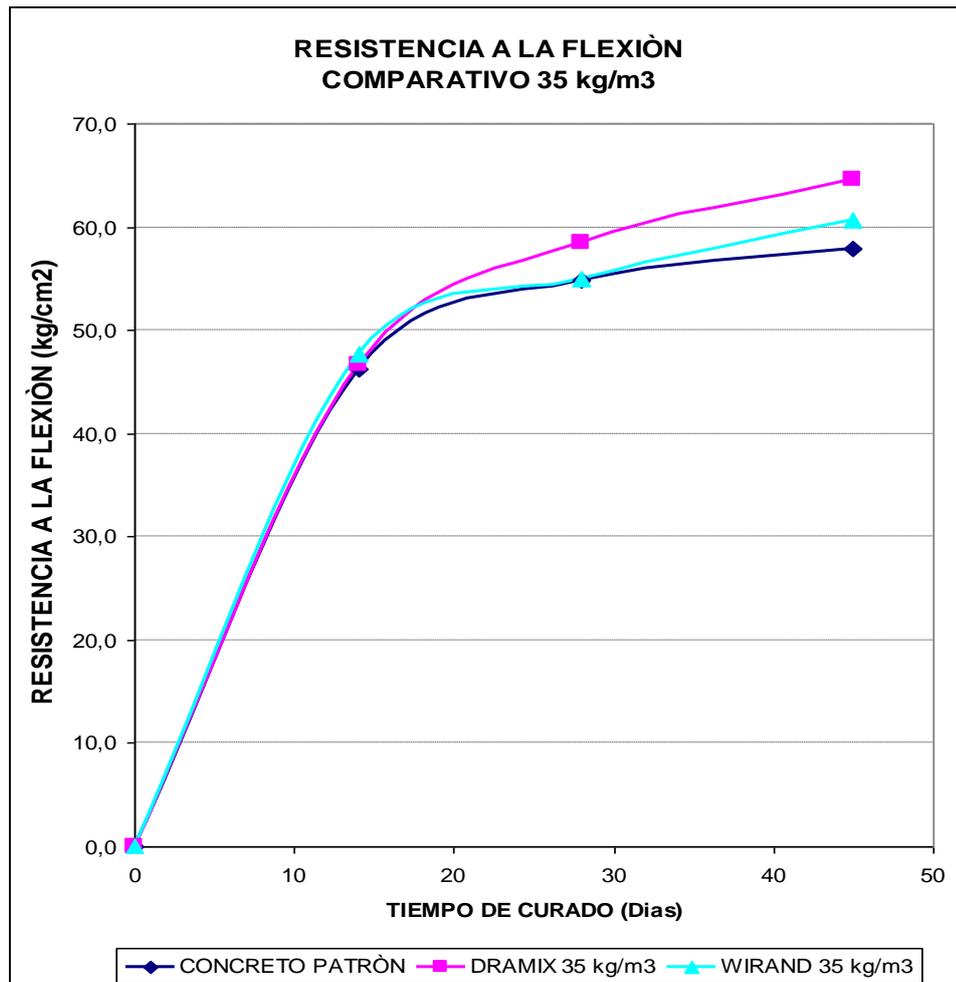
**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN (f'c =280 kg/cm²)**

Edad (días)	Resistencia a la compresión f'c(kg/cm²)		
	CN	CD-20	CW-20
0	0,0	0,0	0,0
14	46,3	46,7	47,6
28	54,9	58,5	54,9
45	57,9	64,6	60,7

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN (f'c =280 kg/cm²)**

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

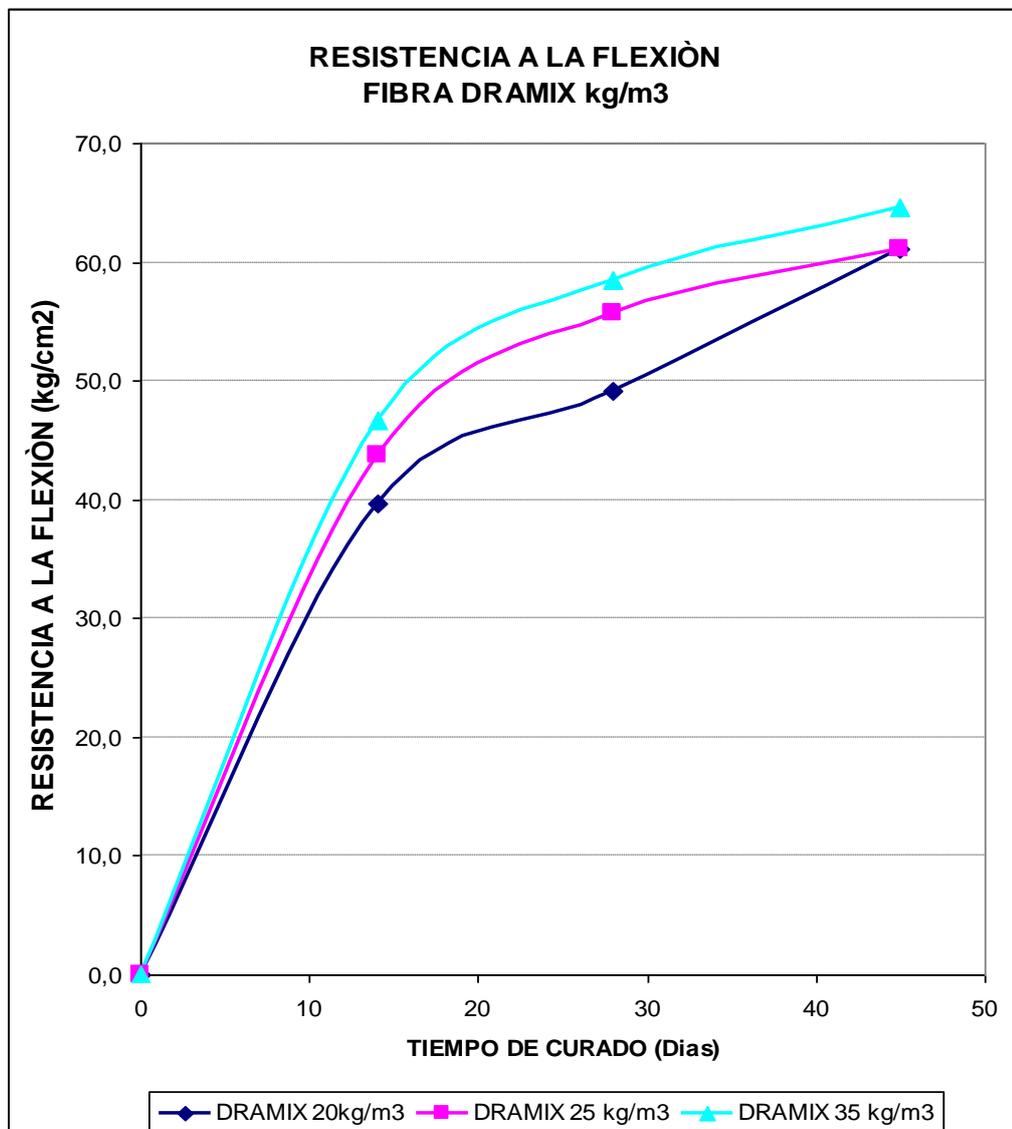
**DOSIFICACION DE FIBRA POR 1m3 =35kg**



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

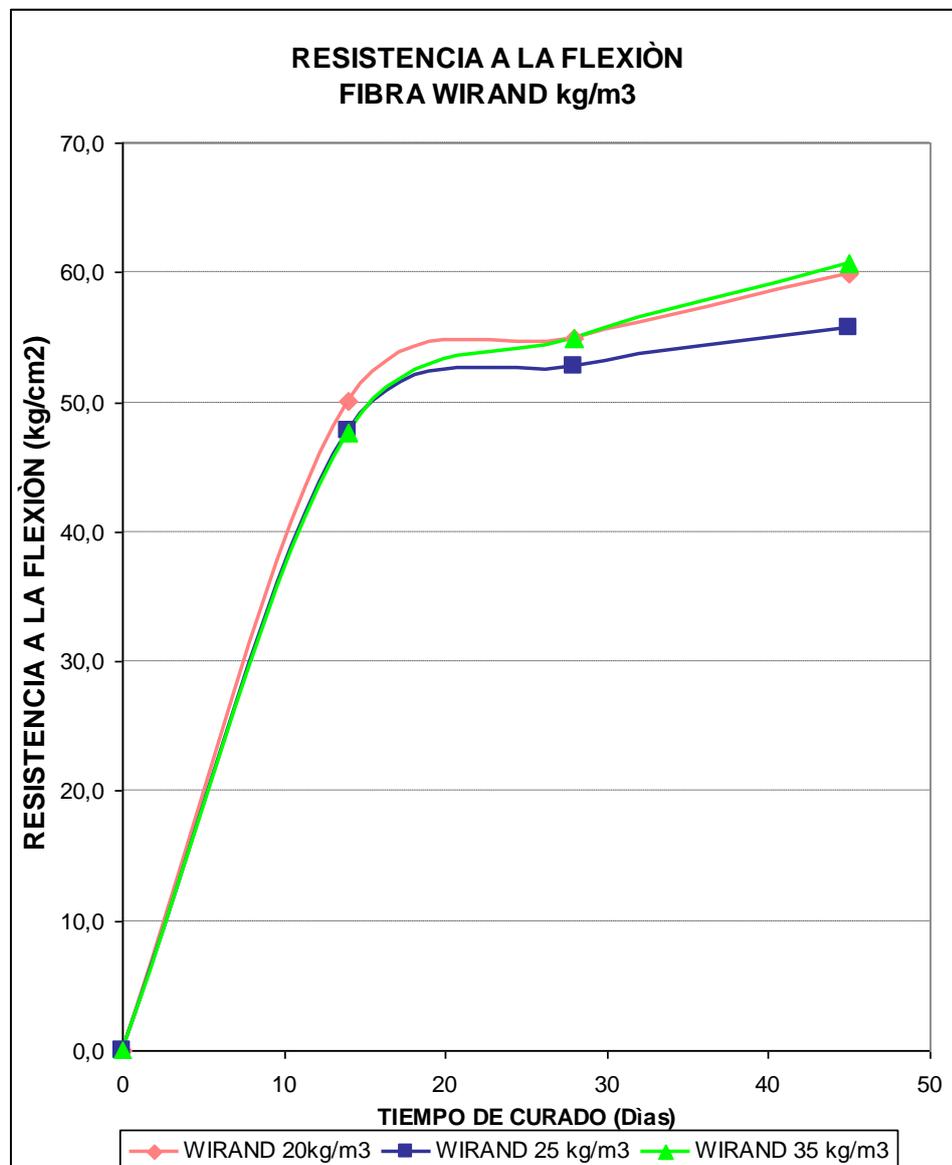
Edad (días)	Resistencia a la compresión $f'_c(\text{kg/cm}^2)$		
	20	25	35
0	0,0	0,0	0,0
14	39,7	43,8	46,7
28	49,1	55,8	58,5
45	61,1	61,1	64,6



## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

REALIZADO POR : Bach. Ing. Civil Vanessa Corcino Albornoz

Edad (días)	Resistencia a la compresión $f'_c(\text{kg/cm}^2)$		
	20	25	35
0	0,0	0,0	0,0
14	50,0	47,8	47,6
28	54,9	52,8	54,9
45	60,0	55,7	60,7



# **CAPITULO 6. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

## **6.1 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS**

De acuerdo a los materiales utilizados se llego a las siguientes conclusiones:

- ✓ El tipo de cemento empleado fue cemento ANDINO TIPO V, el cual cumplió con todas las especificaciones dadas por el fabricante, ya que no presentó ninguna alteración o efecto negativo durante los ensayos de concreto fresco.
- ✓ El agregado fino procedente de la Cantera Jicamarca Huachipa, presentó un módulo de fineza de 2,82 encontrándose en el rango especificado por la ASTM de 2,3 a 3,1 garantizando que el material presenta una granulometría bien graduada. Las características del material empleado cumplió con todas las especificaciones
- ✓ El agregado grueso procedente de la Cantera Jicamarca presentó una granulometría muy bien graduada, con un tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ " y un tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ ". Las características del material empleado cumplió con todas las especificaciones.

- ✓ Para el presente informe se empleó agua potable para el curado y mezclado de las muestras.
  
- ✓ Para los ensayos realizados se utilizaron 2 tipos de fibras: 1) **DRAMIX RC 80/60** con una longitud de 60 mm, un diámetro de 0,75 mm y una relación de aspecto de 80 y la forma de presentación en forma encolada en peines; 2) **WIRAND FF1**, con una longitud de 50 mm, diámetro de 1 mm, su relación de aspecto de es 50 y su forma de presentación es suelta. Ambas fibras presentan dobleces en sus extremos, para mejorar la adherencia y anclaje.

#### **6.1.1 Análisis de los Ensayos de Concreto Fresco**

- ✓ Con el ensayo de trabajabilidad se logra apreciar una clara influencia de la presencia de las fibras en el concreto fresco, observándose una disminución de la consistencia de la mezcla a medida que aumentaba el porcentaje de fibra de acero adicionado, para ambas fibras ocurre lo mismo. A medida que aumenta la cantidad de fibra adicionada a la mezcla de concreto el asentamiento es menor. Se observa, entonces, una proporcionalidad inversa entre la cantidad de fibra adicionada y el asentamiento. Es decir, a mayor porcentaje de fibra adicionado menor será el asentamiento. Todos los ensayos realizados estuvieron dentro del rango de consistencia (3" a 4") de acuerdo al diseño de mezcla.

- ✓ El mayor asentamiento correspondió al concreto con dosificación de 20 kg/m<sup>3</sup> WIRAND obteniendo 4 ¼”, mientras que el menor alcanzó a los 3 ½”, este valor correspondió a dos dosificaciones WIRAND de 25 y 35 kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Para ambas fibras, el peso unitario del concreto fue incrementándose poco a poco conforme aumentaba la dosificación de fibra en la mezcla.

## 6.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los ensayos elaborados de acuerdo a la Norma Técnica Peruana, probetas cilíndricas de 6” x 12”, las que se procedieron a desencofrar y colocar en las pozas de curado que fueron previamente acondicionadas. A continuación se presenta un cuadro con los valores promedio de las diferentes muestras tomadas:

<b>RESISTENCIAS PROMEDIO A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>TIPO</b>	<b>EDAD</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>60</b>
<b>CPATRON</b>		262,2	363,9	386,4	452,3
<b>DRAMIX 20 KG</b>		229,0	296,5	352,7	436,7
<b>WIRAND 20 KG</b>		245,7	331,3	399,8	423,2
<b>DRAMIX 25 KG</b>		244,3	310,5	441,9	460,0
<b>WIRAND 25 KG</b>		297,4	407,1	424,3	447,0
<b>DRAMIX 35 KG</b>		290.1	348.1	414.6	419.5

<b>WIRAND 35 KG</b>	212,0	292,2	382,2	420,4
---------------------	-------	-------	-------	-------

Del cuadro anterior podemos deducir lo siguiente:

- ✓ Que la mayor resistencia a la compresión la obtuvo el concreto reforzado con fibra DRAMIX con la dosificación de 25 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando valores de 441,9 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y de 460,0 kg/cm<sup>2</sup> a los 60 días.
- ✓ Que el concreto reforzado con fibra WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>) alcanza la más alta resistencia a los 7 días, con un valor de 297,4 kg/cm<sup>2</sup>

En el siguiente cuadro se muestra el desarrollo progresivo de la resistencia a la compresión en porcentaje:

<b>RESISTENCIAS PROMEDIO A LA COMPRESION EN %</b>				
<b>TIPO \ EDAD</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>60</b>
<b>CSIMPLE</b>	93,6%	130,0%	138,0%	161,5%
<b>DRAMIX 20 KG</b>	81,8%	105,9%	126,0%	155,9%
<b>WIRAND 20 KG</b>	87,7%	118,3%	142,8%	151,2%
<b>DRAMIX 25 KG</b>	87,2%	110,9%	157,8%	164,3%

<b>WIRAND 25 KG</b>	106,2%	145,4%	151,5%	159,6%
<b>DRAMIX 35 KG</b>	103,6%	124,3%	148,1%	149,8%
<b>WIRAND 35 KG</b>	75,7%	104,4%	136,5%	150,2%

Del cuadro anterior podemos indicar lo siguiente:

- ✓ Se está cumpliendo con la norma, ya que a los 7 días todos los especímenes llegan con holgura al 70 % de la resistencia a la compresión.
- ✓ A los 28 días todas las resistencias de todos los tipos de concreto superan el 100% de la resistencia a la compresión.
- ✓ Se puede apreciar que de los 28 días a los 60 días el aumento fue muy poco, desde un 3% a un casi 30% como máximo.

### **6.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

Los ensayos de flexión son extremadamente sensibles a la preparación, manipulación y procedimientos de curado de las probetas prismáticas. Las vigas son muy pesadas y pueden ser dañadas cuando se manipulan y transportan desde el lugar de trabajo hasta las pozas de curado.

A continuación se presenta un cuadro con los valores promedio de las diferentes muestras tomadas:

<b>RESISTENCIAS PROMEDIO A LA FLEXION</b>				
<b>EDAD</b>	<b>TIPO</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>45</b>
	<b>CSIMPLE</b>	46,3	54,9	57,9
	<b>DRAMIX 20 KG</b>	39,7	49,1	61,1
	<b>WIRAND 20 KG</b>	50,0	54,9	60,0
	<b>DRAMIX 25 KG</b>	43,8	55,8	61,1
	<b>WIRAND 25 KG</b>	47,8	52,8	55,7
	<b>DRAMIX 35 KG</b>	46,7	58,5	64,6
	<b>WIRAND 35 KG</b>	47,6	54,9	60,7

- ✓ La resistencia a la flexión, para un concreto de peso normal se aproxima a menudo de 1,99 a 2,65 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión, siendo estos valores de 33,3 kg/cm<sup>2</sup> a 43,3 kg/cm<sup>2</sup>, según los resultados obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio, todos se encuentran dentro del rango requerido.

# **CAPITULO 7. CONCLUSIONES**

## **7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La incorporación de fibras de acero, tiene una serie de repercusiones sobre las propiedades del concreto en estado fresco, destacando entre ellas la reducción de la trabajabilidad. A medida que aumenta el porcentaje de fibra de acero adicionado al concreto la consistencia de la mezcla disminuye.

La pérdida de trabajabilidad en el concreto con fibras está acompañada de un efecto que puede ser beneficioso, ya que se aumenta la cohesión del concreto.

Lo anterior ofrece algunas ventajas constructivas en algunas obras particulares, tal como concreto lanzado en taludes, vaciado del concreto desde cierta altura y concreto proyectado.

En cuanto a las propiedades mecánicas del concreto endurecido, de acuerdo a los ensayos realizados se observa que la resistencia a la compresión si bien aumenta a medida que la mezcla de concreto contiene mayor porcentaje de fibra de acero; este aumento es muy pequeño. Se puede decir, que la adición de fibra de acero no tiene mayor influencia en el aumento de la resistencia a la compresión del concreto. El aporte de las fibras a la resistencia a la compresión del concreto es que evita que este tenga una falla frágil y explosiva, dándole ductilidad al compuesto.

En cuanto a la resistencia a la flexión, se aprecia claramente el aumento de este valor a medida que se aumenta el porcentaje de fibra de acero presente en la mezcla de concreto. Se concluye entonces que la adición de fibra de acero es un factor relevante en el aumento de la resistencia a la flexión del concreto, cumpliéndose que a mayor porcentaje de fibra de acero adicionado, mayor es el aumento de la resistencia a la flexión.

Las recomendaciones que se pueden llegar a concluir es que con el uso de fibras de acero como parte integrante del concreto, es capaz de producir cambios favorables en su comportamiento. De los ensayos realizados se advierte que los mayores beneficios se obtienen en el aumento de la resistencia a la flexión del concreto.

En base a la bibliografía estudiada se encuentra que existe acuerdo en cuanto a que el concreto reforzado con fibras de acero mejora en forma notable la resistencia a los impactos y la fisuración, además de mejorar, en algún grado, la capacidad de deformación del concreto otorgándole mayor tenacidad y ductilidad.

Como consecuencia del análisis de los resultados de la presente investigación, se puede señalar que las aplicaciones en las cuales el concreto reforzado con fibra de acero puede brindar excelentes resultados, son las siguientes:

- ✓ Losas
- ✓ Sobrelosas
- ✓ Pavimentos Industriales

- ✓ Pavimentos para Contenedores
- ✓ Concreto Proyectado
- ✓ Revestimientos de Túneles
- ✓ Prefabricados

De los dos tipos de fibra utilizadas se puede decir que ambas se comportaron iguales, salvo por una diferencia mínima, pero que cumplieron con los requisitos de la norma.

Las diferencias de la fibra de acero con las demás fibras es que no tienen influencia en el aumento de la resistencia a la flexión en el concreto, como sí lo hace la fibra de acero. Desde este punto de vista la fibra de acero es superior.

El contenido de fibra generalmente está entre 1 al 3% en volumen y con el aumento de este se incrementan las propiedades mecánicas pero se perjudica la trabajabilidad. Por ejemplo la resistencia a flexión se incrementa de 2 a 3 veces respecto a la de un concreto no reforzado, creciendo con la relación de forma de las fibras. La resistencia al impacto crece entre 4 a 6 veces respecto al concreto normal.

Otros factores que afectan a la resistencia a flexión del concreto reforzado con fibras son la orientación de las fibras y la adherencia de las fibras a la matriz (mucho árido grueso disminuye la adherencia)

- ✓ Permitir que una viga se seque dará como resultado resistencias más bajas. Las vigas deben ser curadas de forma normativa y ensayadas mientras se encuentren húmedas. El cumplimiento de todos estos requerimientos en el lugar de trabajo es extremadamente difícil lo que da frecuentemente como resultado, valores de Modulo de rotura no confiables y generalmente bajos. Un periodo corto de secado puede producir una caída brusca de la resistencia a la flexión.
- ✓ No se invierte tiempo en la colocación de malla electrosoldada, se reducen los tiempos de ejecución y eliminan el problema de su ubicación adecuada generando ahorros en mano de obra y tiempo de instalación, además de facilidad en el transporte y maniobra (sacos de 20 kilos).
- ✓ Con respecto a sus características geométricas, a menor diámetro con la misma longitud obtengo mayor número de fibras, asimismo, a mayor diámetro desarrolla mejor tenacidad y ductilidad.
- ✓ Existe un aumento de la capacidad de carga gracias a una mejor distribución de las tensiones.
- ✓ Las fibras de acero le brindan un refuerzo a la losa de concreto en todas las direcciones, lo que garantiza un control eficaz de la fisuración.
- ✓ Para el caso en particular de la Fibra Dramix, se recomienda mezclar hasta que todas las fibras se separen individualmente, esto aumentaría el tiempo de batido en 2 a 2.5 minutos.

- ✓ Para el proceso de mezclado, se recomienda no añadir nunca las fibras como primer componente en la mezcladora, sino introducirlas junto con los agregados o se puede añadir al final de todos los componentes.
- ✓ La Norma UNI 11039 recomienda una dosificación con por lo menos 25 kg de fibra por m<sup>3</sup> de concreto, aunque con un factor de seguridad mayor, se puede trabajar con 20 kg/m<sup>3</sup>, no se puede menos.
- ✓ Las fibras de acero Dramix tienen una relación longitud/diámetro ideal (80). Esto es determinante para conseguir un concreto con fibras de acero homogéneo y las características técnicas del concreto endurecido.
- ✓ Se recomienda proteger las fibras contra la lluvia y el medio ambiente, ya que puede causar oxidación en las fibras e influir en sus propiedades.
- ✓ Se recomienda agregar aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad del concreto.
- ✓ La utilización apropiada del concreto reforzado con fibras de acero depende en gran parte de la habilidad del ingeniero para aprovechar las características mejoradas del concreto bajo una carga dada para una aplicación determinada y la eficiencia del menor costo de la adición de fibras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RIVVA LOPEZ, Enrique  
Tecnología del Concreto.  
Diseño de mezclas. De Hozlo, Peru 1992
- HARMAN INFANTES, Juan  
Tecnología del Concreto.  
Diseño de Mezclas de Agregado, Diseño de Mezclas de Concreto.  
Capitulo Peruano ACI. Perú 2000
- PASQUEL CARVAJAL, Enrique  
Tecnología del Concreto.  
Control de Calidad del Concreto. Capitulo Peruano ACI. Perú 2000
- INDECOPI  
Normas Técnicas Peruanas.
- Comparativo en la utilización de hormigón armado tradicional frente a la utilización de hormigón armado con alta dosificación de fibras de acero.
- Hormigón Reforzado con Fibras de Acero  
Informe Técnico ABD All Building Designs
- Medición de Propiedades de Fractura en Hormigones Reforzados con Fibras de Acero.  
Jornadas SAM – CONAMET – AAS 2001
- PNTP 339.204 HORMIGÓN (CONCRETO).

Especificación normalizada del concreto y concreto proyectado reforzado con fibra.

- CORNEJO ÁLVAREZ, Laureano  
Nuevas Tendencias en los Revestimientos de Túneles Septiembre 2005.  
Folleto Informativo GEOCONSULT S.A.
- Determinación de la Tenacidad por Flexión del Concreto y/o shotcrete reforzado con fibras.
- DOMINGUES DE FIGUEIREDO, Antonio  
Concreto Com Fibras de Aço  
Tesis Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Construção Civil. Brasil 2000
- ALEJANDRO MUÑOZ Y FERNANDO MADALENGOITIA  
Comportamiento a Fuerza Cortante de Muretes de Concreto Reforzados con Malla Electrosoldada, Acero Dúctil y Fibra Metálica  
Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú 2004
- BRAVO CELIS, José Patricio  
Comportamiento Mecánico del Hormigón Reforzado con Fibra de Vidrio: Influencia del Porcentaje de Fibra Adicionado.  
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Departamento de Ingeniería de los Materiales.
- PÉREZ TABOADA, Carolina  
Modelización constructiva de comportamiento de materiales compuestos para el uso civil, Universidad Politécnica de Cataluña, Julio 2005