

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**USO DEL ADITIVO  
SUPERPLASTIFICANTE RHEOBUILD 1000  
Y LA FIBRA DE POLIPROPILENO  
FIBERMESH 300 EN EDIFICIOS CON  
MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA  
APLICADA AL CONJUNTO  
HABITACIONAL LOMAS CAMINOS DEL**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

**Tello Rodríguez, Alex Martín**

**LIMA – PERÚ 2008**

# INDICE

AGRADECIMIENTO .

INTRODUCCIÓN .

CAPITULO 1. ASPECTOS GENERALES . .

1.1 CEMENTO .

CAPITULO 2. ADITIVOS Y FIBRAS .

2.1 ADITIVOS . .

CAPITULO 3: DISEÑOS DE MEZCLAS .

3.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS GENERALES . .

CAPITULO 4: PROPIEDADES DEL CONCRETO .

4.1 CONCRETO EN ESTADO FRESCO .

CAPITULO 5: APLICACIÓN A LA OBRA “CONJUNTO HABITACIONAL LOMAS CAMINOS DEL INCA” . .

5.1 GENERALIDADES DE LA OBRA .

CAPITULO 6: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS . .

6.1 ANÁLISIS DEL CONCRETO FRESCO .

6.2 ANÁLISIS DEL CONCRETO ENDURECIDO SOMETIDO A ENSAYOS A COMPRESIÓN .

6.3 ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE FISURACIÓN DEL CONCRETO MEDIANTE EL PANEL RECTANGULAR . .

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . .

7.1 CONCLUSIONES . .

*“ Confía en Dios y sé honesto contigo mismo ”*

*“ No importa que te derrumbes. Lo importante es que te vuelvas a levantar ”*

*A Dios, que me guía por el buen camino A mis padres, Maria Luz y Alejandro por su cariño, comprensión y por ser ejemplo de que sin esfuerzo no se logra nada. Les estoy eternamente agradecidos La vida que ustedes me dedicaron es la vida que ustedes dejaron..... A Darinka, por brindarme su cariño y apoyo en todo momento*

# AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi gratitud hacia la Ingeniera LILIANA CHAVARRÍA REYES, por su disposición de ayuda y orientación técnica en todas las fases de la elaboración de esta investigación.

Un agradecimiento especial a la Ingeniera ENRIQUETA PEREYRA SALARDI, por su cordial ayuda en todo momento que fue solicitado.

Al Ingeniero JOSÉ ALVAREZ CANGAHUALA de UNICON y al Ingeniero RENATO UBILLUS ÁNGELES de BASF CHEMICALS, por compartir sus conocimientos y experiencias en la realización de esta investigación.

A mi querida Alma Mater la “ UNIVERSIDAD RICARDO PALMA ”, por la calidad de buenos maestros que me impartieron sus conocimientos a través de todos estos años.

# INTRODUCCIÓN

## **Marco Situacional**

La demanda de la vivienda en el Perú ha ido en aumento considerablemente en los últimos años. El auge que experimenta actualmente la construcción debido a la estabilidad económica del país, hace que las familias de toda condición tengan la posibilidad y condiciones de adquirir la vivienda propia.

El 82,47% de la actividad edificadora se destina a viviendas y el resto a locales comerciales y oficinas.

Según datos de la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco), en el 2007 la actividad edificadora en los distritos de Lima y Callao creció en un 11,79%.

A partir del año 2001, empezaron a construirse en nuestro medio numerosos edificios estructurados por muros delgados de concreto armado, con espesores de 10cm y se les denomina Sistemas con Muros de Ductilidad Limitada en cuya construcción se usa encofrados metálicos y un concreto de alta fluidez.

La demanda exige en la actualidad la construcción de edificios con muros de ductilidad limitada, para el sector socioeconómico medio principalmente, mediante el programa “Mi Vivienda”. Son construcciones rápidas en los plazos de ejecución y control. Se sabe que aún falta mucho por hacer y construir para satisfacer la demanda. Pero vemos con gran optimismo que este tipo de edificaciones están cubriendo la necesidad de muchas familias peruanas que necesitan de la vivienda de acuerdo a sus posibilidades y con las facilidades en la obtención que estas implican.

## **.- Problematización**

¿El uso de aditivo Superplastificante RHEOBUILD 1000 y la fibra de polipropileno FIBERMESH 300 mejoran la calidad de nuestro concreto?

¿Los procesos constructivos siguen normativas que contribuyen a la mejora de la productividad ?

## **.- Objetivos**

Comprobar mediante ensayos en el laboratorio si el uso del aditivo Superplastificante RHEOBUILD 1000 y la fibra de polipropileno FIBERMESH 300 mejoran la calidad del concreto.

Evaluar la aplicación de las normativas, en la mejora de la productividad.

Administrar bajo la prevención y control de pérdidas las mejoras de la Gestión de la Construcción.

### **.- Importancia**

Este sistema es preferido en la actualidad porque mejora la producción, debido a la rapidez del proceso constructivo, al ahorro de pérdidas y a mejores acabados.

El uso de fibra de polipropileno FIBERMESH 300 en este proceso constructivo disminuye las fisuras de los muros.

### **.- Metodología**

Se desarrolla la presente tesis siguiendo los siguientes métodos:

Se realizarán los ensayos de compresión de probetas en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Ricardo Palma.

Para dichos ensayos se usarán las Normas ASTM y NTP.

Se aplicará conocimientos de la Adenda en la Norma en la Norma Sísmica E - 030 y de la Adenda en la Norma de Concreto Armado E – 060, aplicados al sistema MDL.

Se aplicará los reglamentos de Seguridad y Salud en el Trabajo. NTP G -050. y OIT. Para todo lo referente a seguridad en obra.

## 1.1 CEMENTO

El **cimento** es el componente más activo del concreto y generalmente tiene un mayor costo unitario. Por ello y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

En el mercado nacional existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario o cliente y la mayoría de ellos proporcionan adecuados niveles de resistencia y durabilidad en las obras proyectadas.

Algunos de los cementos disponibles proporcionan niveles más altos para determinadas propiedades que aquellos exigidos por las especificaciones de la obra, por lo que siempre debe indicarse en éstas los requisitos exigidos para el cemento. Imponer requisitos que no son necesarios es antieconómico y además pueden perjudicar las características importantes del concreto.

La importancia de elaborar especificaciones adecuadas es obvia, ya que ellas deben garantizar que sólo se ha de emplear la cantidad y tipo de cemento adecuados para alcanzar los requisitos que se desea obtener en el concreto. La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos pórtland que cumplen con los requisitos que especifica la Norma ASTM C 150 ó cementos combinados que cumplen con lo indicado en la Norma ASTM C 595.

- En el sentido general de la palabra, el cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.
- Para efectos de construcción, el significado del termino cemento se restringe a materiales aglutinantes utilizados con piedras, arena, ladrillos, bloques de construcción.

- Los principales componentes de este tipo de cemento son compuestos de cal.
- Los cementos que se utilizan en la fabricación de concreto tiene la propiedad de fraguar y endurecer con el agua, en virtud de que experimentan una reacción química con ella, por lo tanto se denominan hidráulicos.

### **CLINKER PORTLAND**

El clinker es fabricado mediante un proceso que comienza por combinar una fuente de cal, tal como las calizas, una fuente de sílice y alúmina, como las arcillas y una fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro. Una mezcla adecuadamente dosificada de los materiales crudos es finamente molida y luego calentada a una temperatura suficientemente alta, alrededor de los 1500°C. a fin de que se produzcan las reacciones entre los componentes del cemento. El producto obtenido del horno es conocido como clinker de cemento pórtland. Después de enfriado, el clinker es molido con una adición de cerca del 6% de sulfato de calcio ( yeso ) para formar el cemento pórtland.

### **CEMENTOS**

Se define como cementos a los materiales pulverizados con una adición conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como el aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

El cemento pórtland normal es el producto obtenido por la pulverización del clinker pórtland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

El cemento pórtland deberá cumplir con los requisitos indicados en la Norma ASTM C 150 para los tipos I, II y V, los cuales se fabrican en el Perú.

Alternativamente podrán emplearse los requisitos de las Normas NTP para cementos.

El cemento pórtland tipo I se empleará en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto las propiedades especiales especificadas para los otros tipos. Debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 6 NTP 334.039.

## FABRICACIÓN DEL CEMENTO

# Fabricación del cemento

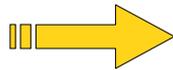
Calizas + Areniscas + Arcillas + 1300

 C

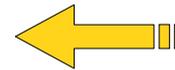


*Clinker*

*Clinker* + Yeso + Molienda



**! CEMENTO !**



# Proceso de Fabricación del Cemento



1. Obtención de las Materias Primas.
2. Preparación de las Materias Primas.
3. Molienda de crudo.
4. Cocc n en el horno rotativo.
5. Silo de Clinker.
6. Molienda de cemento.
7. Almacenamiento y expedición.

# Proceso de Fabricación del Cemento

## 1. Explotación de materias primas ▶

De las canteras de piedra se extrae la caliza y la arcilla a través de barrenación y detonación con explosivos, cuyo impacto es mínimo, gracias a la moderna tecnología empleada.



## ◀ 2. Transporte de materias primas

Una vez que las grandes masas de piedra han sido fragmentadas, se transportan a la planta en camiones o bandas.

## 3. Trituración ▶

El material de la cantera es fragmentado en los trituradores, cuya tolva recibe las materias primas, que por efecto de impacto y/o presión son reducidas a un tamaño máximo de una y media pulgadas.



## 4. Prehomogeneización ▶

La Prehomogeneización es la mezcla proporcional de los diferentes tipos de arcilla, caliza o cualquier otro material que lo requiera.



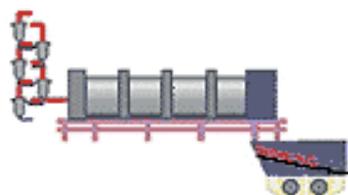
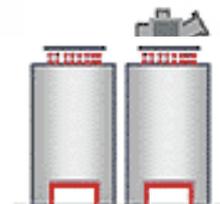
## ◀ 5. Almacenamiento de materias primas

Cada una de las materias primas es transportada por separado a silos en donde son dosificadas para la producción de diferentes tipos de cemento.

## 6. Molienda de materia prima ▶

### 7. Homogeneización de harina cruda ▶

Se realiza en los silos equipados para lograr una mezcla homogénea del material.

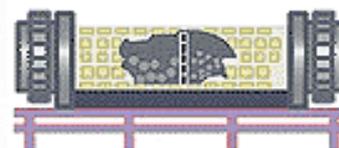


## ◀ 8. Calcinación

La calcinación es la parte medular del proceso, donde se emplean grandes hornos rotatorios en cuyo interior, a 1400° C, la harina cruda se transforma en dinker, que son pequeños módulos gris oscuros de 3 a 4 cm.

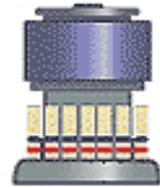
## 9. Molienda de cemento ▶

El dinker es molido a través de bolas de acero de diferentes tamaños a su paso por las dos cámaras del molino, agregando el yeso para alargar el tiempo de fraguado del cemento.



## 10. Envase y embarque del cemento ▶

El cemento es enviado a los silos de almacenamiento; de los que se extrae por sistemas neumáticos o mecánicos, siendo transportado a donde será envasado en sacos de papel, o surtido directamente a granel.



**En ambos casos se puede despachar en camiones, tolvas de ferrocarril o barcos.**



Para la fabricación del cemento pórtland se procede, esquemáticamente de la siguiente manera:

La materia prima, material calizo y material arcilloso, se tritura, mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Los procedimientos de mezcla y molido pueden efectuarse en seco o húmedo. La dosificación de los materiales debe ser la adecuada a fin de evitar perjuicio en la calidad.

El polvo fino pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización. En la etapa inicial del proceso de calentamiento el agua y el anhídrido carbónico son expulsados. Al acercarse la mezcla a las regiones más calientes del horno se producen las reacciones químicas entre los constituyentes de la mezcla cruda. Durante estas reacciones se forman nuevos compuestos, algunos de los cuales alcanzan el punto de fusión.

El producto resultante, clinker cae a uno de los diversos tipos de enfriadores o se deja enfriar al aire. Posteriormente se combina con un porcentaje determinado de yeso y el conjunto se muele hasta convertirlo en un polvo muy fino al que se conoce como cemento pórtland.

# FABRICACIÓN DEL CEMENTO EN EL PERU



## *Los Cementos Nacionales (8 Tipos y 20 productos diferentes)*

<b>FABRICANTE</b>	<b>UBICACIÓN DE LA FÁBRICA</b>	<b>Tipos de Cemento que Producen</b>
Cementos Lima S.A. 46%	Lima	Tipo I (Sol I) Tipo IP (Super Cemento Atlas) Tipo II (Sol II)
Cemento Andino S. A. 19%	Tarma – Junín	Tipo I (Andino I) Tipo II (Andino II) Tipo V (Andino V) Tipo IPM (Andino IPM)
Yura S. A. 14%	Yura – Arequipa	Tipo I (Yura I) Tipo IP (Yura IP) Tipo IPM (Yura IPM), Cemento de Albañilería – Marca “estuco Flex”.
Cemento Pacasmayo S. A. 13%	Pacasmayo – La Libertad	Tipo I (Pacasmayo I) Tipo II (Pacasmayo II) Tipo V (Pacasmayo V) Tipo MS (Pacasmayo IMS) Tipo IP (Pacasmayo IP) Tipo ICo (Pacasmayo ICo).
Cementos Sur S. A. 5%	Juliaca - Puno	Tipo I (Rumi I) Tipo II (Rumi II) Tipo V (Rumi V) Tipo IPM (Inti).
Cementos Selva S. A. 1%	Pucallpa - Ucayali	Tipo I, Tipo ICo, Tipo II, Tipo V, Tipo IP.

### MATERIAS PRIMAS

#### Composición Materia Prima

	<b>COMPONENTE QUÍMICO</b>	<b>PROCEDENCIA USUAL</b>
<b>95%</b>	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Silice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, Piritas.
<b>5%</b>	Oxido de Magnesio, Sodio	Minerales varios.
	Potasio, Titanio, Azufre,	
	Fósforo y Magnesio.	

## Composición del Crudo

OXIDO COMPONENTE	PORCENTAJE TIPICO	ABREVIATURA
CaO	61% - 67%	C
SiO <sub>2</sub>	20% - 27%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 7%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 4%	F
SO <sub>3</sub>	1% - 3%	
MgO	1% - 5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25% - 1.5%	

Al definir el clinker se indicó que el crudo del cual procede está constituido por mezcla de materias primas de naturaleza caliza y arcillosa. Las calizas, esencialmente silicatos cálcicos, y las arcillas, principales aportadoras de sílice junto con sus intermedias las margas, aportadoras de alúmina y hierro, constituyen de las que pudiera llamarse materias primas principales para la fabricación del cemento pórtland.

Al lado de este grupo se sitúa el de las materias primas auxiliares o de corrección, que pueden ser naturales o artificiales. Ellas aportan uno o varios de los componentes en que las materias primas pueden escasear. Estos componentes son, en general los del tipo ácido, también llamados factores hidráulicos e incluyen el anhídrido silicoso, el óxido de alúmina y el óxido férrico.

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

Como ya se indicó el grupo de componentes principales incluye:

- Sílice ( anhídrido silícico ) SiO<sub>2</sub>
- Cal ( óxido cálcico ) CaO
- Alúmina ( óxido alúmico ) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Óxido Férrico Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CLINKER

SiO <sub>2</sub> :	16 - 26 %	SO <sub>3</sub> :	0,1 - 2,5 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	4 - 8 %	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	0 - 3,0 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	2 - 5 %	TiO <sub>2</sub> :	0 - 0,5 %
CaO:	58 - 67 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	0 - 1,5 %
MgO:	1 - 5 %	PxC:	0,5 - 3,0 %
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O:	0 - 1 %		

De estos componentes, la alúmina y el óxido férrico en conjunto, como aportadores de fase líquida, reciben el nombre de sesquióxidos y su suma se suele representar con la fórmula convencional R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

La sílice y la cal constituyen, en conjunto, aproximadamente del 70% al 75% del total del clinker, en forma de silicatos cálcicos de distinta basicidad.

La alúmina y el óxido férrico reciben el nombre de fundentes porque, conjuntamente con la magnesia y los álcalis, constituyen la fase líquida del clinker y facilitan por ello las reacciones entre la sílice y la cal. Forman con esta última los aluminatos.

El siguiente cuadro da una idea de la composición de óxidos del cemento:

- CaO ( entre el 60% y el 67% )
- SiO<sub>2</sub> ( entre el 17% y el 25% )
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( entre el 3% y el 8% )
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( entre el 0.5% al 6% )

## LOS COMPUESTOS PRINCIPALES

Durante el proceso de fusión de la materia prima que ha de dar origen al clinker se forman silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos de composición compleja. De ellos los componentes básicos del cemento son los silicatos cálcicos. La fórmula de composición de los cuatro compuestos principales, así como la forma abreviada de los mismos es:

### 2. FASES MINERALES (COMPUESTOS) DEL CLINKER

DESIGNACIÓN	FÓRMULA	ABREVIATURA
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	<b>C<sub>3</sub>S</b>
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	<b>C<sub>2</sub>S</b>
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	<b>C<sub>3</sub>A</b>
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	<b>C<sub>4</sub>AF</b>
Cal libre	$\text{CaO}$	
Magnesia libre (periclasa)	$\text{MgO}$	

• Silicatos Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
• Silicatos Bicálcicos	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
• Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
• Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

El porcentaje relativo de los cuatro compuestos principales norma las propiedades del cemento pórtland. Dicho porcentaje depende de la proporción relativa entre la cal y los componentes ácidos – sílice,  l mina y óxido férrico – también conocidos como factores hidráulicos.

Normalmente se acepta que los porcentajes límites de los compuestos principales están dentro de los siguientes valores:

C3S .....	30% a 60%
C2S .....	15% a 37%
C3A .....	7% a 15%
C4AF .....	8% a 10%

## **MECANISMO DE FORMACIÓN DE LOS COMPUESTOS**

Esquemáticamente el mecanismo de formación de los compuestos sería el siguiente:

Al calentar el crudo en el horno de clinkerización, una parte del óxido de cal se combina con el óxido de hierro y el óxido de alúmina para dar lugar a la formación de una fase líquida esencialmente formada de celita.

La presencia de esta fase líquida contribuye a facilitar y acelerar las reacciones de clinkerización entre partículas sólidas. El óxido de sílice se combina con el óxido de cal para formar silicato bicálcico, que se transforma en silicato tricálcico en presencia del óxido de cal remanente.

Siempre se encontrará en la composición del clinker al silicato bicálcico ya que no es posible transformarlo todo en silicato tricálcico. Debido a ello quedará un exceso de óxido de cal no combinado, al cual se le conoce como cal libre.

El óxido de magnesia queda, generalmente en solución sólida en la pequeña cantidad de fase vítrea que se forma durante el enfriamiento muy rápido del clinker. Bajo esta forma el óxido de magnesia no ofrece peligro de expansión posterior más si cuando es el resultado de una cristalización por enfriamiento muy lento del clinker.

## **TIPOS DE CEMENTO**

La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos Pórtland tal como los especifica la Norma ASTM C 150 o cementos combinados, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C 595.

De acuerdo a lo recomendado por la Norma ASTM C 150, los cinco tipos de cementos Pórtland normal que pueden ser clasificados como estándar y cuya fabricación está formada por requisitos específicos son:

- TIPO I De uso general, donde no se requiere propiedades especiales.
- TIPO II De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Especialmente adecuados para ser empleados en estructuras en ambientes agresivos y/o vaciados masivos.
- TIPO III De desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Especiales para uso en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicios de las estructuras, o para uso en climas fríos.
- TIPO IV De bajo calor de hidratación, recomendables para concretos masivos.
- TIPO V Recomendables para ambientes muy agresivos por su alta resistencia a los sulfatos.

#### **.- REQUISITOS QUÍMICOS**

El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos químicos y limitaciones indicados en las Normas ASTM o NTP correspondientes.

Si al emplear el cemento Tipo II se requiere moderado calor de hidratación, la suma del silicato tricálcico ( C3S ) más el aluminato tricálcico ( C3A ) no deberá exceder del 58%.

Si se emplea cemento Tipo V, la suma del alumino ferrito tetracálcico ( C4AF ) más el doble del aluminato tricálcico ( C3A ) no deberá exceder del 20%.

## **.- REQUISITOS FÍSICOS**

El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos físicos y limitaciones indicados en la Norma correspondiente.

En aquellos casos en que no sea conocida, la superficie específica se considerará de 3200 cm<sup>2</sup>/gr para los cementos Pórtland normales y de 4700 cm<sup>2</sup>/gr. para los cementos puzolánicos. Para la determinación de la superficie específica se utilizará el Método Blaine.

En aquellos casos en que no sea conocido el valor real, se considerará para el cemento pórtland normal un peso específico de 3,15 y de 2,97 para los cementos puzolánicos.

Para los ensayos de tiempo de fraguado se utilizará el Método Vicat.

Los requisitos de calor de hidratación se aplicarán únicamente cuando son especificados. En este caso los requisitos de resistencia podrán ser el 80% de los valores indicados en la norma correspondiente.

## **.- CEMENTO PORTLAND TIPO I ( CEMENTO SOL )**

### **Especificaciones Técnicas**

- Norma Técnica: ASTM C-150 y Norma Técnica Peruana 334.009
- Marca Comercial: SOL
- Presentación: Bolsas de 42.5 Kg./Granel
- Fecha revisión: Enero 2005
- Informe técnico

## **Características**

- Producto obtenido de la molienda conjunta de clinker y yeso.
- Ofrece un fraguado controlado.
- Por un buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.
- Es versátil para muchos usos.
- Su comportamiento es ampliamente conocido por el sector de construcción civil.

## **Usos y Aplicaciones**

- Para las construcciones en general y de gran envergadura cuando características especiales no sean requeridas o no se especifique otro tipo de cemento.
- El acelerado desarrollo de sus resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado.
- Pre-fabricados de hormigón.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos, adoquines.
- Mortero para el asentado de ladrillos, tarrajeros, enchapes de mayólicas y otros materiales.

## **Consejos**

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación a/c (agua/cemento) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencia y trabajabilidad.
- Es importante utilizar agregados de buena calidad, si éstos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las dosificaciones correctas.
- Para lograr resistencias adecuadas es recomendable un curado cuidadoso.

- Para asegurar la buena conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separada de paredes o pisos y protegidos de aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas más de 10 bolsas para evitar la compactación.



## CEMENTOS PÓRTLAND

### REQUISITOS FÍSICOS

REQUISITOS FÍSICOS NORMA ASTM NORMA TÉCNICA PERUANA	TIPO I ASTM C150 MTP 334.009	TIPO II ASTM C150 MTP 334.009	TIPO V ASTM C150 MTP 334.009	TIPO MS ASTM C 1157 MTP 334.082	IP, I (PM), ICo ASTM C 595 NTP 334.090
<b>Resistencia a compresión</b> 3 días, kg/cm <sup>2</sup> , mín. 7 días, kg/cm <sup>2</sup> , mín. 28 días, kg/cm <sup>2</sup> , mín.	120 190 280*	100 170 280*	80 150 210	100 170 280*	130 200 250
<b>Tiempo de fraguado, mín.</b> Inicial, mín. Final, máx.	45 375	45 375	45 375	45 420	45 420
<b>Expansión en autoclave,</b> % máximo.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>Resistencia a los sulfates,</b> % máximo de expansión	---	---	0,04*(14 días)	0,10 (6 meses)	0,10* (6 meses)
<b>Calor de hidratación,</b> 7 días, máx. kJ/kg 28 días, máx. kJ/kg	---	290* ---	---	---	290* 330*

\*Requisito opcional

## CEMENTOS PORTLAND

### REQUISITOS QUÍMICOS

<b>REQUISITOS FÍSICOS</b> NORMA ASTM NORMA TÉCNICA PERUANA	<b>TIPO I</b> ASTM C150 MTP 334.009	<b>TIPO II</b> ASTM C150 MTP 334.009	<b>TIPO V</b> ASTM C150 MTP 334.009	<b>TIPO MS</b> ASTM C 1157 MTP 334.082	<b>IP, I (PM), ICo</b> ASTM C 595 NTP 334.090
<b>Oxido de Magnesio (MgO),</b> máx, %	6,0	6,0	6,0	---	6,0
<b>Trióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>),</b> máx, %	3,5	3,0	2,3	---	4,0
<b>Pérdida por ignición,</b> máx, %	3,0	3,0	3,0	---	8,0
<b>Residuo insoluble,</b> máx, %	0,75	0,75	0,75	---	---
<b>Aluminato tricálcico (C<sub>2</sub>A),</b> máx, %	---	8	5	---	---
<b>Alcalis Equivalentes (Na<sub>2</sub>O+ 0,658 K<sub>2</sub>O),</b> máx, %	0,6*	0,6*	0,6*	---	---

## 1.2 AGREGADOS

El concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocido como **agregado**, el cual ocupa aproximadamente del 65% al 80% del volumen de la unidad cúbica del concreto.

Asimismo, el agregado constituye el material que en el más alto porcentaje interviene en la unidad cúbica de concreto, el estudio del importante rol que él desempeña en el comportamiento de éste fue durante muchos años descuidado.

Este descuido fue principalmente debido a tres razones: que su costo, en general era bastante menor que el del cemento, que las resistencias en compresión de los concretos eran en general bajas y que se le consideraba como un material inerte de relleno. Hoy se sabe que el agregado tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto tanto en su estado plástico como es su estado endurecido.

Además de los efectos específicos sobre las diversas propiedades del concreto, las características físicas, químicas y mecánicas de los agregados, tienen efecto importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto, sino también sobre la trabajabilidad y consistencia en estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios de volumen y peso unitario del concreto endurecido.

Los estudios efectuados a partir de las investigaciones iniciales de Gilkey permiten saber que el agregado debe estar constituido por partículas limpias y adecuadamente conformadas, que debe poseer una granulometría adecuada y tener límites en su capacidad de absorción y de partículas inconvenientes que debe ser resistentes a la abrasión, que debe tener inalterabilidad de volumen, que deban ser capaces de resistir cambios físicos o químicos que podrían originar rajaduras, hinchazones o ablandamiento del concreto, etc.

En relación con su origen y su procedimiento de preparación el agregado puede ser natural o artificial. Las arenas y gravas son productos del intemperismo y la acción del viento y el agua. Las arenas manufacturadas, no empleadas en el Perú y la piedra partida

son productos de la trituración de piedras naturales. En el procesamiento de cualquier agregado puede utilizarse lavado y tamizado.

Los agregados pueden ser obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas. La presencia o ausencia de un tipo geológico determinado no es suficiente para definir a un agregado como adecuado o inadecuado.

La aceptación de un agregado para que este sea utilizado en la preparación de concreto para una obra de características determinadas, deberá basarse en la información obtenida a partir de los ensayos de laboratorio de su registro de servicios bajo condiciones de obra similares o de ambas fuentes de información.

## **CONSIDERACIONES ESPECIALES**

### **.- ALCANCE**

Estas recomendaciones definen los requisitos de calidad de las canteras y de los agregados fino y grueso a ser utilizados en la preparación del concreto normal. Estas recomendaciones pueden ser empleadas por el ingeniero, el contratista, el abastecedor de concreto, entre otras personas como parte de las especificaciones de obra o del documento de compra en el que se describe el material a ser utilizado.

Estas recomendaciones son dadas a fin de garantizar materiales satisfactorios para la mayoría de los concretos. Para determinados trabajos o en ciertas regiones, ellas pueden ser más o menos restrictivas que lo necesario. En aquellos casos en los que la estética es importante, se puede requerir límites más estrictos dado que la presencia de impurezas puede deteriorar la superficie del concreto.

Mediante un estudio cuidadoso y selección adecuada de las canteras a ser utilizadas, el proyectista podrá conocer que agregados existen o pueden ser disponibles en el área de trabajo, especialmente en relación a su propiedades físicas, químicas o mecánicas, o una combinación de estos factores que es requerida para obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Estas recomendaciones pueden servir en las del proyecto para definir la calidad del agregado, su tamaño máximo nominal y otros requisitos específicos. El ingeniero responsable de seleccionar las proporciones de la mezcla determina las de los agregados fino y grueso, así como la adición de tamaños en mezclas de agregados, si ello es requerido o aprobado.

### Realidades de las canteras en

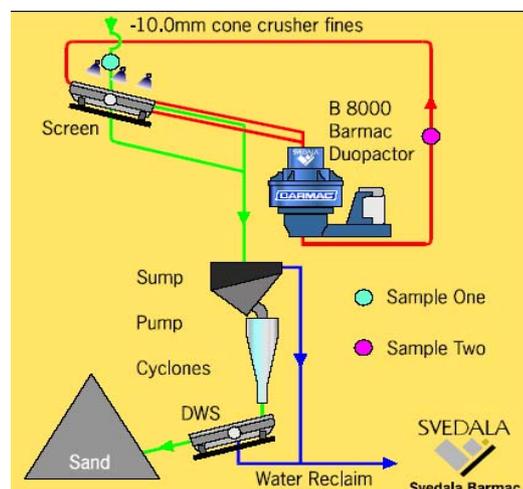
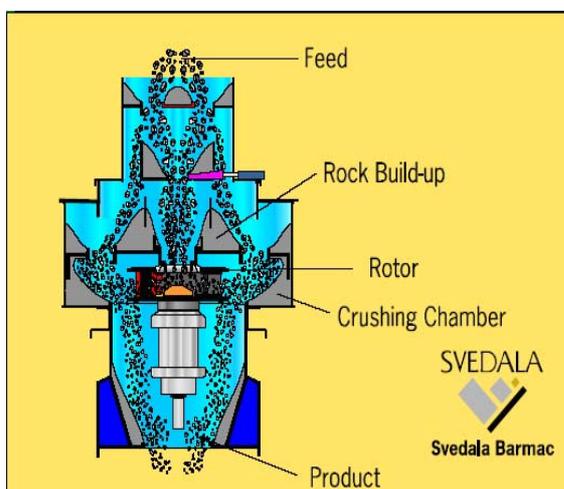
### Lima y Provincias

1. *El control de calidad lo ejecutan de manera regular sólo la industria del premezclado y los contratistas grandes en las obras cuya magnitud y precios lo costean .*
2. *El 89% del mercado de productores de concreto no lo exige a los proveedores ni lo ejecuta.*

### OBSERVACIONES

1. *La mayoría de las canteras en Lima y provincias tienen exceso de material pasante de la malla # 200, contaminación de sales solubles y variaciones frecuentes en granulometría de piedra y arena.*
2. *Los proveedores de agregados sólo procesan adecuadamente el 11% de su producción ya que esa es la demanda de la industria del premezclado.*

### Producción de Agregados



**CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS USADOS EN LOS CONOS DE**  
**LIMA**

Especificaciones de los Agregados ASTM C-33			Resultado
Tipo	Ensayo	Limites	
Agregado Fino	Granulometría		9 cumplen
	Modulo de fineza	2.3 - 3.1	2.64 - 3.65
	Pasante Malla # 200	5%	hasta 12%
	Sales solubles totales	1300 p.p.m	Max. 4283 p.p.m.
Agregado Grueso	Granulometría		Huso 56 - Huso 5
	Abrasion (Los Angeles)	50%	Todas cumplen
	Pasante Malla # 200	1%	16 cumplen hasta 6.27%
	Sales solubles totales	1300 p.p.m	Todas cumplen

*N° Muestras = 20 / Fecha = Agosto - Setiembre 2001*



## **PROPIEDADES DEL AGREGADO**

### **.- PESO UNITARIO**

Se denomina peso unitario o peso volumétrico del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica
- Su granulometría
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad
- Su grado de compactación de masa

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino incrementos mas allá de la condición de saturado superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario.

El fenómeno anterior, conocido como esponjamiento, es de pequeña importancia si el agregado va a ser dosificado en peso. Si se dosifica en volumen, el esponjamiento debe ser tomado en cuenta cuando varía el contenido de humedad.

La granulometría sin deficiencias o exceso de un tamaño dado generalmente tienen un peso unitario más alto que aquellas en las que hay preponderancia de un tamaño dado en relación a los otros.

Cuanto más alto el peso específico para una granulometría dada mayor el peso unitario del concreto. La baritina, espato pesado, hematina, biotita, gestita, heulandita, pueden dar pesos unitarios mayores de 4500 kg/m<sup>3</sup>.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen generalmente un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulometría.

El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, varía entre 2200 y 2400 Kg/m<sup>3</sup>, generalmente varía entre 1500 y 1770 Kg/m<sup>3</sup>.

A partir del conocimiento del peso unitario del agregado se puede hacer lo siguiente:

- Calcular el contenido de vacíos.
- Clasificar a los agregados en livianos, normales y pesados.
- Tener una medida de la uniformidad del agregado.

## **.- DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO**

En la determinación del peso unitario es importante que la granulometría sea aquella con la cual va a ser utilizado para preparar el concreto, dado que modificaciones en ésta dan lugar a cambios en el porcentaje de vacíos, lo que a su vez modifican el peso unitario.

En el Perú la determinación del peso unitario de los agregados, ya sea el peso unitario seco compactado o suelto seco, se efectúa de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C 29.

Así tenemos lo siguiente:

Peso del agregado ( suelto o compactado ) más el recipiente .....	36.80 Kg
Peso del recipiente .....	13.00 Kg
Volumen del recipiente .....	0.014 m <sup>3</sup>
Peso Unitario ( 36.80 – 13.00 ) / 0.014 .....	1700Kg/m <sup>3</sup>

## **.- PESO ESPECÍFICO**

El peso específico de los agregados que se expresa también como densidad, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además el peso específico es un indicador de calidad en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales.

Aplicando a agregados el concepto de peso específico se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo. Pudiendo definirse al peso específico como la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua destilada, libre de gas.

La norma ASTM C 128 considera tres formas de expresión de la gravedad específica:

- **Peso Específico de masa**, el cual es definido como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable incluyendo los poros permeables o impermeables del material a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- **Peso Específico de masa saturado superficialmente seco**, el cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que esta incluye el agua en los poros permeables.
- **Peso Específico Aparente**, el cual es definido como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

En las determinaciones del peso sólido y el volumen absoluto, así como en la selección de las proporciones de la mezcla, se utiliza el valor del peso específico de masa.

El peso específico de un agregado es principalmente función de las características de la roca originaria.

El peso específico de masa de la mayoría de los agregados comúnmente empleados está comprendido dentro de los límites de 2,6 a 3,0. Los valores comúnmente empleados son:

Basalto .....	2,80
Pedernal .....	2,54
Granito .....	2,69
Hornfelsa .....	2,82
Caliza .....	2,66
Pórfido .....	2,73
Cuarzita .....	2,62
Arenisca .....	2,50
Arena y Grava ....	2,65
Roca Trapeana ....	2,90

En relación con la importancia del peso específico del agregado, es conveniente considerar lo siguiente:

- Los pesos específicos bajos generalmente indican un material poroso, absorbente y débil. Los altos generalmente indican buena calidad pero ello, en ambos casos, no es seguro salvo que se confirme por otros medios.
- El valor del peso específico puede ser utilizado como una medida indirecta de la solidez o estabilidad de un agregado, siendo generalmente aceptado que estos disminuyen conforme es menor el valor del peso específico.

Las normas ASTM C 128 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado fino. La Norma ASTM C 127 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso.

En el caso del agregado grueso la muestra de ensayo se forma con aproximadamente 5000 gramos del agregado por el método de cuarteo. Se lavan los componentes de la muestra eliminando el polvo o material adherido y se sumerge en agua durante 24 horas. Luego se saca la muestra del recipiente de inmersión y se envuelve en una toalla, eliminando las partículas visibles de agua de la superficie. En estas condiciones, saturada y seca superficialmente, se pesa con una aproximación de 0,5 gramos.

A continuación se determina su peso, sumergida en agua, a una temperatura entre 21° C y 25 ° C. Luego se introduce en el horno a una temperatura de 110 ° C hasta peso constante. Se deja enfriar y se pesa. Las características del agregado se determinan por las siguientes relaciones:

$$\text{Peso Específico Nomina } D_n \dots\dots\dots P / ( P - P_i )$$

$$\text{Peso Específico Aparente } D_a \dots\dots\dots P / ( P_s - P_i )$$

$$\text{Peso Específico S.S.S } D_{sss} \dots\dots\dots P_s / ( P_s - P_i )$$

Siendo:

P = Peso en gramos de la muestra seca

P<sub>s</sub> = Peso en gramos de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente

P<sub>i</sub> = Peso en gramos de la muestra sumergida en agua.

### **.- CONTENIDO DE VACÍOS**

Con respecto a la masa del agregado, el término vacíos se refiere a los espacios no ocupados entre las partículas de agregado. Puede decirse que este valor es la diferencia entre el volumen bruto o volumen total de la masa de agregado y el espacio realmente ocupado por las partículas.

El criterio empleado para obtener la mejor combinación de agregados fino y grueso es que el porcentaje de sólidos sea tan grande como fuere posible. Desde que este es controlado por la granulometría, perfil y textura superficial de las partículas, tanto el peso unitario como el porcentaje de vacíos del agregado sirven como índices aproximados de la adecuada selección de la granulometría.

Es importante que desde el punto de la trabajabilidad de una mezcla de concreto está influenciada por la granulometría del agregado y que aquella que produce máxima densidad tiende a dar mezclas poco trabajables, la densidad de sólidos por sí sola no puede ser tomada como un criterio final.

Es importante recordar que el peso unitario del conjunto del agregado está directamente influenciado por el de las partículas individuales, el contenido de humedad de las mismas, así como la compacidad de la masa. Por ello puede esperarse amplios márgenes en los valores del peso unitario y del contenido de vacíos.

El espacio teórico ocupado por los vacíos entre las partículas de agregado puede determinarse a partir del conocimiento del peso unitario del agregado y de la gravedad específica de la masa del mismo. Dicho valor viene dado por la ecuación:

$$\% \text{ Vacíos} = 100 ( \text{Peso sólido} - \text{Peso unitario} ) / \text{Peso sólido}$$

Cuanto mayor es el peso unitario, para una gravedad específica dada, menor es el contenido de vacíos. Igualmente si el agregado está compuesto de partículas de textura superficial suave y perfil redondeado, para una granulometría determinada, deberá contener menor cantidad de vacíos que otro agregado de idéntica granulometría pero compuesto por partículas de textura rugosa y perfil angular.

#### **.- HUMEDAD Y ABSORCIÓN**

Los agregados presentan poros internos, los cuales se conocen como abiertos cuando son accesibles al agua o humedad exterior sin requisito de presión diferenciándose de la porosidad cerrada, en el interior del agregado, sin canales de comunicación con la superficie a la que se alcanza mediante fluidos bajo presión.

El estado de humedad de un agregado puede estar comprendido dentro de las 04 condiciones que tenemos a continuación:

- Seco, que es aquella condición en la que toda la humedad, tanto interna como externa, ha desaparecido, generalmente por calentamiento a 100 °C.
- Semi seco o secado al ambiente, que es aquella condición en la cual no hay humedad superficial sobre las partículas, pero todos los poros dentro de ellas están llenos de agua.
- Saturado o húmedo, que es aquella condición en que el agregado se encuentra saturado y con agua libre o superficial sobre las partículas

#### **.- ABSORCIÓN Y ABSORCIÓN EFECTIVA**

Se entiende por este término, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco.

La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua de secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.

Se entiende por absorción efectiva al volumen de agua necesario para traer un agregado de la condición de secado al aire o semi seco, a la condición de saturado superficialmente seco.

#### **.- HUMEDAD SUPERFICIAL**

Se entiende por humedad superficial o agua libre, a la diferencia entre los estados saturados o húmedos y el estado saturado superficialmente seco. La humedad superficial o agua libre es aquella con la que contribuirá el agregado al agua de la mezcla.

#### **.- CONTENIDO DE HUMEDAD**

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condición de saturado superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos

lentos de agua y libre de humedad superficial. Esta situación, que no es correcta en la práctica, conviene para fines de clasificación.

Si el agregado está saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua, a fin que el contenido de agua resulte el óptimo.

El contenido de humedad o agua total del agregado es la diferencia entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco.

La diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción da el aporte, positivo o negativo del agregado al agua de la mezcla.

La capacidad de absorción es una medida de la porosidad del agregado estimándose que valores en exceso del 2% al 3% pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva. Agregados que absorben valores que los indicados pueden ser aceptables si el tamaño de los poros es grande.

Igualmente la humedad libre presente sobre la superficie de las partículas contribuirá al agua total de la mezcla.

Por tanto, la determinación del contenido de humedad, porcentaje de absorción y humedad libre son importantes en la medida que permiten conocer el volumen de agua con que contribuirá o que absorberá el agregado en una mezcla de concreto.

## **.- GRANULOMETRÍA**

Se define así a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas.

El agregado comprende del 65% al 80% del volumen unitario del concreto. En razón de su importancia en el volumen de la mezcla la granulometría seleccionada para los agregados fino y grueso deberá permitir obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido.

#### **.- FORMAS DE EXPRESIÓN**

El sistema usual de expresar la granulometría de un agregado es aquél en el cual las aberturas consecutivas de los tamices son constantemente dobladas. Con tal sistema y empleando una escala logarítmica se puede espaciar líneas a intervalos constantes para representar los tamaños sucesivos.

Normalmente la granulometría del agregado fino se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.

#### **.- FORMAS DE DETERMINACIÓN**

La distribución de las partículas por tamaños se determina por análisis mecánico vibrando el material a través de una serie de tamices de aberturas cuadradas. Normalmente los tamices empleados tienen una abertura doble del que se le sigue en la serie. La muestra debe ser representativa del conjunto del agregado.

Los datos obtenidos se registran en forma tabulada incluyendo:

- Peso retenido en cada tamiz.
- Porcentaje retenido en cada tamiz.
- Porcentaje acumulado retenido o que pasa cada tamiz.

#### **.- CURVA GRANULOMÉTRICA**

La curva granulométrica es una excelente ayuda para mostrar la granulometría de los agregados individuales y combinados. El ploteo logarítmico es conveniente dado

que en una serie de tamices con aberturas con una relación constante el espaciamiento logarítmico es igual.

Los puntos que representan los resultados de un análisis son unidos para formar la curva granulométrica del agregado ensayado.

#### **.- REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL FINO**

La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0,2 en el módulo de fineza pueden ser causas de rechazo.

El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla. En pastas ricas en material cementante, este porcentaje puede disminuir mientras que las pastas pobres requieren importante cantidad de material fino.

El máximo deseable para el material que pasa la malla N° 100 es de 3% a 5%. Es importante indicar que los finos del agregado no deben ser confundidos con el limo, la marga u otras impurezas indeseables.

Cuando se emplea un agregado que tiene un porcentaje importante de partículas en las mallas N° 4 y N° 8, el agregado grueso deberá contener muy poco material del tamaño mayor de las partículas de agregado fino, a fin de evitar un concreto áspero y granuloso, de difícil acabado.

En general se recomienda que el agregado fino tenga un módulo de fineza entre 2,3 y 3,1. Ello no excluye la posibilidad de emplear agregados con módulos de fineza mayores o menores si se toman las precauciones adecuadas en la selección de las proporciones de la mezcla.

Debe recordarse que los límites permisibles para el agregado fino dependen en alguna forma del perfil y las características superficiales de las partículas. Un

agregado fino compuesto de partículas suaves y redondeadas puede dar resultados satisfactorios con granulometría gruesas.

### **.- TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO**

El tamaño máximo del agregado grueso se determina a partir de un análisis por tamices y generalmente, se acepta que es el que corresponde al tamiz inmediatamente superior a aquel en el cual queda 15% o más de material acumulado retenido.

De la observación de los resultados de los ensayos se aprecia una limitación importante del concepto de tamaño máximo: granulometrías muy disímiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la elección del agregado, de su granulometría y de las proporciones de la mezcla.

### **.- CLASIFICACIÓN PERUANA**

En lo referente a la granulometría del agregado, la Norma NTP 400.037 especifica lo siguiente:

- Cuando se determine de acuerdo con la Norma NTP 400.012, el agregado fino deberá cumplir con los límites especificados en la Tabla N° 1.
- Se permitirá el empleo de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre que existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.
- El agregado utilizado en concretos de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia de diseño y mayores, así como los utilizados en pavimentos de concreto deberán cumplir además de los requisitos obligatorios.
- La granulometría del agregado fino deberá corresponder a la graduación del grupo C, de la Tabla 2. Se permitirá el uso de agregado que cumpla con la gradación indicada siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción

de las partes que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

TABLA N° 1			
TAMIZ	GRUPO C	GRUPO M	GRUPO F
3/8"	100	100	100
N° 4	95 - 100	85 - 100	89 -100
N° 8	80 - 100	65 - 100	80 -100
N°16	50 - 100	45 - 100	70 -100
N°30	25 - 60	25 - 80	55 -100
N°50	20 - 30	15 - 48	15 - 70
N°100	0 - 5	0 -10	0 -12

El Grupo C corresponde a arenas gruesas.

El Grupo F corresponde a arenas intermedias.

El grupo F corresponde a arenas finas.

### **.- MÓDULO DE FINEZA**

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3", 1 ½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, estas divididas entre 100.

Gran número de granulometría de agregados finos y gruesos o de una combinación de ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado. Esta es la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como índice de control de uniformidad de materiales.

El módulo de fineza usualmente se determina para el agregado, pero el conocimiento del módulo de fineza del agregado grueso puede ser necesario para la aplicación de algunos métodos de proporcionamiento de mezclas.

Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indican una preponderancia de las partículas más finas con un área superficial total muy alta, la que será necesario para cubrir con pasta.

## **.- CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS**

### **Por su Origen:**

Se pueden clasificar en:

- Agregados Naturales
- Agregados Artificiales

Se considera como agregados naturales a las partículas que son el resultado de un proceso de obtención o transformación natural. Los agregados obtenidos por trituración mecánica y tamizado de rocas se consideran dentro de la clasificación de agregados naturales.

Entre los principales grupos de agregados naturales se encuentran la arena y canto rodado de río o cantera, las arenas naturales muy finas, la piedra pómez natural y la lava volcánica porosa.

### **Por su Composición Mineralógica**

Por su composición mineralógica los agregados pueden ser primordialmente:

- Silicios
- Calcáreos

La forma en la cual los minerales principales se presentan así, como la presencia o ausencia de minerales secundarios, pueden ser más importantes que la composición promedio.

## Por su tamaño

De acuerdo a su tamaño, los agregados se clasifican en:

- Agregado Fino
- Agregado Grueso

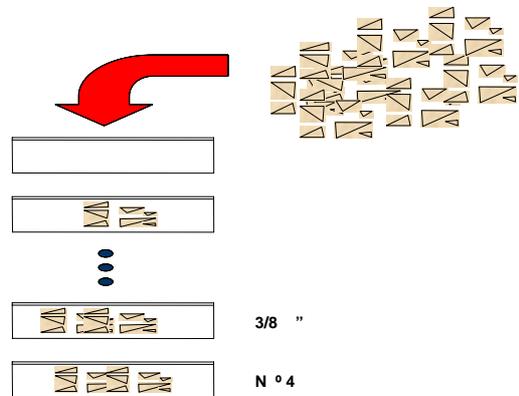
Se define como agregado fino a aquel que pasa integramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el tamiz N° 4, quedando retenido en el tamiz N° 200. Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido, como mínimo en un 95% en el tamiz N° 4.

### Clasificación

Por su tamaño:

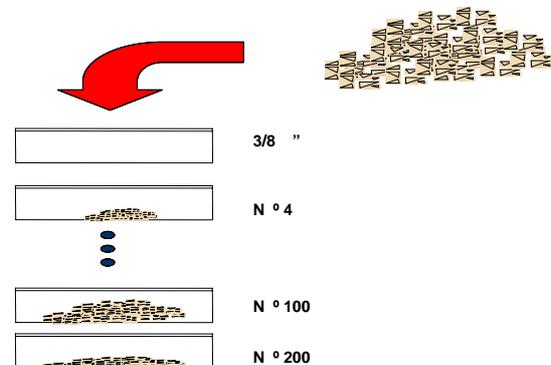
#### **Agregado Grueso**

*Es el agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) proveniente de la degradación natural o artificial de la roca.*



#### **Agregado fino:**

*Es el agregado proveniente de la degradación natural o artificial que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8 \"/>*



## Por sus Propiedades Físicas

Por la contribución de sus propiedades físicas a la calidad del concreto, el agregado puede clasificarse en cuatro categorías:

- Agregado bueno
- Agregado satisfactorio
- Agregado regular
- Agregado pobre

Se considera como agregado bueno aquel que por la superior calidad de sus constituyentes contribuye a una resistencia alta, tiene buena durabilidad bajo cualquier condición externa o interna y es resistente a los procesos de erosión y abrasión.

Se considera como agregado satisfactorio aquél cuyos elementos contribuyen a una moderada resistencia del concreto, e igualmente dan a este resistencia a los procesos de erosión y abrasión así como buena durabilidad bajo cualquier condición.

Se considera como agregado regular aquél cuyos constituyentes contribuyen a obtener una moderada resistencia a la compresión y abrasión del concreto, pero bajo condiciones de clima pueden contribuir a su destrucción.

Se considera agregado pobre aquel cuyos constituyentes son de baja calidad y contribuyen a obtener bajas resistencias mecánicas y de abrasión del concreto, e igualmente causan destrucción del concreto bajo condiciones climáticas pobres.

### **Por sus Propiedades Químicas**

La reactividad química de los constituyentes del agregado, especialmente con los álcalis del cemento, permite clasificarlos en: Inocuos y Deleterios.

Se denomina agregados deleterios a aquellos que contienen materiales los cuales producen efectos adversos sobre el concreto debido a la reacción química que tiene lugar con posterioridad al endurecimiento de la pasta.

Las sustancias que se consideran deletereas, en razón de su susceptibilidad al ataque por álcalis presentes en el cemento, no son peligrosas si se emplean con cementos que contienen menos del 0,6% de álcalis totales.



**Químicos : No reactivos ( ASR )**



### **Por su Peso**

De acuerdo a su peso unitario, dado por su densidad, los agregados se clasifican en:

- Agregados pesados
- Agregados normales o estándares
- Agregados Livianos.

Los agregados de pesados naturales incluyen el espato pesado, la hematina, la magnetita, la limonita, la baritina, etc. Los artificiales incluyen trozos de hierro, bolas de metal, virutas de acero, limaduras de hierro, etc.

Los agregados de peso normales, incluyen las arenas y cantos rodados de río o cantera, la piedra partida, etc. Entre los artificiales las escorias de alto horno, el clinker triturado, el ladrillo partido, etc.

### **Por su Perfil**

De acuerdo a su perfil las partículas de agregado comprenden siete grupos:

- Redondeado
- Irregular
- Laminado
- Angular
- Semiangular o semiredondeado
- Alongado
- Laminado y alongado

El perfil redondeado comprende aquellas partículas totalmente trabajadas por el agua o completamente perfiladas por desgaste o frotamiento, tales como la grava de río o de mar.

El perfil angular comprende las gravas naturalmente irregulares o parcialmente perfiladas por desgaste y que tienen caras redondeadas, tales como las gravas de cantera de aluvión.

El perfil laminado comprende aquellas partículas en las cuales el espesor es pequeño en relación a las otras dos dimensiones.

El perfil angular comprende aquellas partículas cuyos ángulos son bien definidos y están formados por la intersección de caras rugosas.

El perfil semiangular o semiredondeado comprende aquellas partículas algunos de cuyos ángulos están formados por la intersección de caras rugosas y otras que son redondeadas o tienden a serlo.

El perfil alargado comprende aquellas partículas, generalmente angulares en las cuales la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones.

El perfil laminado y alargado comprende aquellas partículas que tienen la longitud considerablemente mayor que el ancho y esté considerablemente mayor que el espesor.

### **.- Por su Textura Superficial**

De acuerdo a su textura superficial, las partículas de agregado se clasifican en seis grupos:

- Textura vítrea
- Textura suave
- Textura granular
- Textura cristalina
- Textura alveolar

La textura vítrea corresponde a aquellas partículas de agregado en las cuales se presenta fractura conchoidal, tales como el pedernal negra o la escoria vítrea.

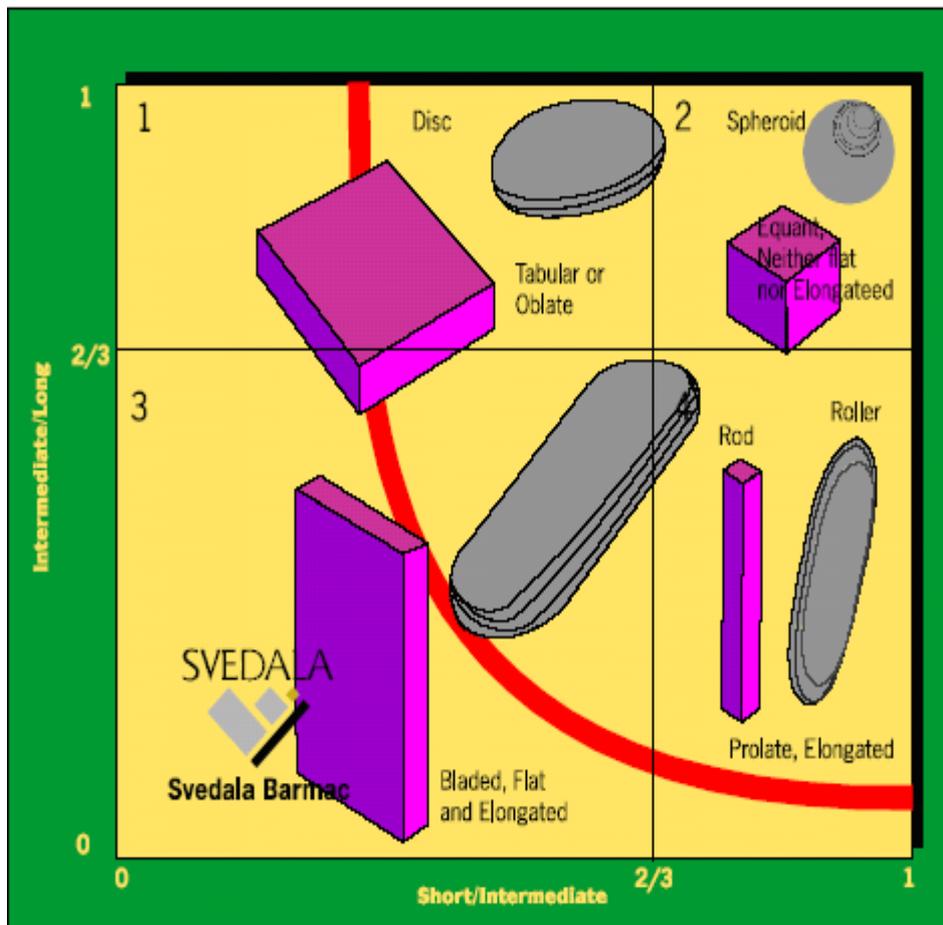
La textura granular suave corresponde a aquellas partículas de agregado en las cuales la textura ha sido suavizada por la acción del agua, tales como la grava o el mármol.

La textura rugosa corresponde a agregados provenientes de rocas fracturadas de grano fino y medio, las cuales contienen elementos cristalinos no fácilmente visibles tales como el basalto, la felsita y la caliza.

La textura cristalina corresponde a aquellas partículas de agregados que presentan constituyentes cristalinos fácilmente visibles, tales como el granito, el gabro, el gneiss.

La textura alveolar corresponde a aquellas partículas de agregado que presentan poros y cavidades visibles, tales como el ladrillo, la piedra pómez y el clinker.

**Forma del Agregado**



**Graphic 3:** Source, Ozol, M.A., Chapter 35 - "Shape, Surface texture, Surface Area, and Coatings." ASTM Special Technical Publication No. 169-B, pp. 584-625. Philadelphia, PA, 1978.

## **AGREGADO FINO**

Se define como **agregado fino** 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 ó ASTM C 33.

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 ó ASTM C 33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la Serie Tyler. Se recomienda para el agregado los siguientes límites:

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 a 100
N° 8	80 a 100
N° 16	50 a 85
N° 30	25 a 60
N° 50	10 a 30
N° 100	2 a 10

La norma permite el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando se asegure que el material producirá concreto de la calidad requerida.

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado y un contenido de cemento mayor de 255 Kg/m<sup>3</sup> o si el concreto es sin aire incorporado y un contenido de cemento mayor a 300 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.

### **.- PARTÍCULAS INCOVENIENTES**

La cantidad de sustancias deletereas o partículas inconvenientes presentes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites, expresados como porcentaje en peso de la muestra total:

- Lentas de arcilla y partículas desmenuzables ..... 3%
  
- Material más fino que la Malla N°200
  - a. Concreto sujeto a abrasión ..... 3%
  - b. Todos los otros concretos ..... 5%
  
- Carbón y Lignito:
  - a. Cuando la apariencia superficial del concreto es importante ..... 0.5%
  - b. Otros concretos ..... 1.0%
  - c. Mica ..... 0.0%
  - d. Partículas deleznable..... 3.0%

### **AGREGADO GRUESO**

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm ó el Tamiz N°4, y que cumple con los límites establecidos en las Normas ITINTEC 400.037 ó ASTM C 33.

El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil ser preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa y libres de material escamoso o partículas blandas.

Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libres de escamas, tierra, polvo, limo, sales, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, u otras sustancias dañinas.

El agregado grueso, estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas NTP 400.037 ó ASTM C 33. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.

Si se emplea dos o más tamaños de agregado grueso, cada uno de ellos, así como la combinación de los mismos, deberá cumplir con los requisitos de granulometría indicados.

Los rangos considerados en la Normas necesariamente son lo suficientemente amplios para permitir acomodar las diferentes condiciones que pueden presentarse. Se deberá considerar que:

- Para control de calidad de una condición específica, el productor deberá desarrollar una granulometría promedio para las facilidades y fuente de producción y controlar la granulometría dentro de una tolerancia razonable con este promedio.
- Cuando se emplea agregado os 357  
ó 467 de la Norma ASTM C 33, el agregado deberá ser entregado por lo menos dos tamaños separados

## **.- TAMAÑO MÁXIMO**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037, el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

Granulometrías muy disímiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

## **.- TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.

## **.- ENSAYO DE LOS AGREGADOS**

El agregado se ensayará de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C 33 y normas complementarias, o en las Normas NTP correspondientes. Las mismas muestras podrán ser empleadas para el análisis granulométrico y para la determinación del material más fino que la Malla N° 200.

Tamaños separados del análisis por tamices podrán ser empleados en la preparación de muestras para los ensayos de abrasión y de estabilidad de volumen. Para la determinación de todos los otros ensayos así como para la evaluación de la reacción álcali – agregados, cuando ello se requiera, se empleará muestras de ensayo independientes.

Tamaño Nominal	Porcentajes que pasan por las mallas							
	2''	1 1/2''	1''	3/4''	1/2''	3/8''	N°4	N°8
2''	95 – 100	0	35 – 70	0	10 – 30	0	0.5	0
1 1/2''	100	95 – 100	0	35 – 70	0	10 – 30	0.5	0
1''	0	100	95 – 100	0	25 – 60	0	0.1	0.5
3/4''	0	0	100	90 – 100	0	20 – 55	0.1	0.5
1/2''	0	0	0	100	90 – 100	40 – 70	0.15	0.5
3/8''	0	0	0	0	100	85 – 100	10 – 30	0.1

## **.- NORMAS DE ENSAYO**

Las Normas a ser utilizadas en los ensayos más usuales son:

- Análisis por tamices para la determinación de la granulometría de los agregados fino y grueso, de acuerdo a ASTM C 136 ó NTP 400.012.
- Material más fino que la Malla N°200 en el agregado determinado por lavado, de acuerdo a ASTM C 117.

## Ensayos Según Normas ASTM y NTP

Tamaño Máximo Nominal	Peso Mínimo (gr)
4,75 mm (Nº 4)	300
9,5 mm (3/8 ")	1000
19 mm (3/4 ")	2500
37,5 mm (1 1/2 ")	5000

Peso seco de la muestra



Repetir el lavado por decantación hasta que las aguas sean claras.

$$\% \text{Material} < \# 200 = \left( \frac{\text{Peso seco muestra original} - \text{Peso seco muestra después de lavado}}{\text{Peso seco muestra original}} \right) \times 100$$

## Peso Unitario y Vacíos en Agregados

NTP 400.017

ASTM C - 29

Permite determinar el peso unitario del agregado en condición compactada o suelta y calcula los vacíos entre las partículas en los agregados finos, grueso o mezclas basados en la misma determinación.

El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, entre 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup> generalmente están entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>



- Peso específico y absorción del agregado grueso de acuerdo a ASTM C 127 ó NTP 400.021.
- Peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a ASTM C 128 ó NTP 400.022.
- Terminología relacionada con los agregados, de acuerdo a ASTM C 125.

### 1.3 EL AGUA

El **agua** presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- La formación de gel.
- Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:
  - en estado fresco faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma y
  - en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad. Se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables o las que por experiencia se conozca que pueden ser utilizadas en la preparación de concreto.

Debe recordarse que no todas las aguas son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. En general, dentro de las limitaciones que en las diferentes secciones se han de dar, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares.

Adicionalmente, el agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste.

Previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las conocidas que permitieron su empleo con resultados satisfactorios.

## **.- REQUISITOS DE CALIDAD**

El agua que a de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia, potable.

No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. A continuación se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua en el concreto.

Cloruros .....	300 ppm
Sulfatos .....	300 ppm
Sales de magnesio .....	150 ppm
Sales solubles totales .....	500 ppm
PH .....	entre 5 y 8
Sólidos en suspensión .....	1500 ppm
Materia orgánica .....	10 ppm

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

- a. El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido será de 3mg/l ( 3 ppm ).
- b. El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l ( 5000 ppm ).
- c. El contenido de sulfatos, expresado como ión SO<sub>4</sub>, será menor de 0,6 gr/l ( 600 ppm ).
- d. El PH estará comprendido entre 5.0 y 8.0
- e. El contenido de cloruros, expresado como ión Cl, será menor de 1 gr/l ( 1000 ppm ).
- f. El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos ( alcalinidad total expresada en NaHCO<sub>3</sub>, será menor de 1 gr/l ( 1000 ppm ).
- g. Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ión férrico, será de 1 ppm.

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de Laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión.

La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que ha utilizado en la preparación del concreto agua de la fuente elegida.

### **.- REQUISITOS DEL CÓMITE 318 DEL ACI**

La publicación 318.99 del American Concrete Institute, relacionado a “ Building Code Requirements for Structural Concrete ”, en el acápite 3.4, fija cuatro requisitos para el agua de mezclado:

3.4.1.- El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.

3.4.2.- El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua de mezclado que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.

3.4.3.- No deberán emplearse en el concreto agua no potable, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.

3.4.4.- La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.

3.4.4.1.- Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable. Los ensayos de comparación de resistencia deberán ser preparados con morteros, idénticos con

excepción del agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la Norma ASTM C 109.

### Límites permisibles para agua de mezcla y de curado

Características	Limite permisible	
	Unidad	NTP 339.088
1. Residuos sólidos totales	ppm	5,000
2. Sulfatos solubles ( Ión SO <sub>4</sub> )	ppm	600
3. Cloruros solubles ( Ión Cl <sup>-</sup> )	ppm	1,000
4. PH		5 a 8
5. Alcalinidad ( NaHCO <sub>3</sub> )	ppm	1,000
6. Materia Orgánica	ppm	3

### Análisis químicos de agua de varias fuentes en el Perú

Descripción	San Juan de Miraflores Lima	Platnata La Atarjea Lima	Sub suelo zona Aeropuerto Juliaca Puno	Agua de riego Proyecto Majes Arequipa	Requisito NTP 339.088
1) Solidos en suspensión	260 ppm	500 ppm		28 ppm	5,000 ppm
2) Materia orgánica				27 ppm	3 ppm.
3) Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	20 ppm	25 ppm	12 ppm	186 ppm	1,000 ppm
4) Sulfato ( Ión SO <sub>4</sub> )	156 ppm	133 ppm	34 ppm	150 ppm	600 ppm
5) Cloruros ( Ión Cl )	197 ppm	45 ppm	33 ppm	141 ppm	1,000 ppm
6) pH	7,8	7,9	7,9	7,5	5 a 8

## Limitaciones en la composición de agua de lavado para su empleo en agua de mezcla

Elemento	Limitación		
Cloruros ( Ión Cl )			
a) En concreto pretensado o losas de puentes	500	ppm	máximo
b) Cualquier otro concreto armado en ambiente húmedo o con elementos embutidos de aluminio o metales diferentes o con insertos galvanizados.	1000	ppm	máximo
Sulfatos ( Ión SO <sub>4</sub> )	3000	ppm	máximo
Alkalis ( NaO + 0.658 K <sub>2</sub> O )	600	ppm	máximo
Sólidos disueltos totales	50000	ppm	máximo

### Observaciones sobre el agua para concreto en el Perú

- El agua empleada para amasar y curar el concreto será de propiedades colorantes nulas, clara, libre de glúcidos (azúcares), ácidos, álcalis, materias orgánicas y de aceites.
- Ante dudas o cuando el agua ensayada no cumpla con uno o varios de los requisitos previos establecidos, se podrán realizar ensayos comparativos y consistirán en la determinación del tiempo de fraguado del cemento y resistencia a compresión del mortero a las edades de 7 días y 28 días.

Los tiempos de fraguado inicial y final de la pasta que contiene el agua en estudio podrán variar hasta 25%, que los correspondientes a la pasta que contiene el agua de referencia.

La reducción de resistencia del mortero que contiene el agua en estudio a cualquier edad de ensayo, podrá ser como máximo del 10%.

#### **1.4 FIBRA DE POLIPROPILENO FIBERMESH 300**

Las fibras son hechas exclusivamente para concreto. Las fibra de polipropileno FIBERMESH 300 se distribuyen de manera uniforme dentro del concreto en todas las direcciones, ofreciendo un refuerzo secundario efectivo para el control de fisura por contracción plástica por secado.

Teniendo en cuenta que las fibras de polipropileno (PP) son producidas en la planta de producción, es una práctica común añadir una pequeña cantidad de acabado o lubricante a la superficie como ayuda del proceso.

- Controlan el agrietamiento en un 80% a un 100%.
- Mejoran la resistencia a la abrasión.
- Mejoran el comportamiento a flexión.
- Mejoran la reología del concreto en estado fresco y endurecido.
- Incrementan resistencia al impacto.
- Permiten eliminar el acero de temperatura.

#### **.- Datos Técnicos :**

- Gravedad específica : 0.91
- Longitud de la fibra : 3 a 5 mm.
- Punto de Ignición : 680 ° F
- Punto de Fusión : 324 ° F

## **.- Dosificación**

La dosificación recomendada depende de la aplicación, pero básicamente la dosificación va desde los 600 gramos a 900 gramos, hasta una dosis de 1800 gramos por metro cúbico de concreto.

## **.- Forma de entrega / Presentación**

La caja se presenta en cajas de 10,8 kilos donde vienen 12 bolsas hidrosolubles de 900 gramos, y en cajas con 18 bolsas hidrosolubles de 600 gramos. La longitud de la fibra es de 19 mm. ( tamaño estandarizado ).

## **.- Almacenamiento**

Almacenar en un lugar seco, libre de aguas y de preferencia bajo techo. No apilar más de 7 cajas.



## **1.5 ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE RHEOBUILD 1000**

**Rheobulid 1000** es un aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango diseñado para producir concreto reoplástico. Este concreto fluye fácilmente manteniendo una alta plasticidad por tiempos más prolongados que el concreto superplastificado convencional. El concreto reoplástico tiene la baja proporción agua: material cementicio del concreto sin asentamiento, dando excelentes propiedades de ingeniería (endurecimiento).

### **.- Recomendado para :**

- Concreto donde se desea una alta plasticidad, características de fraguado normal y desarrollo rápido de resistencias.
- Aplicaciones de concreto pretensado, prefabricado y premezclado.
- Aplicaciones Civil y Minera: shotcrete por vía húmeda o seca, grouts de alto desempeño, grouts de túneles y suspensiones de inyección.

### **.- Ventajas y Beneficios :**

#### **En el concreto plástico:**

- Rango de plasticidad de 200 a 280 mm (8- 11 in).
- Retención prolongada de asentamiento.
- Tiempos de fraguado controlados.
- Permite mezclas cohesivas sin segregación y mínima exudación de agua.

#### **Para concreto endurecido:**

- Mayores resistencias iniciales en comparación con los superplastificantes convencionales.
- Mayor resistencia final a compresión.
- Mayor módulo de elasticidad.
- Mejor resistencia de adhesión al acero.
- Baja permeabilidad y alta durabilidad.

**.- Aplicación:**

**Dosificación:** El rango de dosificación recomendado para el RHEOBUILD 1000 es de 650-1600 ml/100 kg (10-25 oz fl/100 lb) de material cementicio dependiendo de la aplicación y de cuanto se desee incrementar el asentamiento y resistencia.



Las dosificaciones anteriores aplican a la mayoría de las mezclas de concreto que usan ingredientes típicos del concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto como la microsíllica, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

**Mezclado:** Ya que se incrementa la retención de asentamiento usando el aditivo RHEOBUILD 1000, éste se puede adicionar en la planta de premezclados. También puede adicionarse en la obra si se desea incrementar el asentamiento.

**.- Empaque :**

**Rheobulid 1000** se suministra en tambores de 208 l (55 gal), en tanques de 1040 l (275 gal) y a granel.

**.- Almacenamiento :**

**Rheobulid 1000** tiene una vida útil de 18 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

## ADITIVOS Y FIBRAS

### 2.1 ADITIVOS

**Los aditivos** son aquellos productos que introducidos en el concreto permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

Productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y concretos en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades.

Aún cuando los aditivos son un componente eventual del concreto, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables.

De esta manera su uso estará condicionado por:

- a) Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- b) Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del concreto.
- c) Que un análisis de costo justifique su empleo.

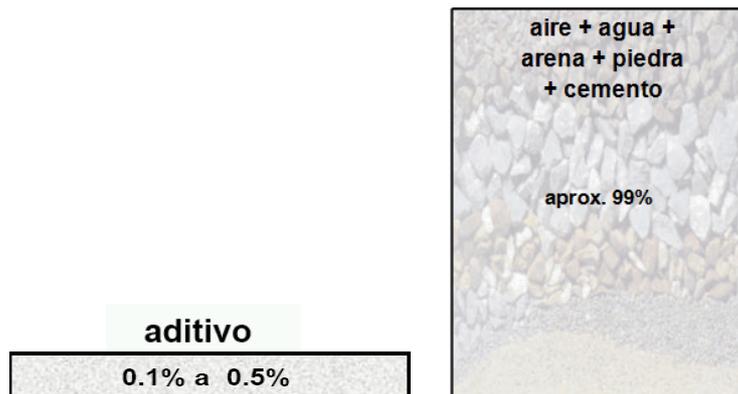
Un aditivo es definido, tanto por el comité 116 R del American Concrete Institute como por la Norma ASTM C 125, como “ un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado ”.

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a estos durante el mezclado a fin de:

- a. Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se está efectuando
- b. Facilitar su colocación
- c. Reducir los costos de operación

En la decisión sobre el empleo de aditivos debe considerarse en que casos:

- a. Su utilización puede ser la única alternativa para lograr los resultados deseados.
- b. Los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.



### **.- ADITIVOS QUÍMICOS**

Materiales adicionales al agua, agregados, cemento y refuerzo con fibra, empleados como ingredientes del concreto o mortero, añadidos inmediatamente antes o después del mezclado.

### **.- USO DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS**

Beneficios en las Propiedades del Concreto Fresco

- Disminución de la relación Agua/Cemento.
- Mejora en la trabajabilidad, bombeabilidad, colocación y acabado superficial.
- Reducción de segregación.
- Reduce el índice de pérdida del slump.
- Ahorro de cemento.
- Retarda o Acelera el tiempo de fraguado en el concreto.
- Reduce la exudación.
- Mayores rendimientos en los procesos constructivos.

## **.- CLASIFICACIÓN**

Una clasificación de aditivos en función de sus efectos no es fácil debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su empleo, pueden modificar más de una propiedad del concreto, así como a que los diversos productos existentes en el mercado no cumplen las mismas especificaciones.

En la clasificación debe considerarse que las múltiples posibilidades derivadas del empleo de aditivo, el constante desarrollo de materiales nuevos o modificaciones de los ya conocidos y la variación de los efectos con los diferentes materiales integrantes del concreto, son factores que impiden presentar una clasificación demasiado extensa.

Adicionalmente debe indicarse que los aditivos comerciales pueden contener en su composición materiales los cuales, separadamente podrían ser incluidos en dos o más grupos o podrían ser cubiertos por dos a más Normas ASTM o recomendaciones ACI.

En las clasificaciones que se presentan, aquellos aditivos que poseen propiedades identificables con más de un grupo son considerados en aquel que identifica a sus efectos más importantes.

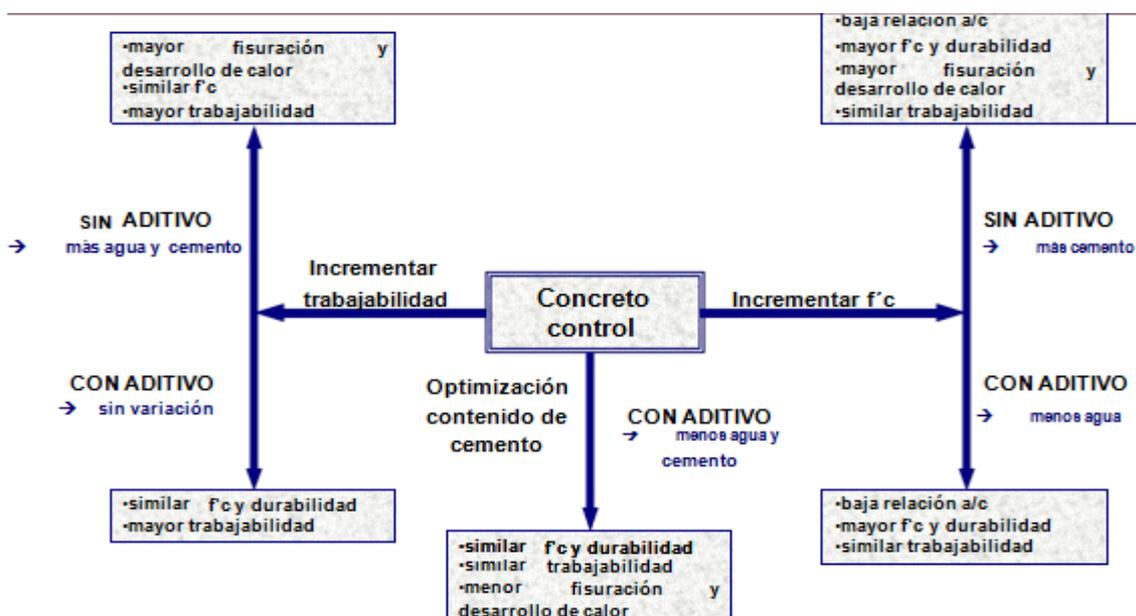
De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A    Reductores de agua.
- TIPO B    Retardadores de fragua
- TIPO C    Acelerantes
- TIPO D    Reductores de agua – retardadores de fragua.
- TIPO E    Reductores de agua – acelerantes.
- TIPO F    Super reductores de agua.
- TIPO G    Super reductores de agua – acelerantes.

**REDUCTORES DE AGUA Y REGULADORES DE FRAGUA**, los cuales tienen por finalidad reducir los requisitos de agua de la mezcla o modificar las condiciones de fraguado de la misma, o ambas. Deberán cumplir con los requisitos de las Normas NTP 339.086 ó 339.087 o de las Normas ASTM C 494 ó C 1017.

**SUPERPLASTIFICANTES**, también conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua de la mezcla.

<i><b>Norma</b></i>	<i><b>Clase de Aditivos</b></i>
<i>ASTM C 260</i>	<i>Aditivos Incorporadores de Aire</i>
<i>ASTM C 494</i>	<i>Aditivos Químicos Reductores de agua y Controladores de Fragua</i>
<i>ASTM D 98</i>	<i>Cloruro de Calcio</i>
<i>ASTM C 869</i>	<i>Agente Espumoso</i>
<i>ASTM C 1141</i>	<i>Aditivos para Shotcrete</i>
<i>ASTM C 1017</i>	<i>Concreto fluido</i>
<i>ASTM C 937</i>	<i>Grout fluidificante</i>
<i>ASTM C 979</i>	<i>Pigmentos</i>



## ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA

Los aditivos reductores de agua pertenecen al grupo de reguladores de fragua que reducen los requisitos de agua de la mezcla o modifican las condiciones de fraguado, o de ambas.



### **- CLASES DE ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA**

#### Reductores de Agua:

Reducen el contenido de agua de la mezcla manteniendo el slump.

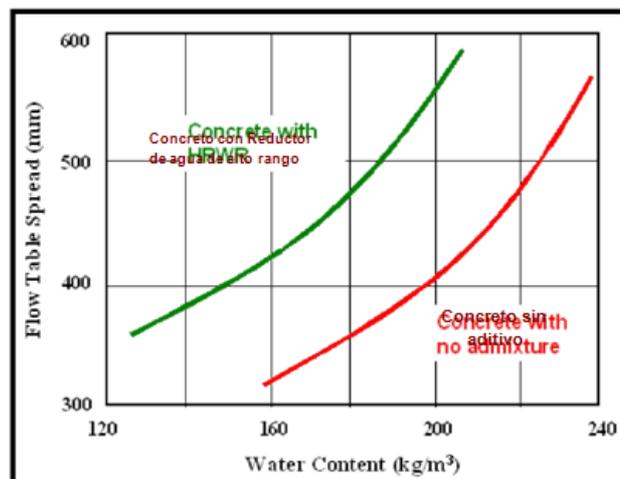
Como resultado de reducir la relación a/c mejora la resistencia y durabilidad.

#### Plastificantes:

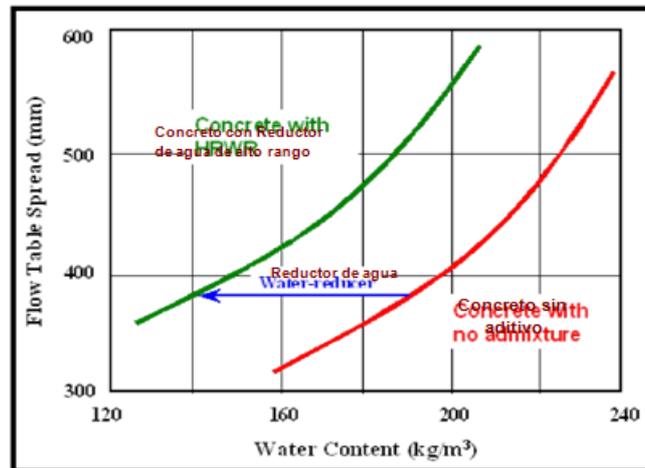
Incrementan la trabajabilidad manteniendo el contenido de agua.

Mejoran las características de colocación sin afectar la resistencia y durabilidad.

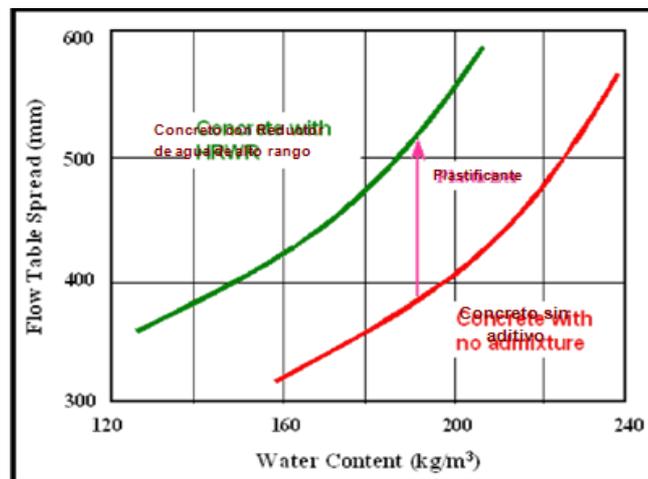
### **REDUCTORES DE AGUA VS PLASTIFICANTES**



from Neville 1995



from Neville 1995



## .- CLASIFICACIÓN

La Norma ASTM C 494 clasifica a los aditivos de este grupo en los siguientes tipos:

- Reductores de agua.
- Retardadores.
- Acelerantes.
- Reductores de agua y retardantes.
- Reductores de agua y acelerantes.
- Reductores de agua de alto rango.
- Reductores de agua de alto rango y retardadores.

## CLASIFICACIÓN DE REDUCTORES DE AGUA

	<u>% Reducción de agua</u>	
<b><i>Aditivo Reductor de agua Convencional</i></b>	<b>5 - 10</b>	
<b><i>Aditivo Reductor de Agua de Rango Medio</i></b>	<b>6 - 12</b>	
<b><i>Aditivo Reductor de agua de Alto Rango o Superplastificante</i></b>	<b>12 - 30</b>	

### TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO CON SUPERPLASTIFICANTE

La trabajabilidad del concreto puede ser mejorada por la adición de **superplastificante** a la mezcla. Los factores que afectan son el tipo, dosaje y momento de adición del aditivo y la relación agua – cemento. En relación con la trabajabilidad, la consistencia y fluidez, las cuales describen la facilidad con la cual la mezcla fluye en los encofrados, facilitando la colocación sin segregación.

### CONSISTENCIA DEL CONCRETO CON SUPERPLASTIFICANTE

La adición de superplastificante aumenta el asentamiento del concreto. El dosaje requerido para un valor determinado depende del tipo de aditivo. El dosaje requerido para un asentamiento dado depende también del asentamiento inicial, requiriendo mayores dosajes a las mezclas de bajo asentamiento.

Añadiendo el superplastificante pocos minutos después de mezclado del cemento con el agua se puede incrementar en forma muy importante el asentamiento, pudiendo obtenerse valores altos del mismo. La adición del superplastificante

después de 5 minutos de realizada la mezcla, generalmente ocasiona decrementos en los valores del asentamiento.

## SEGREGACIÓN Y EXUDACIÓN

En aquellos concretos en los que se emplea aditivos superplastificante como reductores de agua, no ocurre segregación o exudación indebidas. La segregación puede ocurrir con una cantidad excesiva de aditivo, agua, proporcionamiento inadecuado de la mezcla, agregado de granulometría discontinua, vibración prolongada o alguna combinación de las anteriores.

La exudación decrece con la reducción de la relación agua – cemento. En concretos fluidos la exudación y la segregación pueden ser reducidas y la cohesividad incrementadas por la adición de finos. A pesar de ser reconocidos, las características propias de auto enrasamiento de los concretos con superplastificantes, esto no quiere decir que la vibración normal puede ser eliminada. Se estima cuidado para una apropiada consolidación.

## REDUCCIÓN DE AGUA

Los superplastificantes pueden reducir los requisitos de agua en el concreto en el orden del 15% al 30% sin afectar la trabajabilidad. El concreto resultante presentará mayor resistencia y menor permeabilidad.

### **¿Cuáles son los aditivos para obtener un mejor concreto?.**

Los aditivos no especifican su uso con diferentes tipos de cementos porque se espera que el comportamiento sea el mismo con todos los tipos. Sin embargo, en la práctica se ha observado que la actividad del aditivo puede variar en cierto modo con diferentes tipos de cemento dada por sus características químicas o la naturaleza del clinker; al menos en el Perú aún no existe la suficiente data para poder caracterizar un comportamiento y especificarlo. Por lo general se sugieren pruebas previas en concreto para encontrar el óptimo uso considerando las condiciones de obra y costos.

## Rheobuild® 1000

### Aditivo Reductor de agua para producir concreto Rheoplástico

#### **RECOMENDADO PARA:**

- Concreto donde se desea una alta plasticidad, características de fraguado normal y desarrollo rápido de resistencias.
- Aplicaciones de concreto pretensado, prefabricado y premezclado.
- Aplicaciones Civil y Minera: shotcrete por vía húmeda o seca, grouts de alto desempeño, grouts de túneles y suspensiones de inyección.

#### **DESCRIPCIÓN:**

**Rheobulid 1000** es un aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango diseñado para producir concreto Rheoplástico. Este concreto fluye fácilmente manteniendo una alta plasticidad por tiempos más prolongados que el concreto superplastificado convencional. El concreto reoplástico tiene la baja proporción agua: material cementicio del concreto sin asentamiento, dando excelentes propiedades de ingeniería (endurecimiento).

#### **VENTAJAS Y BENEFICIOS:**

##### **En el concreto plástico:**

- Rango de plasticidad de 200 a 280 mm (8- 11 in).
- Retención prolongada de asentamiento.
- Tiempos de fraguado controlados.
- Permite mezclas cohesivas sin segregación y mínima exudación de agua.

##### **Para concreto endurecido:**

- Mayores resistencias iniciales en comparación con los superplastificantes convencionales.
- Mayor resistencia final a compresión.
- Mayor módulo de elasticidad.
- Mejor resistencia de adhesión al acero.
- Baja permeabilidad y alta durabilidad.

- Menor retracción y deformación.
- Integridad estructural del elemento terminado altamente confiable.

**Otros:**

- Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos reductores de agua tipo A y aditivos reductores de agua de alto-rango Tipo F.
- Menos dependencia de energía de consolidación.
- Menor costo de mano de obra y mayor productividad.
- Permite cambios en las especificaciones de ingeniería ya que es factible aumentar los límites de caída libre del concreto fresco, los espesores de las coladas y temperaturas del concreto, así como ajustes económicos en las mezclas.

**CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO**

**Velocidad de endurecimiento:**

RHEOBUILD1000 ha sido diseñado para producir características normales de fraguado para todo el rango de dosificación que se recomienda. El tiempo de fraguado del concreto depende de la composición física y química de los ingredientes básicos del concreto, la temperatura del concreto y las condiciones ambientales. Deben hacerse mezclas de prueba con los materiales de la obra para determinar la dosificación requerida para el tiempo de fraguado especificado y un requerimiento de resistencia determinado.



**Manejabilidad:** El concreto al que se ha adicionado RHEOBUILD 1000 tiene la capacidad de mantener una condición Rheoplástica de 200 a 280 mm (8 a 11 in) de asentamiento si así se requiere. La duración precisa para poder trabajar la mezcla no solo depende de la temperatura, sino también del tipo de cemento, materiales cementicios suplementarios, proporciones de la mezcla, la naturaleza de los agregados, el método de transporte y la dosificación.

### **APLICACIÓN:**

**Dosificación:** El rango de dosificación recomendado para el RHEOBUILD 1000 es de 650-1600 ml/100 kg (10-25 oz fl/100 lb) de material cementicio dependiendo de la aplicación y de cuanto se desee incrementar el asentamiento y resistencia.



Las dosificaciones anteriores se aplican a la mayoría de las mezclas de concreto que usan ingredientes típicos para el concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto como la microsílica, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados. En tales casos, contacte a su representante local de BASF CHEMICALS PERÚ.

**Mezclado:** Ya que se incrementa la retención de asentamiento usando el aditivo RHEOBUILD 1000, éste se puede adicionar en la planta de premezclados. También puede adicionarse en la obra si se desea incrementar el asentamiento.

## **RECOMENDACIONES:**

**Corrosividad:** No corrosivo, no contiene cloruros RHEOBUILD 1000 no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el concreto, concreto pretensado o concreto colocado en sistemas de pisos y techos de acero galvanizado.

No se utilizó cloruro de calcio ni ningún ingrediente a base de cloruros en la manufactura del aditivo RHEOBUILD 1000.

**Compatibilidad: Rheobulid 1000** puede utilizarse en combinación con la mayoría de los aditivos de BASF Construction Chemicals y en todo el concreto de color y arquitectónico.

Cuando se usa con otros aditivos, cada aditivo deberá adicionarse a la mezcla en forma separada.

RHEOBUILD 1000 no debe usarse con RHEOMAC UW 450, RHEOMAC VMA 358 o RHEOMAC 450 VMA ya que pueden experimentarse comportamientos erráticos en asentamiento, extensión del asentamiento o capacidad de bombeo.

**Temperatura:** Si se llega a congelar el RHEOBUILD 1000, eleve a una temperatura de 7°C (45°F) o mayor y reconstituya el producto por completo con una agitación mecánica ligera. No use aire presurizado para agitar.

## **ALMACENAMIENTO:**

**Rheobulid 1000** tiene una vida útil de 18 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

## **EMPAQUE:**

**Rheobulid 1000** se suministra en tambores de 208 l (55 gal), en tanques de 1040 l (275 gal) y a granel.

## **SEGURIDAD:**

Consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals.



## **DISEÑO DE MEZCLAS**

### **3.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS GENERALES**

Se puede decir que las propiedades del concreto se estudian principalmente con el propósito de seleccionar los ingredientes adecuados de la mezcla.

El diseño impone dos criterios para esta selección: resistencia del concreto y su durabilidad. Es importante agregar un requisito implícito en el sentido de que la trabajabilidad debe ser la apropiada para las condiciones del vaciado.

El diseño de mezcla es el proceso de escoger los materiales adecuados del concreto para determinar las cantidades relativas de los mismos, con el objeto de producir un concreto tan económico como sea posible, concreto con cierto mínimo de propiedades, especialmente resistencia, durabilidad y una consistencia requerida.

El costo de hacer concreto igual que cualquier otro tipo de actividad de construcción se compone del costo de los materiales, del equipo y de la mano de obra. La variación en el costo del material surge del hecho de que el cemento es varias veces más caro que el agregado, de manera que al seleccionar las proporciones de la mezcla, es deseable evitar un alto contenido de cemento.

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, siendo estas 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.

#### **EL PROCESO DE SELECCIÓN DE LA MEZCLA**

Una determinación exacta de las proporciones de la mezcla por medio de tablas o de datos de computadora generalmente no es posible, los materiales utilizados son

esencialmente variables y muchas de sus propiedades no se pueden estimar cuantitativamente con exactitud. Por ejemplo, la granulometría, forma y textura del agregado no se puede definir de una manera plenamente satisfactoria.

Por lo tanto, no es sorprendente que para obtener una mezcla satisfactoria no solo tengamos que calcular o estimar las proporciones de los materiales disponibles sino también hacer mezclas de prueba. Se verifican las propiedades de esta y se hacen ajustes en las proporciones, se hacen mezclas de prueba en el laboratorio hasta que se obtiene una mezcla definitiva.

Las pruebas de laboratorio no siempre garantizan que los resultados obtenidos sean los mismos que los que se obtendrán en obra.

Otros factores, tales como los efectos del manejo, transporte, retraso en el vaciado y variaciones pequeñas en las condiciones del clima pueden también influir en las propiedades del concreto en obra, pero estos son generalmente secundarios y no necesitan más que ajustes menores en las proporciones de la mezcla durante el proceso de la obra.

### **¿QUE ES HACER UN DISEÑO DE MEZCLA?**

- Determinar las proporciones en que deben intervenir los componentes de una mezcla de concreto para el logro de ciertas metas en particular.
- Realizar Inicialmente un cálculo teórico.
- Validar y lograr obtener en obra lo esperado teóricamente.
- Arte y Ciencia : Aporte Personal.

### **3.2 DISEÑOS DE MEZCLAS PARA CONCRETOS PREMEZCLADOS**

**OBRA : AVIFAP LOMAS CAMINOS DEL INCA – SURCO.**

**CLIENTE : ALTESA CONTRATISTAS GENERALES.**

**VENDEDOR : UNION DE CONCRETERAS S.A. – UNICON.**

**FECHA : 16 de Enero del 2007.**

---

En atención a lo especificado, mostramos la información técnica de los concretos a suministrar para la obra : AVIFAP LOMAS CAMINOS DEL INCA – SURCO.

La información es referente a :

- Diseños característicos y especificaciones técnicas de los concretos :

- 1. Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  , cemento tipo I , piedra Huso 57 , slump de 4”.**
- 2. Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  , cemento tipo I , piedra Huso 67 , slump de 6” a 8”.**
- 3. Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  , cemento tipo I , piedra Huso 67 , slump de 6” a 8” , con fibra de polipropileno.**
- 4. Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  , cemento tipo I , piedra Huso 67 , slump de 4” , con fibra de polipropileno.**

Además adjunto lo referente a :

- Tolerancias de los concretos a suministrar.

- \* Ensayos de las propiedades físicas y químicas de los agregados.
- \* Ensayos químicos del agua.
- \* Aditivo Rheobuild 1000 y fibra de polipropileno.



## **4.1 CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

### **.- MUESTREO Y CLASE DEL CONCRETO FRESCO**

Para la selección del número diario de muestras de ensayo del concreto fresco ha ser tomadas, se considerará como “clase de concreto” a :

- a) Las diferentes calidades de concreto requeridas por resistencia en compresión, durabilidad, apariencia u otras propiedades del concreto.
  
- b) Para una misma propiedad o valor de resistencia en compresión, las diferentes calidades de concreto obtenidas por variaciones en el tamaño máximo del agregado grueso, modificaciones en la granulometría del agregado fino o utilización de cualquier tipo de aditivos o adiciones.
  
- c) El concreto producido por cada uno de los equipos de mezclado utilizados en la obra.
  
- d) Para cada uno de los casos anteriores, el concreto suministrado por cada una de las mezcladoras de obra o de las plantas de concreto premezclado que abastecen la obra.

La muestra de concreto fresco deberá ser representativa del concreto promedio que se está colocando, debiendo ser tomada del tercio central de la tanda, al momento de ser descargada de la mezcladora.

Las muestras de concreto deberán ser obtenidas de acuerdo a lo indicado en las especificaciones de la Norma ASTM C 172 o de la NTP 339.036

La muestra deberá ser empleada dentro de los 15 minutos siguientes a ser tomada, debiendo durante este periodo estar protegida de la acción de cualquier agente atmosférico que puede causar la evaporación del agua de la misma.

Las muestras de concreto fresco deberán representar al concreto promedio que esta siendo colocado. **No deberán ser tomadas al principio o al final de cada tanda.**

Las muestras deberán ser tomadas al azar, no debiendo entrar en su selección criterios de apariencia, conveniencia u otros que puedan desvirtuar la representación estadística de la uniformidad o calidad del concreto. Asimismo, las muestras no deberán ser tomadas a intervalos regulares.

La muestras se tomarán del tercio central de la tanda al momento de ser descargadas de la mezcladora.

La muestra deberá ser empleada dentro de los 15 minutos siguientes a ser tomada, debiendo estar protegida de la acción de agentes atmosféricos que puedan causar modificación del agua de la misma.

Los ensayos de concreto deberán incluir :

- Ensayos de temperatura del concreto fresco
- Ensayos de la consistencia
- Ensayos del contenido de aire
- Ensayo del peso unitario

## **.- DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO.**

Se procede según las especificaciones del:

NTP 339.184

ASTM C 1064

No hay un método estandarizado para medir la temperatura del concreto fresco. Si las especificaciones de obran fijan límites para la misma, podrá emplearse termómetros especialmente diseñados para esta finalidad, o calcularse a partir de la temperatura de los ingredientes de la mezcla.

### **Equipos**

- Contenedor: de material no absorbente y lo suficientemente grande como para proveer al menos 75 m. ( 3 pulgadas ) de concreto en todas las direcciones alrededor del sensor del dispositivo de medición de temperatura.
- Dispositivo para medición de temperatura ( termómetro ): Con una aproximación de 0.5° C a lo largo de todo el rango de temperatura con un rango de 0° C a 50° C.

### **Procedimiento**

Introducir el termómetro de manera que quede cubierto al menos 7,5 cm.

Presionar suavemente el concreto alrededor del termómetro para que la temperatura ambiente no altere la lectura.

Dejar el termómetro por lo menos 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice.

Leer la temperatura y anotarla.

Completar la medición dentro de los 5 minutos a la toma de la muestra.



## **.- TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO**

<b>Tiempo de Fragua vs. La disminución de la temperatura del concreto fresco</b>	
Temperatura	Tiempo de Fragua aproximado
70° F ( 21° C )	06 Horas
60° F ( 16° C )	08 Horas
50° F ( 10° C )	11 Horas
40° F ( 4° C )	14 Horas
30° F ( -1° C )	más de 19 Horas, inicio congelamiento
20° F ( -7° C )	Se detiene la hidratación, se congela

### **Temperaturas típicas del concreto vs. humedad relativa que producen fisuración**

**ACI 305 R – 99 Concreto en clima cálido**

**ACI 306 R – 88 Concreto en clima frío**

Temperatura del concreto ° C	Humedad relativa
41	90%
38	80%
35	70%
32	60%
29	50%
27	40%
24	30%

## **.- ASENTAMIENTO O SLUMP**

El asentamiento es un índice de la consistencia del concreto, relacionado con su estado de fluidez.

**No se debe confundir trabajabilidad con asentamiento.**

Proporciona información útil sobre la uniformidad de las mezclas.

## TIPOS DE ASENTAMIENTO

- a) Seco.
- b) Convencional.
- c) Rango Medio.
- d) Rango Alto.



Seco



Convencional



Rango Medio



Rango Alto

<b>Concretos según su Consistencia</b>	
TIPOS DE CONCRETOS	SLUMP
Estándar	0" a 4"
Plastificante	4" a 6"
Superplastificante	6" a 8"
Rheoplástico	> 8"

Este ensayo, se efectúa de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM C 143 ó NTP 339.035. El ensayo Vebe es recomendado para mezclas secas. Los valores de asentamiento y tiempo Vebe recomendados por el ACI 211.3 son los siguientes:

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento ( Mm )</b>	<b>Tiempo Vebe ( seg. )</b>
Extrema Seca	.....	32 a 18
Muy Seca	.....	18 a 10
Seca	0 a 25	10 a 5
Semiplástica	25 a 75	5 a 3
Plástica	75 a 125	3 a 0
Alta Plástica	125 a 200	.....
Fluida	200 a más	.....

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que con el procedimiento de compactación seleccionado adecuadamente utilizado, se obtenga la consolidación deseada.

El exceso de fluidez puede ser indeseable debido a que se puede incrementar el costo de la mezcla y reducir la calidad del concreto endurecido. Cuando el exceso de fluidez es el resultado de la utilización de demasiada agua en la mezcla, está generalmente inestable y muy posiblemente ha de segregarse durante el proceso de consolidación.

Mezclas que tienen un asentamiento altamente moderado, agregado grueso de pequeño tamaño máximo y exceso de agregado fino, son frecuentemente empleadas

debido a que su exceso de flujo permite un menor trabajo en el proceso de colocación.

Se realizarán no menos de cuatro ensayos diarios para cada clase de concreto, en horas de vaciado diferentes antes de la colocación del concreto, y siempre que se verifique que la mezcla es más seca o más fluida que la consistencia deseada. Los resultados de este ensayo no deben ser tomado como criterio para rechazar el concreto, debiéndose considerar lo indicado en el Capítulo correspondiente.

Los ensayos de asentamiento o “ slump “ del concreto, deberán estar comprendidos dentro de los límites indicados en las especificaciones, aceptándose una tolerancia de 13 mm para las mezclas de consistencia seca, y de 25 mm para las mezclas de consistencia plástica o fluida. Estas tolerancias sólo se permitirán para tandas individuales siempre que el promedio de los ensayos realizados en las últimas cinco tandas no exceda del asentamiento máximo permitido.

El resultado de una sola prueba **no se considerará como criterio suficiente para el rechazo de la mezcla**, pero se deberá realizar inmediatamente un nuevo ensayo de comprobación con otra porción de la misma mezcla de concreto. Si este segundo ensayo no cumple, se considerará que el concreto no satisface los requisitos de las especificaciones.

## **.- DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO**

Esta determinación se realiza mediante los estándares de las Normas:

NTP 339.035

ASTM C 143

EQUIPOS:

- **Molde / Cono de Abrams**

Diámetro de la base inferior: 20 cms.

Diámetro de la base superior: 10 cms.

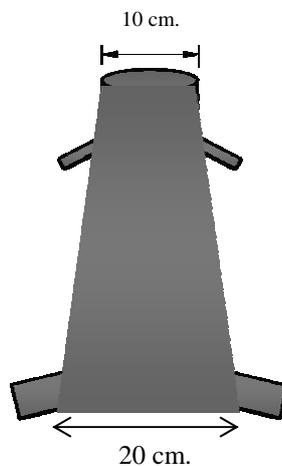
Altura del cono: 30 cms.

Tolerancia:  $\pm 3$  mm.

Espesor mín: 1.5 mm.

- **Barra Compactadota de fierro liso**

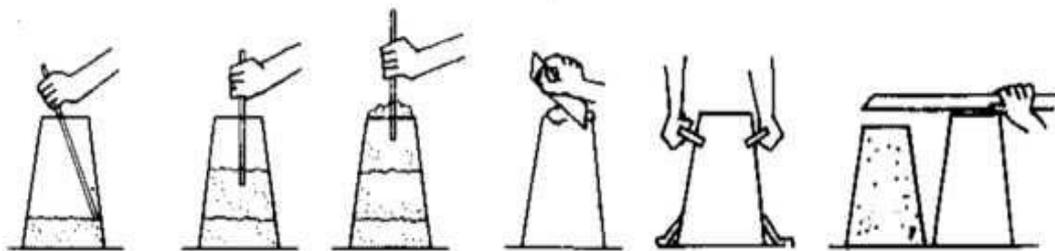
Diámetro de la barra: 16 mm. ( 5/8" )



## .- ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO

El procedimiento es el siguiente:

- Colocar el cono en una base plana, no absorbente.
- Humedecer todos los aparatos a utilizar.
- Mantener el cono firme contra la base, parándose sobre las dos aletas.
- Llenar el cono en 3 capas de aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del volumen del cono cada una.
- Compactar con la varilla cada capa con 25 golpes. Distribuirlos en toda el área y aplicarlos comenzando cerca del molde y acercándose en espiral hacia el centro de la sección. Mantener la misma intensidad en todos los golpes.
- Levantar el cono verticalmente de 5 a 7 segundos.
- Medir la distancia entre la altura del molde y el centro de la cara superior del concreto, con una aproximación de  $\frac{1}{4}$ " ( $\frac{1}{2}$  cm. ).
- El tiempo máximo del ensayo debe durar 2 minutos y medio.



Ensayo de asentamientos del cono de Abrams.



## **.- MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CÍLINDRICAS DE CONCRETO EN OBRA**

Estos procedimientos los efectuamos mediante el uso de las Normas:

NTP 339.033

ASTM C 31

### **EQUÍPOS:**

- **Moldes cilíndricos**

Diámetro del molde: 15 cms.

Altura: 30 cms.

Material: plástico o acero, es decir impermeable, no absorbente y no reactivo.

- **Barra compactadota**

Diámetro: 16 mm. Longitud: 60 cms.

- **Martillo de Goma**

Peso: 340 a 800 gramos.

- **Herramientas**

Pala

Cucharón

Plancha de albañilería de metal o madera.

Aceites.

Derivados de petróleo o desmoldantes.

Tapa para el molde.



Se procederá para este ensayo de la siguiente manera:

- Se debe identificar la procedencia de la muestra de concreto anotando los datos necesarios ( número de camión, lugar de entrega, elemento vaciado y fecha ).
- La muestra no se considera representativa del material, cuando haya transcurrido más de una hora entre el muestreo y el momento en que el agua y el cemento se mezclaron.
- En ningún caso se empleará el concreto que ya fue usado en el ensayo de asentamiento, aire incorporado u otros.

## **.- PROCEDIMIENTO PARA MOLDEAR PROBETAS**

Será de la siguiente manera:

- Colocar los moldes en una superficie plana, rígida, horizontal, libre de vibraciones y protegida contra el tránsito vehicular y peatonal.
- Los moldes y sus bases deben estar limpios y su superficie interior deberá tener algún desmoldante. Todas las herramientas deberán humedecerse previamente.
- Compactar cada capa dando 25 golpes con el martillo de goma y distribuir en toda el área de la capa y aplicarlos comenzando cerca del molde y acercándose progresivamente en forma de espiral hacia el centro de la sección.
- Mantener la misma intensidad en todos los golpes.
- La capa inferior se compacta en todo su espesor y en las siguientes toda la profundidad de la capa y además 2.5 cms. de la capa inferior.
- Después de chucear cada capa, se golpea ligeramente las paredes del molde de 10 a 15 veces con el martillo de goma y se enrasa al tope del molde usando la barra compactadora o una plancha de albañilería.
- Luego de llenar los moldes, se fijan en ellos tarjetas que los identifique con los datos necesarios.





## **.- CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO**

Generalmente este aire ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla.

El contenido de aire entrampado en el concreto está en función de las proporciones en que se han combinado los ingredientes en la mezcla, de mezcla de las características físicas de los agregados y del método de la compactación.

Para la determinación del contenido de aire de una mezcla de concreto podrá utilizarse alternativamente la Norma ASTM C 231 ( Método de Presión ); ASTM C

173 ( Método Volumétrico ) ó ASTM C 138 ( Método Gravimétrico ) o las correspondientes Normas NTP 339.080; 339.081; 339.046.

La variación aceptable en el contenido de aire será de 1 % para concretos de peso normal.

Si el contenido del aire medido no cumple con los requisitos de las especificaciones de obra, dentro de los límites de variación indicados, se deberá realizar inmediatamente un nuevo ensayo de comprobación con otra porción de la misma mezcla de concreto. En caso que este segundo ensayo no cumpla, se considerará que el concreto satisface los requisitos de las especificaciones, debiéndose tomar por la Supervisión disposiciones análogas a las indicadas para los ensayos de consistencia.



### Contenido de Aire Atrapado

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Aire Atrapado ( % )
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

#### **.- CONTENIDO DE AIRE DE LOS CONCRETOS APLICADOS AL PROYECTO**

En los 04 diseños de concreto utilizados en el proyecto, se consideró para todos, un **contenido de aire de 2,6 %**.



**CONJUNTO MULTIFAMILIAR**

**“LOMAS CAMINOS DEL INCA”**

**2007**

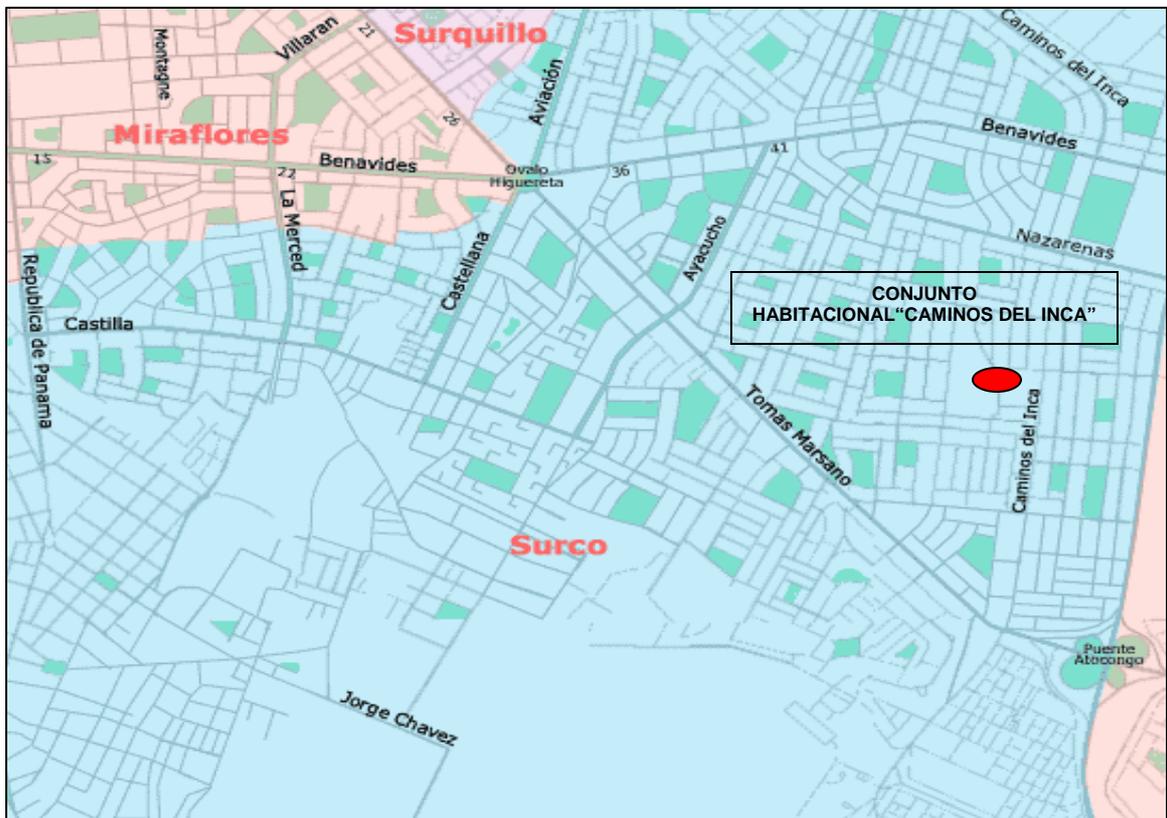
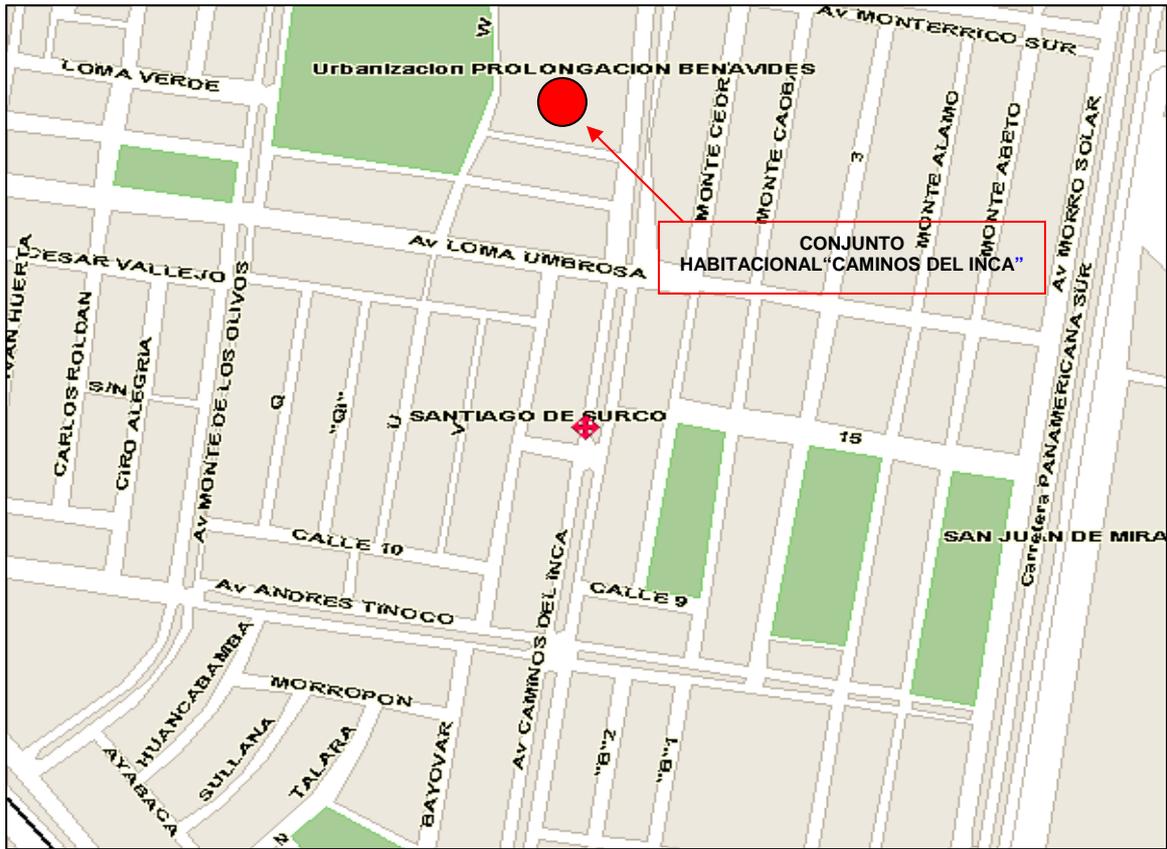
## 5.1 GENERALIDADES DE LA OBRA

El Conjunto Multifamiliar “ Caminos del Inca “ esta compuesto por 10 edificios de 5 pisos para vivienda con 4 departamentos por piso.

El proyecto está ubicado en la Avenida Caminos del Inca esquina con Avenida. Monterrico Sur, distrito de Santiago de Surco – Lima, en un área aproximada de 14300 m2.

Este manual es una guía referencial e ilustrativa de las características y bondades del inmueble y de las instalaciones con las que cuenta el edificio multifamiliar “Caminos del Inca”, así como proporcionar las garantías que la empresa Contratista ofrece.





## DISTRIBUCIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS

Los departamentos construidos poseen características similares las cuales estamos detallando.

Área del departamento por ambiente:

<b>AMBIENTE</b>	<b>ÁREA (M2)</b>
Sala-Comedor y pasadizo circulación	24,79
Dormitorio 1 Principal	14,40
Dormitorio 2	9,70
Dormitorio 3	10,20
Dormitorio de servicio	4,43
Walking Closet	5,30
Cocina-Lavandería	14,47
Baño Principal	3,40
Baño Común	2,55
Baño de servicio	1,38
Balcón 2do al 5to piso	3,42
Área ocupada por muros	7,60
Terraza (sólo en primer piso)	9,40

## ÁREAS TOTALES DEL DEPARTAMENTO

<b>DESCRIPCION</b>	<b>PRIMER PISO</b>	<b>SEGUNDO AL CUARTO PISO</b>	<b>QUINTO PISO</b>
Área de Terraza	9,40	-----	-----
Área techada por departamento	101,64	101,64	101,64

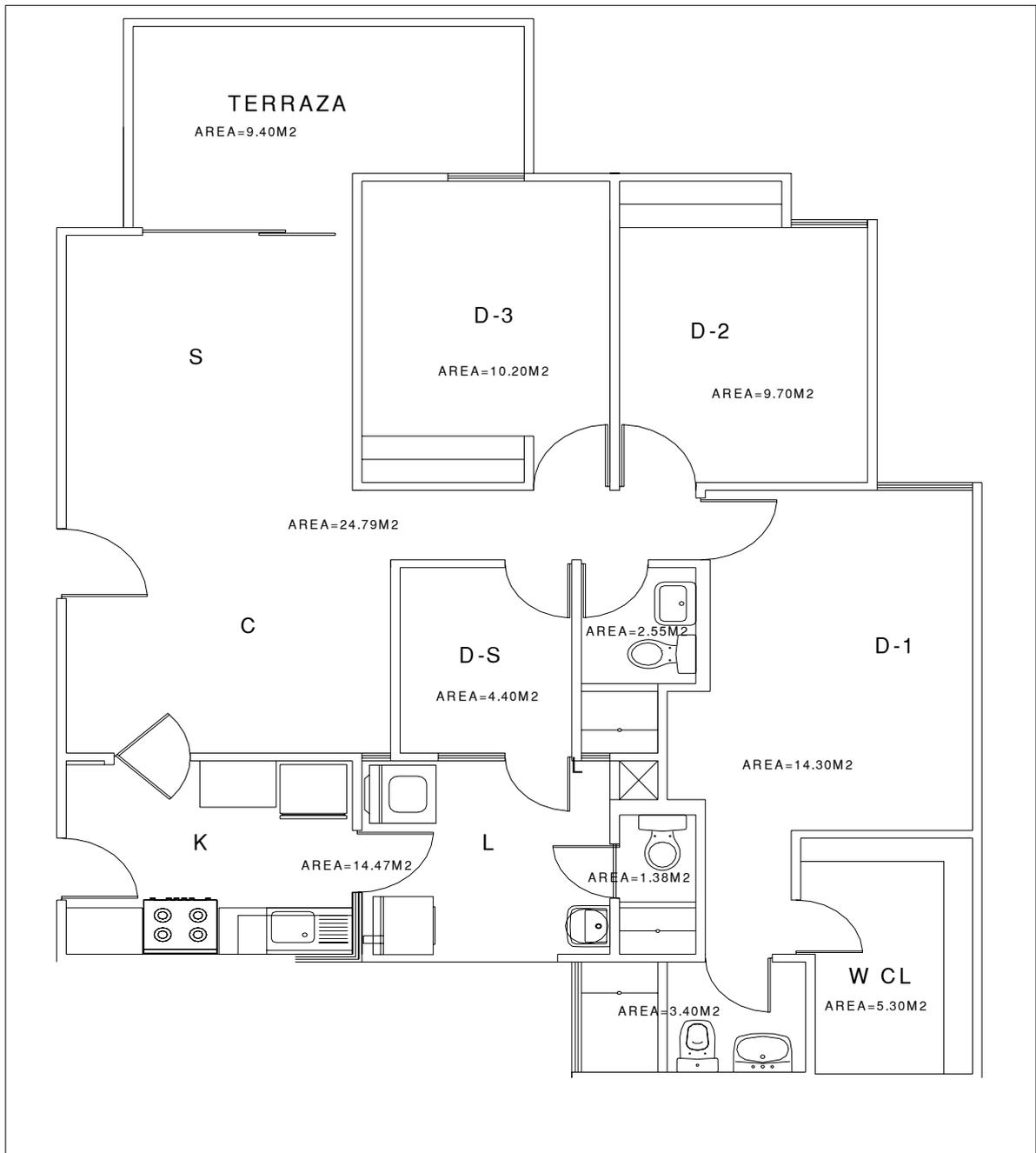
## ESTRUCTURAS

Cada edificio está construido por el sistema **MDL ( Muros de Ductilidad Limitada )**, que consiste en un sistema de muros y losas de concreto armado de espesores de entre 10 y 12 centímetros de espesor, con lo cual se consigue tener una estructura antisísmica. Debido a esto, por ningún motivo puede realizarse modificación alguna de los muros y losas, como por ejemplo, picar o demoler parte de un muro para poder tener una ventana, ya que esto ocasionaría un debilitamiento en la estructura de su departamento y de todo el edificio en general, disminuyéndose el comportamiento antisísmico para lo cual fue diseñado y construido.

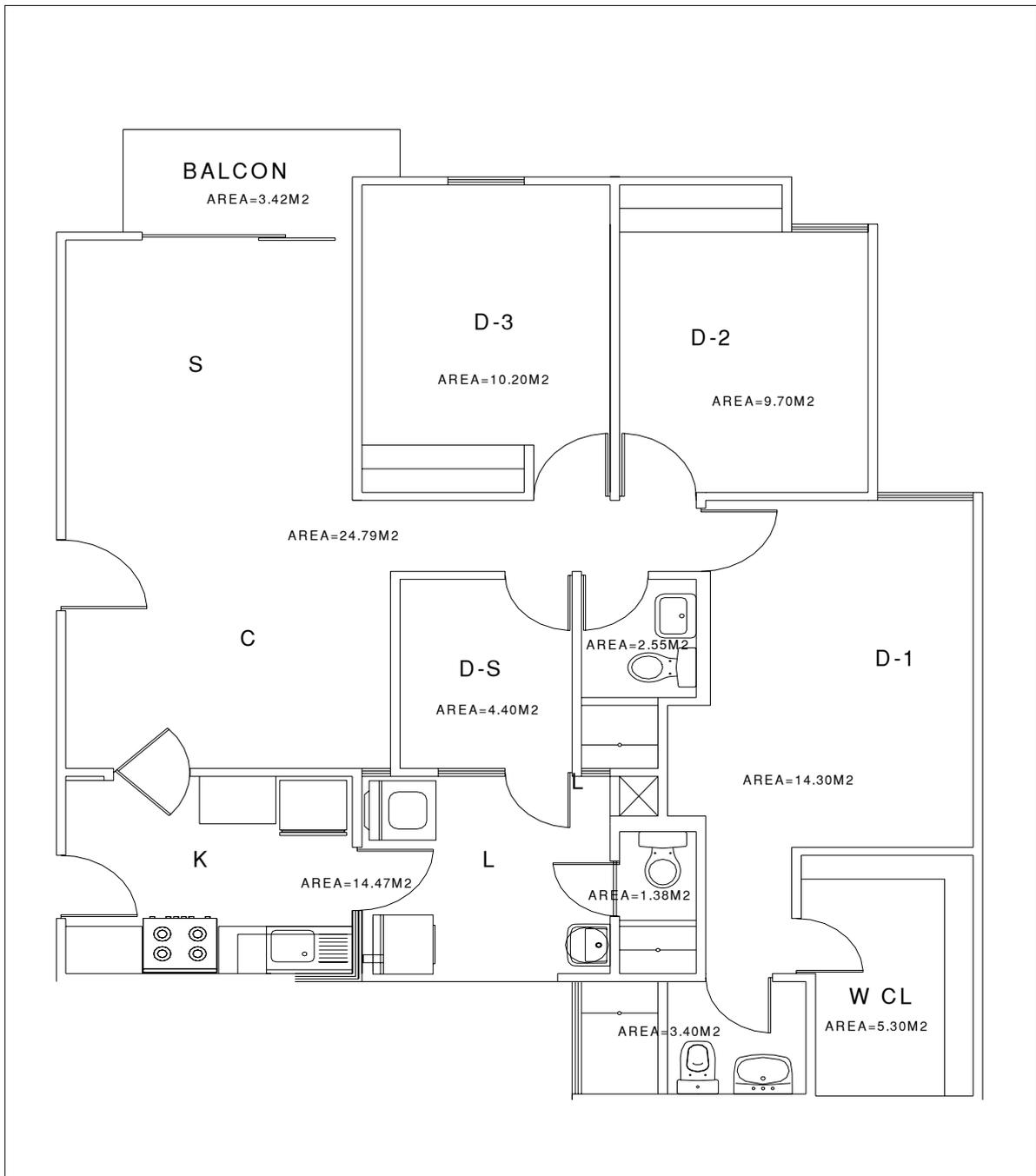
La presencia de microfisuras en algunas vigas y columnas de algunos departamentos se debe al comportamiento propio del concreto el cual se tiene a contraer. Estas microfisuras no significan riesgo de carácter estructural alguno pues no generan el debilitamiento de ningún elemento, además de fisuras en los muros de ladrillo debido a cambios de temperatura que generan contracción y por movimientos sísmicos, si desea colocar clavos, pernos u otros elementos, perforar previamente con taladro cuidando de estar lejos de las tuberías de agua que están empotradas en los muros.



# PLANO DE DISTRIBUCIÓN DEL 1º PISO



# PLANO DE DISTRIBUCIÓN DEL 2° AL 5° PISO



## **CONJUNTO MULTIFAMILIAR “ LOMAS CAMINOS DEL INCA ”**

El alcance Arquitectónico del Conjunto Residencial de acuerdo al detalle de los planos será el siguiente:

### **A.-Del Conjunto Residencial**

- 1 estacionamiento por departamento
- Total 201 estacionamientos en el interior del conjunto
- Estacionamientos para visitas en el perímetro exterior.
- Áreas verdes, jardín interior.
- Áreas de circulación peatonal y vehicular.
- 3 Casetas de seguridad
- Los edificios estarán preparados para recibir ascensor a futuro

### **B.-De la urbanización**

- Independización de las áreas peatonales con las vehiculares, circuito peatonal.
- Privacidad evitando el registro visual.
- Áreas de jardines comunes propias de cada bloque.
- Todos los ambientes tendrán iluminación y ventilación natural.

### **C.-De las áreas comunes**

Pasadizos o halles comunes y escaleras con piso cerámico serie Grecia o similar Celima.

Se eliminan jardineras de concreto en pasadizos.

Rejas de seguridad en los ingresos a edificios en fachadas (20 un).

Se debe considerar cerramiento en las zonas de ascensores 0.9x2.4 triplay pintado u otro económico.

## D.-De los Departamentos

D1.-Área aprox,: 100-102 m<sup>2</sup>

D2.-Número de Departamentos 200 unidades.

D3.-Distribución de los Departamentos:

- Dormitorio Principal + baño (lavatorio, inodoro y ducha) + walking closet.
- 2 Dormitorios secundarios espacio para closet.
- Baño de visita (lavatorio, inodoro y ducha).
- Sala-Comedor-Terraza.
- Cocina.
- Lavandería.
- Cuarto y Baño de servicio.

D4.-Acabados:

- Sala comedor.  
Piso: en contrapiso.
- Terraza.  
Piso: Cerámico 30 x 30 de color calidad celima o superior.  
Alto tránsito.  
Contrazócalo h=0,10 m del mismo material del piso.
- Dormitorios en contrapiso espacio para closet incluidos podios de cemento.  
No se están colocando las puertas de los dormitorios.
- Walking closet, en contrapiso y sin considerar la puerta de ingreso.
- Baño principal y común.  
Piso: Cerámica 30 x 30 de color, calidad Celima o superior. Alto tránsito  
Zócalo: Mayólica de color h= 2,10 m en ducha y h=1,50 m en la zona de aparatos.  
Contrazócalo h=0,10 m del mismo material del piso.  
Sanitarios de color.  
Inodoro sifón jet color c/accesorios completos  
Lavatorio modelo Safír.

Ducha mezcladora 8"

Kit de accesorios de color jabonera papelera gancho.

- Cocina:

Piso: Cerámica 30 x 30 de color calidad Celima o superior. Alto Tránsito.

Zócalo: Mayólica de color en zona de lavadero y mueble (h = 0,60 m).

Contrazócalo h=0,10 m del mismo material del piso.

Lavadero: Lavadero de acero inoxidable de una poza con un escurridor.

Observaciones: La cocina incluye mueble bajo de melamina L=1,20 mts.

- Patio – Lavandería:

Piso: Cerámica de color 30 x 30. Alto Tránsito.

Zócalo: Mayólica de color en zona de lavadero de granito(h = 0,60 m).

Contrazócalo h=0,10 m del mismo material del piso.

Lavadero de Granito.

- Dormitorio de Servicio; en contrapiso y sin considerar la puerta de ingreso y salida.

- Baño de Servicio:

Piso cerámico.

Zócalo: Mayólica blanca h=2,10 m en ducha.

Contrazócalo h=0,10 m del mismo material del piso.

Sanitarios:

Inodoro Rapid Jet Color blanco.

Ducha mezcladora 8"

Kit de Accesorios: Color Blanco.

- Servicios:

Un medidor de agua por departamento (cisterna y tanque único)

Un medidor eléctrico trifásico por departamento.

Un medidor eléctrico por áreas comunes.

Conductos para telefonía, cable e intercomunicador (se considera un sistema para 20 departamentos con un fono instalado por departamento y ductería para un fono mas que deberá colocar el usuario)

Tablero termoelectrico con llaves termomagnéticas con caja PVC en departamento.

## **6.1 ANÁLISIS DEL CONCRETO FRESCO**

Durante la etapa en que el concreto se mantiene en estado fresco es de gran importancia poder otorgarle una docilidad adecuada, para el uso que se desea darle. Debido a que las fibras reducen la trabajabilidad del concreto fresco, se hace necesario determinar en qué proporción lo hacen. Para cuantificar la trabajabilidad del concreto se medirá el asentamiento o slump en el cono de Abrams (ASTM C 94). En nuestro caso se usó aditivos para mejorar el comportamiento del concreto con fibras.

Durante esta etapa también supervisamos que el concreto con fibras tiene una restricción de  $\pm 1$ " , en donde es aceptable una tolerancia menor o igual al slump de diseño, sea este de 4" para losas o de 6" a 8" para muros. NUNCA MAYOR!!. Todo esto a fin de evitar la segregación del concreto. El concreto sin fibras, no presenta restricción, pueden pasarse en 1" o 1 ½ " el slump de diseño. Usado en plateas de cimentación y otros elementos. No se debe confundir trabajabilidad con asentamiento.

## **6.2 ANÁLISIS DEL CONCRETO ENDURECIDO SOMETIDO A ENSAYOS A COMPRESIÓN**

El valor de la resistencia obtenido en el ensayo a compresión no es absoluto, puesto que depende de las condiciones en que ha sido realizado. Dependen los valores en muchos casos de la forma y dimensiones de la probeta y en otros casos de las condiciones de ejecución de los ensayos.

Se evidencian las siguientes diferencias comparativas entre los concretos con y sin fibras de polipropileno:

Los valores promedio de la resistencia a la compresión a las edades de 7, 21 y 28 días del concreto con fibras son ligeramente mayores que los obtenidos para esas mismas edades de ensayo en el concreto sin fibras. Por ejemplo, para el concreto con fibra la variación a los 7 días alcanzó el 3,82 % mientras que para los 28 días, el mismo concreto registró 2,68 % de variación respecto al concreto sin fibras.

Cuando se efectuaron los ensayos a compresión de las probetas, se observó que las probetas sin fibra colapsaban, mientras que las probetas con fibra no sufrían cambios en su volumen, debido al entretejido que hace la fibra con el concreto.

### **6.3 ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE FISURACIÓN DEL CONCRETO MEDIANTE EL PANEL RECTANGULAR**

La fisuración es inherente al concreto, debido a que las restricciones a las deformaciones ocasionan reacciones y producen fisuraciones.

En este ensayo sometemos a nuestras losas a dos tipos de fisuraciones:

- Fisuración por contracción plástica, que ocurre antes de alcanzar el endurecimiento o fragua inicial del concreto y
- Fisuración por contracción por secado, que ocurre después del endurecimiento o fragua del concreto debido a la pérdida de humedad de la pasta cementicia la cual se contrae hasta en 1%.

La fisuración por contracción plástica ocurre cuando está sujeto a una pérdida de humedad muy rápida provocada por una combinación de factores que incluyen las temperaturas del aire y el concreto, la humedad relativa y la velocidad del viento en la superficie del concreto. Estos factores pueden combinarse de manera de provocar niveles altos de evaporación superficial tanto en clima caluroso como en clima frío."

La fisuración por contracción por secado es provocada por la pérdida de humedad de la pasta cementicia, la cual se puede contraer hasta un 1%. Por fortuna, los agregados proveen una restricción interna que reduce la magnitud de este cambio de volumen a aproximadamente 0,06%. Cuando se humedece el concreto tiende a expandirse. Estos cambios de volumen inducidos por los cambios de humedad son una característica propia del concreto.

Las fisuras por contracción son pequeñas, fisuras irregulares que pueden desarrollarse en el concreto durante las primeras 24 horas después de su colocación. No deben confundirse con las fisuras superficiales, dado que las fisuras por contracción usualmente pasan a través de todo el espesor de la losa.

El análisis del potencial de fisuración del concreto mediante el panel rectangular en este caso en particular es ubicar, cuantificar y diagnosticar las fisuras que se presentan por medio de la contracción plástica y por secado de una losa con concreto simple y otro con fibra de polipropileno.

Sometemos a nuestras losas de concreto a acciones de calor, viento y humedad relativa en la práctica como si estuvieran sometidas a acciones reales de cambios climáticos y ver en que porcentaje la fibra de polipropileno reduce las fisuras por contracción plástica versus las losas sin fibras.

Al día siguiente de culminado las 3 etapas del ensayo de evaluación, procedemos a ubicar las fisuras en las losas de concreto endurecido y marcarlas con un número para luego medir la longitud de la fisura y además el ancho de la grieta que se expresa en milímetros y que se mide mediante la ayuda de un medidor óptico portátil.

Contabilizando el número de fisuras del panel con la losa de concreto simple sumaron un total de 19. El ancho máximo de la fisura fue de 0,40 mm. y la mínima fue de 0,02 mm. con un promedio de 0,17 mm.

El número de fisuras con un ancho mayor a 0,17 mm. sumaron 14, mientras el ancho menor a 0,17 mm. sumaron 5.

La máxima longitud de la fisura fue de 29 cm. y la mínima fue de 5,50 cm.

En el caso de las fisuras en el panel de la losa con fibras de polipropileno se contabilizaron 21 fisuras. El ancho máximo de la fisura fue de 0,19 mm. y la mínima fue de 0,02 mm. con un promedio de 0,08 mm.

El número de fisuras con un ancho mayor a 0,08 mm. sumaron 6, mientras el ancho con un ancho menor o igual a 0,08 mm. sumaron 15.

La máxima longitud de la fisura fue de 28 cm. Y la mínima fue de 3 cm.

## 7.1 CONCLUSIONES

- La incorporación de fibras de polipropileno, 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 polipropileno adicionado al concreto la docilidad de la mezcla disminuye. ( En nuestro caso particular la dosis de la fibra Fibermesh 300, comprendió una dosificación establecida de 900 gramos por m<sup>3</sup> de concreto, la cual es un rango aceptable para no tener inconvenientes con la trabajabilidad del concreto ). En algunos casos obras de mayor envergadura establecen dosis de 2 a 2.5 kilos por m<sup>3</sup> de concreto, lo cual si afectan sustancialmente a la trabajabilidad del concreto.
- Aplicamos a nuestra investigación de la mezcla del concreto con fibras de polipropileno dosis variadas de aditivo superplastificante Rheobuild 1000, dependiendo de el asentamiento que se requiera , a fin de mejorar la trabajabilidad del concreto sin adición de agua.
- En cuanto a las propiedades mecánicas del concreto endurecido, se aprecia que la resistencia a la compresión en promedio del concreto con fibras de polipropileno aumenta en comparación al del concreto sin fibra. A los 7 días las resistencias en muchos casos no son mayores comparados con las del concreto normal, pero a los 28 días si se aprecia un relativo aumento de las resistencias a la compresión comparados con las del concreto normal.
- Este aumento es muy pequeño, teniendo un máximo de variación con respecto al concreto sin fibras del orden del 4,19%. Se puede decir, que la adición de fibra de polipropileno 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 base a la bibliografía estudiada, se encuentra que existe acuerdo en cuanto a que el concreto reforzado con fibras de polipropileno mejora en forma notable la resistencia a los impactos y la fisuración por contracción plástica, además de mejorar, en algún grado, la capacidad de deformación del concreto otorgándole mayor tenacidad y ductilidad.
- En las pruebas de paneles de contracción plástica o por secado, se observa que en el panel que contiene fibras de polipropileno disminuye considerablemente la anchura y la longitud de fisuras en un 50%.
- Si se forman las fisuras por contracción, las fibras unen estas fisuras, ayudando a reducir su longitud y anchura. Los efectos de las fibras sobre el comportamiento del concreto en estado plástico y endurecido varían dependiendo de los materiales del concreto, proporciones de la mezcla, tipo y longitud de la fibra, y cantidad de fibra agregada.
- Basado en el libro de concreto reforzado del ingeniero mexicano Gonzáles Cuevas, en el capítulo “Anchos permisibles”, se establecen límites en los anchos de grietas que son en el orden de 0,1 a 0,2 mm. para ambientes agresivos, y de 0,2 a 0,4 mm. para ambientes normales, observándose que el concreto simple cumple este requisito y aún más el concreto con fibras de polipropileno Fibermesh 300.
- El simple hecho de añadir las fibras de polipropileno, crea un sistema avanzado de soporte interno que inhibe el agrietamiento por asentamiento en estado plástico,

evitando la segregación y asentamiento de los ingredientes más pesados del concreto resultando además una exudación uniforme.

- Al introducir las fibras de polipropileno, se incrementa la capacidad tensil del concreto en estado plástico. Conforme el concreto se endurece y retrae, el punto donde las micro grietas tienen mayor tendencia a desarrollarse, minimizando de esta forma el comienzo de planos débiles que se convierten en grietas.
- La reducción o eliminación de grietas plásticas permite al concreto desarrollar su integridad óptima a largo plazo. Cuando se utilizan según las especificaciones del fabricante, las fibras inhiben de 80 a 100% la fisuración por contracción plástica o por secado.
- Con las familias de fibras de polipropileno, de distintos fabricantes, la industria de la construcción tiene ahora una herramienta poderosa para inhibir la formación de agrietamiento en estado plástico. Al introducirse millones de fibras en la mezcla se le da al concreto un esfuerzo secundario multidimensional. El resultado es un sistema de refuerzo distribuido de manera uniforme que siempre está posicionado correctamente para combatir el agrietamiento en estado plástico.

## 7.2 RECOMENDACIONES

Las fisuras plásticas son la respuesta del concreto a los esfuerzos de tracción, debido a ello el concreto experimenta movimientos que se manifiestan mediante deformaciones (intrínsecas y extrínsecas), que pueden desarrollar microfisuras, fisuras y grietas.

En el proceso constructivo de Edificios con Muros de Ductilidad Limitada ( MDL ) es posible minimizar significativamente las fisuras. Las fisuras que presenta el concreto están en función a muchos factores, antes de pensar en la manera de prevenirlas deberíamos primero identificar su causa. Por otro lado, es muy común la presencia de fisuras por contracción plástica y fisuras por contracción por secado.

La contracción plástica se debe a que al proceso de construcción acelerado impide la "libre" contracción de fragua y de secado, por ello origina esfuerzos internos a edad temprana, siendo los de tracción los que producen la fisuración de los elementos estructurales cuando éstos superan la capacidad del material, en especial en losas de concreto.

Las fisuras por contracción plástica, aparecen en losas y placas de concreto armado, las causas principales son: el secado rápido a horas tempranas y la baja velocidad de exudación.

La contracción por secado puede permanecer durante muchos meses aunque a ritmo decreciente, dependiendo de la forma del elemento. Con una contracción de 0,05% el concreto se acorta aproximadamente 1,5 mm en 3,0 m lineales y, si se restringe este fenómeno, inevitablemente se agrietará.

A continuación presento algunas recomendaciones a tomar en cuenta:

- En el caso de las losas, se deben de controlar las fisuras por contracción plástica mejorando el curado a primeras horas. La edad en que aparecen es de 30 min. a 6 horas. Se deben curar 3 horas después de finalizado el vaciado, con la aplicación de curador químico a fin que el shock térmico generen microgrietas por esfuerzos internos y cambios de temperatura a primeras horas.

- En el caso de los muros, se deben curar con la aplicación de curador químico, inmediatamente después del desencofrado de los mismos.
- Colocación de juntas de contracción cortadas o formadas en muros largos, hasta 6,00 m.: 1 Junta , mayores a 6,00m: 2 juntas simétricas.
- Al aplicarse sellador de silicona, cinta y pasta para drywall se protegen para cuidar la durabilidad y se mimetizan las fisuras.
- Separar alféizares con juntas francas.
- Se debe interpretar la continuidad del movimiento del concreto debido a que la contracción por secado es mayor a 100 kg/cm<sup>2</sup> en tracción. ¡No hay concreto convencional que la resista!. Esto produce efectos colaterales.
- No usar dinteles, o independizarlos.
- Después de curar la losa del 5° piso, se deben iniciar los trabajos de colocación del pastelero a fin de reducir las fisuras por contracción por secado, ya que la losa esta en contacto directo con el medio ambiente de manera permanente.

#### **OTRAS RECOMENDACIONES:**

##### **.- Fisuraciones por causa de Instalaciones Eléctricas y Sanitarias**

- Concentrar las instalaciones de desague en la losa de 0.20 m.
- Tuberías plásticas deben estar centradas dentro del encofrado.
- Tuberías de ventilación de 1 1/2", por montantes exteriores o por ductos.
- Reforzar esquinas en vanos indirectos.

- Evitar que la tubería pegue contra el encofrado de techo.
- Tableros eléctricos superpuestos o reforzados en esquinas.

### **.- Cangrejeras**

Las zonas de vacíos con agujeros producidos por la acumulación de piedras, con separación de finos debido a la segregación del concreto durante el proceso de vaciado, lleva el nombre de cangrejeras.

Se presentan exclusivamente en los muros de concreto armado vaciados en encofrados metálicos. Estos agujeros pueden tener transcendencia estructural, además que afectan directamente en el aspecto estético y en el análisis de costos, debido a que se gasta más dinero en mano de obra y materiales para resane de muros.

Se recomienda:

- Exigir al proveedor del encofrado metálico, juegos de paneles en buen estado, que no estén desgastados, astillados, doblados o rotos, porque éstos perjudican al momento de vaciado facilitando la aparición de cangrejeras.
- Supervisar el aseguramiento y anclado de cada panel de encofrado antes de iniciar los vaciado, a fin de evitar se produzca el escape la filtración de lechada en encofrados no herméticos. Si esto llegará ocurrir producirá que el concreto quede debilitado, sujeto a flexión y cizalle.
- Golpear con un martillo de goma los paneles del encofrado por ambas caras, al momento de vaciado del muro, a fin de evitar que se acumulen piedras en zonas aisladas. El objetivo de este procedimiento es que el concreto fluya de manera uniforme en el encofrado.

- Hacer un buena práctica en la posición del vibrador dentro del concreto, a fin de reducir la fricción interna entre las partículas del agregado.



**.- Burbujas Superficiales**

Vacios individuales pequeños de ubicación y forma irregular, que se originan durante el vaciado de elementos encofrados, con tamaños que oscilan entre 2 mm. y 15 mm. de diámetro. Sólo tienen trascendencia estética o arquitectónica relativa.

Se recomienda:

- En el caso de las muros y losas del sistema MDL, se debe realizar el vibrado del concreto mediante el uso de vibradores eléctricos o hidráulicos de manguera flexible con un diámetro de cabeza de entre ½” a 1”. Se debe insertar el vibrador de forma vertical.
- Colocar y compactar el concreto en capas del orden de 0.50 m de espesor como máximo.
- Se debe contar con un vibrador de repuesto, para ser usado si se presenta cualquier falla mecánica.
- No usar el vibrador para mover el concreto pues produce segregación.
- La parte inferior del vibrador debe penetrar de 5 a 8 cm. al de la capa inferior de concreto para asegurar la integración de las 2 capas sin dejar una línea de junta entre ellas.
- Para asentamientos del concreto de 4”, el tiempo de vibrado deberá ser de aproximadamente 12 segundos. De 6” a 8” el tiempo será de 7 segundos.

