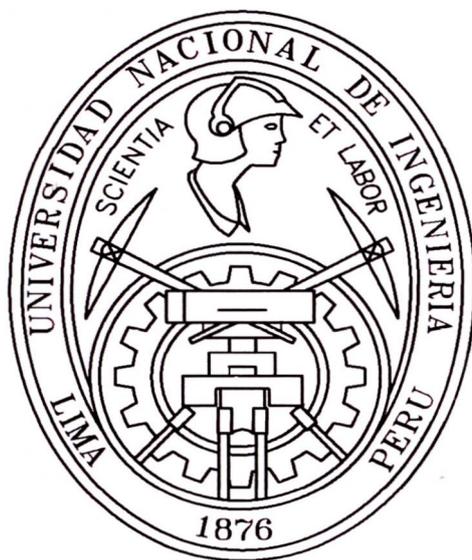


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**USO DEL CONCRETO CELULAR EN UNIDADES DE  
ALBAÑILERIA NO ESTRUCTURAL**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**YURY NÉSTOR NINAQUISPE MANCHEGO**

**Lima- Perú**

**2007**

ÍNDICE	Pág.
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	9
SUMARIO	11
<b><u>CAPITULO I: CONCRETOS LIGEROS.</u></b>	<b>14</b>
1. GENERALIDADES.	14
2. PROPIEDADES.	15
<b><u>CAPITULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.</u></b>	<b>20</b>
1. CEMENTO PORTLAND TIPO I.	20
1.1 Análisis químico.	21
1.2 Consistencia normal.	21
1.3 Tiempo de fragua.	21
1.4 Superficie específica.	22
2. AGREGADO FINO.	22
2.1 Peso específico y absorción.	23
Peso aparente suelto y compactado.	24
Granulometría.	24
Módulo de finura.	25
Superficie específica.	25
Contenido de humedad.	26
Cantidad que pasa por la Malla N° 200	26
3. AGENTE FORMADOR DE GAS Ó ESPUMA	26
3.1 Descripción.	26
3.2 Usos.	27

<b><u>CAPITULO III: CONCRETO NORMAL Y CONCRETO CELULAR.</u></b>	<b>30</b>
1. GENERALIDADES.	30
2. DOSIFICACION DEL CONCRETO.	34
3. ENSAYOS EN EL CONCRETO.	37
<b><u>CAPITULO IV: FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO CELULAR.</u></b>	<b>55</b>
1. DESCRIPCIÓN.	55
2. PROCEDIMIENTOS.	59
<b><u>CAPITULO V: ESTUDIO DE MORTEROS PARA UNIDADES DE ALBAÑILERIA.</u></b>	<b>65</b>
1. GENERALIDADES.	65
2. ENSAYO DE COMPRESIÓN.	70
<b><u>CAPITULO VI: UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CELULAR.</u></b>	<b>73</b>
1. GENERALIDADES.	73
2. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL.	79
3. ENSAYO DE GEOMETRIA.	80
4. ENSAYO DE ABSORCIÓN.	81
5. ENSAYO DE SUCCIÓN.	82
6. ENSAYO DE PESO UNITARIO	83
7. ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	84
<b><u>CAPITULO VII: PILAS Y MURETE.</u></b>	<b>89</b>
1. GENERALIDADES.	89
2. ENSAYO DE COMPRESIÓN.	89
3. ENSAYO DE CORTE DIRECTO.	94
4. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL.	95

<b><u>CAPITULO VIII: ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS.</u></b>	101
1. GENERALIDADES.	101
2. DESCRIPCIÓN	103
<b><u>CAPITULO IX: ANÁLISIS TÉCNICO.</u></b>	107
1. GENERALIDADES.	107
2. DESCRIPCIÓN	108
<b><u>CONCLUSIONES.</u></b>	116
<b><u>RECOMENDACIONES.</u></b>	120
<b><u>BIBLIOGRAFÍA.</u></b>	123
<b><u>ANEXOS.</u></b>	125
<b>Tablas</b>	
Ensayos a la arena gruesa	126
Preparación de cubos de concreto celular (Parte 1)	130
Preparación de cubos de concreto celular (Parte 2)	135
Preparación de cubos de concreto celular (Parte 3)	140
Preparación de cubos de concreto celular (Parte 4)	147
Preparación de cubos de concreto celular (Parte 5)	151
Preparación de cubos de concreto celular (Parte 6)	155
Preparación de cubos de concreto celular (Parte 7)	161
Preparación de bloques (pruebas)	166
Bloque de concreto celular, medición de la fluidez	167
Ensayo a los bloques de concreto celular	167,169
Diseño de morteros, esfuerzo a compresión	171
Dimensiones de los bloques de concreto celular	172
Ensayo de compresión de pilas de concreto celular	173-175
Ensayo de compresión de bloques de concreto celular	175,178
Ensayo de corte directo de bloques de concreto celular	180

Ensayo de compresión diagonal de muro de concreto celular	181
Ensayo de conductividad térmica a los bloques, comparación	182
Conductividad térmica de diferentes materiales de construcción	183

## Gráficos

Granulometría de la arena gruesa	128-129
Esfuerzo a compresión vs pesos de los cubos (Parte 1)	135
Esfuerzo a compresión vs pesos de los cubos (Parte 2)	140
Esfuerzo a compresión vs pesos de los cubos (Parte 3)	146,147
Esfuerzo a compresión versus pesos de los cubos (Parte 4)	151
Esfuerzo a compresión versus pesos de los cubos (Parte 5)	155
Esfuerzo a compresión versus pesos de los cubos (Parte 6)	161
Esfuerzo a compresión versus pesos de los cubos (Parte 7)	166
Granulometría de la arena gruesa (mortero)	171
Esfuerzo a compresión vs deformación bloques y/o pila	177-178

## Fotos

Cubos de concreto celular	134
Tamizado del serrín de aluminio y maquina pulverizador	139
Vaciado de concreto celular en moldes	169-170
Ensayo de compresión axial en bloques de concreto celular	179
Ensayo de compresión en pilas de bloques de concreto celular	180
Ensayo de corte directo de bloques de concreto celular	181
Ensayo de compresión diagonal de muro de concreto celular	182
Placas de concreto celular para ensayo de conductividad térmica	184
Maquina para medir la conductividad térmica de materiales	185

---

# RESUMEN

---

Este trabajo presenta información de la investigación realizada en la fabricación de bloques de concreto celular con la utilización de materiales locales como: cemento andino, arena fina, cal y polvo de aluminio.

Utilizando en la fabricación de los bloques de concreto celular moldes de madera de buena densidad, para evitar deformaciones durante el uso que se tenga en la investigación.

La investigación contó con el apoyo del Laboratorio de ensayos de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil.

Sólo para el ensayo de conductividad térmica se realizó con el apoyo del Laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería.

La investigación parte de un descubrimiento realizado por los suecos, quienes descubrieron una mezcla de cemento, cal, agua y arena que se expande si se agrega polvo de aluminio. Resultó un material parecido a la madera pero no

inflamable, y de no sufrir daños por las termitas. El material descubierto se patentó como concreto celular.

La mezcla que se realiza es entre un mortero y polvo de aluminio. Pero llamaremos concreto porque así se le conoce comercialmente. La reacción entre el aluminio y el cemento causa la formación de pequeñas burbujas de hidrógeno, lo que expande el concreto de su volumen original.

Resultando un material no orgánico, no tóxico, hermético, que se puede usar en paredes interiores o exteriores, pisos, y panales de techos, bloques y dinteles con o sin carga.

Teniendo como ventajas el concreto celular, que puede cortarse con serrucho o sierra eléctrica, condición que lo hace comparable, en términos de trabajabilidad, sólo con la madera.

El concreto celular es liviano, fácil de maniobrar y transportar.

En la presente investigación, se obtuvieron bajas densidades en los bloques de concreto celular,  $1500 \text{ kg/m}^3$  y en cuanto a resistencia a la compresión de los bloques se obtuvo un promedio de 8 Mpa de resistencia a los 28 días de ensayado.

Así mismo en este trabajo se realizaron ensayos a pilas de bloques de concreto celular, muretes de bloques, con los cuales evaluaríamos ciertos parámetros como resistencia, adherencia, etc.

Se hizo una evaluación de cuan ventajoso es usar los bloques de concreto celular en albañilería.

En cuanto a costos se obtuvo que es ventajoso en comparación con los sistemas tradicionales de ladrillos de arcilla, teniendo un ahorro aproximado de 10%, ya que posee ventajas técnicas que lo hacen singular.

En último lugar se determinó que es un buen aislante térmico, siendo la conductividad hallada de los bloques de concreto celular de  $0.39 \text{ w / m }^\circ\text{c}$  frente a bloques de concreto que llegan a  $0.48 \text{ w / m }^\circ\text{c}$ .

De la Investigación realizada concluimos que este concreto celular usado como bloques presenta características que nos permiten obtener beneficios que con las del concreto convencional, las bajas densidades obtenidas reducen costos de obra.

---

# INTRODUCCIÓN

---

Aunque ha sido un material de construcción popular en Europa durante más de 50 años. El concreto celular se fabrica en varios países, como mezcla de cemento, cal, arena y agente formador de gas, que le da la característica de ligereza a la mezcla. Ha sido introducido en el mercado Estadounidense en los últimos años, y hasta hace poco en mercados como el mexicano y brasileño.

Los bloques de concreto convencional vienen siendo utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal y frecuentemente sin el aporte técnico adecuado. Lo que propone este trabajo de investigación es realizar un estudio experimental que permita definir las dosificaciones óptimas para fabricar bloques de concreto celular que cumplan las especificaciones de las normas técnica

peruana, desarrollando la prefabricación de bloques de concreto, con materiales locales utilizando moldes de madera, de una manera fácil y sencilla.

En la actualidad, el ladrillo cerámico se presenta como el material más utilizado para la autoconstrucción debido, en algunos casos, a su disponibilidad y a que el poblador que labora en la construcción está familiarizado con las tareas de albañilería de muros portantes; sin embargo en otros casos significa factores desfavorables, como por ejemplo cuando la obra se encuentra en sitios alejados de los centros de producción, el transporte del material encarece el costo de la construcción; en otras situaciones se presenta limitada disponibilidad de materiales y equipamientos (hornos) como para fabricar elementos de calidad; así mismo puede considerarse con criterios de impacto ambiental la utilización ventajosa de recursos locales.

Un material celular, no dañino para el medio ambiente, liviano que sirve como material constructivo y que también tiene aislamiento térmico, acústico y resistencia a fuego y termitas. Se puede compensar por el costo más alto del material por costos más bajos de mano de obra, acabado, mantenimiento y energía. La ausencia de agregado grueso y el efecto de rodamiento producido por los materiales proporcionan una buena consistencia al concreto celular. No es necesaria la vibración cuando se vacía, ya que el sistema de concreto celular se distribuye uniformemente y llena todos los espacios completamente con la misma densidad en el elemento.

Para el futuro, los constructores de este país ahora pueden aprovechar de un material de concreto innovativo que los europeos han probado y adoptado durante bastante tiempo. Es una buena opción ecológica en términos de producción, construcción, reciclabilidad y asuntos de calidad. Por alterar las proporciones se puede fabricar manipulando los valores de aislamiento y fuerza compresiva, lo que hace al concreto celular más versátil. A causa de que es liviano y fácil de trabajar, ahorra tiempo de construcción y reduce los desperdicios y la energía usados.

En todas estas situaciones es que se plantea la utilización de bloques de concreto celular como alternativa de abaratamiento de una vivienda segura y de satisfactoria calidad.

---

# SUMARIO

---

Se hará una breve descripción de lo que la presente investigación nos entrega. En primer lugar se va hacer hincapié, de lo que el concreto celular es realmente, es una mezcla de mortero con polvo de aluminio. Y se le conoce comercialmente como concreto celular.

En el Capítulo I, Concretos Ligeros, de una manera sencilla se describe lo que son los llamados concretos ligeros o de baja densidad, cómo se puede conseguir éstos con los métodos descritos. También veremos las reacciones químicas que dan lugar a la formación de gas que se incorporan al concreto.

Capitulo II, Características de los materiales, se describe en esta parte los materiales que se utilizan para preparar el concreto celular. Empezando por el cemento Pórtland, los agregados y el agente formador de gas, nos referimos al polvo de aluminio.

Características de cada material, normas, recomendaciones.

Capitulo III, Concreto normal y concreto celular.

En este capitulo se verá una descripción de las propiedades del concreto fresco citando la trabajabilidad, consistencia, etc. El concreto endurecido con las siguientes propiedades tales como la impermeabilidad, durabilidad, resistencia térmica, resistencia a compresión, etc. En la parte de dosificación del concreto celular. Materiales que intervienen y recomendaciones. Descripción de los ensayos al concreto, como el de trabajabilidad una breve descripción de la realización y resultados. Se presentan cuadros, de las distintas tandas para la preparación de concreto celular, las variaciones en los volúmenes de los materiales y la repercusión en las propiedades en el concreto celular.

Finalmente observaremos la tanda definitiva (tanda A14) para el concreto celular elegido que cumple los requisitos de la norma técnica peruana.

Capitulo IV, Fabricación de los bloques de concreto celular.

Se cita la Norma Técnica peruana 399.600, norma para bloques de concreto para uso no estructural. La Norma Técnica peruana 399.602 la cual da requisitos de resistencia a los bloques de concreto. Procedimientos para la fabricación, se muestran requisitos. La fabricación de concreto celular, elaboración de concreto celular, desde la dosificación, mezclado, moldeado, curado, secado y almacenamiento.

Capitulo V, Estudio de los morteros para unidades de albañilería.

Se verá el efecto del mortero como adhesivo para unir las unidades de albañilería. Las funciones del mortero. Propiedades del mortero en estado fresco y estado endurecido. Cita la Norma Técnica Peruana 399.607, sobre especificaciones normalizadas de agregados para mortero de albañilería. Ensayo de compresión, describe el ensayo para someter a prueba de compresión cubos de 5cm de mortero. Se muestra cuadro resultado del mortero usado.

Capitulo VI, Unidades de albañilería de concreto celular.

Norma Técnica Peruana 399.604 indica los ensayos que se deben de realizar a las unidades de albañilería de concreto. Ensayo de compresión axial en bloques de concreto Norma Técnica Peruana 399.602, requisitos de resistencia. Resultados del ensayo. Ensayo de Absorción de las unidades de albañilería, Absorción máxima. NTP 399.602. Resultados del ensayo. Ensayo de succión. Ensayo de peso unitario. Y por ultimo el ensayo de conductividad térmica aplicado a las unidades de albañilería. Resultados de los ensayos.

Capitulo VII, Pilas y Muretes.

Este capitulo consta básicamente de los ensayos realizados a las pilas de concreto celular como resistencia en compresión citado por la NTP 399.605, ensayos de corte directo en unidades de albañilería. Resultados de los ensayos Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería, NTP 399.621. Resultados de los ensayos.

Capitulo VIII, Análisis de costos y beneficios. Cuadros de costos de bloques de concreto celular. Costo por m<sup>2</sup> de muro de concreto celular y de ladrillo de arcilla. Costo de terrajero de muros y de pintura en muros.

Capitulo IX, Análisis Técnico. Define algunos aspectos técnicos del concreto celular. Cuadros de aporte de materiales, mano de obra del concreto celular y otros materiales.

Conclusiones, muestra los argumentos para comprobar los beneficios de lo que representa la fabricación del concreto celular.

Recomendaciones, da pautas para conseguir una buena fabricación del concreto celular utilizando moldes de madera, también da algunas precauciones sobre el polvo de aluminio.

Bibliografía, selección de libros que se utilizaron para la realización de esta investigación.

Anexos, se presentan los ensayos, resultados de la fabricación de concreto celular de una manera sencilla y práctica usando moldes prefabricados, para ser utilizado en unidades de albañilería.

---

# CAPITULO I

---

## CONCRETOS LIGEROS

---

### 1. GENERALIDADES

Los concretos celulares, gaseosos, espumosos o aireados son un tipo de concreto liviano.

Se logra formando burbujas de aire o gas en la mezcla, ya sea por medio de la inclusión de una espuma o por reacción química.

Tiene un gran uso en la industria de la construcción especialmente en los países europeos de climas fríos.

En nuestro país se han realizado estudios sobre los concretos livianos, en base al aprovechamiento de algunos agregados livianos existentes.

El uso de concretos livianos con fines estructurales es limitado.

Podemos decir, que el concreto celular posee en su masa cementante burbujas distribuidas uniformemente, es decir, celdas o células no intercomunicadas y homogéneas, ya sean estas celdas de aire u otro gas.

En el método químico, la idea es ocasionar una reacción química controlada. Por lo general se utilizan métodos como añadir el polvo de aluminio o polvo de zinc, ó se puede fabricar un concreto con espuma preformada y añadirla a la mezcla. También es usado el método Español, de involucrar los aditivos a la masa cementante y producir un enturbiamiento, con el fin, que esta masa encapsule aire ó algunas veces se incorpora aire inyectado para facilitar este proceso.

## 2. PROPIEDADES

Para analizar lo ligero del concreto celular se estudia previamente sus propiedades y características, en relación a las de aquellos concretos tradicionales. La característica más evidente es su densidad, la cual es considerablemente menor que la de un concreto normal.

El concreto celular es un material liviano compuesto de una pasta o mortero de cemento y/o cal que presenta una estructura celular conformada por múltiples celdillas lleno de aire o gas.

Se le conoce como “concreto gaseoso” si se obtiene por un proceso químico. Si se obtiene por medio de un agente inclusor de aire, se le conoce como “concreto espumoso”

Se caracteriza por no incluir, por lo general, agregado grueso.

### Composición

Aglomerante + agente químico o espumante + agua de mezclado + aditivo + agregado fino

#### i) Aglomerante

Se emplean cementos Portland, y también cal viva o hidratada, la cual se emplea sola o mezclada con el cemento.

La cal se emplea más en los productos usados en autoclave.

Para economizar ligante se pueden emplear las puzolanas (materiales ricos en sílice y/o alúmina que por sí sola poseen poca o ninguna propiedad cementante pero que molidas y en presencia de humedad, reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio, a temperatura ambiente, formando componentes que sí tienen propiedades cementantes)

## ii) Agente químico

Los agentes químicos más usados son el polvo de aluminio o zinc y el peróxido de hidrógeno.

El polvo de aluminio al reaccionar químicamente con el CaOH, presente en la mezcla, libera gas hidrógeno.

Las partículas de aire alcanzan diámetros cien veces mayores al de los poros capilares de la pasta de cemento y son del orden de 0.05mm a 1.25mm separados en intervalos menores o iguales a 0.4mm y uniformemente distribuidos en la masa. Los agentes espumantes reducen la tensión superficial en la interfase agua-aire, formando burbujas estables que no colapsan.

## iii) Agua

El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. La norma Técnica Peruana establece requisitos para agua de mezcla y curado.

## iv) Aditivos

Pueden ser usados los aditivos que proporcionen cambios específicos de las propiedades del concreto fresco o endurecido, cuando así se desee.

Seguir las recomendaciones del comité 212 del ACI "Admixtures for Concrete".

## v) Agregado

Se usarán los agregados que cumplan las especificaciones de las normas. Igualmente pueden usarse arenas provenientes de agregados livianos como: piedra pómez, tufo, arcilla expandida, pizarra expandida.

Las arenas muy finas que no cumplan las especificaciones de la Norma Técnica Peruana, pueden ser usadas siempre que se demuestre por ensayos que producen concretos de la densidad, resistencia y otras características requeridas. Los materiales puzolánicos como el polvo de ladrillo, ceniza volcánica, vidrio pulido cumplen la función de material complementario o de agregado cuando se usan en grandes proporciones.

### **Curado**

Para concretos celulares se puede utilizar los métodos siguientes:

Curado húmedo y el curado en autoclave.

### **Densidad**

#### **Concretos celulares de muy baja densidad**

Son aquellos que alcanzan densidades del orden de  $600 \text{ Kg/m}^3$  no soportan cargas.

Pasta de cemento o mezclado con agregado muy fino.

Su uso es con fines de aislamiento térmico.

#### **Concreto celulares de densidad intermedia**

De rangos  $640 \text{ kg/m}^3$  a  $1700 \text{ Kg/m}^3$ .

Soportan cargas pequeñas del orden de  $100 \text{ kg/cm}^2$ . Se emplea para recubrir pisos, paredes y azoteas.

#### **Concreto celulares de densidad alta**

Su densidad varía de  $1800 \text{ Kg./m}^3$  a  $2300 \text{ Kg./m}^3$

Se les fabrica usando arena natural.

### **Fabricación**

Se fabrican de 2 modos, por un proceso químico y por un proceso espumante.

#### **I) Procesos químicos**

- i) El método del polvo de aluminio o zinc, es el más común, se le añade en cantidades prefijadas, después que se ha obtenido la pasta, para acelerar la reacción química, se le puede añadir al último hidróxido de sodio.



Añadiendo NaOH



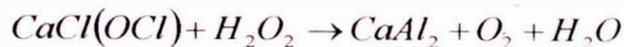
El hidróxido de calcio resulta de la reacción del cemento con el agua.

Para la mayor efectividad se tendrá en cuenta la finura de las partículas.

La dosificación del hidróxido de sodio será de 2 a 3 veces el peso del polvo de aluminio.

ii) El método del peróxido de hidrógeno

Se añade a la mezcla peróxido de hidrogeno e hipoclorito de calcio, que al reaccionar liberan oxígeno y cloruro de calcio.



Se buscará estabilizar la estructura celular con algún instrumento, debido a la masa no estable.

## **II) Procesos espumantes**

Se emplean agentes espumantes y la generación de aire se hace aplicando un fuerte batido o añadiendo espuma preformada. Se requiere mezcladoras rápidas y equipos accionados por aire comprimido. Mezcladoras con velocidades graduables de 30 rpm a 90 rpm.

### **Aplicaciones del concreto celular**

Se emplea para dar aislamiento térmico, acústico a paredes, pisos etc. Se usa en la fabricación de bloques de albañilería, en densidades diversas, con excelente aislamiento térmico, acústico y diversas propiedades.

#### **a) Propiedades físicas**

Los concretos celulares se caracterizan principalmente por sus propiedades térmicas, además de su resistencia a los ciclos de helado y deshelado, resistencia al fuego y propiedades acústicas. La densidad puede verse

afectada por el tipo y granulometría del agregado y las proporciones de la mezcla.

b) Propiedades térmicas

El aire es un buen aislante del calor, por lo que todo material poroso o de estructura celular tiene buena propiedad aislante.

La transferencia de calor a través de los materiales porosos se efectúa por conducción y a altas temperaturas, por radiación.

c) Propiedades resistentes

La resistencia a la compresión depende de la densidad, el tipo de agregado y la cantidad de cemento.

También afecta la resistencia, la relación agua-cemento y el tipo de curado.

---

# CAPITULO II

---

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

---

### 1. CEMENTO PORTLAND TIPO I

El cemento Portland fue patentado por Joseph Aspdin en 1824.

Es un pegamento instantáneo (mezclado con agua) que une agregados para hacer el concreto de cemento Portland.

#### CLASIFICACIÓN

Los cementos Portland que cumplen esta especificación son los siguientes:

Tipo IP: Cemento Portland puzolánico, para usos en construcciones generales de concreto.

Tipo I (PM): Cemento Portland puzolánico modificado, para usos en construcciones generales de concreto

Tipo IS: Cemento Portland de escoria, para usos en construcciones generales de concreto.

Tipo I(SM): Cemento Portland de escoria modificado, para usos en construcciones generales de concreto

Tipo P: Cemento Portland puzolánico, para ser utilizado en construcciones generales de concreto, cuando no se requieran altos valores de resistencia a la compresión.

Tipo ICo: Cemento Portland compuesto tipo ICo, para ser utilizado en obras generales de construcción

## 1.1 ANÁLISIS QUÍMICO

### REQUISITOS QUÍMICOS

Los cementos deberán cumplir los requisitos químicos prescritos en la Norma Técnica Peruana. Véase NTP 334.009

## 1.2 CONSISTENCIA NORMAL

Véase NTP 334.074

La pasta de cemento de consistencia normal, tiene una resistencia especificada a la penetración de una sonda normalizada. El agua requerida para la elaboración de dicha pasta se determina por medio de ensayos de penetración en pastas con diferentes contenidos de agua.

## 1.3 TIEMPO DE FRAGUA

Véase NTP 334.006

La determinación del tiempo de fraguado de los cementos se basa en la resistencia que opone la pasta de cemento a la penetración de la aguja de un aparato normalizado.

El tiempo de fraguado se determina observando la penetración de una aguja en la pasta de cemento hasta que alcanza un valor especificado.

#### 1.4 SUPERFICIE ESPECÍFICA

Véase NTP 334.002

Se llama superficie específica de un polvo a la superficie (expresada, por ejemplo, en  $\text{cm}^2$ ) de un gramo de este polvo igual a la suma de las superficies individuales de todos los gramos.

### 2. AGREGADO FINO

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efecto importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial.

#### Por su densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

Por el Tamaño del Agregado

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras).

**2.1 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN**

Véase Norma Técnica Peruana 400.022

Establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino.

Densidad real del árido saturado superficialmente seco (**Dr sss**).

$$Dr_{sss} = \frac{m_{sss}}{M_a + m_{sss} - M_m} \times 1000 \text{ kg / m}^3$$

Densidad real del árido seco (**Dr s**)

$$Dr_s = \frac{m_s}{M_a + m_{sss} - M_m} \times 1000 \text{ kg / m}^3$$

- Densidad neta (**Dn**)

$$Dn = \frac{m_s}{M_a + m_s - M_m} \times 1000 \text{ kg / m}^3$$

Calcular la absorción de agua (**Ab**) para cada ensayo según la fórmula siguiente, aproximando a 0,02%.

$$Ab = \frac{m_{sss} - m_s}{m_s} \times 100\%$$

siendo:

ms= masa de la muestra seca, g

msss= masa de la muestra saturada superficialmente seca, g

Ma= masa del matraz con agua hasta la marca de calibración, g

Mm=masa del matraz con la muestra más agua hasta la marca de calibración, g.

## 2.2 PESO APARENTE SUELTO Y COMPACTADO

Véase NTP 400.022

### Peso unitario suelto

$$P.u.s = \frac{\text{Peso seco material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

### Peso unitario compactado

$$P.u.c. = \frac{\text{Peso seco material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

## 2.3 GRANULOMETRÍA

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.011, respectivamente.

Solo veremos las normas de agregado fino, ya que para la preparación de concreto celular no se usa el agregado grueso.

Tabla: Requisitos granulométricos para el *agregado fino*

Tamiz	Limites
9.5 mm ( 3/8" )	100
4.75 mm ( N° 4 )	95 - 100
2.38 mm ( N° 8 )	80 - 100
1.20 mm ( N° 16 )	50 - 85
0.60 mm ( N° 30 )	25 - 60
0.30 mm ( N° 50 )	10 - 30
0.15 mm ( N° 100 )	2 - 10

### Materia Orgánica

Véase NTP 400.013

El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo calorimétrico de (Impurezas Orgánicas) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse impurezas orgánicas, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95%.

### Inalterabilidad del Agregado (Durabilidad)

Véase NTP 400.014

El agregado utilizado en concreto y sujeto a la acción de las heladas deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

## 2.4 MODULO DE FINURA

Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N 4, N 8, N 16, N 30, N 50 y N 100)}}{100}$$

## 2.5 SUPERFICIE ESPECÍFICA

La superficie específica o área superficial de una arena se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m<sup>2</sup>/g.

Las arenas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

## 2.6 CONTENIDO DE HUMEDAD

Véase NTP 400.010

Es la humedad que tiene el material en un momento específico y es necesario medirlo permanentemente, sobre todo cuando fabricamos el concreto para hacer la corrección, se realiza unas horas antes del trabajo.

$$C.H. = \frac{(P \text{ material en Deposito} - \text{Peso material seco}) \times 100}{P \text{ material seco}}$$

Material seco se pesa después de haberlo llevado al horno.

## 2.7 CANTIDAD QUE PASA POR LA MALLA N° 200

Véase NTP 400.018

El material que pasa la malla N° 200 es un material muy fino constituido por arcilla y limo, por lo general se encuentra recubriendo el agregado grueso o mezclado con arena, este material en exceso es nocivo para el concreto pues disminuye la adherencia del agregado con la pasta e incrementa los requerimientos de agua en la mezcla y puede afectar la resistencia.

Un moderado porcentaje de este material (piedra: máximo 1%, arena: máximo 5%) favorece la trabajabilidad de la mezcla:

## 3. AGENTE FORMADOR DE GAS Ó ESPUMA

### 3.1 Descripción

El agente formador de espuma ó aire que es nuestro caso, viene a ser un aditivo definido por el Comité del ACI.

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del ACI 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 o concreto, 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 éstos durante el mezclado a fin de:

En nuestro caso el agente formador de gas hidrogeno es el polvo de aluminio que se obtuvo como desecho en la industria del aluminio, en la denominación serrín con una determinada granulometría, este componente o aditivo va a dar características especiales al concreto.

### 3.2 Usos

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

- Su utilización puede ser la única alternativa para lograr los resultados deseados.
- Los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía debido a que este aditivo se consigue a un costo de desecho industrial, conocido como serrín, utilizado en nuestro medio en la fabricación de pirotécnicos y en la fabricación de algunas pinturas.

## EL ALUMINIO

Elemento químico metálico, de símbolo Al, número atómico 13, peso atómico 26.9815, que pertenece al grupo IIIA del sistema periódico. El aluminio puro es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles. Por sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso.

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra y en la Luna, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de alúmino silicato.

El aluminio es un metal plateado con una densidad de  $2.70 \text{ g/cm}^3$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

El aluminio es estable al aire y resistente a la corrosión por el agua de mar, a muchas soluciones acuosas y otros agentes químicos. Esto se debe a la protección del metal por una capa impenetrable de óxido. A una pureza superior al 99.95%, resiste el ataque de la mayor parte de los ácidos, pero se disuelve en agua regia. Su capa de óxido se disuelve en soluciones alcalinas y la corrosión es rápida.

Su aplicación en la construcción representa el mercado más grande de la industria del aluminio. Millares de casas emplean el aluminio en puertas, cerraduras, ventanas, pantallas, boquillas y canales de desagüe. El aluminio es también uno de los productos más importantes en la construcción industrial.

### **Efectos del Aluminio sobre la salud**

El Aluminio es uno de los metales más ampliamente usados y también uno de los más frecuentemente encontrados en los compuestos de la corteza terrestre. Debido a este hecho, el aluminio es comúnmente conocido como un compuesto inocente.

El Aluminio es un riesgo para ciertos ambientes de trabajo, como son las minas, donde se puede encontrar en el agua. La gente que trabaja en fábricas donde el Aluminio es aplicado durante el proceso de producción puede aumentar los problemas de pulmón cuando ellos respiran el polvo de Aluminio.

### **Efectos ambientales del Aluminio**

Los efectos del Aluminio han atraído nuestra atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El Aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las concentraciones de Aluminio parecen ser muy altas en lagos acidificados. En estos lagos un número de peces y anfibios están disminuyendo debido a las reacciones de los iones de Aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas. Elevadas concentraciones de Aluminio no

sólo causan efectos sobre los peces, pero también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el Aluminio a través del aire.

Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. Las consecuencias para los animales que respiran el Aluminio a través del aire son problemas de pulmones, pérdida de peso y declinación de la actividad.

La exposición a bajos niveles de aluminio a través de los alimentos, el aire, el agua, o contacto con la piel no parece causar daño a la salud. Sin embargo, el aluminio no es una sustancia necesaria para el organismo y en grandes cantidades puede ser peligroso. Gente que está expuesta a altos niveles de aluminio en polvo en el aire puede sufrir trastornos respiratorios como tos y asma.

Sin embargo el uso de estos sistemas constructivos a base de polvo de aluminio, es riesgoso en el proceso de fabricaron en el manipuleo con el polvo de aluminio que causa afecciones a las vías respiratorias. Como se vio en el capítulo I, se muestra las reacciones para hallar el concreto celular. La reacción del polvo de aluminio con el hidróxido de calcio, forma el aluminato tricálcico, que es componente principal del cemento en general. El aluminato tricálcico es un compuesto no riesgoso para los usuarios (véase en recomendaciones).

---

# CAPITULO III

---

## CONCRETO NORMAL Y CONCRETO CELULAR

---

### 1. GENERALIDADES

El concreto endurecido se compone de: la pasta y el agregado

#### LA PASTA

La pasta de cemento (cemento más agua), por su parte, llena los espacios libres entre partículas de áridos, y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica (genera calor) que siempre requiere de agua para que tenga lugar.

## CLASIFICACION DEL CONCRETO

### Por el peso específico:

- Ligero, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m<sup>3</sup>.
- Normal, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m<sup>3</sup>.
- Pesado, cuyo Peso Unitario se encuentre entre >2800 Kg/m<sup>3</sup>.

### Según su aplicación:

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Postensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

## PROPIEDADES DEL CONCRETO

### EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento.

El Comportamiento Reológico del concreto fresco depende de:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- Mezclado.
- Temperatura.

### LA TRABAJABILIDAD

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga.

La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrá una mayor trabajabilidad cuando:

- contenga más agua. Repercute en la resistencia.
- Más finos.
- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- Fluidificantes / plastificantes.
- Adiciones.

### CONSISTENCIA.

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica.

La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados.

Tipos de Consistencia:

CONSISTENCIA	ASIENTO (cm.)
SECA	0 - 2
PLÁSTICA	3 - 5
BLANDA	6 - 9
FLUIDA	10 - 15

## EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

### ***A. Características físico-químicas.***

#### ***a. Impermeabilidad***

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido.

Para lograr una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes así como mantener una relación agua cemento muy baja. La permeabilidad depende de:

- Finura del cemento.
- Cantidad de agua.
- Compacidad.

#### b. Durabilidad

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son:

- Sales.
- Calor.
- Agente contaminante.
- Humedad.

El efecto producido es un deterioro:

- Mecánico.
- Físico.

*Tabla:* circunstancias que afectan a la durabilidad.

<b>MECÁNICAS</b>	Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
<b>FÍSICAS</b>	Oscilaciones térmicas, ciclos de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
<b>QUÍMICAS</b>	Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos.
<b>BIOLÓGICAS</b>	Vegetación o microorganismos.

#### c. Resistencia térmica.

- Bajas temperaturas – Hielo / deshielo (deterioro mecánico).
- Altas temperaturas >300° C.

### **B. Características mecánicas.**

#### a. Resistencia a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

b. Resistencia a flexión

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado  $f_c$ , esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad

## 2. DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO FABRICACIÓN DE CONCRETO CELULAR

Antes de involucrar los procesos de fabricación de un concreto celular, ya sea por el método que fuere, es necesario tener en cuenta lo siguiente, el concreto al adicionarle algún sistema, que permiten su disminución en la densidad, se toma un tanto más delicado para su fabricación que un concreto ó mortero convencional.

La dosificación de mezcla, consiste en aplicar técnicamente los conocimientos sobre sus componentes para obtener requerimientos particulares del concreto requerido. Muchas veces, van en contra de las nuevas circunstancias que se generan en el desarrollo de la tecnología del concreto a nivel mundial.

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, es definida como el proceso que, en base a la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, permite lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente y económica los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

El concreto es un material heterogéneo, el cual está compuesto por material aglutinante como el cemento Pórtland, material de relleno (agregados naturales o artificiales), agua, aire naturalmente atrapado o intencionalmente incorporado y eventualmente aditivos o adiciones, presentando cada uno de estos componentes propiedades y características que tienen que ser evaluadas así como aquellas que pueden aparecer cuando se combinan desde el momento del mezclado.

### Consideraciones y/o criterios para dosificar la mezcla

Es necesario enfocar el concepto del diseño de mezcla para producir un buen concreto tan económico como sea posible, que cumpla con los requisitos requeridos para el estado fresco (mezclado, transporte, colocación, compactado y acabado, etc.) y en el estado endurecido (la resistencia a la compresión y durabilidad, etc.).

En general, se piensa que todas las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia y, en muchos casos, es en función del valor de ella que se las califica. Sin embargo, debe siempre recordarse al diseñar una mezcla de concreto que muchos factores ajenos a la resistencia pueden afectar otras propiedades.

Finalmente debemos advertir que la etapa de diseño de mezclas de concreto celular representa sólo el inicio de la búsqueda de la mezcla más adecuada para algún caso particular y que esta necesariamente deberá ser verificada.

Conseguir una mezcla con un mínimo de pasta y volumen de vacíos o espacios entre partículas y consecuentemente cumplir con las propiedades requeridas es lo que la tecnología del concreto busca en un diseño de mezclas.

Antes de dosificar una mezcla se debe tener conocimiento de la siguiente información:

- Los materiales.
- El elemento a vaciar, tamaño y forma.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.

## **MATERIALES QUE INTERVIENEN EN UNA MEZCLA DE CONCRETO CELULAR**

### **El Cemento**

Es el principal componente del concreto, presentando propiedades de adherencia y cohesión, las cuales permiten unir fragmentos minerales entre sí, formando un sólido compacto con una muy buena resistencia a la compresión así como durabilidad.

Tiene la propiedad de fraguar y endurecer sólo con la presencia de agua, experimentando con ella una reacción química, proceso llamado hidratación.

### **La cal**

La cal en su aleación con el cemento, forman el conglomerante ideal, debido a que le otorga una mayor trabajabilidad, retentividad, impermeabilidad y adherencia.

### **El Agua**

Componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas para producir una pasta eficientemente hidratada, que le otorgan la propiedad de fraguar y endurecer con el tiempo.

Además este componente proporciona a la mezcla una fluidez tal que permita una trabajabilidad adecuada en la etapa del colocado del concreto. Este componente que ocupa entre el 14% y el 18% del volumen de la mezcla.

En una porción de pasta hidrata, el agua se encuentra en dos formas diferentes, como agua de hidratación y agua evaporable.

### **Agregado fino**

Son esencialmente materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, las cuales han sido separadas en fracciones finas (arena).

Gran parte de las características del concreto, tanto en estado plástico como endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener concretos de calidad y económicos.

### **El aire y las burbujas de hidrogeno**

Aire atrapado, están en función a las características de los materiales que intervienen en la mezcla, especialmente de los agregados en donde el tamaño máximo y la granulometría son fuentes de su variabilidad, también depende del proceso de construcción aplicado durante su colocación y compactación.

También puede contener intencionalmente burbujas de hidrogeno incluido, como es nuestro caso, el empleo del polvo de aluminio reacciona con el hidróxido de calcio, del concreto en estado fresco, y libera hidrogeno.

La presencia de aire tiende a reducir la resistencia del concreto por incremento en la porosidad del mismo.

### 3. ENSAYOS EN EL CONCRETO

#### • ENSAYO DE TRABAJABILIDAD

Se define así la facilidad de puesta en obra (trabajabilidad). Debe ser suficiente para que el concreto celular llene todos los huecos del encofrado. Depende esencialmente de la cantidad de agua de amasado (que la aumenta), de la granulometría aumentando con el porcentaje de arena y finos aunque ello implica aumentar la cantidad de agua disminuyendo la resistencia, de la redondez de los áridos, de la finura del cemento, etc.

Para determinar el desempeño de la trabajabilidad del concreto en estado fresco, se han desarrollado múltiples aparatos, siendo el más común de ellos el cono de Abrams, también podemos usar la mesa de sacudidas NTP 339.085, la cual es muy sencilla; se determina el diámetro de la "torta" conformada por el concreto. La cantidad de agua de amasado, debe ser la que produzca una fluidez de  $110 \pm 5\%$  luego de 15 golpes en 15 segundos en la mesa de flujo

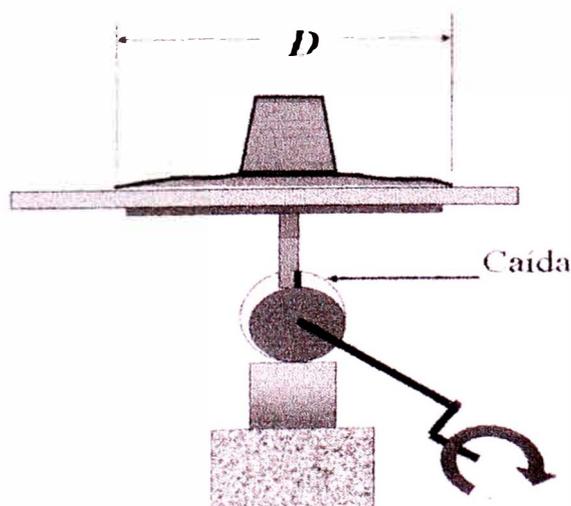
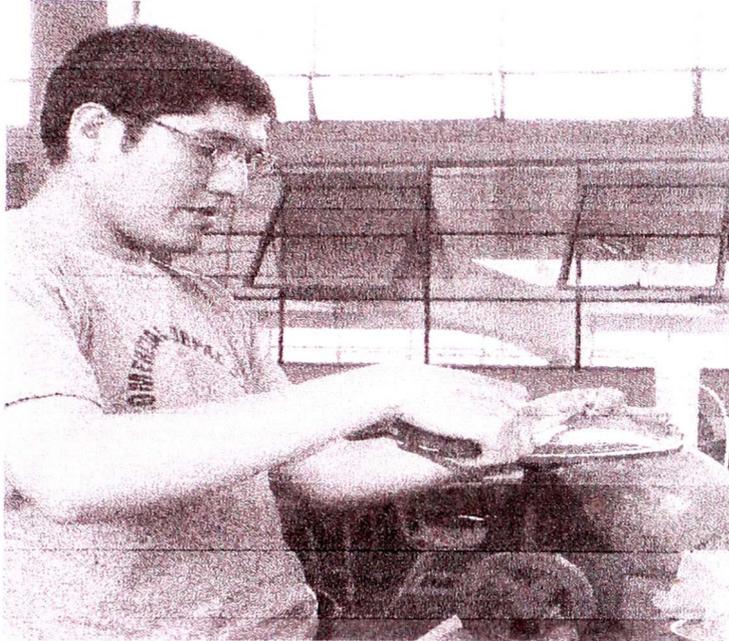


Figura: mesa de flujo

El molde tronco-cónico usado es de cobre, de forma tronco-cónico de 60mm de altura, con diámetros interiores de 100mm en la base y 70mm en la parte superior.



*Foto: medición del diámetro de escurrimiento, en la mesa de flujo, del concreto celular en estado fresco.*

### Resultados

Se determina un índice de consistencia calculando el tanto por ciento del aumento del diámetro, de la base inferior del tronco de cono.

### • RESISTENCIA MECÁNICA

La principal propiedad mecánica del concreto es la resistencia a compresión. Se determina mediante ensayos normalizados con probetas cilíndricas, cúbicas o prismáticas a los 28 días de la fabricación de las probetas generalmente.

### Ensayos de resistencia mecánica

Los ensayos de compresión simple se realizan con probetas normalizadas

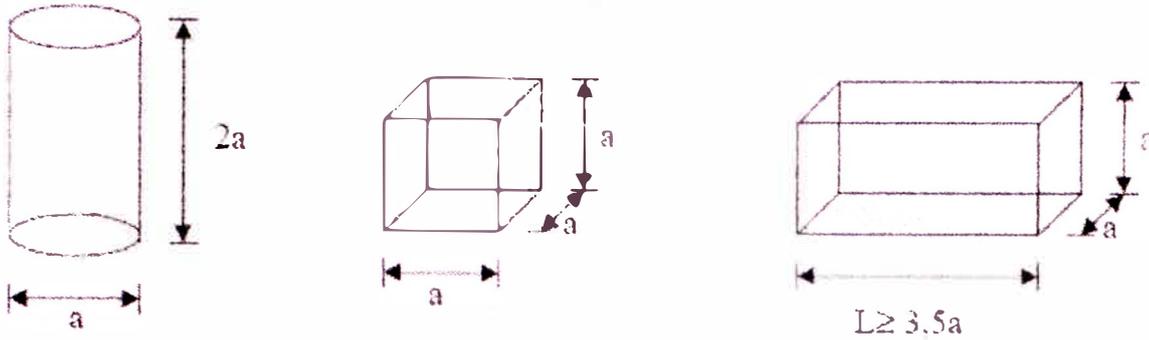


Figura: Las probetas más habituales son las cilíndricas de 15x30, si bien, es posible encontrar correlaciones entre los ensayos con distintos tipos de probeta, planteándose estas correlaciones en la tabla siguiente.

Tabla: ensayos de compresión sobre probetas de distinto tipo y la misma edad.

Tipo de probeta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de conversión a la probeta cilíndrica de 15 x 30 cm	
		Limites de variación	Valores medios
Cilindro	15 x 30	-	1.00
	10 x 20	0.94 a 1.00	0.97
	25 x 50	1.00 a 1.10	1.05
Cubo	10	0.70 a 0.90	0.80
	15	0.70 a 0.90	0.80
	20	0.75 a 0.90	0.80
	30	0.80 a 0.90	0.83
Prisma	15 x 15 x 45	0.90 a 1.20	1.05
	20 x 20 x 60	0.90 a 1.20	1.05

La conservación de las probetas debe realizarse en un ambiente húmedo y con la temperatura adecuada (salas de curado).

El ensayo se realiza habitualmente (normalizado) a los 28 días.

Tabla: correlación resistencia a compresión en edades, sobre probetas del mismo tipo

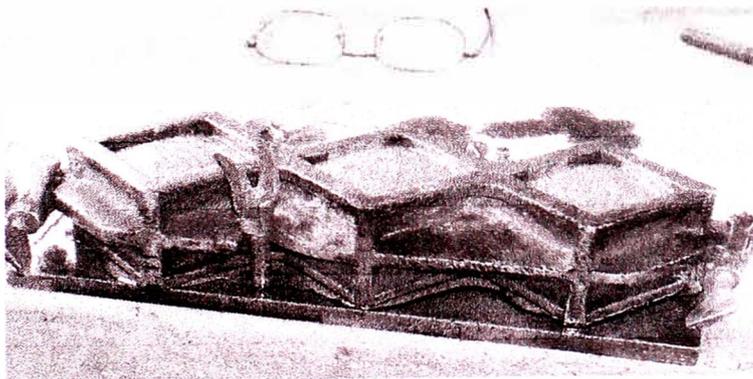
Edad del concreto, en días	3	7	28	90
Concreto de endurecimiento normal	0.40	0.65	1.00	1.20
Concretos de endurecimiento rápido	0.55	0.75	1.00	1.15

### Descripción de los ensayos realizados

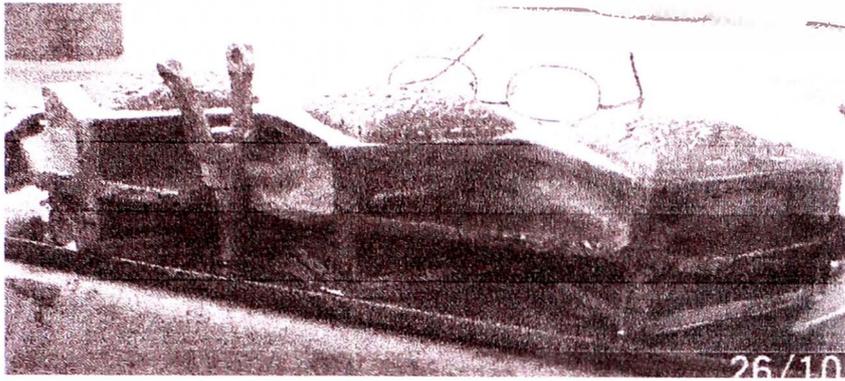
- 1) Los materiales que se usaron para la fabricación de concreto celular son cemento, arena, cal, polvo de aluminio y agua.
- 2) Se elaboró concreto celular en moldes cúbicos de 5cm de lado obteniendo propiedades del concreto celular en estado fresco y endurecido, midiéndose su trabajabilidad en la mesa de flujo para hallar la cantidad de agua en cada tanda. También se midió la resistencia a la compresión a los 7 días y guiándonos de las tablas se estimó su resistencia a los 28 días.
- 3) Una vez que obteníamos la tanda de concreto celular que cumpla los requisitos de resistencia y trabajabilidad, elaboramos 90 bloques de concreto celular aproximadamente para verificar la calidad, a través de ensayos que señala la Norma Técnica Peruana con respecto a resistencia y trabajabilidad.

### Resultados de los ensayos

- 1- Se fabricó el concreto celular con varias dosificaciones en volumen de los componentes: cemento, arena, cal y polvo de aluminio en 1%, 3% y 5% en peso de cemento. Ensayando previamente en la mesa de sacudidas, para determinar la cantidad de agua, que nos de una mezcla trabajable ya que luego se llenará el concreto en moldes ya sea cúbicos de 5cm de lado y posteriormente en moldes de madera, para elaborar los bloques de concreto celular.



*Foto: preparación inicial de los cubos de concreto celular de 5cm de lado, se observa que no se llena al tope, pasado unos minutos, llega a aumentar de volumen.*



*Foto: Se observa el aumento de volumen, respecto a la foto anterior, transcurre 35 minutos, luego se procederá a enrasar y quitar el excedente.*

- 3- Para la preparación del concreto celular se utilizó polvo de aluminio que retiene las mallas 50, 100 y fondo de los tamices utilizados para granulometría de agregado fino. Como se verá en el anexo se hizo pruebas adicionando el retenido de polvo de aluminio de la malla 30, pero se concluye de que las partículas de esa malla no reaccionan eficazmente con la pasta de cemento. El porcentaje utilizado de polvo de aluminio es 3% en peso de cemento.
- 4- La cantidad de agua de amasado para el concreto celular, deberá ser la que produzca una fluidez de  $110 \pm 5\%$  luego de 15 golpes en 15 segundos en la mesa de flujo. Los áridos utilizados son la arena gruesa y arena fina, ensayados previamente (ver anexo).  
Se utilizara la formula para hallar la fluidez.

$$\text{Fluidez} = \frac{\text{diámetro medido} - \text{diámetro del tronco-cónico inferior}}{\text{Diámetro del tronco-cónico inferior}} \times 100$$

- 5- Los valores obtenidos en laboratorio, corresponden a una fluidez entre 105% a 115%.
- 6- Observamos que mientras la mezcla tenga más cemento en comparación al agregado fino, tiende a disminuir el peso de los cubos, y también disminuye su esfuerzo a compresión.
- 7- Se muestra en los cuadros siguientes, las características de las mezclas de concreto celular en cubos de 5cm de lado, y las dosificaciones en volumen correspondientes.

**CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR (1% de polvo de aluminio en peso de cemento)  
TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3 0.000375

DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	T1	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.85	997.69
ARENA:	0	0.00	0.00
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	9.98
TRABAJABILIDAD		EN CMS	20.00

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	209.5	2250	9
II	211.5	2550	10.2
III	209.5	2500	10
PESO PROMEDIO		ESF. COMPRESION PROMEDIO	
210.17		9.73	

TANDA	T2	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.57	665.13
ARENA:	0.5	0.28	269.13
AGUA ml			210.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	6.65
TRABAJABILIDAD		EN CMS	21.50

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	230	3700	14.8
II	237	5300	21.2
III	232	3250	13
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
233.00		16.33	

TANDA	T3	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.43	498.84
ARENA:	1	0.43	403.70
AGUA ml			175.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	4.99
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	250	3800	15.2
II	249	3350	13.4
III	250.5	4700	18.8
	PESO PROM.	ESF. COMP. PROM.	
	249.83	15.80	

TANDA	T4	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.37	433.78
ARENA:	1.3	0.48	456.35
AGUA ml			160.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	4.34
TRABAJ		EN CMS	19.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	251.5	5850	23.4
II	251.5	4300	17.2
III	255	3550	14.2
	PESO PROM.	ESF. COMP. PROM.	
	252.67	18.27	

TANDA	T5	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.33	383.73
ARENA:	1.6	0.52	496.86
AGUA ml			150.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	3.84
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	270.5	4800	19.2
II	267.5	5200	20.8
III	267.5	5000	20
	PESO PROM.	ESF. COMP. PROM.	
	268.50	20.00	

**CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR (3% de polvo de aluminio en peso de cemento)**

TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375	DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533	ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	T12	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.43	498.84
ARENA:	1	0.43	403.70
AGUA ml			170.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.97
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	208.5	1800	7.2
II	209	2000	8
III	211.5	1650	6.6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	209.67	7.27	

TANDA	T13	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.37	433.78
ARENA:	1.3	0.48	456.35
AGUA ml			160.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	13.01
TRABAJ		EN CMS	19.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	233.79	2450	9.8
II	235.40	2400	9.6
III	235.40	2050	8.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	234.86	9.20	

**CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR (5% de polvo de aluminio en peso de cemento)**

TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375	DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533	ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

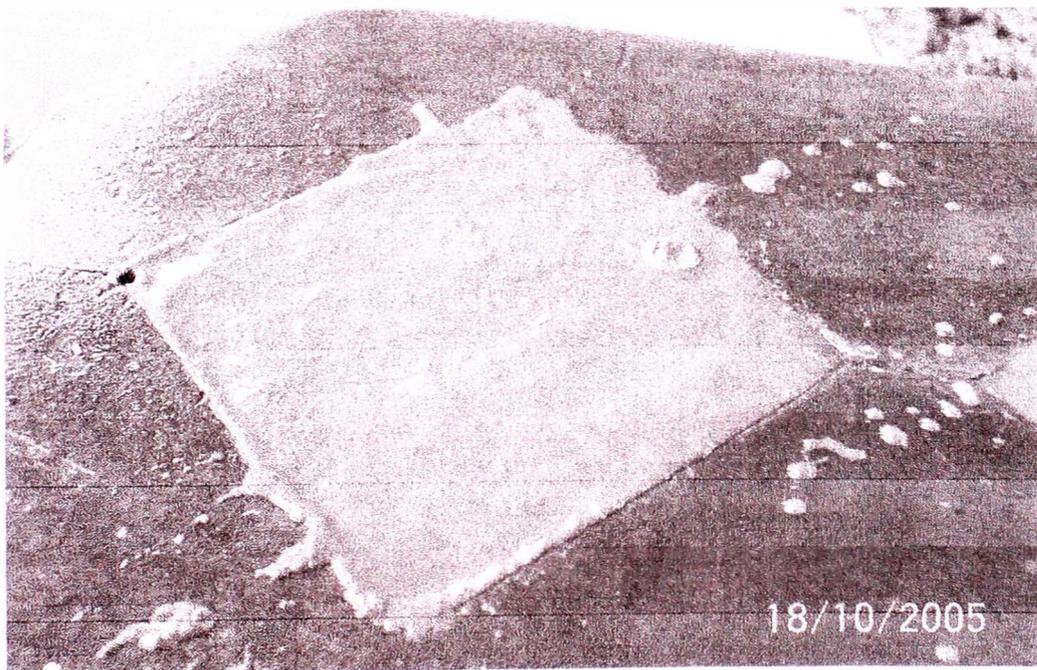
TANDA	T21	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.43	498.84
ARENA:	1	0.43	403.70
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	24.94
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	199.50	650	2.6
II	203.50	650	2.6
III	206.00	320	1.28
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	203.00	2.16	

TANDA	T22	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.37	433.78
ARENA:	1.3	0.48	456.35
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	21.69
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	233.50	1350	5.4
II	234.00	2350	9.4
III			
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	233.75	7.40	

- 7- Se observó que para la misma composición en volumen de materiales como cemento, arena, agua pero aumentando a 3% con respecto al peso de cemento, el polvo de aluminio. Se disminuyó los pesos de los cubos en 10% en promedio, y los esfuerzos a compresión disminuyeron en 35% en promedio. Como vemos en los cuadros anteriores. El polvo de aluminio al 5% en peso de cemento, resulta casi similar a utilizar 3% de polvo de aluminio, similares características en peso de los cubos y esfuerzos a compresión. Por lo que se eligió la dosificación de 3% de polvo de aluminio en peso de cemento.
- 8- Se puede observar que la cantidad de polvo de aluminio, genera la formación de más burbujas de hidrógeno en la mezcla, observando en general una disminución de peso en los cubos y disminución de los esfuerzos a compresión en los cubos. Como observamos en los cuadros.



*Foto: se observa la formación de burbujas de hidrogeno, producto de la reacción entre el polvo de aluminio y la pasta de cemento.*

- 9- En los cuadros siguientes se muestra la comparación de concreto celular usando polvo de aluminio de las mallas retenidas nº 50, 100 y fondo, con otra que añade otra malla nº 30 con relación a lo anterior. Se demuestra que cuando se prepara concreto celular de las mallas nº 30, 50, 100 y fondo, los pesos de los cubos aumentan en casi 30%, aunque la resistencia se ve incrementada. Luego se eligió fabricar bloques de concreto celular sólo con polvo de aluminio de granulometría retenida por las mallas nº 50, 100 y fondo.

**CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR**  
TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3			0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3			2533
TANDA	C11	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	299.31
CAL:	1		191.56
ARENA:	1	0.26	242.22
AGUA ml			241.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	19.63
TRABAJ		EN CMS	22.20

DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3		3130	
ALUMINIO MALLAS Nº 50, Nº 100 Y FONDO			
PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	190	750	3
II	189	1350	5.4
III	186	800	3.2
PESO.PROM.		ESF. COMP. PROM.	
188.33		3.87	

TANDA	C21	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.22	260.27
CAL:	1		166.57
ARENA:	1.3	0.29	273.81
AGUA ml			213.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	17.07
TRABAJ		EN CMS	21.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	197.5	1450	5.8
II	200	1250	5
III	202	1250	5
PESO.PROM.		ESF. COMP. PROM.	
199.83		5.27	

## CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR

### TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3		0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3		2533
TANDA	C12	EN VOLUMEN relativo
CEMENTO:	1	0.26
CAL:	1	
ARENA:	1	0.26
AGUA ml		
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO
TRABAJO		EN CMS
		EN PESO grs
		299.31
		191.56
		242.22
		240.00
		14.73
		21.50

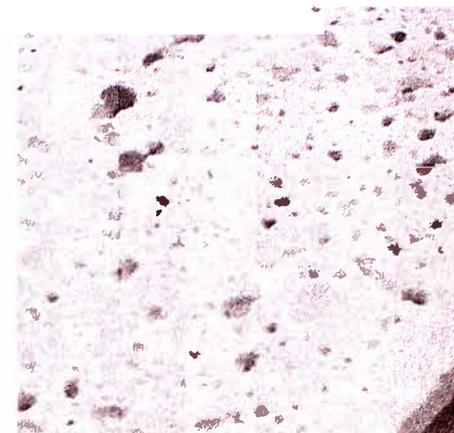
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3		3130
ALUMINIO MALLAS N° 30, N° 50, N° 100 Y FONDO		
PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	305	1850
II	302	1750
III	304	1850
PESO.PROM.		ESF. COMP. PROM.
303.67		7.27

TANDA	C22	EN VOLUMEN relativo
CEMENTO:	1	0.22
CAL:	1	
ARENA:	1.3	0.29
AGUA ml		
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO
TRABAJO		EN CMS
		EN PESO grs
		260.27
		166.57
		273.81
		211.00
		12.81
		21.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	323	1930
II	321	1500
III	326	2150
PESO.PROM.		ESF. COMP. PROM.
323.33		7.44

- 10- Se observó que con la sustitución de arena gruesa por la arena fina se consigue, aliviar más los pesos de los cubos, pero disminuye el esfuerzo de compresión. Así mismo se indica que utilizando arena fina, daba mayor estabilidad en la estructura celular, en muestras ensayadas en esfuerzo a compresión, se vio la formación de celdas de aire más uniformes.

*Foto: se muestra las celdas de aire en el concreto celular usando arena fina, se observa una ordenada estructura.*



- 11- En los cuadros siguientes se observará la comparación de usar arena fina y arena gruesa. Se observa que usando arena fina disminuye los pesos de los cubos y también los esfuerzos a compresión.

**CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR (3% de polvo de aluminio en peso de cemento)  
TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533

DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	T12	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.43	498.84
ARENA:	1	0.43	403.70
AGUA ml			170.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.97
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	208.5	1800	7.2
II	209	2000	8
III	211.5	1650	6.6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. ROM.</b>	
	209.67	7.27	

TANDA	T13	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.37	433.78
ARENA:	1.3	0.48	456.35
AGUA ml			160.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	13.01
TRABAJ		EN CMS	19.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	233.79	2450	9.8
II	235.40	2400	9.6
III	235.40	2050	8.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP.</b>	
	234.86	9.20	

**CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR  
TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3		0.000375	
DENSIDAD DE LA ARENA FINA kg/m3		2570	
TANDA	A2	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.40	352.13
ARENA:	1	0.40	289.13
AGUA ml			142.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	10.56
TRABAJ		EN CMS	21.50
TANDA	A3	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.35	306.20
ARENA:	1.3	0.45	326.84
AGUA ml			235.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	9.19
TRABAJ		EN CMS	22.00

DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3		3130	
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO			
PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	202	1300	5.2
II	200	950	3.8
III	205	1450	5.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	202.33	4.93	

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	211.5	1300	5.2
II	215.5	1000	4
III	213.5	1500	6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	213.50	5.07	

12- También se uso en la preparación del concreto celular, la cal, que da propiedades plásticas a la mezcla. Se vio que adicionando cal, disminuye los pesos de lo cubos, pero también disminuye la resistencia de los cubos. Según los cuadros siguientes.

**CUADRO: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR (3% de polvo de aluminio en peso de cemento)**

TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA ka/m3	2533

ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3 3130

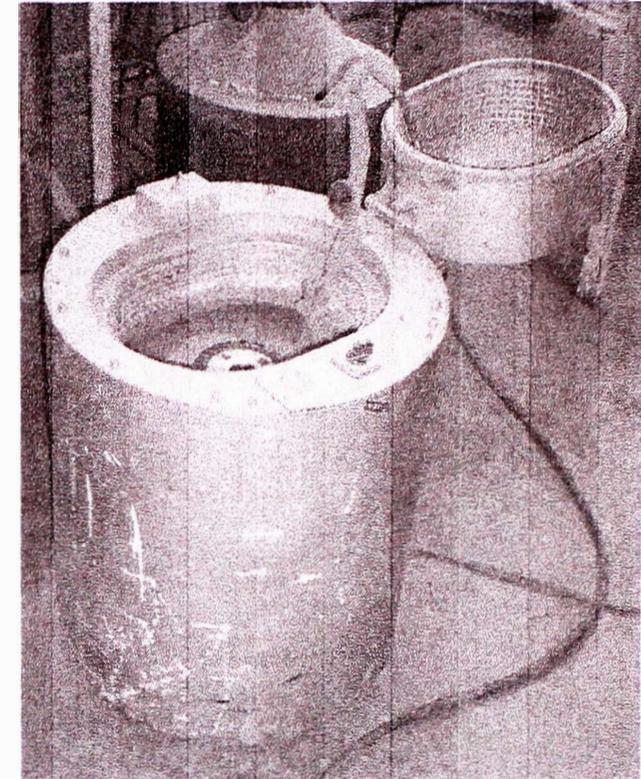
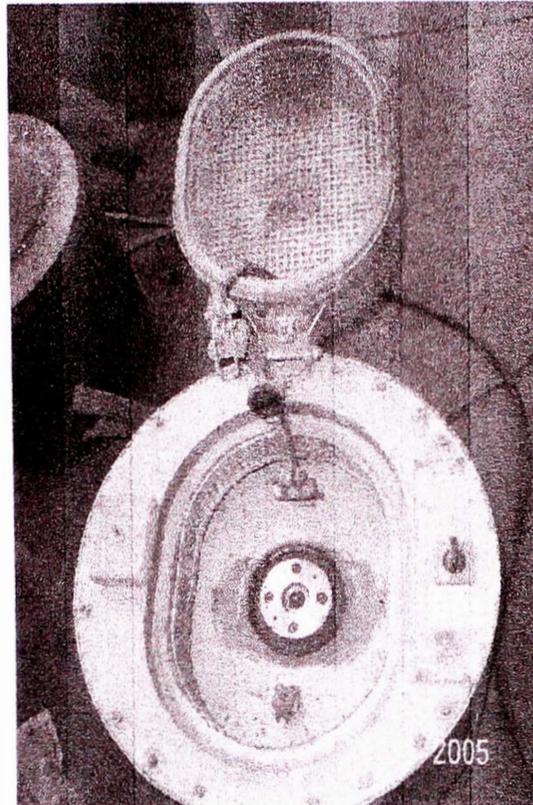
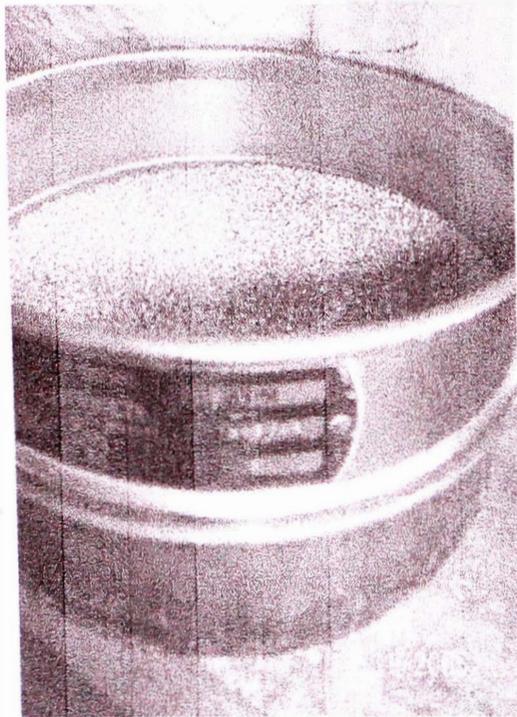
TANDA	C13	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	239.45
CAL:	2		306.49
ARENA:	1	0.26	193.77
AGUA ml			300.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	16.38
TRABAJ		EN CMS	23.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	175	1.4
II	176.5	2
III	175.5	2.8
PESO PROM.	175.67	ESF. COMP. PROM. 2.07

TANDA	C23	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.22	208.21
CAL:	2		266.51
ARENA:	1.3	0.29	219.05
AGUA ml			246.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.24
TRABAJ		EN CMS	23.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	191.5	4
II	191	3.4
III	192	4
PESO PROM.	191.50	ESF. COMP. PROM. 3.80

- 13- Además se añade que el serrín de aluminio que no cumpla la granulometría seleccionada, pasará un proceso de molido, utilizando la máquina pulverizadora a base de anillos, para conseguir la granulometría que nos sirva para elaborar el concreto celular.



*Foto izquierda. Se muestra el serrín de aluminio siendo tamizado*

*Foto centro y derecha. Se muestra la maquina pulverizador de serrín metálico, de la facultad de Ing. Metalúrgica, en la cual el serrín, es pulverizado, a partículas más pequeñas.*

CUADRO: MEDICIÓN EN LA MESA DE FLUJO

DIAMETROS	cm	FLUJO % 117.5
D1:	21	
D2:	22	
D3:	22.5	
D4:	21.5	

16-Finalmente se obtuvieron las resistencias de los bloques sometidos a esfuerzo de compresión a los 28 días. Obteniéndose un promedio de 8.3 Mpa en resistencia a la compresión de los bloques de concreto celular fabricado. Los bloques deberán tener una resistencia media a la compresión según NTP 399.602.

CUADRO: ENSAYO DE  
COMPRESION DE BLOQUES DE  
CONCRETO CELULAR

	28 días
Espécimen M20	
CARGA kg	14300
ESF COMP Mpa	8.1
Espécimen M21	
CARGA kg	23800
ESF COMP Mpa	8.50
Espécimen M14	
CARGA kg	23500
ESF COMP Mpa	8.4

---

# CAPITULO IV

---

## FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO CELULAR

---

### 1. DESCRIPCIÓN

Como mampostería se entiende la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades de mampostería, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va a construir (muro, etc.), La mampostería de concreto se puede elaborar con unidades perforadas verticalmente o macizas. Los principios de fabricación, calidad, construcción y desempeño, aplican de igual manera para ambos.

Tradicionalmente el bloque de concreto, ha sido sinónimo de mala construcción debido a su rudimentaria fabricación, teniendo en cuenta la

dosificación de materiales componentes, compactación, vibrado y curado; es el caso de su fabricación no industrializada.

Por otro lado la fabricación de bloques de concreto con equipos de alta potencia de vibrado y compresión, con dosificación racional y curado en cámaras de vapor da como resultado un bloque de concreto, de alta calidad, resistencia y durabilidad; excelente comportamiento, gran resistencia al fuego, óptimas propiedades acústicas y adecuada aislación térmica.

La utilización de estos mampuestos presenta ciertas ventajas con respecto a otros materiales y métodos de construcción, entre lo que puede citarse su facilidad de uso tanto en soluciones constructivas simples, la capacidad de conferirles con facilidad propiedades de coloración y textura superficial sin necesidad de terminaciones ni revestimientos adicionales, con las ventajas económicas y arquitectónicas que ello significa.

Por otra parte, el empleo de los bloques de concreto puede adaptarse a todas las formas constructivas que requieren la participación de albañilería.

### **Norma Técnica Peruana 399.600**

Unidades de Albañilería: Bloques de concreto para uso no estructural.

Establece que los requisitos que deben cumplir los bloques de concreto huecos elaborados con cemento Pórtland, agua y agregados de peso normal como son la inclusión de otros materiales, empleados en muros que no deberán resistir cargas.

#### Campos de aplicación

Esta norma se aplica a bloques de concreto destinados para uso en tabiques no estructurales, y en muros de cierre protegidos eficazmente de la intemperie.

#### Definiciones

- Bloque hueco o perforado

Es la unidad de albañilería que tiene una sección neta, en el plano paralelo a la superficie de asentado, que es 75% o menos de la sección bruta medida en el mismo plano.

- Bloque de concreto

Pieza prefabricada a base de cemento, agua y áridos finos y/o gruesos, naturales y/o artificiales, con o sin aditivos, incluidos pigmentos, de forma sensiblemente prismáticas, con dimensiones interiores modulares no mayor de 60 cm., sin armadura alguna.

- Bloque Caravista

Bloque adecuado para su uso sin revestimiento y que cumple las especificaciones correspondientes establecidos en esta norma.

- Resistencia a la compresión

Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un bloque y su sección bruta o neta.

- Resistencia a la compresión nominal

Es aquel valor de referencia establecido en esta Norma Técnica Peruana como resistencia a compresión referida a la sección bruta y utilizada en la designación del bloque.

- Sección bruta

Es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al asiento.

- Sección neta

Es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de su asiento, al deducir de la sección bruta, la superficie correspondiente a las cavidades.

- Unidad de albañilería de peso normal

Es la unidad que en condiciones de secado tiene una 2000 kg/m<sup>3</sup> o mas.

## Materiales

Utilizados en la fabricación de los bloques: cemento, cal, arena, agua y polvo de aluminio. Se deben establecer previamente que son adecuados para su empleo en las unidades de albañilería de concreto y deben estar conformes con las NTP aplicables.

## Requisitos Físicos

### **Norma Técnica Peruana 399.602**

Unidades de albañilería

## Requisitos de resistencia

<b>Resistencia a la compresión Mpa. Respecto al área bruta promedio</b>	
<b>Promedio de 3 unidades</b>	<b>Unidad individual</b>
7	6

## VARIACIONES PERMISIBLES

El mínimo espesor de pared no debe ser menor de 13mm.

Las dimensiones (ancho, alto y largo) no deben diferir por más de  $\pm 3$  mm, de las dimensiones estándar específicas por los fabricantes.

## ACABADOS Y APARIENCIA

Todas las unidades deben estar en buenas condiciones y libres de grietas u otros defectos que podrían interferir con el adecuado empleo de la unidad o que podrían deteriorar significativamente la resistencia o la durabilidad de la construcción.

## Medidas Modulares

Dimensiones de la unidad

LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
L	a	h
29	19	29
39	19	19
39	29	19
29	24	29

## 2. PROCEDIMIENTOS

- Cuidadosa selección de áridos.
- Estudio granulométrico.
- Dosificación acorde a las resistencias especificadas ó a las requeridas para casos especiales.
- Incorporación de polvo de aluminio en la masa del concreto.
- Compactación y/o vibrado.
- Curado húmedo controlado.
- Control de calidad, mediante ensayos en laboratorio

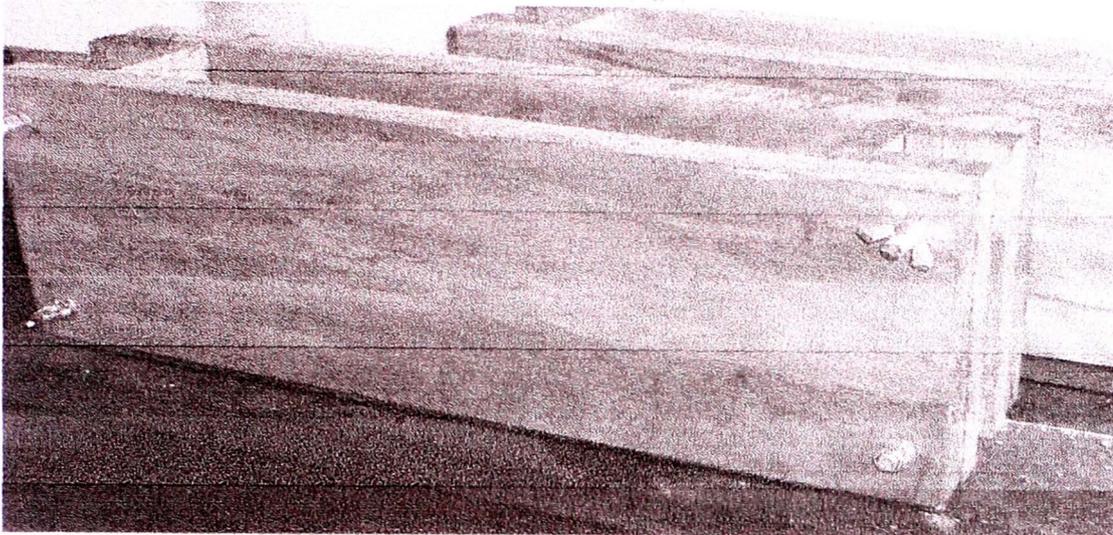
## LOS MOLDES

Los moldes constituyen los elementos que van a dar forma al concreto celular fresco una vez endurecido.

Para ello se selecciona una madera dura con ciertas ventajas:

Ofrece resistencia a la humedad una vez protegido con petróleo.

Por ser una madera de buena densidad, ofrece cierta resistencia a la deformación por presión lateral.



*Foto: 10 moldes fabricados, con sus respectivos elementos a la vista:  
Topes de madera, planchas longitudinales de madera capirona de 1 ½ " de  
espesor, arandelas y tuercas, descritos en anexo.*

## LA FABRICACIÓN

### a) Dosificación

Dosificación es el término que se utiliza para definir las proporciones de agregados, agua, cemento, cal y polvo de aluminio que conforman la mezcla para la elaboración de la unidad.

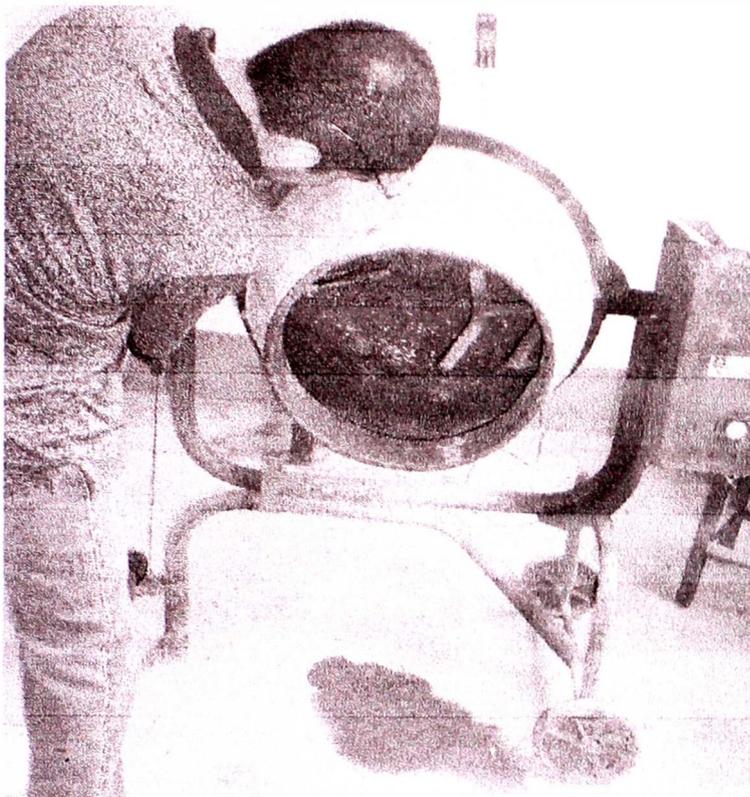
La dosificación de los materiales se hará por en relación al volumen. En la parte anexos se presentan las dosificaciones respectivas.

### b) Mezclado

Mezclado mecánico, mezcladora tipo trompo del LEM, se acarrea los materiales al área de mezclado. En primer lugar se dispondrá de toda la arena, luego, encima la cal; seguidamente se agregará la mitad en volumen de cemento, realizando el mezclado en seco.

Después del mezclado se incorpora agua en la mezcla, para luego mezclar todo los materiales hasta completar los volúmenes de cada material según la dosificación incluyendo el polvo de aluminio, en forma uniforme.

La mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos.



*Foto: mezclado de los componentes del concreto celular.*

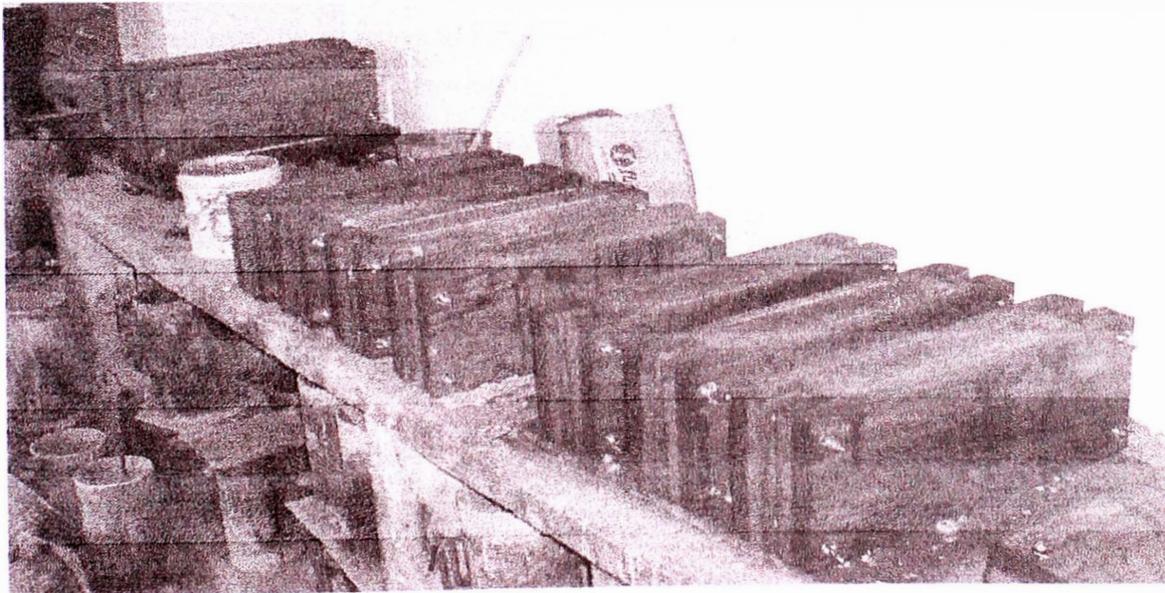
### c) Moldeado

Obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde de madera, previa limpieza con petróleo, colocado sobre superficies planas; el método de llenado se debe realizar en 2 capas y con la ayuda de una varilla se puede apisonar cada capa con 32 golpes.

El llenado en los moldes no es total, hasta el tope, ya que el concreto celular en el proceso de reacción, comienza a hincharse, producto de la liberación de hidrogeno en la mezcla. Se recomienda llenar 4 cm. aproximadamente antes del tope del molde, y luego enrasar cuando termine de fraguar el cemento parcialmente en la mezcla, aproximadamente 35 minutos después de haber vaciado el concreto celular.



*Foto: se aprecia el llenado de moldes, se llena en 2 capas con 32 golpes cada capa.*



*Foto: Elaboración de los bloques de concreto celular.*

#### d) Fraguado

Una vez fabricados los bloques, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar.

Se recomienda dejar los bloques de un día para otro.

Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto.

Luego de ese tiempo, los bloques pueden ser retirados y ser colocados en rumas para su curado.

#### e) Curado

El curado de los bloques consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los bloques como cualquier otro producto de concreto.

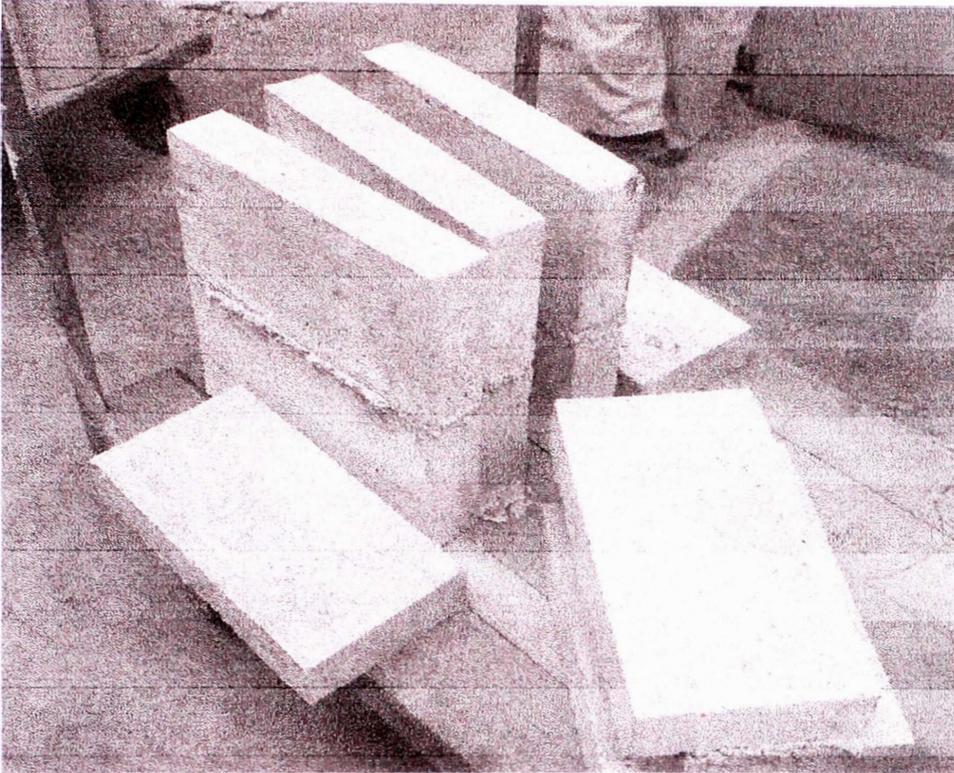
Los bloques se deben colocar en rumas y dejando una separación horizontal entre ellas, para que se puedan humedecer totalmente por todos los lados y se permitan la circulación de aire.

El curado se puede realizar también sumergiendo los bloques en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante un periodo de tres días.

Lo más recomendado para el proceso de curado, y también para el almacenamiento, es hacer un entarimado de madera, que permita utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los bloques.

#### f) Secado Y Almacenamiento

La zona destinada para el almacenamiento de los bloques debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los bloques se sequen lentamente. Aunque los bloques fabricados siguiendo todas las recomendaciones, presentan una buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Los bloques no se deben tirar, sino que deben ser manipulados y colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final.



• Foto: Se aprecia los bloques de concreto celular, listos para almacenarse.

---

# CAPITULO V

---

## ESTUDIO DE MORTEROS PARA UNIDADES DE ALBAÑILERIA

---

### 1. GENERALIDADES

A pesar de que el mortero representa en cantidad solamente una pequeña proporción del área de un modo de bloques de concreto, su influencia en el comportamiento del mismo es significativa.

#### EFFECTO DE LOS MATERIALES EN EL MORTERO

Debido a la gran variedad de materiales existentes, los morteros para adherir bloques de concreto pueden ser diseñados para obtener determinadas propiedades para una obra específica.

Cada uno de los ingredientes individuales, por ejemplo cemento Portland, cal, arena y agua, contribuyen en la calidad de este comportamiento.

- El cemento

Le brinda resistencia y durabilidad.

- El agua

Actúa como lubricante y principalmente permite la hidratación del cemento.

- La arena

Actúa como relleno y le proporciona el cuerpo necesario a la vez que limita la contracción y controla la fisuración.

Una granulometría adecuada reduce en la práctica la segregación de los materiales y mejora su trabajabilidad, manteniendo la plasticidad por más tiempo.

Existe clara evidencia de que las arenas gruesas aumentan la resistencia a la compresión del mortero, mientras que las arenas finas reducen esa resistencia pero aumentan la adhesividad, siendo por lo tanto preferibles.

El mortero es prioritariamente un adhesivo que une las unidades de albañilería. Si las unidades fueran perfectas el espesor del mortero podría ser insignificante. Como no lo son, deberá tener una dimensión determinada por el grado de irregularidad de dichas unidades de albañilería.

De otro lado, el mortero es colocado sobre superficies absorbentes y la mayor parte de su superficie está expuesta a los efectos de evaporación. La succión (o velocidad inicial de absorción) de las unidades de albañilería es necesaria para colocar el contacto íntimo con el mortero, ya que el agua absorbida porta sustancias solubles del cemento y la incrusta en la superficie de la unidad de albañilería; pero esto tiene un límite, pasado el cual se retira el agua indispensable para la hidratación del cemento. Para fijar este límite se cuenta con el tratamiento de la unidad de albañilería, con un espesor mínimo de la junta de mortero y con la resistencia que presenta el mortero a ser despojado de su agua (propiedad que se llama retentividad). Esta misma retentividad debe defender el mortero de la evaporación.

El mortero no debe ser curado. No solo por la obvia dificultad de hacerlo, sino por que se humedecería principalmente las unidades de albañilería, creándose deformaciones de expansión y compresión que atentaría contra la integridad de la albañilería. Todos estos aspectos indican que la resistencia a la compresión, vital en el concreto es secundaria en el mortero.

### **Funciones del mortero:**

El mortero cumple con varias funciones importantes:

- Vincula los bloques entre sí, tal como los eslabones de una cadena, para conformar un conjunto estructural integrado.
- Sella las juntas verticales y horizontales evitando la penetración de humedad.
- Permite el acomodamiento de aquellos pequeños movimientos que se pueden presentar internamente en el muro.

El mortero, primeramente debe proveer una cama uniforme y adaptable para las unidades de albañilería. Esta función exige del mortero trabajabilidad De tal manera que se extienda con facilidad bajo la acción del badilejo y penetre las irregularidades y hendiduras de las unidades de albañilería, corrigiendo así sus imperfecciones e irregularidades. En segundo lugar, el mortero debe unir las unidades de albañilería creando una masa monolítica. La resistencia a la tracción de la albañilería la provee la adhesividad del mortero. Finalmente esta adhesión debe ser durable, es decir capaz de atender sin falla las tendencias a destruirlas (tales con el intemperismo, deformaciones, asentamientos, etc.), para garantizar de este modo la integridad permanente de la albañilería.

Es tan importante el rol que cumple en el conjunto, que se podría afirmar que su calidad y comportamiento es tan fundamental, como la calidad del bloque y la mano de obra empleada para levantar la mampostería.

Es por ello que esta calidad deberá ser la adecuada para lograr un muro resistente a las acciones exteriores, tanto sean estas cargas debidas al peso

propio, sismo, viento como a las producidas por las inclemencias del tiempo. Y es muy importante destacar que esta exigencia de calidad no incide negativamente en el costo final del muro, debido principalmente a su volumen reducido.

## **PROPIEDADES EL MORTERO.**

### **a.- En estado plástico.-**

#### **- Trabajabilidad**

Esta propiedad es esencial para asegurar la extensión de la adhesión; es decir la penetración del mortero en todos los intersticios de la unidad de albañilería. A su vez, la trabajabilidad proviene de la combinación de varias propiedades: entre ellas: plasticidad, fluidez y cohesión. Estas dependen de la presencia de cal, de la cantidad de cal, de la gradación de agregados y, fundamentalmente, de la cantidad de agua. Esta en combinación con los materiales cementantes, hace el efecto de lubricante. Sin embargo no hay método directo para medir la trabajabilidad, lo que se mide es la fluidez. Lamentablemente la medición del flujo no es todo. Se puede tener valores adecuados con morteros ásperos y sin cohesión.

### **b.- Estado endurecido:**

#### **- Adhesión**

Medida por su valor, y extensión, es la propiedad más importante del mortero endurecido. Ella se establece y queda definida para todos sus propósitos en el momento en que la unidad de albañilería y el mortero hacen contacto. Sin embargo, no existen métodos ni pruebas adecuadas para medir el valor de la adhesión como una característica independiente. Para medir la adhesión se usa una serie de métodos, consistentes en despegar dos o más unidades de albañilería unidas con el mortero. Se mide la fuerza de separación y se divide entre el área de contacto, lo cual da un valor en kg/cm, que es la medida de la adhesión. Lamentablemente

todas estas pruebas son de escasa confiabilidad, difíciles de repetir y exigen mediciones muy precisas de laboratorio. Como consecuencia, estos procedimientos se usan poco u sirven poco.

- Resistencia a la compresión

Se mide sometiendo a compresión hasta la rotura a cubos de mortero. Este ha sido el método usual para evaluar morteros y juzgar su aceptabilidad. Es claro que esto proviene de la tecnología del concreto y que este valor dice poco o nada de las propiedades que realmente interesan para los morteros de albañilería

**Norma Técnica Peruana 399.607**

UNIDADES DE ALBAÑILERIA. ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS DE AGREGADOS PARA MORTERO DE ALBAÑILERIA.

Evaluar las características requeridas a los agregados al ser utilizados en mortero de albañilería.

Características generales

El agregado para su utilización en morteros de albañilería deberá consistir en arena natural o arena manufacturada.

Requisitos físicos

Para utilizar un mortero de albañilería.

El agregado deberá ser graduado dentro de los siguientes límites:

Tamaño de tamiz	% que pasa	
	Arena natural	Arena Manufacturada
4. 75mm (N° 4)	100	100
2. 36mm (N° 8)	95 a 100	95 a 100
1. 18mm (N° 16)	70 a 100	70 a 100
600µm (N° 30)	40 a 75	40 a 75
300µm (N° 50)	10 a 35	20 a 40
150µm (N° 100)	2 a 15	10 a 25
75µm (N° 200)	0 a 5	0 a 100

El agregado no deberá tener más de 50% de retenido entre cualquiera de 2 tamices consecutivos y no más de 25% entre los tamices de 300 $\mu$ m (Nº 50) y de 150 $\mu$ m (Nº 100).

Si el modulo de fineza varia en más de 0.20 del valor asumido en la selección de las proporciones del mortero, el agregado no deberá ser aceptado a menos que se efectúen ajustes adecuados en las proporciones para compensar los cambios en la gradación.

### Impurezas orgánicas

Libre de cantidades nocivas de impurezas orgánicas.

No serán aceptados los agregados sujetos a ensayos de impurezas orgánicas y que produzcan un color más oscuro que el normalizado.

## 2. ENSAYO DE COMPRESIÓN

NTP 334.051

EQUIPOS:

- Balanzas y pesas.
- Probetas graduadas.
- Cámara húmeda.
- Moldes de 3 compartimentos de 5x5x5 cm.
- Mezcladora
- Mesa de Flujo
- Materiales utilizados: arena gruesa, cemento y agua.

Preparación de las probetas:

- 1) Pesar cemento.
- 2) Agua/cemento
- 3) Preparar un mortero.
- 4) Engrasar los moldes cúbicos
- 5) Colocar tres capas de aproximadamente 1/3 de altura, apisonar 32 golpes en 10 segundos cada capa.
- 6) Estos golpes se deben aplicar en 4 etapas de 8 golpes cada una.
- 7) Tapar los cubos con trapo húmedo 24 horas

- 8) Se desmolda
- 9) Se sumerge en agua

## RESULTADOS

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Rc: resistencia a la compresión (MPa)

P: carga máxima (kg)

A: área transversal de la probeta (mm)

### Descripción de los ensayos

- 1) Se seleccionó los materiales, los cuales constan de arena gruesa, cemento andino y agua, los materiales deberán cumplir los requisitos de la Norma Técnica Peruana.
- 2) Se prepararon moldes cúbicos de 5cm de lado con el mortero, para eso se seleccionó los morteros más usados a nivel de albañilería en nuestro medio.
- 3) En la elaboración se debe buscar que el mortero tenga una debida trabajabilidad para esto se ensaya en la mesa de fluidez buscando una fluidez de 110% aproximadamente.
- 4) Luego se obtendría los esfuerzos a compresión de los cubos de mortero.
- 5) Y finalmente se selecciona el mortero que se va a usar para la elaboración de muretes y pilas con los bloques de concreto celular.

### Resultados de los ensayos

- En Anexo véase granulometría de la arena gruesa usada en mortero.
- Densidad arena gruesa 2533 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad de cemento andino 3130 kg/m<sup>3</sup>
- Fluidez medida en la mesa de flujo del mortero: 114%.

**MORTERO C2**

**28 DIAS**

	<b>PESO</b>	<b>CARGA (KG)</b>	<b>ESF COMPRE Mpa</b>
CEMENTO: 1	202 kg	7200	28.8
ARENA: 4	654 gr	6250	25
AGUA	127 ml	7300	29.2

El promedio del esfuerzo a compresión de lo cubos ensayados es de 27.5 MPa a los 28 días.

---

# CAPITULO VI

---

## UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CELULAR

---

### 1. GENERALIDADES

**NORMA TÉCNICA PERUANA 399.604**

**UNIDAD DE ALBAÑILERIA. METODOS DE MUESTREO Y ENSAYOS DE  
UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO**

Esta norma establece el procedimiento para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad) y contenido de humedad.

Se aplica al control de calidad de los bloques de concreto con huecos, utilizados como unidades de albañilería estructural y no estructural y a los ladrillos de concreto.

### Muestreo

Selección de los especímenes para los ensayos. Para propósitos de los ensayos, unidades enteras de albañilería de concreto serán seleccionadas por el comprador y el vendedor o sus representantes de acuerdo a lo establecido por un método aceptado para el muestreo aleatorio que acuerden o adopten.

El término lote se refiere a cualquier número de unidades de albañilería de concreto de cualquier configuración o dimensión fabricado por el productor usando los mismos materiales, diseño de mezcla de concreto, proceso de fabricación y método de curado.

### Número de especímenes

Para determinar la resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad) y contenido de humedad, se seleccionarán seis unidades de cada lote de 10,000 unidades o menos y 12 unidades de cada lote de más de 10,000 y menos de 100,000 unidades.

### Identificación

Marcar cada espécimen de manera que puedan ser identificados en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5% del área superficial del espécimen. Pesar las unidades para los ensayos del contenido de humedad, inmediatamente después de muestreadas, marcar y registrar como  $W_r$  (peso recibido)

## MEDICION DE DIMENSIONES

### - Aparatos

Medir todas las dimensiones con una regla de acero graduada en divisiones de 1,0 mm. Los espesores de las paredes laterales y los tabiques se miderán con una calibre Vernier (pie de rey), graduado en divisiones de 0.4 mm y con quijadas paralelas de no menos de 12.7 mm ni mas de 25.4mm de longitud.

- Especímenes

Se medirán 3 unidades enteras para el ancho, altura, longitud y los espesores mínimos de las paredes laterales y tabiques.

- Dimensiones

Para cada unidad se medirá y registrará, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior la altura (h) en la longitud media de cada cara y la longitud (L) en la altura media de cada cara.

Para c/unidad se medirá el espesor de la pared lateral y el espesor del tabique en la parte más delgada de cada elemento a 12.7mm encima del plano de la cama de mortero y a la división más cercana de la regla o calibrador.

### Resistencia a la Compresión

#### APARATOS

- Máquina de Ensayo

La máquina será equipada con 2 bloques de soporte de acero, uno de los cuales es una rotula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior del espécimen de albañilería, y la otra un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen. Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir la sección del espécimen de albañilería refrentado, se colocará entre estos y el espécimen placas de acero. Después que el centroide de la superficie de apoyo de la albañilería se haya alineado con el centro de la rotula. La superficie de los bloques de soporte de acero y las placas no se apartarán de un plano por más de 0.025mm en cualquier dimensión de 152.4mm. El centro de la esfera de la rotula coincidirá en el centro de su cara de apoyo. Si se utiliza placa de apoyo, el centro de la esfera de la rotula reposará en una línea que pasa verticalmente a través del centroide de la cara de apoyo del espécimen. El plato de la rotula podrá girar en cualquier dirección. El diámetro de la cara de los bloques de soporte será por lo menos de 152.4 mm.

Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir el área del espécimen se colocará entre estos y el espécimen refrentado, placas de acero con un espesor no menor de 25.4mm. La Longitud y el ancho de la placa de acero serán de por lo menos 15mm mayor que la longitud y el ancho del espesor.

#### - Espécimen de Prueba

De las 6 unidades muestreadas 3 serán ensayadas en compresión.

Después de la llegada al laboratorio, almacene (no apiladas y separadas por no menos de 13mm en todos sus lados en aire a una temperatura de  $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de menos de 80% por no menos de 48 horas.

Cuando las unidades enteras para el ensayo de compresión sean demasiado grandes para los bloques de la maquina de ensayo o excedan la capacidad de carga de la misma, cortar las unidades para adecuadas correctamente con las capacidades de la maquina de ensayo. La resistencia a la compresión del segmento será considerada como la resistencia a la compresión de la unidad entera. Para el ensayo de resistencia a la compresión de segmentos cortados de menos, los especimenes ensayados serán no menos que 1:1 y no más que 2:1

#### Refrentado de los especimenes

Refrentado las superficies de apoyo de las unidades por uno de los métodos

#### Procedimiento

##### - Colocación de los especimenes

Ensayar los especimenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rotula de la maquina de ensayo.

A excepción de unidades especiales pata uso con sus paredes en una dirección horizontal, ensayar todas las unidades huecas de la albañileria de concreto con sus paredes en dirección vertical.

Las unidades albañileria que sean 100% sólidas y unidades huecas especiales previstas para su uso, ensayando con sus huecos en dirección horizontal.

Los especimenes estarán libres de humedad o manchas de humedad.

#### ABSORCION

##### - Aparato

La balanza utilizada será sensible dentro del 0.5% del peso del espécimen mas pequeña probado.

##### - Ensayo de especimenes

Se utilizaran 3 unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas y registradas.

- Procedimiento

**Saturación:** sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15.6 °C a 26.7°C por 24 horas.

Pesar los especímenes mientras están sumergidas por un alambre de metal y sumergido totalmente en agua y registrar  $W_i$  (peso sumergido)

Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre mas grueso de 9.5mm, retirándolo el agua superficial visible con un paño húmedo: pesar y registrar como  $W_s$ (peso saturado)

**Secado:** subsecuente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado a 100°C a 115°C por no menos de 24 horas y hasta que 2 pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la perdida no mayor que 0.2% del peso ultimo previamente determinado del espécimen.

Registrar los pesos de los especímenes secados  $W_d$  (peso secado al horno)

## CALCULOS

### Absorción

$$Absorción \frac{kg}{m^3} = \left( \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \right) \times 1000$$

$$Absorción\% = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100$$

$W_s$ : Peso saturado Kg

$W_i$ : Peso sumergido del espécimen Kg

$W_d$ : Peso seco al horno Kg

### Contenido de humedad

Contenido de humedad % de absorción total

$$CH\% = \left( \frac{W_r - W_d}{W_s - W_d} \right) \times 100$$

$W_r$ : Peso recibido de la unidad Kg

### Densidad

$$Densidad(Kg/m^3) = \left( \frac{Wd}{Ws - Wi} \right) \times 1000$$

Wd: Peso seco al horno del espécimen Kg

Ws: Peso saturado del espécimen Kg

Wi: Peso sumergido del espécimen Kg

### Área neta media

Volumen neto (Vn) mm<sup>3</sup>

$$\frac{Wd}{D} = (Ws - Wi) \times 10^{-4}$$

$$AreaNetaMedia(An)mm^2 = \frac{V_n}{H}$$

Vn: Volumen neto del espécimen

Wd: Peso seco al horno del espécimen Kg

D: Densidad seca al horno del espécimen Kg/m<sup>3</sup>

Ws: Peso saturado al horno del espécimen Kg

Wi: Peso sumergido del espécimen Kg

An: área neta media del espécimen mm<sup>2</sup>

H: Altura media del espécimen

### Área bruta

$$Ag(mm^2) = L \times W$$

Ag: área bruta del espécimen mm<sup>2</sup>

L: Longitud promedio mm

W: Ancho promedio del espécimen mm

### Esfuerzo de compresión

$$- \text{areaneta}(Mpa) = \frac{P_{\max}}{An}$$

Pmax: carga de compresión máxima N

An: área neta promedio del espécimen mm<sup>2</sup>

$$- \text{areabruta}(Mpa) = \frac{P \text{ max}}{Ag}$$

Pmax: carga de compresión máxima N

Ag: mm<sup>2</sup>

### Espesor Equivalente

Se define como el espesor promedio del material sólido en la unidad

$$Te(mm) = \frac{Vn}{LxH}$$

Vn: Volumen neto promedio de las unidades enteras mm<sup>3</sup>

L: Longitud promedio de las unidades enteras mm

H: Altura promedio de las unidades enteras mm

## 2. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

Norma Técnica Peruana 399.602

Unidades de albañilería

Requisitos de resistencia

Resistencia a la compresión Mpa. Respecto al área bruta promedio	
Promedio de 3 unidades	Unidad individual
7	6

### Descripción de los ensayos

1) Se elaboraron 90 bloques de concreto celular (40x20x7cm) en los moldes de madera, con la tanda A14.

2) Después de fabricado los bloques y de su respectivo curado, se procede a ensayar a la edad 28 días, hallando su esfuerzo a compresión.

**Resultados de los ensayos**

**CUADRO: ENSAYO DE COMPRESION DE  
BLOQUES DE CONCRETO CELULAR  
28 días**

<b>Espécimen M20</b>	
<b>CARGA kg</b>	22680
<b>ESF COMP Mpa</b>	8.1

<b>Espécimen M21</b>	
<b>CARGA kg</b>	23800
<b>ESF COMP Mpa</b>	8.50

<b>Espécimen M14</b>	
<b>CARGA kg</b>	23500
<b>ESF COMP Mpa</b>	8.4

Promedio de 3 muestras de bloque de concreto celular 8.3 Mpa

**3. ENSAYO DE GEOMETRÍA**

**Descripción de los ensayos**

- Después de fabricado los bloques y su respectivo curado, procedemos a tomar las dimensiones de los bloques con una regla de Vernier según se muestra en los resultados.

**Resultados de los ensayos**

**CUADRO:  
DIMENSIONES**

		<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTURA</b>
	<b>III</b>	40	7.2	20.25
<b>Espécimen</b>		40.1	7.1	20.3
<b>M22</b>		40.1	7.13	20.4
	<b>IV</b>	39.8	7.24	20.34
		40	7.1	20.41
		39.9	7.1	20.39
	<b>V</b>	40.1	7.2	20.24
		40	7.05	20.34
		40	7.2	20.4

	<b>% V largo</b>	<b>% V ancho</b>	<b>% V altura</b>
<b>III</b>	-0.17	-2.05	-1.58
<b>IV</b>	0.25	-2.10	-1.90
<b>V</b>	-0.08	-2.14	-1.63

#### 4. ENSAYO DE ABSORCIÓN

Norma Técnica Peruana 399.602

UNIDADES DE ALBAÑILERIA

##### Requisitos de Absorción

Absorción máx. % Promedio de 3 unidades
12

##### Descripción del ensayo

Saturación: sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15.6 °C a 26.7°C por 24 horas.

Pesar los especímenes mientras están sumergidas por un alambre de metal y sumergido totalmente en agua y registrar  $W_i$  (peso sumergido)

Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9.5mm, retirándolo el agua superficial visible con un paño húmedo: pesar y registrar como  $W_s$ (peso saturado)

Secado: subsecuente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado a 100°C a 115°C por no menos de 24 horas y hasta que 2 pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0.2% del peso ultimo previamente determinado del espécimen.

Registrar los pesos de los especímenes secados  $W_d$  (peso secado al horno)

##### **Cálculos**

##### Absorción

$$Absorción \frac{kg}{m^3} = \left( \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \right) \times 1000$$

$$\text{Absorción}\% = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100$$

Ws: Peso saturado Kg

Wi: Peso sumergido del espécimen Kg

Wd: Peso seco al horno Kg

### Contenido de humedad

Contenido de humedad % de absorción total

$$CH\% = \left( \frac{W_r - W_d}{W_s - W_d} \right) \times 100$$

Wr: Peso recibido de la unidad Kg

## Resultados de los ensayos

Tipo M22

Nº	Peso recibido gr	PESO SATURADO gr	PESO SUMERGIDO gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	Contenido Humedad %
II	9322	9729	3990.5	9084	2.62	36.90
III	9308	9725	3975	8651	7.59	61.17
IV	9239	9652	3942	8932	3.44	42.64

El porcentaje de absorción no debe ser mayor a un 12%.

## 5. ENSAYO DE SUCCIÓN

### Descripción del ensayo

Nos indica la cantidad de agua que absorbe el bloque. Para realizar este ensayo se requiere una bandeja o recipiente para agua de base plana y horizontal, un soporte para los ladrillos, una balanza, un horno, un cronómetro y que se realice en un lugar con temperatura de  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Se seca la muestra, se pesa y se sumerge en el recipiente con agua durante 1 minuto, tratando que el nivel del agua se mantenga constante. De esta

manera, se obtiene un peso final que restado del peso inicial nos da la cantidad de agua absorbida.

Se calcula la succión:

**Succión = (Cantidad de agua absorbida)/minuto**

El resultado se indica como el promedio del peso del agua absorbida por las muestras individualmente obtenidas, en gramos, sin decimales.

### Resultados de los ensayos

		PESO RECIBIDO	PESO SECO gr	SUCCION min	SUCCION gr/min
Tipo M20	III	9397	8944.5	8974.5	30
	IV	9364.5	8497.5	8576	78.5
	V	9279	8551	8633	82

## 6. ENSAYO DE PESO UNITARIO

### Descripción del ensayo

Saturación: sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15.6 °C a 26.7°C por 24 horas.

Pesar los especímenes mientras están sumergidas por un alambre de metal y sumergido totalmente en agua y registrar  $W_i$  (peso sumergido)

Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9.5mm, retirándolo el agua superficial visible con un paño húmedo: pesar y registrar como  $W_s$ (peso saturado)

Secado: subsiguiente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado a 100°C a 115°C por no menos de 24 horas y hasta que 2 pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0.2% del peso último previamente determinado del espécimen.

Registrar los pesos de los especímenes secados  $W_d$  (peso secado al horno)

## Densidad

$$\text{Densidad} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \left( \frac{W_d}{W_s - W_i} \right) \times 1000$$

Wd: Peso seco al horno del espécimen Kg

Ws: Peso saturado del espécimen Kg

Wi: Peso sumergido del espécimen Kg

## Resultados de los ensayos

Espécimen M22

	<b>Peso recibido gr</b>	<b>PESO SATURADO gr</b>	<b>PESO SUMERGIDO gr</b>	<b>PESO SECO gr</b>	<b>DENSIDAD kg/m3</b>
II	9322	9729	3990.5	9084	1590.0
III	9308	9725	3975	8651	1504.5
IV	9239	9652	3942	8932	1564.2

## 7. ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Para determinar el coeficiente de conductividad térmica para el concreto celular se utilizó los siguientes materiales:

### Materiales

- Aparato de Conductividad Térmica PASCO (Facultad de Ciencias)
- Matraz con agua
- Mechero
- Manguera
- Cronómetro

La diferencia de temperaturas en distintos puntos de un sistema genera los procesos de intercambio de calor, que pueden ser debidos a tres mecanismos: conducción, convección y radiación.

En esta experiencia vamos a estudiar el mecanismo de conducción en sólidos. La base matemática del proceso de conducción es la *Ley de*

*Fourier*, cuyo enunciado, para sistemas unidimensionales de tamaño finito, como es el caso de una lámina de espesor  $h$  que se pueda considerar infinitamente extensa es el siguiente:

Si este material en forma de lámina plana (figura de abajo) se encuentra en contacto con dos focos térmicos a diferente temperatura (Caliente y frío) y alcanza un estado estacionario, la cantidad de calor por unidad de tiempo y superficie que atraviesa la placa será proporcional a la diferencia de temperaturas e inversamente proporcional a su espesor, dicha constante de proporcionalidad se denomina conductividad térmica,  $k$ , del material.

Luego

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{h}$$

Donde:

$\Delta Q$ : es el calor intercambiado en el tiempo  $\Delta t$ , entre el foco frío y el caliente.

$\Delta T$ : diferencia de temperatura entre los focos frío y caliente

$k$ : conductividad térmica

$A$ : área de la sección transversal del bloque de hielo

$H$ : espesor de la muestra.

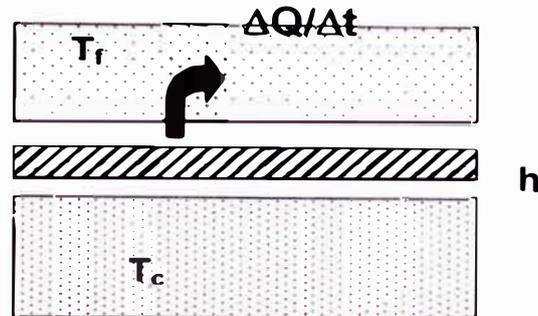
La técnica de medida de la conductividad térmica, que emplearemos en esta experiencia, se basa en la determinación experimental del flujo de calor que atraviesa la muestra situada en el soporte de experimentación, que mantiene al foco térmico  $T$  a la temperatura constante de ebullición del agua haciendo circular vapor a través de él, y el foco frío a la temperatura de fusión del agua mediante un bloque de hielo en fusión que se sitúa en contacto térmico con la otra cara de la muestra  $T_f$ .

Además habrá que determinar el área de contacto entre el hielo y la muestra.

Por lo tanto mediremos las siguientes variables:

- Espesor de la muestra  $h$  (con un pie de metro)
- Superficie de contacto entre el hielo y la muestra,  $A$ . Se hallará a partir de la medida del diámetro del bloque al inicio y al final de la experiencia para reducir el error cometido.

- El flujo de calor  $\Delta Q/\Delta t$  se determinará midiendo la masa de agua fundida en un intervalo de tiempo determinado, realizándose esta medida bajo dos condiciones diferentes ; cuando el foco caliente está a la  $T^\circ$  ambiente y cuando está a la  $T^\circ$  de ebullición.



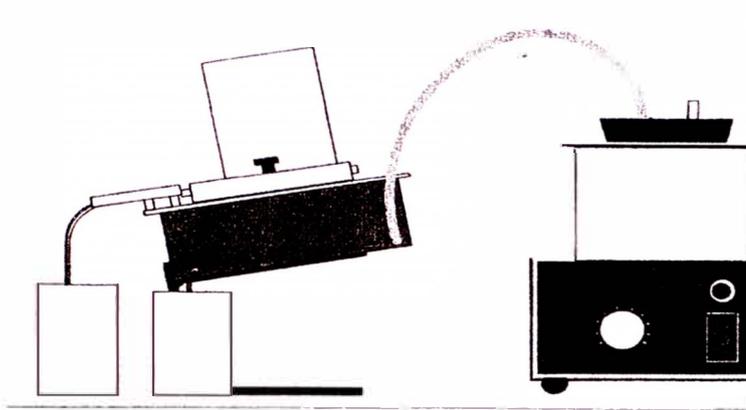
### Descripción del ensayo

- 1.- Ponga el envase con hielo bajo agua tibia para soltarlo del molde.

NOTA: No fuerce el hielo para sacarlo del molde.

- 2.- Mida y registre el espesor de uno de los materiales de muestra, en este caso los bloques de concreto celular, tuvieron que ser cortados a espesores aproximados de 1.5 cm de espesor y de sección cuadrada de 12 cm de lado.
- 3.- Ubique el material de prueba sobre la cámara. Ver figura.
- 4.- Mida el diámetro del bloque de hielo. Ubique el hielo en la parte superior de la muestra, apoyando la parte más plana y observando que el contacto térmico sea correcto, proteger el bloque de hielo con su molde y esperar hasta que se empiece a fundir.
- 5.- Mantenga el hielo por varios minutos hasta que comience la fusión y tenga total contacto con la muestra. (No comience tomando datos antes que el hielo comience a derretirse, porque pueden haber temperaturas más bajas que  $0^\circ\text{C}$ )

6.- En un recipiente de masa  $m_f$  conocida. Recoja el agua producida por el deshielo) durante ( $t_a$ )



*Figura: Montaje Experimental*

7.- Mida la masa del agua retenida  $m_1$  bajo condiciones ambientales.

8.- Conecte la fuente de vapor y hágalo funcionar hasta que comience a salir vapor por el desagüe del foco caliente. Poner un recipiente para recoger el agua de condensación.

9.- Una vez alcanzado el estado estacionario vacíe el vaso y mida el tiempo  $t$  durante el cual va a recoger agua en esta nueva condición. Una vez terminada la experiencia mida la masa de agua fundida, así como nuevamente el diámetro del bloque de hielo.

10.- Determine la conductividad térmica del material.

### Resultado del ensayo

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD (W / m °C)
mampostería ladrillos comunes/macizos	1800	0.78
mampostería ladrillos sílico calcáreos	1850	0.85
mampostería ladrillos huecos	1700	0.45
mampostería bloques de concreto	2100	0.48
mampostería con concreto celular	1550	0.39

Véase anexos, para los cálculos de la conductividad térmica hallada para el concreto celular.



*Foto: aparato "Pasco Thermal" (Facultad de Ciencias de la UNI) para medir la conductividad térmica de placas delgadas de espesor.*

---

# CAPITULO VII

---

## PILAS Y MURETES

---

### 1. GENERALIDADES

El ensayo de pilas y muretes permite conocer el comportamiento de la mampostería sujeta a la acción de elementos mecánicos simples y alguna combinación de ellos.

### 2. ENSAYO DE COMPRESIÓN

Esencialmente la mampostería está formada por dos materiales que tienen comportamiento diferente (el bloque y el mortero); al ser sometidas a cargas

de compresión éstos se deforman en forma diferente lo cual provoca esfuerzos adicionales en la zona de interacción entre ambos materiales.

Bajo el efecto de la carga vertical, la pieza y el mortero sufren deformaciones verticales acompañadas de un alargamiento transversal, si los dos materiales podrían deformarse libremente, tendrían deformación axial y alargamiento transversal diferentes, dependiendo de las características elásticas de ambos.

La adherencia y fricción en las caras de contacto entre los materiales impiden el desplazamiento relativo así que el mortero y el bloque deberán tener la misma deformación, para adoptar esa posición el material más desfavorable (el mortero) sufrirá compresiones transversales en ambas direcciones y el material más rígido sufrirá tensiones transversales.

La falla podría producirse por aplastamiento de las piezas debido a la fuerza axial, pero también podrá presentarse por agrietamiento vertical producido por las deformaciones transversales que acompañan a la deformación longitudinal, y que en la pieza puede verse incrementada por el efecto junta; cuando el agrietamiento vertical se vuelve excesivo éste produce la inestabilidad del elemento de mampostería y su falla.

### **Norma Técnica Peruana 399.605**

Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

Establece los procedimientos para la fabricación y ensayo de prismas de albañilería y los cálculos para determinar la resistencia a la compresión específica para la albañilería  $f'm$ .

Se fabricaran los prismas con una altura mínima de 2 unidades con una relación alto espesor  $h_p/t_p$  1.3 y 5

### Curado

Los prismas contruidos en laboratorio deberán almacenarse con polietileno durante los 14 primeros días, después se removerá el polietileno y se dejara en condiciones ambientales de laboratorio.

### Edad de ensayo

Se ensayaran los prismas a la edad de 28 días o a la edad solicitada para el ensayo. Se ensayaran una muestra de prismas para cada edad.

La edad del prisma se determina a partir del momento del asentado de las unidades para prismas sin relleno.

### Preparación para el ensayo

La muestra constara de 3 prismas por lo menos construido del mismo material y ensayado a la misma edad.

Refrentar los prismas con un compuesto de azufre o una mezcla de cemento y yeso.

El espesor de la capa de refrentado no excederá de 3mm y se efectuara como mínimo 2 horas antes de ensayar los especimenes.

Se aplicara la carga al prisma a una velocidad uniforme y continua sin producir impacto de modo que el ensayo dure entre 3 minutos y 4 minutos en alcanzar la carga máxima.

Se registrara la carga máxima expresándola en N, se ilustrara el despostillamiento en un esquema o foto. Se observará si la falla ocurre o no en ambos lados o en ambos extremos al mismo tiempo.

### **Cálculos**

#### Área de la sección transversal

Se tomara el área de la sección transversal de los prismas como sin relleno como el área bruta de las unidades enteras.

#### Resistencia en compresión

Se calculara la relación  $h_p/t_p$  para cada prisma  $h_p$  es la altura y la menor dimensión lateral  $t_p$ .

Los factores de corrección altura/espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería se muestra a continuación.

<b>hp/tp</b>	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5
<b>Factor de corrección (FC)</b>	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

Se multiplicará la resistencia del prisma de albañilería por el factor de corrección del respectivo prisma

Se calculará la resistencia en compresión de la albañilería  $f_{mt}$ , para cada muestra de prismas, promediando los valores individuales de  $c$ /prisma de la muestra.

La resistencia en compresión de la albañilería,  $f_{mt}$  para cada muestra de prismas será calcula con aproximación a los 50Kpa más próximos.

Se determina la resistencia a la compresión de cada pila aplicando la siguiente formula:

$$F_t = ( P_i / A_i )$$

$P_i$ : carga máxima de rotura o de falla en la pila el cual se toma al momento de ocurrencia de la primera fisura en la pila.

$A_i$ : Promedio de áreas netas superior e inferior

Observación:

La fabricación de los prismas de la albañilería, con capas completas de mortero.

No se alterara o moverán los prismas durante las primeras 48 horas después de fabricación.

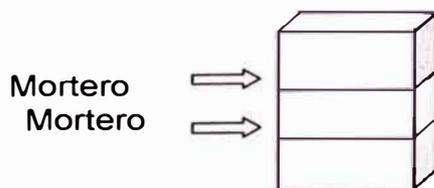


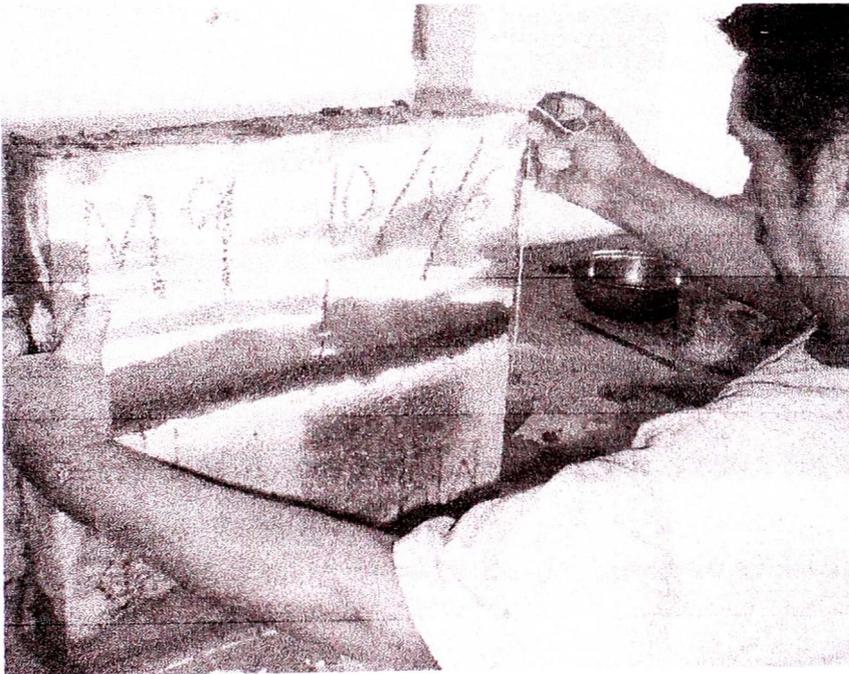
Figura: representación de una pila de bloques.

## Resultado del ensayo

**CUADRO: ENSAYO DE COMPRESIÓN  
DE PILAS DE CONCRETO CELULAR  
28 DIAS**

	M15	Tipo M 17		M 18	
hp/tp	5.93	hp/tp	5.93	hp/tp	5.93
FC	1.29	FC	1.29	FC	1.29
ESF COMP Mpa	10.48	ESF COMP Mpa	8.87	ESF COMP Mpa	10.90

*Foto: Preparación de pilas de concreto celular.*



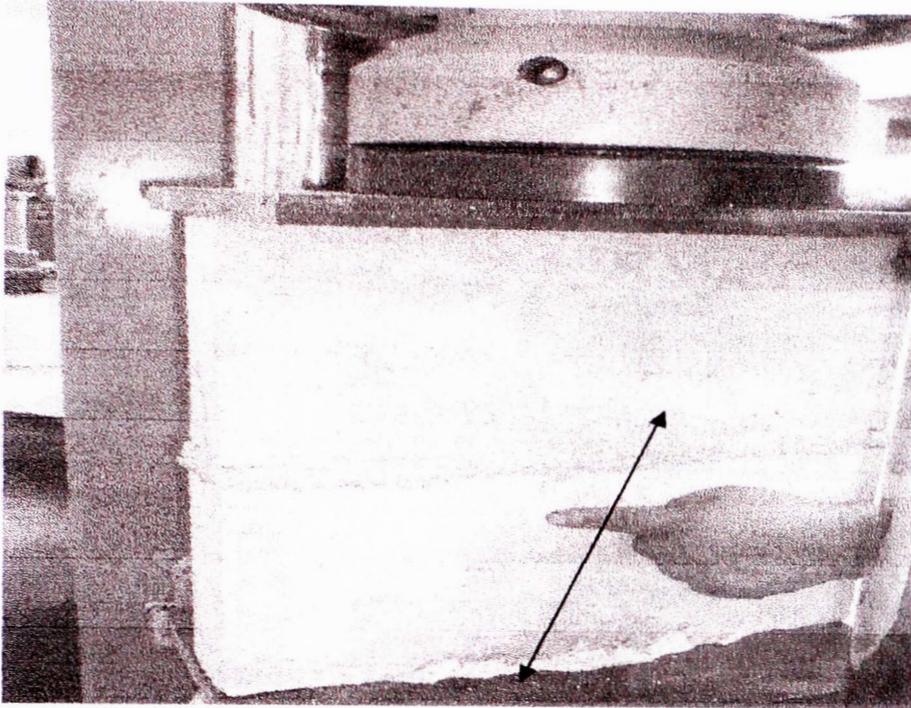


Foto: Ensayo de compresión de pila de bloques de concreto celular, obsérvese la falla tiene lugar desde la junta al bloque.

### 3. ENSAYO DE CORTE DIRECTO

#### Descripción del ensayo

Este ensayo nos permite determinar la adherencia que existe entre el mortero y las unidades de albañilería.

Se utilizaron 3 muestras, como se observa en la foto se adhiere 2 caras de un bloque de concreto celular a un bloque en el medio, mediante mortero el mismo que se usa para asentado de los bloques tanda de mortero C2, midiendo de esta manera la fuerza de adherencia entre caras de los bloques.

Se utilizo la celda de carga.

La muestra se coloca en la celda de carga, luego es aplicada la carga

#### Resultados

#### CUADRO: CORTE DIRECTO

14 DIAS

<b>Espécimen M1</b>	
<b>CARGA kg</b>	700
<b>ESF CORTE</b>	
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	1.17

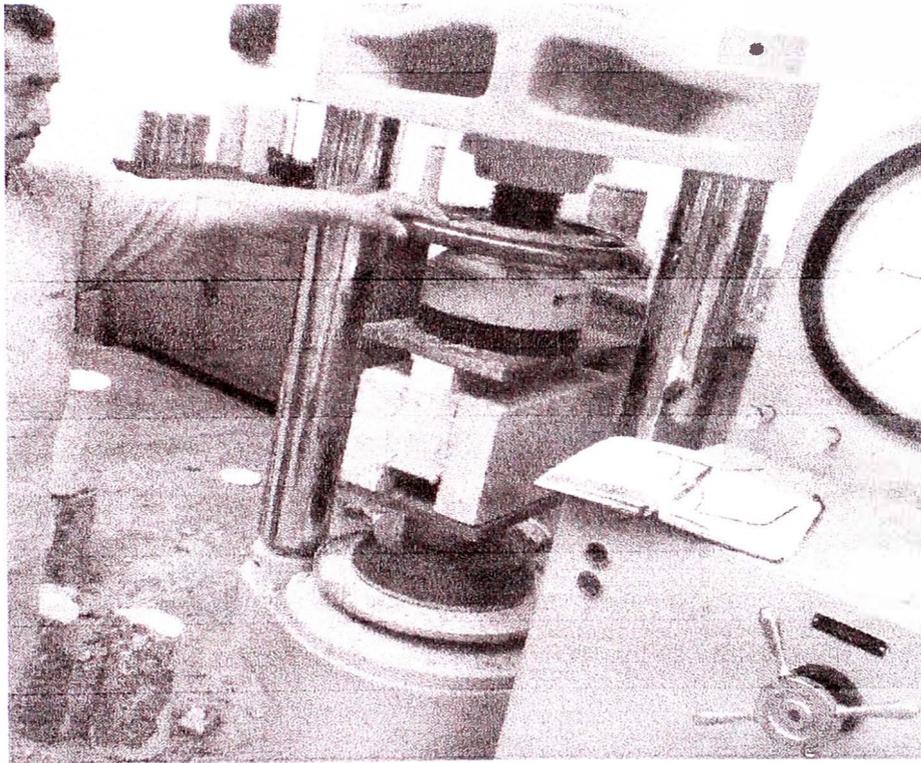
<b>Espécimen M2</b>	
<b>CARGA kg</b>	700
<b>ESF CORTE</b>	
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	1.17

**CUADRO: CORTE DIRECTO**

**28 DIAS**

<b>Tipo M20</b>		<b>Tipo M21</b>		<b>Tipo M21</b>	
<b>CARGA kg</b>	1000	<b>CARGA kg</b>	1100	<b>CARGA kg</b>	1050
<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.67	<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.83	<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.75

*Foto: Ensayo de corte directo*



**4. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL**

**CONSTRUCCION DE MURETES**

Para construir correctamente con bloques de concreto hay que tener bien claro algunos puntos básicos:

- Preparación y colocación de la mezcla o mortero de asiento.
- Colocación de los bloques o mampuestos.
- Tomado de juntas.
- Impermeabilización exterior.

## **Norma Técnica Peruana 399.621**

### **UNIDAD DE ALBAÑILERÍA. METODO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUERTES DE ALBAÑILERÍA.**

Establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión diagonal (corte) en muretes de albañilería de dimensión mínima 600mm x 600mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal originando de esta manera una falla por tracción diagonal que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga.

Mortero: material empleado para adherencia horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

#### Equipo

Maquina: tenga suficiente capacidad de carga en compresión, aplicando la carga continuamente.

Escuadras de carga: usar 2 escuadras de carga, m la longitud de apoyo no será mayor que la altura de la unidad de albañilería o 152mm

Colocar las escuadras de carga: superior e inferior de manera que estén centradas en las superficies de carga de la maquina de ensayo.

Colocación del espécimen: asentar el espécimen en una posición centrada y a plomo sobre una cama de material refrentado de yeso, colocada en la escuadra inferior de carga.

En el caso de mortero con perforaciones, llenarlos con mortero 1:3

Cuando sea requerido, medir el acortamiento de la diagonal vertical y el estiramiento de diagonal horizontal bajo la acción de la carga. Por medio de compresómetros y extensómetros.

#### Aplicación de la carga

Para los ensayos sin instrumentación: aplicar la carga continuamente hasta la carga última.

La carga última se puede aplicar a cualquier velocidad conveniente hasta la mitad del valor máximo esperado, después se ajustaran los controles del equipo de manera que el resto de la carga se aplique a una velocidad

uniforme de 1 tonelada por minuto, tal que la carga máxima se alcance en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.

### Calculo

#### - Esfuerzo cortante

Calcular el esfuerzo cortante en muretes sobre la base del área bruta de la diagonal cargada.

$$V_m = \frac{0.707P}{Ab}$$

$V_m$ : esfuerzo cortante sobre el área bruta (Mpa)

$P$ : carga aplicada (N)

$Ab$ : área bruta del espécimen (mm<sup>2</sup>)

$$Ab = \left( \frac{l+h}{2} \right) t$$

$l$ : largo del murete (mm)

$h$ : altura del murete (mm)

$t$ : espesor total del murete (mm)

#### - Deformación angular

Cuando se requiera

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g}$$

$\gamma$ : deformación angular (mm/mm)

$\Delta V$ : acortamiento vertical (mm)

$\Delta H$ : acortamiento horizontal (mm)

$g$ : longitud de medición de deformaciones horizontales y vertical (mm)

#### - Modulo de rigidez

$$G = \frac{\Delta V_m}{\Delta \gamma}$$

$G$ : modulo de rigidez (Mpa)

### Espécimen del ensayo

#### - Tamaño y forma

Muretes cuadrados con una dimensión mínima de 600mm x 600mm abarcando por lo menos 2 unidades enteras de albañilería por hilada, por el espesor del tipo de muro que se este ensayando.

#### - Numero de especimenes

Por lo menos 3 muretes iguales en todo se usaran la misma unidad de albañilería, mortero y mano de obra.

#### - Curado

Después de la construcción, los muretes no deberán ser movidos durante 7 días, serán almacenados al aire en el laboratorio por no menos de 28 días, 24 °C ± 8°C de temperatura y una humedad 25% a 75% y libres de corrientes de aire.

#### - Mortero

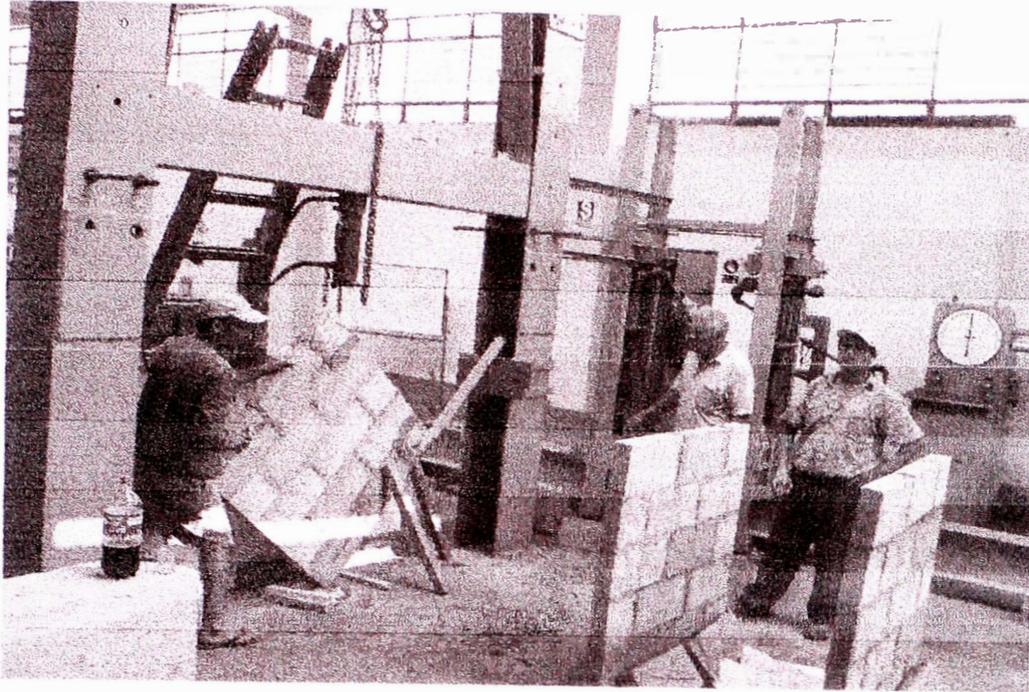
Deberá moldearse 3 cubos de 50mm para determinar la resistencia a la compresión de una muestra de cada tanda del mortero empleado para construir los muretes.

### Resultado del ensayo

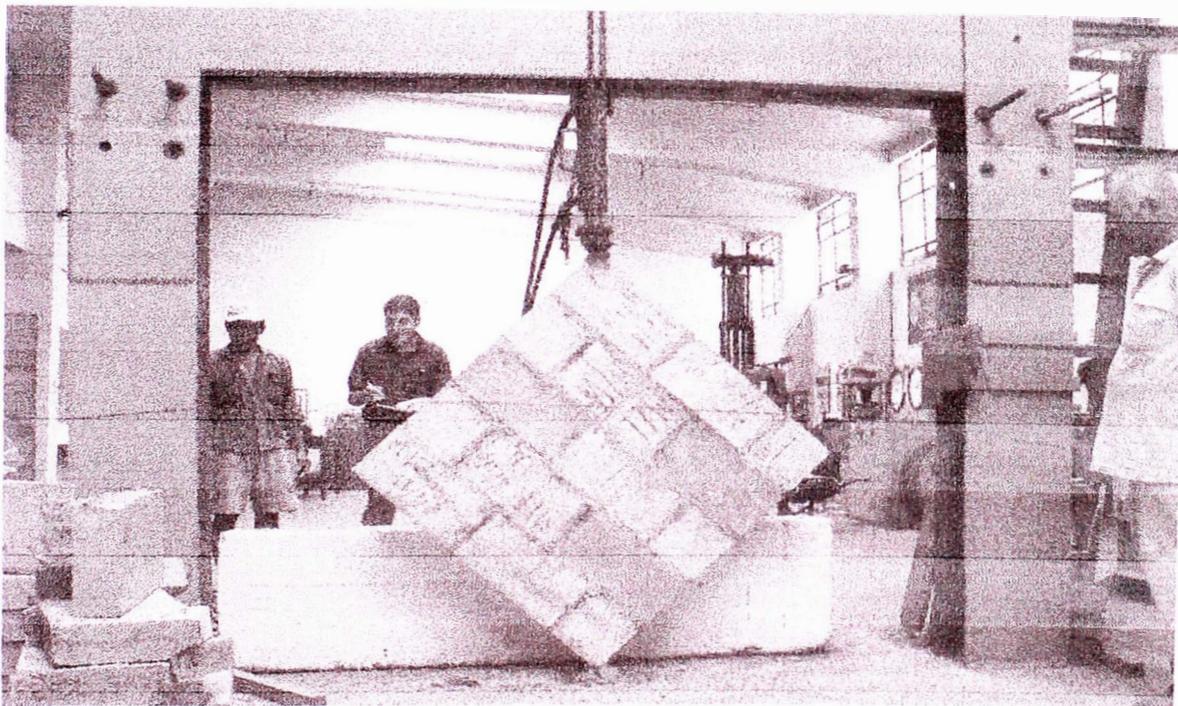
#### CUADRO: COMPRESION DIAGONAL

**28  
DIAS**

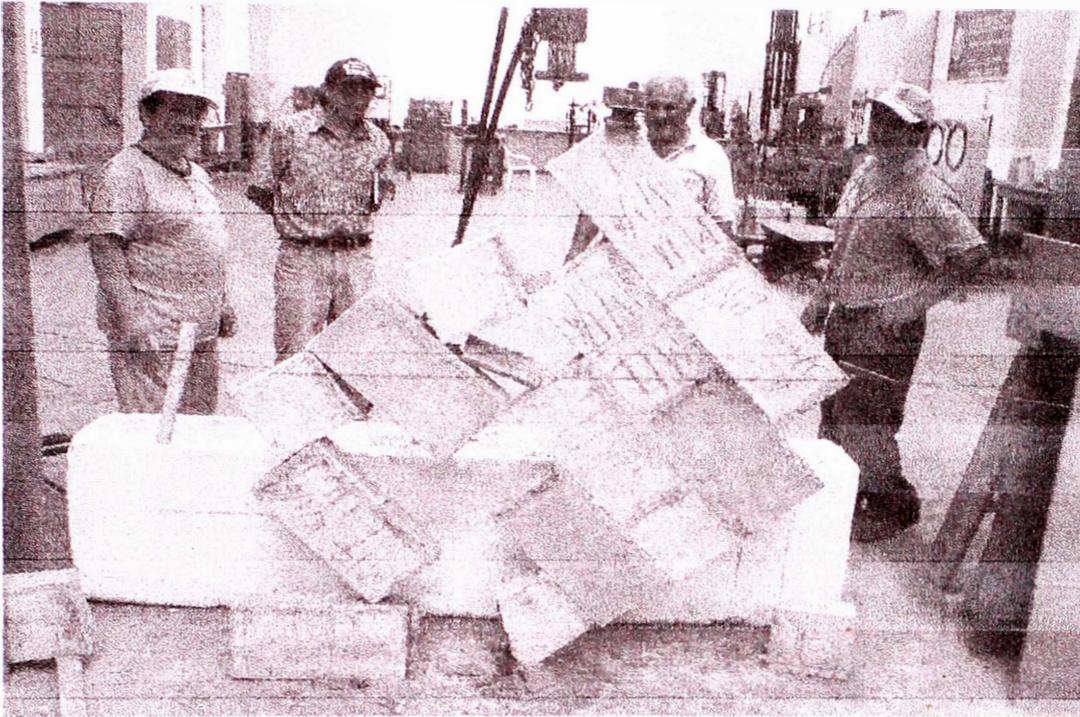
	<b>carga kg</b>	<b>componente carga kg</b>	<b>esfuerzo kg/cm2</b>
<b>MURETE 1</b> (1.03 x 1.05 m)	3500	2474.90	3.40
<b>MURETE 2</b> (1.03 x 1.03 m)	3700	2616.32	3.59
<b>MURETE 3</b> (1.03 x 1.03 m)	4000	2828.45	3.89



*Foto: preparando ensayo de compresión diagonal en 3 muretes a la edad de 28 días.*



*Foto: Murete acomodado a pistón de carga, se fija por medio de unas escuadras metálicas tanto en el piso como en el pistón. Para apreciar la falla que tendrá lugar, se coloca una banda de alambre de acero, para ver la disposición de los bloques después de sometida a carga.*



*Foto: espécimen ensayado, se ve el tipo de falla, debido al deslizamiento en las juntas.*

---

# CAPITULO VIII

---

## ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

---

### 1. GENERALIDADES

Los costos de la mano de obra en la industria de la construcción hacen necesario que las empresas que participan en este ramo busquen nuevas opciones constructivas para mejorar su productividad.

Por ello, las alternativas que permitan mejorar la productividad, disminuyendo los costos de mano de obra son atractivos para el sector de la construcción.

Nuestro país está orientado a la construcción en mampostería, especialmente en lo que se refiere a viviendas, a pesar de que hoy en día se cuenta con otras opciones distintas.

La construcción de viviendas ocupa el principal rubro dentro de la totalidad de obras. La construcción de viviendas incluye no sólo la mampostería sino también otros sistemas constructivos

Una de las partidas más importantes de toda obra es la tabiquería.

Lo más importante es el área útil, definitivamente ahora se puede ofrecer, frente otros bloques de concreto, más área útil en su beneficio. Además de su excelente factor acústico.

Entre las numerosas ventajas que se derivan de la construcción con bloques de concreto celular destacaremos las siguientes:

- El uso del bloque significaría una reducción apreciable en la mano de obra con respecto a los sistemas tradicionales, tanto por el menor número de unidades a colocar (12.5 bloques) que disminuyen, en forma notable el tiempo de ejecución.
- La menor cantidad de mortero a emplear en la construcción del muro. La menor cantidad de mortero representa una economía de mano de obra y materiales.
- En el supuesto caso de que se quiera revocar la pared, el reducido espesor del revoque que requiere, por la mencionada regularidad del paramento, hace que sea menor la cantidad de mortero usado con ese propósito.
- Lo que se traduce en una economía de materiales, mano de obra y transporte debido a la ligereza de los bloques. Para dar una idea de las ventajas economía que se obtienen con el empleo de los bloques de concreto celular.

## 2. DESCRIPCIÓN

Rendimiento diario de la mano de obra:

Los rendimientos de la mano de obra que se obtiene utilizando la albañilería de bloques de concreto celular, alcanzan valores que la hacen competitivo con cualquier otro tipo de albañilería. Según observaciones que se efectuaron en el LEM el rendimiento diario promedio de un obrero de albañilería en concreto celular es de 15 m<sup>2</sup>.

Nota: las cantidades de materiales, así como mano de obra, etc., se presentan en el Capítulo IX, y anexos.

### CUADRO: COSTO DE FABRICACION DEL BLOQUE DE CONCRETO CELULAR

<b>MATERIALES</b>				
	<b>cantidad</b>		<b>PU</b>	<b>Total</b>
CEMENTO	0.13	bls/bloque	15.72	2.04
CAL	0.038	bls/bloque	6	0.23
ARENA FINA	0.00233	m <sup>3</sup> /bloque	28	0.07
ALUMINIO	0.04	kg/bloque	0.5	0.02
AGUA	0.00283	m <sup>3</sup> /bloque	5	0.01
<b>MANO DE OBRA</b>				
OPERARIO	0.025	hh/bloque	10.13	0.25
PEON	0.025	hh/bloque	8.25	0.21
<b>HERRAMIENTAS 3%</b>				
	0.03	%MO	0.46	0.01
<b>COSTO/BLOQUE</b>				
S/.				<b>2.84</b>

**CUADRO:**

<b>PARTIDA:</b>					
<b>ALBAÑILERIA DE LADRILLOS king kong 10x15x25</b>					
<b>UND: M2</b>					
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>TOTAL S/</b>
<b>MATERIALES</b>					
ladrillo	und	37	0.45	16.65	
cemento	bls	0.22	15.72	3.46	
arena	m3	0.03	21.10	0.63	20.74
<b>MANO DE OBRA</b>					
operario	hh	0.88	10.13	8.91	
peón	hh	0.65	8.25	5.36	14.27
<b>EQUIPO, HERRAMIENTAS</b>					
herramientas 5% MO		0.05	14.27	0.714	0.714
				<b>costo total S/.</b>	<b>35.72</b>

**CUADRO:**

<b>PARTIDA:</b>					
<b>ALBAÑILERIA DE CONCRETO CELULAR</b>					
<b>UND: M2</b>					
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>TOTAL S/</b>
<b>MATERIALES</b>					
bloque	und	12.5	2.84	35.5	
cemento	bls	0.082	15.72	1.29	
arena	m3	0.0045	21.10	0.095	36.89
<b>MANO DE OBRA</b>					
operario	hh	0.53	10.13	5.37	
peón	hh	0.27	8.25	2.23	7.60
<b>EQUIPO, HERRAMIENTAS</b>					
herramientas 5% MO		0.05	7.60	0.38	0.38
				<b>costo total S/.</b>	<b>44.87</b>

## CUADRO:

## PARTIDA:

## TARRAJEO EN MUROS de ladrillos king kong C:A 1:5 E=1.5CM

UND: M2 REND:15

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL S/
<b>MATERIALES</b>					
Arena fina	m3	0.016	16.10	0.26	
Cemento Pórtland	bls	0.117	15.72	1.84	
Agua	m3	0.004	9.00	0.04	
Regla de madera	p2	0.025	2.90	0.07	2.21
<b>MANO DE OBRA</b>					
Operario	hh	0.533	10.13	5.40	
Peón	hh	0.400	8.25	3.30	8.70
<b>EQUIPO, HERRAMIENTAS</b>					
herramientas 3% MO		0.05	8.70	0.435	
Andamio metal tablas	est	1.00	1.00	1.00	1.44
				<b>costo</b>	
				<b>total S/.</b>	<b>12.35</b>

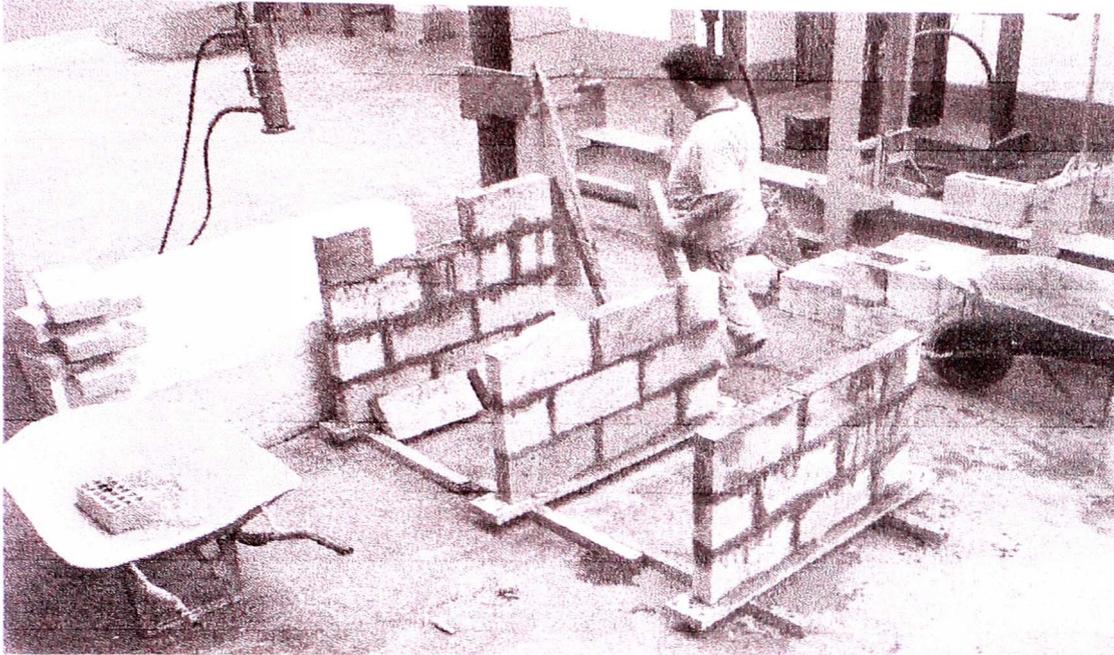
## CUADRO: PARTIDA:

## PINTURA VINILICA EN MUROS

UND: M2 REND:25

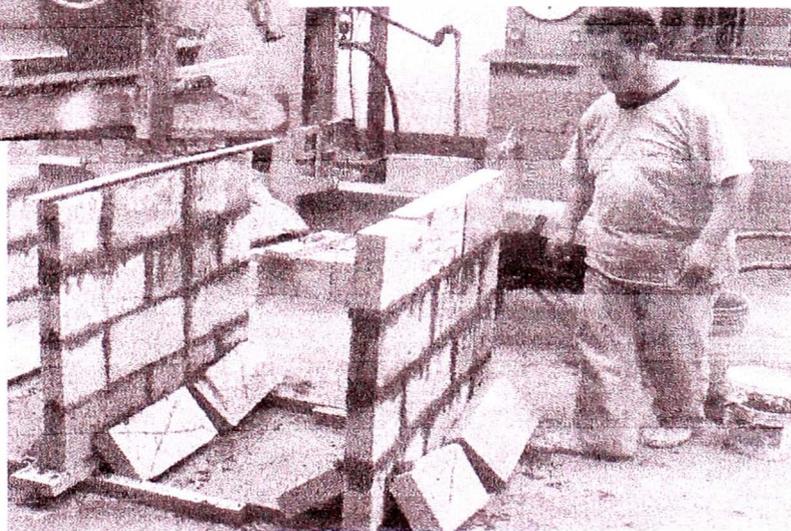
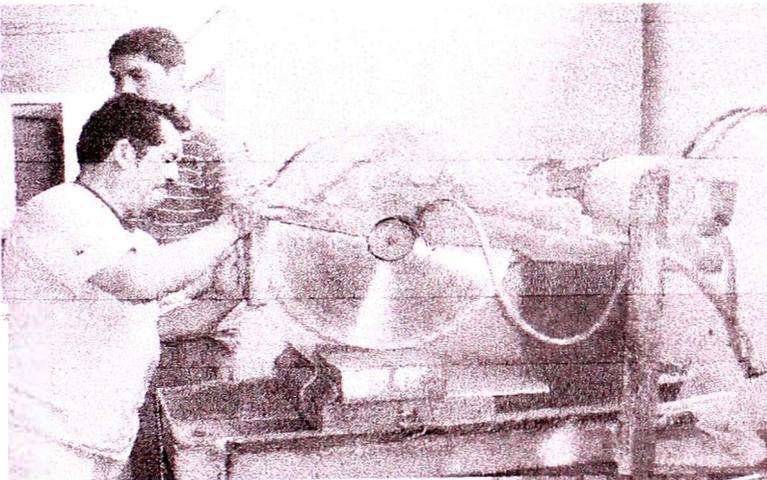
DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL S/
<b>MATERIALES</b>					
Sellador ó imprimante	bol	0.010	11.02	0.11	
Lija para madera	und	0.100	0.85	0.09	
Pintura látex	gl	0.042	38.90	1.63	1.83
<b>MANO DE OBRA</b>					
Operario	hh	0.32	10.13	3.24	3.24
<b>EQUIPO, HERRAMIENTAS</b>					
herramientas 3% MO		0.03	3.24	0.097	
Andamio, tablas	est	1.00	1.00	1.00	1.097
				<b>costo</b>	
				<b>total S/.</b>	<b>6.17</b>

**Nota:** Véase conclusiones para completar comparación.



*Foto arriba: Muestra al albañil levantando 3 m<sup>2</sup> de muro con bloques de concreto celular, se observa el aspecto caravista del muro.*

*Fotos de abajo: Así mismo se observó que tan fácil se corta en mitades los bloques, con una sierra eléctrica, sin ningún inconveniente, agilizando el proceso de construcción. También se pudo utilizar un serrucho.*



---

# CAPITULO IX

---

## ANÁLISIS TÉCNICO

---

### 1. GENERALIDADES

La construcción de muros con bloques huecos de concreto es un procedimiento de construcción acreditado en los últimos 50 años.

En los últimos años aparecen una nueva generación de mampuestos que se destacan por la rapidez y facilidad de ejecución, la buena terminación y la reducción en el precio final de la construcción.

Los bloques de concreto celular, material constructivo que ofrece total flexibilidad en la construcción, tiene solidez y puede ser utilizado para la construcción rápida de viviendas.

## 2. DESCRIPCIÓN

El bloque de concreto celular es un material constructivo que puede ser fabricado con materiales locales y mano de obra no capacitada.

Ahora mencionaremos la dosificación seleccionada de concreto celular fabricado en laboratorio que se utilizó finalmente en mampuestos.

Esta selección se llevó a cabo mediante un proceso de ensayos ya mencionados en el capítulo III, que comenzó por evaluar varias características del concreto celular hallados en laboratorio y anotando sus características resultantes, según los cambios hechos debido a dosificaciones diversas con los materiales, como cemento, arena, cal, agua materiales locales y el polvo de aluminio conseguido de los desechos de la industria de la carpintería del aluminio. Resaltando las más importantes características en la fabricación de concreto celular las siguientes:

- i) Primeramente se preparó concreto celular en cubos de 5cm de lado. Y la cantidad de agua se determinó mediante el ensayo de la mesa de sacudidas que nos da un flujo aproximado de 115% en la mezcla. Se utilizó en la preparación cemento andino, arena gruesa, agua y polvo de aluminio al 1%, 3% y 5% en peso de cemento. El pesos de los cubos disminuyen en 10% en promedio, comparación hecha entre concretos celulares preparados con polvo de aluminio de 1% y 3%, observando que la proporción de 3% es la que consigue aligerar más los pesos de los cubos.

No así con la proporción de concreto celular con polvo de aluminio al 5% en peso de cemento, se observó que los pesos casi eran similares a los que se hicieron con 3%. Por lo que se optó por usar en la fabricación el concreto celular con polvo de aluminio al 3% en peso de cemento.

- ii) Otra característica que resaltó fue cuando se utilizó en la fabricación de concreto celular el polvo de aluminio que pasa el 100% del tamiz número 30, contra el 100% que pasa el tamiz número 16. Se demostró que cuando se utiliza la última opción el peso de los cubos de concreto celular aumentan en 30% respecto a la primera opción, debido a que con partículas más finas de polvo de aluminio mejora la reacción química y genera más gas hidrogeno. Luego se eligió utilizar el concreto celular preparado con polvo de aluminio que pasa el 100% del tamiz número 30.
- iii) Se observó que con la sustitución de arena gruesa por la arena fina se consigue, aliviar más los pesos de los cubos en 5%, y disminuye un tanto el esfuerzo de compresión. Con la utilización de arena fina se obtiene la formación de celdas de aire más uniformes.
- iv) Finalmente se adicionó cal y observamos que se consigue aliviar en 12% los pesos de los cubos pero se sacrifica en 20% aproximadamente el esfuerzo a compresión de los cubos de concreto celular.
- v) Una vez tenido ciertos parámetros en cuenta debido a las experiencias mencionadas párrafos arriba, se preparó bloques de concreto en tamaño de 40x20x7 cm y se escogió ahora según la resistencia a la compresión.

**CUADRO: ELABORACION DE BLOQUES DE CONCRETO CELULAR**

**TIPO A12 BLOQUE DE 40x20x7cm (0.0056 M3)**

Vcemento + Vcal + Varena fina

cemento: 2	5.54	kg	<b>FZA COMPRESION</b>	<b>ESF COMPRESION (7DIAS)</b>
Arena : 0.5	1.14	kg		
cal: 1	1.78	kg	KG	KG/CM2
agua:	3.58	l	14400	51.43
aluminio:	0.0533	kg		

**TIPO A13 BLOQUE 40x20x7cm (0.0056 M3)**

Vcimento + Vcal + Varena fina

cemento: 2	6.5	kg	<b>FZA</b>	
arena: 0.5	1.33	kg	<b>COMPRESION</b>	<b>ESF COMPRESION (7DIAS)</b>
cal:0.5	1.04	kg	KG	KG/CM2
agua:	3.173	l	11800	42.14
aluminio :	0.0311	kg		

**TIPO A14 BLOQUE 40x20x7cm (0.0056 M3)**

Vcimento + Vcal + Varena fina

cemento: 2	5.542	kg	<b>FZA</b>	
arena: 1	1.14	kg	<b>COMPRESION</b>	<b>ESF COMPRESION (7DIAS)</b>
cal:0.5	0.89	kg	KG	KG/CM2
agua:	3.04	l	21600	52.14
aluminio:	0.0266	kg		

Finalmente se escoge el tipo A14 para fabricar mampuestos y continuar con los ensayos de calidad a las unidades de albañilería.

- vi) Se escogió la tanda A14, para la elaboración de los bloques de concreto celular, debido a su buena resistencia a la compresión 8.3Mpa a los 28 días. Comparado con la resistencia a compresión de bloques de concreto convencional, estos están en el orden de 9.5 Mpa (tesis "FABRICACION DE BLOQUES DE CONCRETO CON UNA MESA VIBRADORA" de Enrique Peñaherrera Deza). La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería, es su propiedad más importante; en general no sólo define el nivel de su calidad, sino también el nivel de su resistencia al intemperismo o cualquier otra causa de deterioro.
- vii) Se muestra el cuadro de esfuerzo a compresión de pilas de concreto celular.

**CUADRO: ENSAYO DE  
COMPRESIÓN DE PILAS DE  
CONCRETO CELULAR**

**28 DIAS**

M15		Tipo M 17		M 18	
hp/tp	5.93	hp/tp	5.93	hp/tp	5.93
FC	1.29	FC	1.29	FC	1.29
ESF COMP Mpa	10.48	ESF COMP Mpa	8.87	ESF COMP Mpa	10.90

Se muestra también abajo en el cuadro siguiente esfuerzos a compresión de pilas de bloques de concreto convencional en kg/cm<sup>2</sup> (tesis "FABRICACION DE BLOQUES DE CONCRETO CON UNA MESA VIBRADORA" de Enrique Peñaherrera Deza).

Utilizando pilas de concreto celular obtenemos un promedio más alto de esfuerzo a compresión (10 Mpa), mientras en pilas bloques de concreto convencional se obtiene un promedio de 5.7 Mpa.

F.C	P(Kg)	Mpa corregido por esbeltez
0.84	24600	6.4
0.84	20200	5.2
0.85	22000	5.8
0.85	19500	5.1
0.85	22600	5.9

viii) Otra ventaja es su baja conductividad térmica del concreto celular como vemos en el cuadro siguiente frente a otros materiales.

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD (W / m °C)
mampostería ladrillos comunes/macizos	1800	0.78
mampostería ladrillos sílico calcáreos	1850	0.85
mampostería ladrillos huecos	1700	0.45
mampostería bloques de concreto	2100	0.42
mampostería con concreto celular	1550	0.39

Los bloques de concreto celular ofrecen las siguientes ventajas económicas:

- El empleo de bloques de concreto permite una reducción apreciable en la mano de obra con relación a otros sistemas, tanto por el menor número de unidades a colocar (12 ½ bloques por m<sup>2</sup> de pared), como por la simplificación de tareas. Otro dato interesante es su peso: mientras que los muros de bloques de concreto pesan más de 170 kilos por cada metro cuadrado construido. Los muros de concreto celular pesan 110 kilos.
- El muro de bloques de concreto requiere menor cantidad de mortero, lo que significa economía de mano de obra y de materiales.
- Los paramentos de la albañilería de bloques resultan lisos y regulares, por lo cual no exigen necesariamente revestimiento. Eventualmente se puede mejorar el aspecto con pintura de cemento. En caso que se especifica revestimiento, el espesor del revoque es reducido, por lo que se obtiene economía de materiales y de mano de obra.
- Los bloques de concreto celular están hechos para reducir el esfuerzo físico, ganar en velocidad y economizar material, especialmente mortero.
- Los bloques presentan una notable facilidad de desplazamientos, transporte e instalación, gracias al peso ligero que permite el empleo en cualquier condición. La ligereza de los bloques esta de todos modos asociada a una notable rigidez. Tal ligereza permite que un solo operario pueda mover con total facilidad más metros cuadrados de pared sin ninguna clase de problema.

Esto garantiza la integridad y la respuesta al uso para el cual han sido destinados.

- Además de la reducción en costo y tiempo de obra, podemos afirmar que la aislación térmica es superior a la de un muro tradicional. El estudio preliminar del comportamiento térmico de los tabiques se traduce en el ahorro de energía necesaria para el acondicionamiento térmico.

La rapidez de construcción genera importantes ahorros en mano de obra, gastos generales y disminuye el costo alternativo a la inmobiliaria para generar recursos a nuevos proyectos.

Su menor espesor permite ganar más espacio al interior de las viviendas

## LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

Es el sistema de construcción más difundido en nuestro país. Basa su éxito en la solidez, la nobleza y la durabilidad.

Constituido por estructura de paredes portantes (ladrillos de arcilla, piedra, o bloques etc.); o concreto armado. Paredes de mampostería: ladrillos de arcilla, bloques, piedra, o ladrillo portante, etc. Revoques interiores, instalaciones metálicas o plásticas y techo de tejas cerámicas, chapa, o losa plana.

A FAVOR: da construcciones nobles, durables, y sólidas; es el sistema más conocido.

EN CONTRA: la construcción es lenta, pesada y por consiguiente cara. Obliga a realizar marcha y contramarcha en los trabajos. (ej. Se construye la pared y luego se rompe para pasar las instalaciones).

Designación	Bloques huecos de concreto 40x20x15cm	Ladrillos king kong 9x13x23cm	<u>Bloques de concreto celular</u> 40x20x7cm
Cantidad de elementos por m <sup>2</sup> de muro	12.5	39	12.5
Peso por m <sup>2</sup> de muro	150 a 250 kg según el agregado	152.1 kg	108.5 kg
Mezcla de mortero m <sup>2</sup> de muro	0.010 m <sup>3</sup>	0.014 m <sup>3</sup>	0.010 m <sup>3</sup>

Tabla: comparación del bloque de concreto celular frente a otros materiales de albañilería.

**Aporte de materiales:**

**Materiales por m<sup>2</sup>**

Unidad de albañilería	Espesor del muro (m)	Volumen de mortero (m <sup>3</sup> )	Unidad por m <sup>2</sup> (u)	Mortero 1:4	
				C bls	A m <sup>3</sup>
Ladrillo corriente 6x12x25	0.12	0.0214	57	0.182	0.022
Ladrillo king kong 10x15x25	0.15	0.016	37	0.136	0.017
Ladrillo pandereta 10x12x24	0.12	0.0186	34	0.158	0.02
Bloques de concreto 10x20x40	0.1	0.0074	13	0.074	0.007
<b>Bloques de concreto celular 7x20x40</b>	<b>0.07</b>	<b>0.0078</b>	<b>12.5</b>	<b>0.082</b>	<b>0.004</b>

*Tabla: comparación de aporte de materiales en diversas unidades de albañilería y la del bloque de concreto celular. Referencia (tesis: "Tecnología de la albañilería de bloques de concreto" ver Bibliografía)*

	Masa kg	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>
Cemento	3.49	3130	0.0011
Arena	11.33	2533	0.0045
Agua	2.17	1000	0.0022
			<b>0.0078</b>

Tabla: cantidades de mortero que se utiliza para un m<sup>2</sup> de bloques de concreto celular

**Aporte de mano de obra**

Unidad de albañilería	Espesor de muro (m)	Rendimiento por día		Personal		Rendimientos	
		Unid	m <sup>2</sup>	Peón	Albañil	Peón	Albañil
Ladrillo corriente 6x12x25	0.12	550	9.5	0.5	1	0.42	0.84
Ladrillo king kong 10x15x25	0.15	400	11	0.5	1	0.37	0.74
Bloques de concreto 10x20x40	0.1	150	12	0.5	1	0.34	0.67
<b>Bloques de concreto celular 7x20x40</b>	<b>0.07</b>	<b>150</b>	<b>15</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>0.27</b>	<b>0.53</b>

*Tabla: comparación de aporte de mano de obra. Referencia (tesis: "Tecnología de la albañilería de bloques de concreto")*



*Foto: Ahorro significativo en relación al volumen de mortero usado, velocidad de construcción, más rendimiento por m<sup>2</sup> de muro levantado. Su superficie caravista permite ahorrar el costo de tarrajeo. Se transportan más unidades en menos tiempo, los bloques de concreto celular, son un 25% más livianos que los bloques de concreto convencional.*

---

# CONCLUSIONES

---

- 1) La dosificación en el concreto celular del polvo de aluminio óptima es de 3% en peso de cemento, consiguiendo disminuir los pesos de los cubos de ensayo en 10% en promedio, comparado con la utilización de aluminio al 1% en peso de cemento.
- 2) La utilización de polvo de aluminio al 3% en peso de cemento disminuye en 35% en promedio los esfuerzos a compresión, comparado con utilizar polvo al 1% en peso de cemento.
- 3) La granulometría del serrín de aluminio que pasa el 100% de la malla nº 30 se usará en la fabricación del concreto celular debido a su reacción eficaz y disminuye el peso del concreto celular.

- 4) Para la fabricación de concreto celular se debe usar arena fina, se consigue disminuir los pesos del bloque, y da mayor estabilidad en la estructura celular, dando lugar a la formación de celdas de aire más uniformes.
- 5) Con la adición de cal en el concreto celular, se obtuvo una mezcla más plástica y trabajable, una buena consistencia, y se logra disminuir el peso del concreto celular.
- 6) La dosificación Cemento: 2 Arena Fina: 1 Cal: 0.5, es la óptima para la elaboración de concreto celular, debido a su buena resistencia a la compresión a los 28 días, la resistencia a la compresión es su propiedad más importante y define su calidad, también el nivel de su resistencia al intemperismo.
- 7) El mortero de dosificación en volumen de C: 1 A: 4 es utilizado para unir bloques de concreto entre si, dándonos un esfuerzo a la compresión a los 28 días de 27.5 Mpa y 114% de fluidez.
- 8) Los moldes fueron fabricados según las medidas de los bloques, 40x20x7 cm, de madera capirona, con pernos, arandelas, etc. Verificando su buen desempeño de la madera tratada con petróleo en la fabricación del concreto celular, dándonos buen acabado en los bloques.
- 9) La relación de los esfuerzos a compresión hallados en los cubos de 5 cm de lado, no eran iguales que los hallados para los bloques utilizando la misma dosificación en ambos. El factor de correlación aproximado, entre el cubo de ensayo y el bloque, es 0.82.
- 10) El mortero que se utiliza de asiento, para bloques de concreto celular, se utiliza en menor cantidad en comparación al método tradicional con ladrillos de arcilla, un 25 % menos, y en cantidad similar de mortero para asentado con bloques de concreto normal.
- 11) El rendimiento de la mano de obra es de 15m<sup>2</sup> por día, debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado. Se logra

aumentar el rendimiento por m<sup>2</sup> de muro construido, en 30% respecto a los ladrillos de arcilla, y en 20% respecto a los bloques de concreto convencional.

- 12) Las ventajas de tener materiales con baja densidad (1550 kg/m<sup>3</sup>); por ejemplo, reduce las cargas muertas, rapidez de construcción, menores costos de transportes y acarreos. En caso de siniestros, la remoción de escombros sería mucho más rápida, gracias a la reducción del peso del material, hasta un 25% más liviano que bloques de concreto normal.
- 13) En el ensayo de compresión en pilas de concreto celular, se obtiene un promedio más alto de esfuerzo a compresión comparado con pilas bloques de concreto convencional, 60% más alto es el valor del esfuerzo a compresión en las pilas de concreto celular, verificando la buena fricción y adherencia entre unidades de mampostería en el concreto celular.
- 14) El sistema de concreto celular es 6% más económico en comparación al sistema de ladrillo king kong convencional. En el muro de bloques de concreto celular no requiere tarrajeo, solo limpiar la superficie caravista y luego aplicar pintura.

	<b>Muro de bloques de concreto celular</b>	<b>Muro de ladrillos king kong 10x15x25</b>
Precio unitario por m <sup>2</sup> de muro construido	S/.44.87	S/.35.72
Precio unitario de la partida de tarrajeo por m <sup>2</sup> de muro.	---	S/.12.30
Precio unitario de la partida pintura por m <sup>2</sup> de muro.	S/.6.17	S/.6.17
	<b>S/.51.04</b>	<b>S/.54.19</b>
Porcentaje %	94.2%	100%

- 15) En comparación con sistemas constructivos tradicionales, se logra conseguir una conductividad térmica más baja, con el concreto celular, lo que significa ser mejor aislante térmico. Así también vemos una comparación de densidades entre los distintos elementos de albañilería.

<b>MATERIAL</b>	<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (W / m °C)</b>	<b>Porcentaje relativo %</b>
mampostería ladrillos comunes/macizos	1800	0.78	92%
mampostería ladrillos sílico calcáreos	1850	0.85	100%
mampostería ladrillos huecos	1700	0.45	53%
mampostería bloques de concreto	2100	0.48	56%
<i>mampostería con concreto celular</i>	<i>1550</i>	<i>0.39</i>	<i>46%</i>

- 16) En resumen el concreto celular es un material con grandes proyecciones, como tabiquería de muros, para estructuras aporticadas. El refuerzo puede ser similar a sistemas de tabiquería convencional de bloques de concreto, que tiene refuerzo horizontal y vertical, buscando amarre con elementos estructurales como son las columnas, placas, vigas etc. Se puede realizar un estudio de investigación de tema de tesis, a nivel estructural, de los tabiques, en función de la estructura aporticada.

---

# RECOMENDACIONES

---

## **Los agregados**

Debe estar compuesto de partículas limpias y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Deben cumplir la especificación granulométrica.

Debe cumplir el límite para el material que pasa la malla N° 200, sino se indica deberá ser 3%.

## **Los materiales**

Se recomienda seguir las normas de acuerdo para cada material, así como para los ensayos.

Con respecto al serrín de aluminio debe ser libre de impurezas.

### **Los moldes**

Fabricar los moldes de madera capirona o una madera de buena densidad, cortar la madera, muy bien dimensionados, para evitar errores geométricos en la fabricación de los bloques. Así mismo buscar su impermeabilización con petróleo o algún aditivo desmoldante.

### **El concreto**

Recomendamos cuidar la característica de trabajabilidad del concreto celular usando el método de control en la mesa de sacudidas o fluidez con la finalidad de dar conformidad al concreto.

Para el concreto celular no se recomienda la utilización de agregados gruesos porque no pueden ser suspendidos fácilmente por las burbujas de gas.

Al ser llenados los moldes con concreto celular se cuidara de no llenar al tope ya que en el proceso de reacción química, el concreto sufre una expansión, debido a la liberación de hidrogeno.

### **Los bloques**

Se recomendará fabricar los bloques y almacenarlos, cerca del lugar donde se realizarán los ensayos correspondientes para evitar su manipuleo innecesario que provoque diversas alteraciones en los resultados.

Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

### **Polvo de aluminio**

Gente que está expuesta a altos niveles de aluminio en polvo en el aire puede sufrir trastornos respiratorios como tos y asma. (Fuente: "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1999. Reseña Toxicológica del Aluminio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.)

Como se dijo anteriormente, en la fabricación de los bloques de concreto celular, si es algo riesgoso, ya que el polvo de aluminio usado para cada bloque (representa el 3% en peso de cemento), si bien puede afectar las vías respiratorias, se recomienda utilizar mascarillas, y gafas de protección.

Los bloques de concreto celular, no representan ningún peligro, porque el polvo de aluminio ya reaccionó con el hidróxido de calcio, y se forma el aluminato tricálcico, que no representa ningún riesgo a la salud humana.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- TITULO "ESTUDIO SOBRE CONCRETOS CELULARES"  
AUTOR VELARDE HUAPAYA, RICARDO LEÓN  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, 1984 / TG 2616  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "
- 2.- TITULO "TECNOLOGÍA DE LA ALBAÑILERIA DE BLOQUES DE CONCRETO"  
AUTOR SANDOVAL PINEDO, MOISÉS  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, 1991 / TG 2900  
BIBLIOTECA BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "
- 3.- TITULO "BLOQUES DE CONCRETO CON DOLOMITA"  
AUTOR ARROYO ESCUDEDRO, JESÚS.  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, 1995 / TG 3253  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "
- 4.- TITULO "CARACTERISTICAS DE CONCRETOS ELABORADOS CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE Y CEMENTO PORTLAND TIPO I"  
AUTOR HUARHUA RODRIGUEZ, MIGUEL ANGEL  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, 1995 / TG 3244  
BIBLIOTECA BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "
- 5.- TITULO "CEMENTO: BOLETINES TÉCNICOS Nros 1 AL 58"  
AUTOR ASOCEM.  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, 1993  
BIBLIOTECA BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "
- 6.- TITULO "CONCRETO LIGERO, CALCULO, FABRICACIÓN, DISEÑO Y APLICACIONES"  
AUTOR SHORT ANDREW, KINNIBURGH WILLIAM  
EDICIÓN MÉXICO, 1967, LIMUSA, 2º EDICIÓN.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "
- 7.- TITULO "DOSIFICACIÓN DE CONCRETO NORMALES Y CON AIRE INCORPORADO"  
AUTOR RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE  
EDICIÓN CENTRO DE INFORMACIÓN TÉCNICA, LIMA, 1981.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "
- 8.- TITULO "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"  
AUTOR RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE  
EDICIÓN CENTRO DE ESTUDIANTES ING. CIVIL UNI, LIMA, 1981.  
BIBLIOTECA BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL "

- 9.- TITULO "CONCRETOS ESPECIALES"  
AUTOR RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE  
EDICIÓN LIMA UNI, 1983.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"
- 10.- TITULO "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"  
AUTOR RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE; HARMAN I., JUAN;  
PASQUEL CARBAJAL, ENRIQUE; BADOMIRO M., DANTE; ROMERO U., ALFREDO.  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, ACI 1998 PRIMERA EDICIÓN.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"
- 11.- TITULO "NORMAS TÉCNICAS PERUANAS"  
AUTOR INDECOPI,  
EDICIÓN LIMA-PERÚ.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA INDECOPI
- 12.- TITULO "TOPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO EN EL PERU"  
AUTOR PASQUEL CARBAJAL, ENRIQUE.  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, 1998  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"
- 13.- TITULO "ADITIVOS PARA CONCRETO"  
AUTOR IMCYC.  
EDICIÓN MÉXICO, 1991, LIMUSA NORIEGA EDITORES.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"
- 14.- TITULO "MEZCLADO DEL CONCRETO"  
AUTOR RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE  
EDICIÓN LIMA-PERÚ, UNI.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"
- 15.- TITULO "GUIDE FOR PRECAST CELLULAR CONCRETE"  
AUTOR REPORTED BY ACI COMMITTEE 523  
EDICIÓN ACI 523.2R-96  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNICON

---

# **ANEXOS**

---

# ENSAYO DE GRANULOMETRÍA. ARENA GRUESA. CANTERA SANTA CLARA.

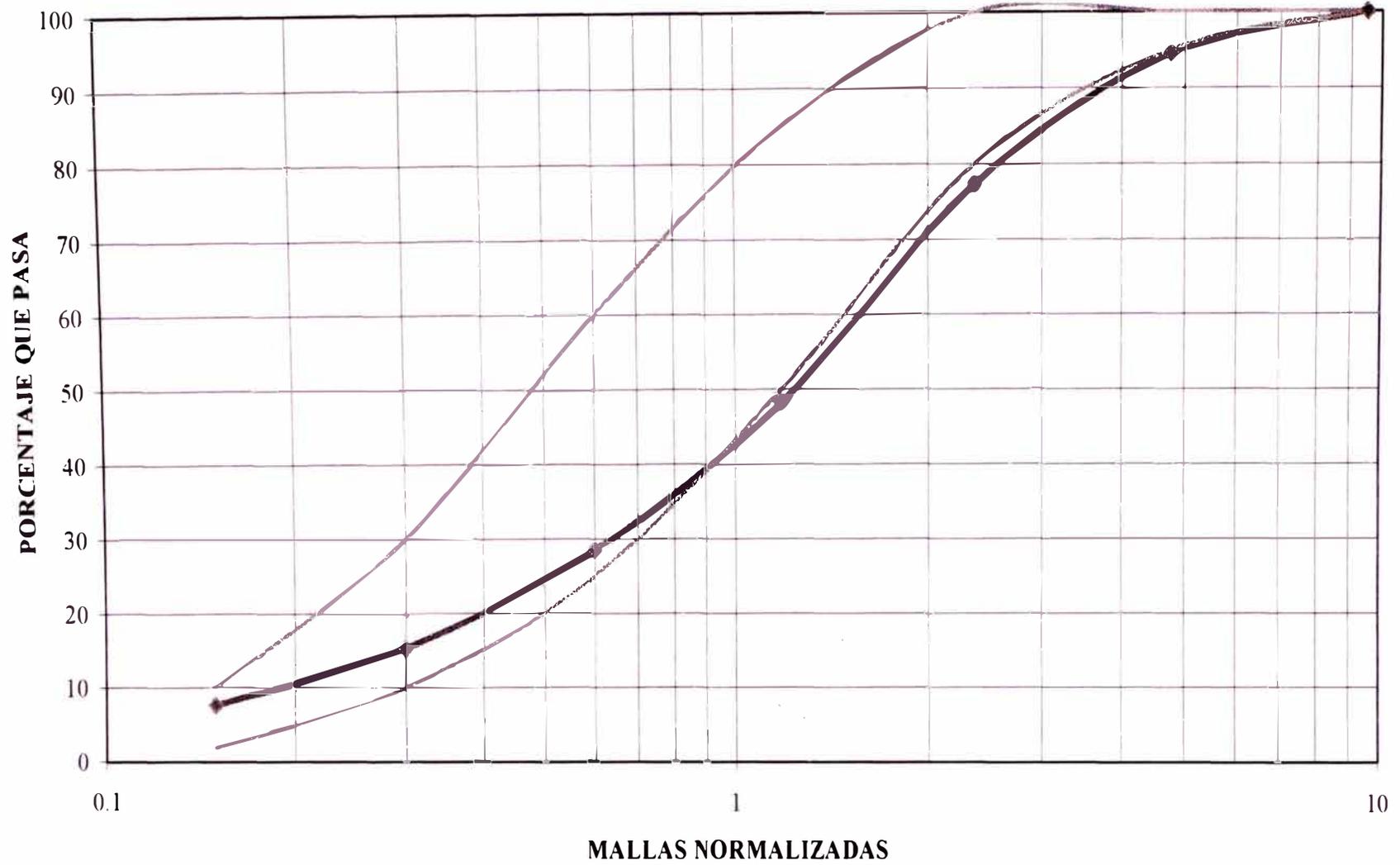
Usado inicialmente para las pruebas con concreto celular.

TAMIZ	PESO RETENIDO grs			% PESO RETENIDO			% PESO RETENIDO ACUMULADO		
	ESPEC. 1	ESPEC. 2	ESPEC. 3	ESPEC. 1	ESPEC. 2	ESPEC. 3	ESPEC. 1	ESPEC. 2	ESPEC. 3
Nº 4	27.5	37.2	33.1	5.5	7.4	6.6	5.5	7.4	6.6
Nº 8	85.9	92.2	91.7	17.2	18.4	18.3	22.7	25.9	25.0
Nº 16	145.4	138.6	140.9	29.1	27.7	28.2	51.8	53.6	53.1
Nº 30	98.7	94.5	95.5	19.7	18.9	19.1	71.5	72.5	72.2
Nº 50	65.9	62.8	62.0	13.2	12.6	12.4	84.7	85.1	84.6
Nº 100	38.6	35.4	34.9	7.7	7.1	7.0	92.4	92.1	91.6
FONDO	38.0	39.3	41.9	7.6	7.9	8.4			

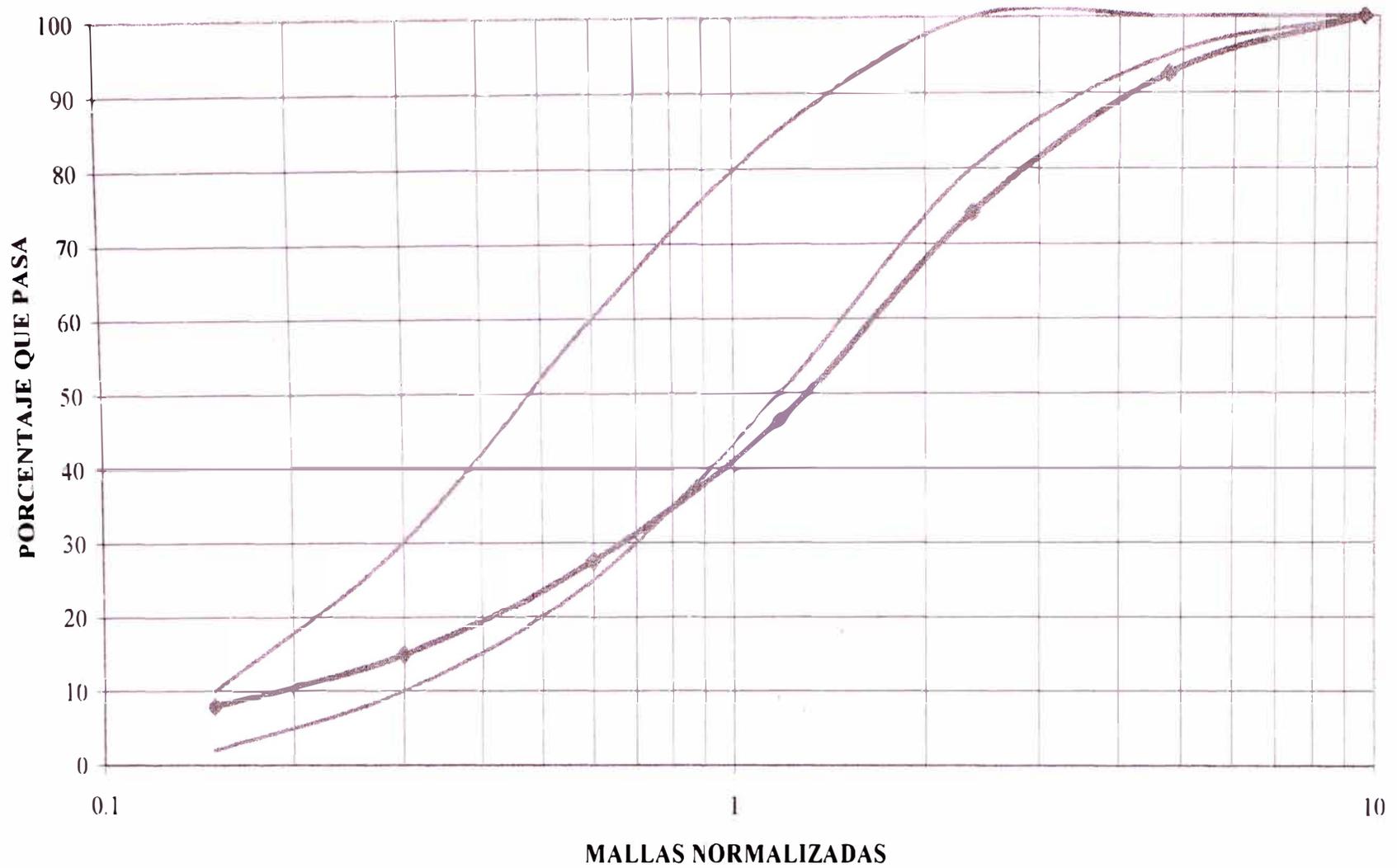
MODULO DE FINURA

3.29	3.37	3.33
------	------	------

## GRANULOMETRÍA M1



## GRANULOMETRÍA M2



**CUADRO: ARENA GRUESA. CANTERA SANTA CLARA.**

**PESO UNITARIO SUELTO**

	PESO grs
<b>M1</b>	7474.5
<b>M2</b>	7456
<b>M3</b>	7476

$$\text{PUS} = 2,637.59$$

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

	PESO grs
<b>M1</b>	8166
<b>M2</b>	8173
<b>M3</b>	8163

$$\text{PUC} = 2,884.27$$

**DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA**

P=2533 kg/m<sup>3</sup>

A continuación se muestran las pruebas en la elaboración del concreto celular, todos los ensayos de esfuerzos a compresión fueron realizados a 7 días. Los esfuerzos a compresión se muestran en Mpa.

**TABLA: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR**

TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3 0.00038

DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA	
kg/m3	2533
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	P1	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.24	277.14
ARENA:	2.6	0.61	583.12
AGUA ml			131.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.77

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	264.5	5350	21.4
II	256.5	4800	19.2
III	264.5	5400	21.6
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
261.83		20.73	

TANDA	P2	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.22	262.55
ARENA:	2.8	0.63	594.92
AGUA ml			127.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.63

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	274	4700	18.8
II	274	4100	16.4
III	272	4500	18
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
273.33		17.73	

TANDA	P3	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.21	249.42
ARENA:	3	0.64	605.55
AGUA ml			126.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.49

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	284	5500	22
II	285	7000	28
III	282.5	6000	24
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	283.83	24.67	

TANDA	P4	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.20	237.54
ARENA:	3.2	0.65	615.16
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.38

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	274.5	5000	20
II	277	5150	20.6
III	275	5500	22
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	275.50	20.87	

TANDA	P5	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.19	226.75
ARENA:	3.4	0.66	623.90
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.27

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	262.5	2750	11
II	268.5	4450	17.8
III	258.5	4000	16
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	263.17	14.93	

TANDA	P6	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.18	216.89
ARENA:	3.6	0.67	631.87
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.17

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	272.5	4150	16.6
II	274.5	4150	16.6
III	271.5	4950	19.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	272.83	17.67	

TANDA	P7	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.18	207.85
ARENA:	3.8	0.67	639.19
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.08

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	286	4800	19.2
II	278	4150	16.6
III	277.5	4400	17.6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	280.50	17.80	

TANDA	P8	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.17	199.54
ARENA:	4	0.68	645.92
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	283.5	5400	21.6
II	283	5350	21.4
III	275	4550	18.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	280.50	20.40	

TANDA	P9	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.25	293.44
ARENA:	2.4	0.60	569.93
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.93

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	266.5	2020	8.08
II	267	7050	28.2
III	264.5	2800	11.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	266.00	15.83	

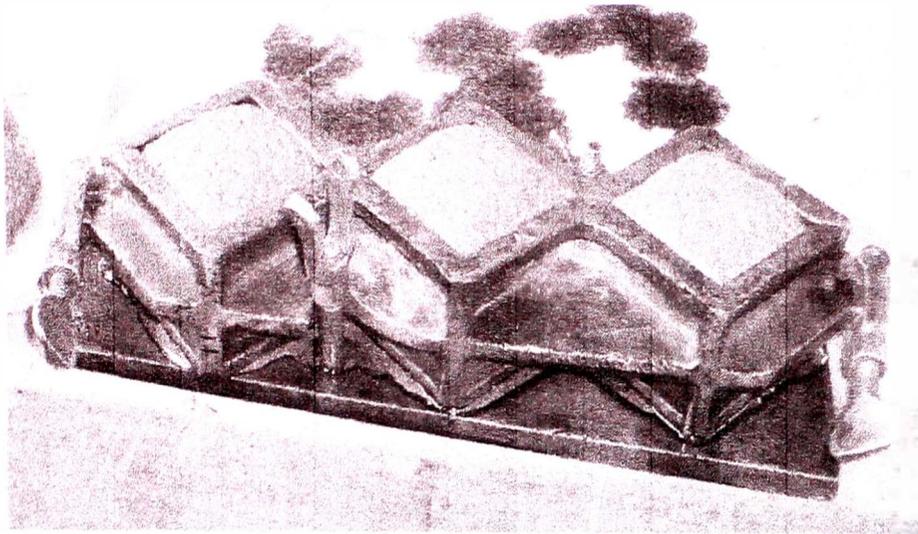


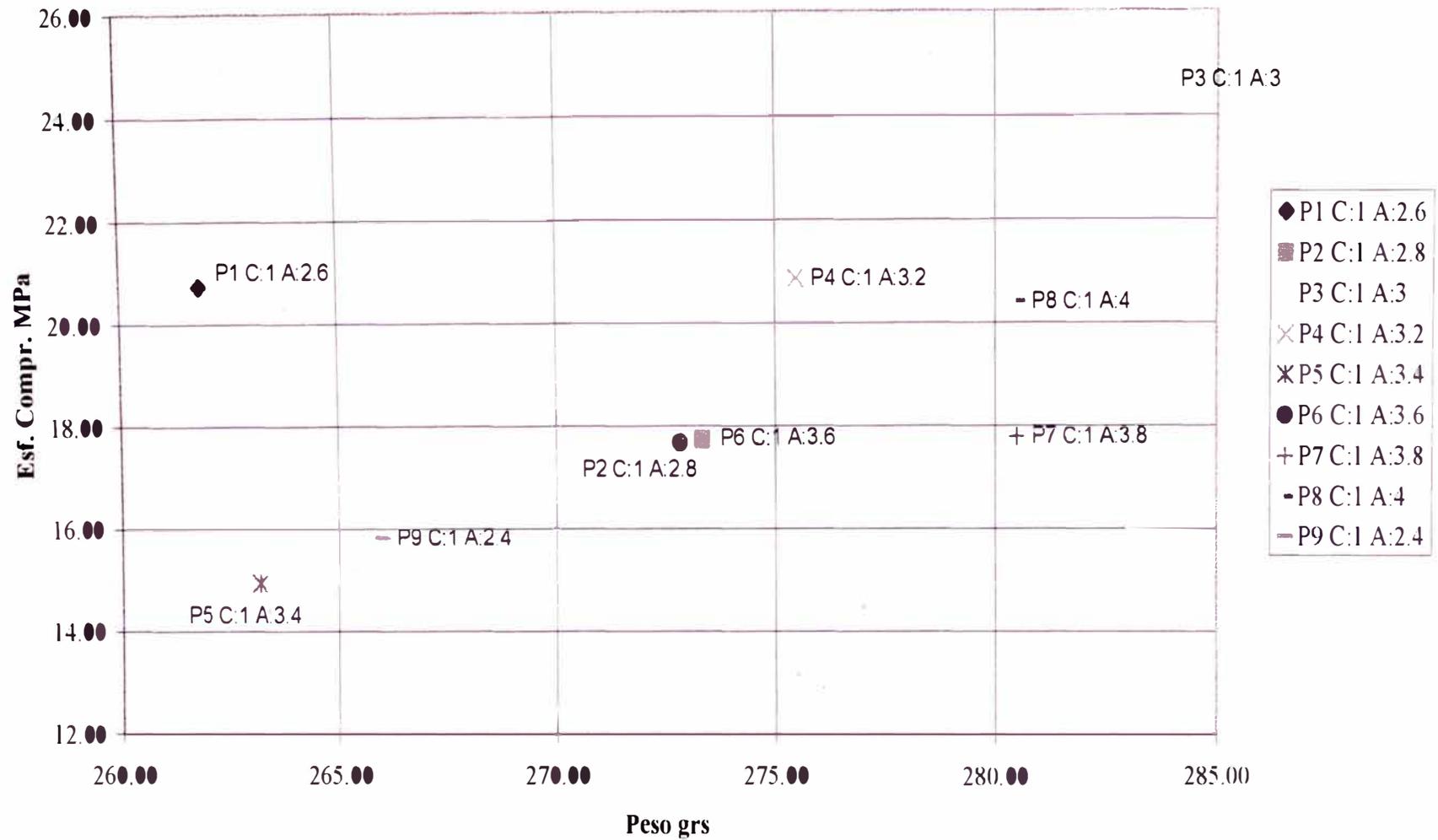
Foto:

Se hicieron cubos de concreto celular de 5cm de lado.

Se aprecia el hinchamiento producto de la formación de burbujas de hidrogeno de la reacción.

## PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION

### Aluminio 1% del Peso de Cemento



**TABLA: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR**  
**TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	T1	VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.85	997.69
ARENA:	0	0.00	0.00
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	9.98
TRABAJABILIDAD		EN CMS	20.00

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	209.5	2250	9
II	211.5	2550	10.2
III	209.5	2500	10
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
210.17		9.73	

TANDA	T2	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.57	665.13
ARENA:	0.5	0.28	269.13
AGUA ml			210.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	6.65
TRABAJABILIDAD		EN CMS	21.50

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	230	3700	14.8
II	237	5300	21.2
III	232	3250	13
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
233.00		16.33	

TANDA	T3	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.43	498.84
ARENA:	1	0.43	403.70
AGUA ml			175.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	4.99
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	250	3800	15.2
II	249	3350	13.4
III	250.5	4700	18.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	249.83	15.80	

TANDA	T4	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.37	433.78
ARENA:	1.3	0.48	456.35
AGUA ml			160.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	4.34
TRABAJ		EN CMS	19.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	251.5	5850	23.4
II	251.5	4300	17.2
III	255	3550	14.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	252.67	18.27	

TANDA	T5	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.33	383.73
ARENA:	1.6	0.52	496.86
AGUA ml			150.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	3.84
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	270.5	4800	19.2
II	267.5	5200	20.8
III	267.5	5000	20
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	268.50	20.00	

TANDA	T6	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.28	332.56
ARENA:	2	0.57	538.26
AGUA ml			145.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	3.33
TRABAJ		EN CMS	20.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	271	4800	19.2
II	273	5150	20.6
III	270	5000	20
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	271.33	19.93	

TANDA	T7	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	302.33
ARENA:	2.3	0.59	562.73
AGUA ml			130.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	3.02
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	269	5400	21.6
II	271	4500	18
III	268.5	5230	20.92
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	269.50	20.17	

TANDA	T8	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.24	277.14
ARENA:	2.6	0.61	583.12
AGUA ml			127.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.77
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	271.5	6100	24.4
II	267	4500	18
III	267.5	5230	20.92
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	268.67	21.11	

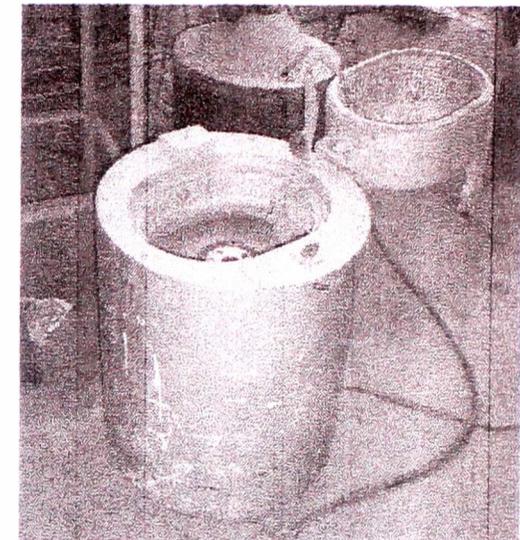
TANDA	T9	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.21	249.42
ARENA:	3	0.64	605.55
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		1% PESO DE CEMENTO	2.49
TRABAJ		EN CMS	19.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	291	7200	28.8
II	290	5200	20.8
III	288.5	5100	20.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	289.83	23.33	

**Fotos:**

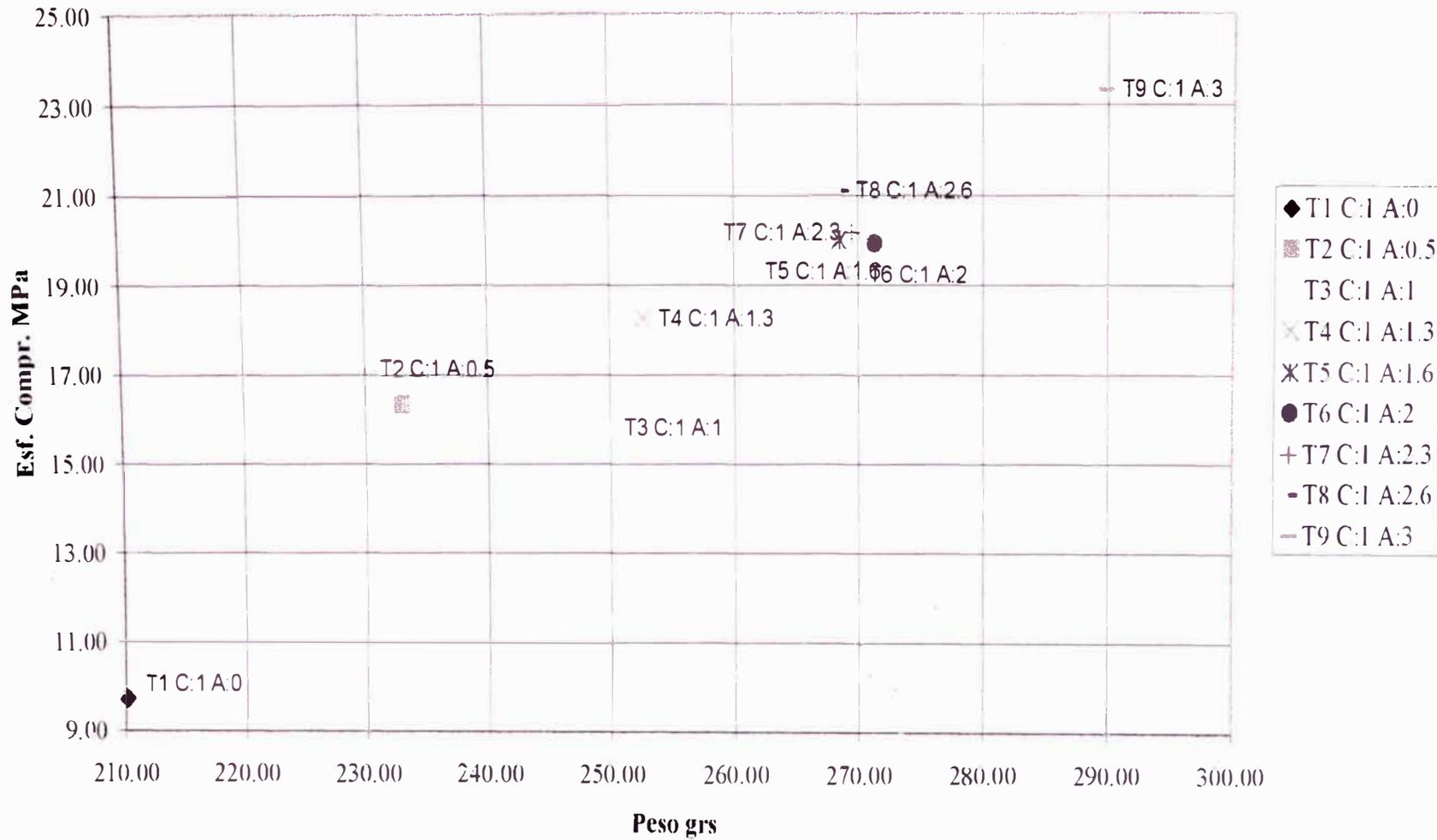
Se tamizaba el serrín de aluminio, y se utilizaba el retenido por la malla 50, 100 y fondo.

Foto siguiente derecha, vemos la maquina pulverizador a base de anillos, de la Facultad de Metalurgia de la UNI, pulverizó el material que no pasaba la malla 30. Así obtuvimos más eficiencia en utilizar el serrín de aluminio.



## PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION

### Aluminio 1% del Peso de Cemento



**TABLA:TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR**  
**TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	T12	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.43	498.84
ARENA:	1	0.43	403.70
AGUA ml			170.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.97
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	208.5	1800	7.2
II	209	2000	8
III	211.5	1650	6.6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	209.67	7.27	

TANDA	T13	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.37	433.78
ARENA:	1.3	0.48	456.35
AGUA ml			160.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	13.01
TRABAJ		EN CMS	19.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	233.79	2450	9.8
II	235.40	2400	9.6
III	235.40	2050	8.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	234.86	9.20	

TANDA	T14	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.33	383.73
ARENA:	1.6	0.52	496.86
AGUA ml			150.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	11.51
TRABAJ		EN CMS	20.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	242.84	3250	13
II	248.66	3800	15.2
III	244.92	3200	12.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	245.47	13.67	

TANDA	T15	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.28	332.56
ARENA:	2	0.57	538.26
AGUA ml			145.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	9.98
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	243.26	3700	14.8
II	244.19	3800	15.2
III	251.16	3350	13.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	246.20	14.47	

TANDA	T16	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	302.33
ARENA:	2.3	0.59	562.73
AGUA ml			129.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	9.07
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	259.58	4000	16
II	261.87	3800	15.2
III	251.16	4250	17
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	257.54	16.07	

TANDA	T17	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.24	277.14
ARENA:	2.6	0.61	583.12
AGUA ml			127.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	8.31
TRABAJ		EN CMS	20.00

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	266.14	4250	17
II	272.48	4500	18
III	269.57	4050	16.2
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
269.39		17.07	

TANDA	T21	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.43	498.84
ARENA:	1	0.43	403.70
AGUA ml			125.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	24.94
TRABAJ		EN CMS	20.00

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	199.50	650	2.6
II	203.50	650	2.6
III	206.00	320	1.28
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
203.00		2.16	

TANDA	T22	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.37	433.78
ARENA:	1.3	0.48	456.35
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	21.69
TRABAJ		EN CMS	20.00

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	233.50	1350	5.4
II	234.00	2350	9.4
III	0.00		0
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
233.75		7.40	

TANDA	T23	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.33	383.73
ARENA:	1.6	0.52	496.86
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	19.19
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	252.50	1700	6.8
II	250.50	2450	9.8
III	0.00		0
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	251.50	8.30	

TANDA	T24	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.28	332.56
ARENA:	2	0.57	538.26
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	16.63
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	256.50	2650	10.6
II	255.00	2650	10.6
III	0.00		0
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	255.75	10.60	

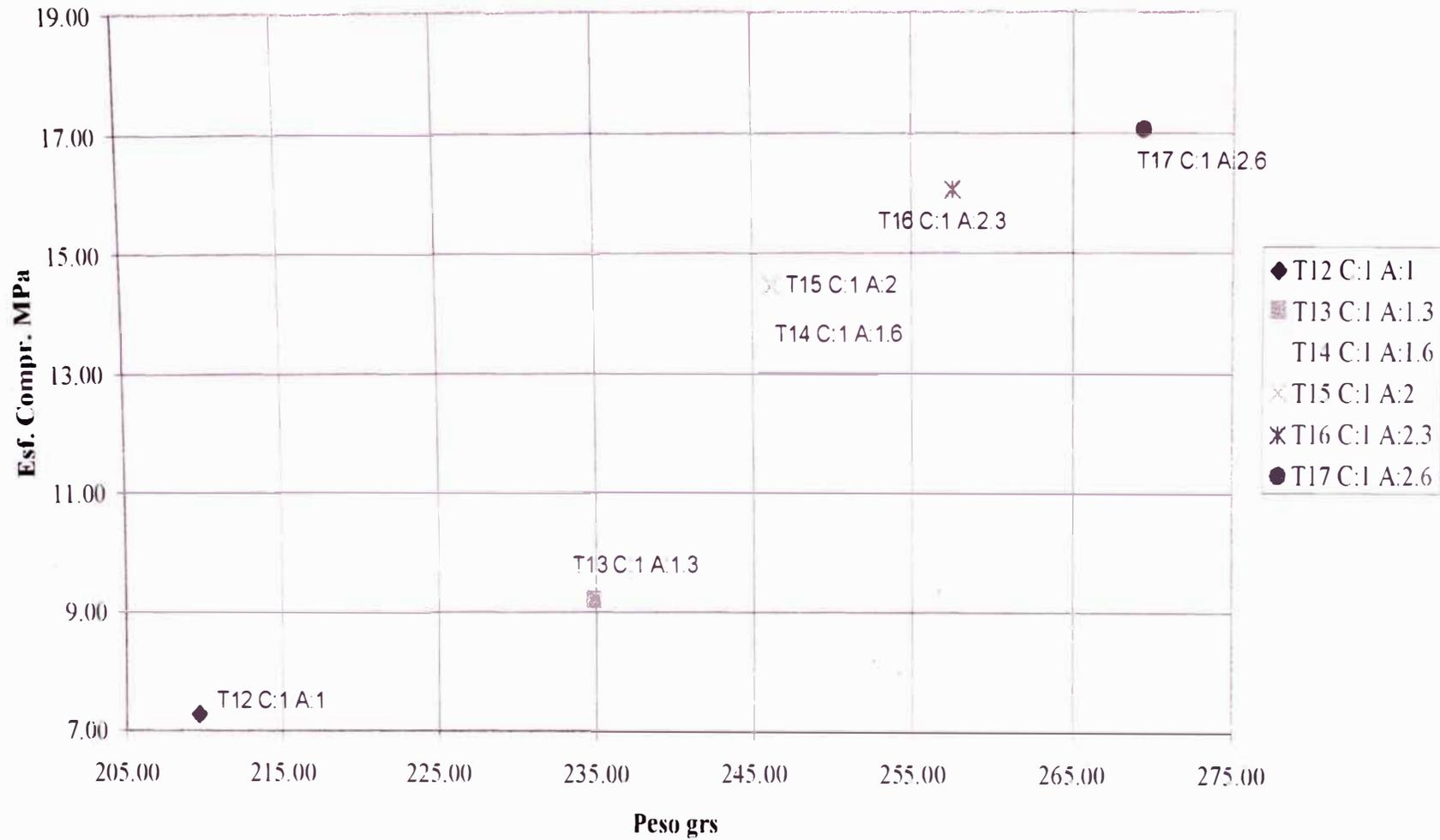
TANDA	T25	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	302.33
ARENA:	2.3	0.59	562.73
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	15.12
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	258.00	2700	11
II	259.00	2650	10.6
III	0.00		0
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	258.50	10.80	

TANDA	T26	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.24	277.14
ARENA:	2.6	0.61	583.12
AGUA ml			260.00
ALUMINIO		5% PESO DE CEMENTO	13.86
TRABAJ		EN CMS	20.00

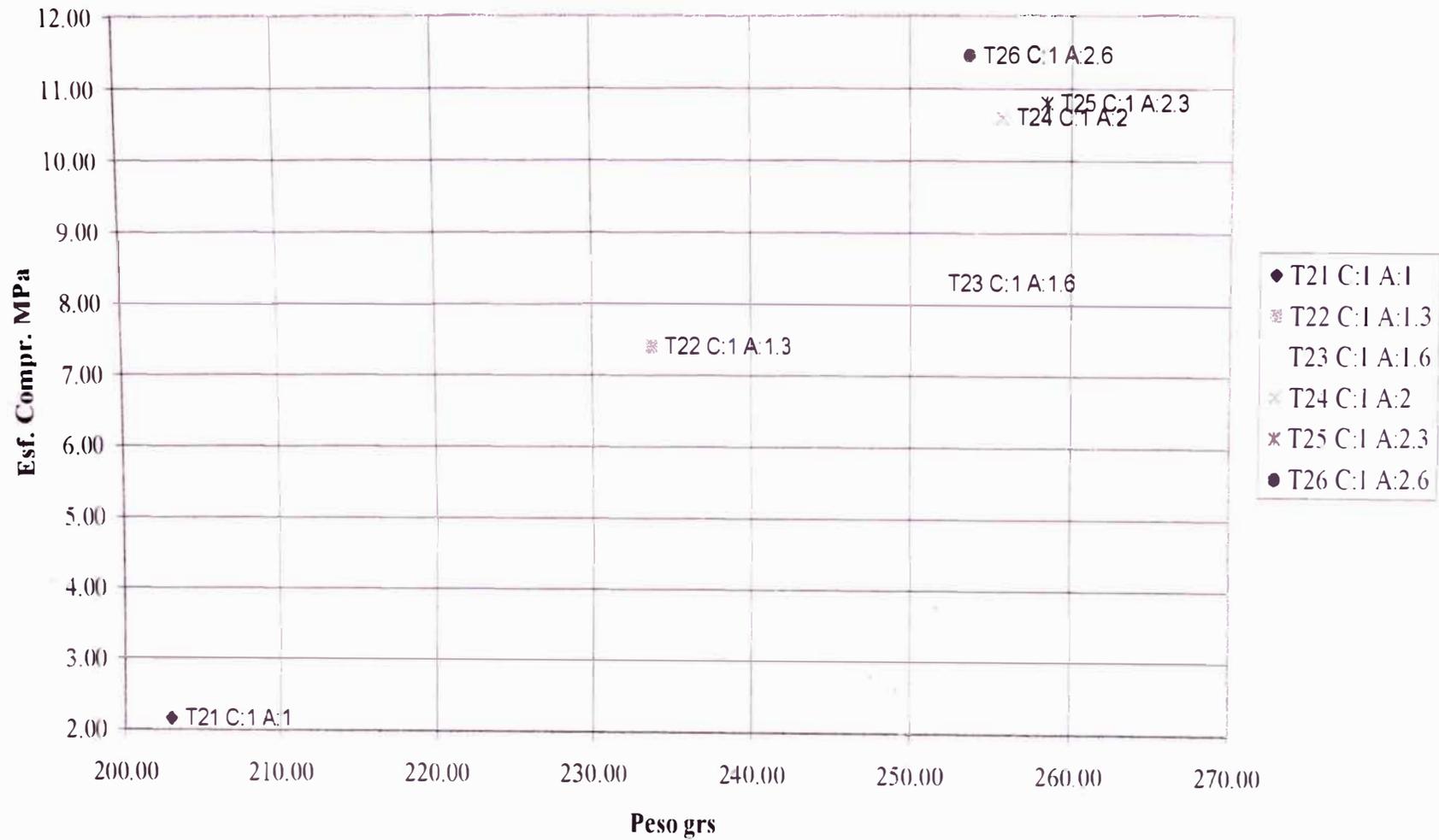
	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	258.00	2450	11.5
II	249.50	2850	11.4
III	0.00		0
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	253.75	11.45	

## PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION Aluminio 3% del Peso de Cemento



## PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION

### Aluminio 5% del Peso de Cemento



**TABLA:TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR**

**TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	C11	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	299.31
CAL:	1		191.56
ARENA:	1	0.26	242.22
AGUA ml			241.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	19.63
TRABAJ		EN CMS	22.20

TANDA	C21	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.22	260.27
CAL:	1		166.57
ARENA:	1.3	0.29	273.81
AGUA ml			213.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	17.07
TRABAJ		EN CMS	21.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	190	750	3
II	189	1350	5.4
III	186	800	3.2
	PESO PROM.	ESF. COMP. PROM.	
	188.33	3.87	

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	197.5	1450	5.8
II	200	1250	5
III	202	1250	5
	PESO PROM.	ESF. COMP. PROM.	
	199.83	5.27	

TANDA	C31	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO	1	0.20	230.24
CAL:	1		147.35
ARENA:	1.6	0.31	298.11
AGUA ml			200.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	15.10
TRABAJ		EN CMS	23.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	198.5	1150
II	193.5	1400
III	192.5	1800
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.
194.83		5.80

TANDA	C41	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO	1	0.17	199.54
CAL:	1		127.70
ARENA:	2	0.34	322.96
AGUA ml			161.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	13.09
TRABAJ		EN CMS	20.50

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	213	1500
II	219.5	1400
III	217.5	2000
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.
216.67		6.53

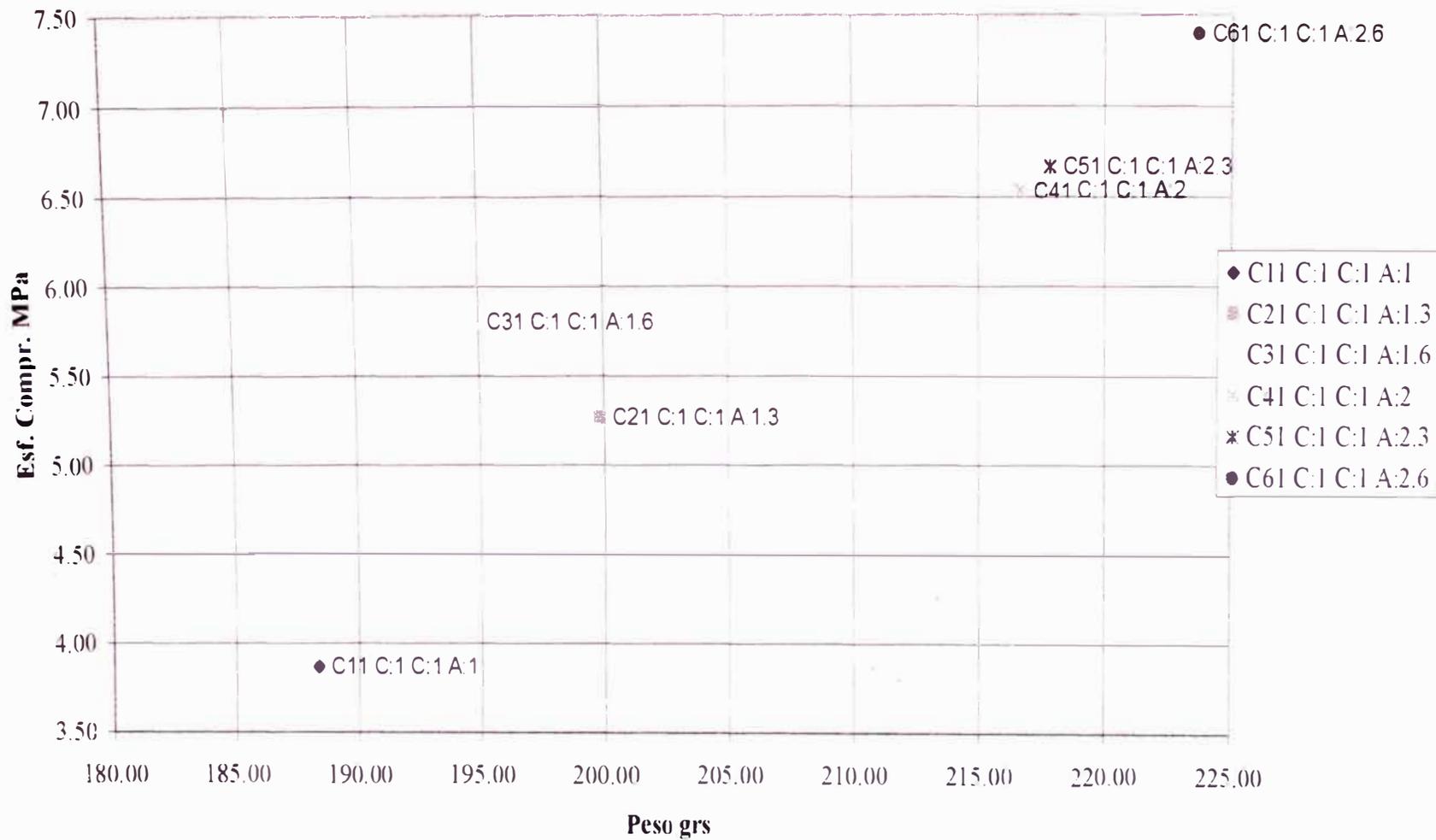
TANDA	C51	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO	1	0.15	181.40
CAL:	1		116.09
ARENA:	2.3	0.36	337.64
AGUA ml			147.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	11.90
TRABAJ		EN CMS	20.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	216.5	1650	6.6
II	218.5	1550	6.2
III	218.5	1800	7.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	217.83	6.67	

TANDA	C61	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO	1	0.14	166.28
CAL:	1		106.42
ARENA:	2.6	0.37	349.87
AGUA ml			132.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	10.91
TRABAJ		EN CMS	21.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	224.5	1950	7.8
II	223.5	1950	7.8
III	223	1650	6.6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	223.67	7.40	

**PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION**  
**Aluminio 4% del Peso de Cemento**  
**ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO**



## TABLA:TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR

### TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3	2533
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 30, N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	C12	EN VOLUMEN relativo	EN PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	299.31
CAL:	1		191.56
ARENA:	1	0.26	242.22
AGUA ml			240.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	14.73
TRABAJ		EN CMS	21.50

TANDA	C22	EN VOLUMEN relativo	EN PESO grs
CEMENTO:	1	0.22	260.27
CAL:	1		166.57
ARENA:	1.3	0.29	273.81
AGUA ml			211.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	12.81
TRABAJ		EN CMS	21.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	305	1850	7.4
II	302	1750	7
III	304	1850	7.4
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
303.67		7.27	

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa	
I	323	1930	7.72
II	321	1500	6
III	326	2150	8.6
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
323.33		7.44	

TANDA	C32	EN VOLUMEN relativo	EN PESO grs
CEMENTO:	1	0.20	230.24
CAL:	1		147.35
ARENA:	1.6	0.31	298.11
AGUA ml			187.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	11.33
TRABAJ		EN CMS	21.20

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	334	1750	7
II	331	2100	8.4
III	331	2300	9.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	332.00	8.20	

TANDA	C42	EN VOLUMEN relativo	EN PESO grs
CEMENTO:	1	0.17	199.54
CAL:	1		127.70
ARENA:	2	0.34	322.96
AGUA ml			158.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	9.82
TRABAJ		EN CMS	20.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	342	1850	7.4
II	346	2450	9.8
III	338	1950	7.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	342.00	8.33	

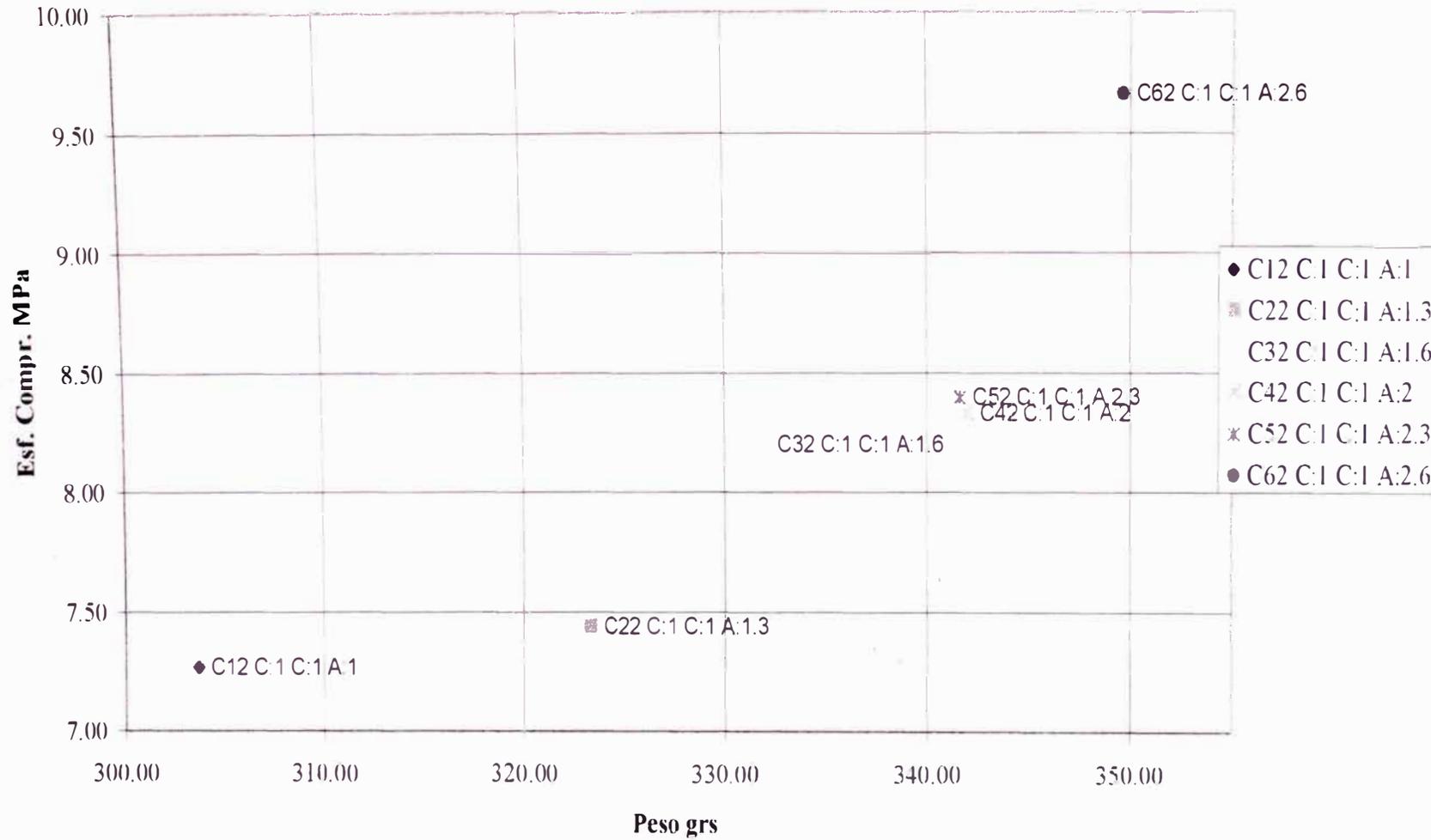
TANDA	C52	EN VOLUMEN relativo	EN PESO grs
CEMENTO:	1	0.15	181.40
CAL:	1		116.09
ARENA:	2.3	0.36	337.64
AGUA ml			147.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	8.92
TRABAJ		EN CMS	20.60

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	342	2500	10
II	341	1800	7.2
III	342	2000	8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	341.67	8.40	

TANDA	C62	EN VOLUMEN relativo	EN PESO grs
CEMENTO:	1	0.14	166.28
CAL:	1		106.42
ARENA:	2.6	0.37	349.87
AGUA ml			130.00
ALUMINIO		4% PESO DE CEMENTO	8.18
TRABAJ		EN CMS	21.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	350	2450	9.8
II	351	2200	8.8
III	348	2600	10.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	349.67	9.67	

**PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION**  
**Aluminio 4% del Peso de Cemento**  
**ALUMINIO MALLAS N° 30 N° 50, N° 100 Y FONDO**



**TABLA: TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR**  
**TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3		0.000375	
DENSIDAD DE LA ARENA GRUESA kg/m3		2533	
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3		3130	
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO			
TANDA	C13	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	239.45
CAL:	2		306.49
ARENA:	1	0.26	193.77
AGUA ml			300.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	16.38
TRABAJ		EN CMS	23.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	175	1.4
II	176.5	2
III	175.5	2.8
<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
175.67	2.07	

TANDA	C23	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.22	208.21
CAL:	2		266.51
ARENA:	1.3	0.29	219.05
AGUA ml			246.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.24
TRABAJ		EN CMS	23.00

PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	191.5	4
II	191	3.4
III	192	4
<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
191.50	3.80	

TANDA	C33	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.20	184.19
CAL:	2		235.76
ARENA:	1.6	0.31	238.49
AGUA ml			213.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	12.60
TRABAJ		EN CMS	21.50

PESO CUBOS		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
grs			
I	199.5	1200	4.8
II	194.5	1200	4.8
III	193.5	900	3.6
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
195.83		4.40	

TANDA	C43	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.17	159.63
CAL:	2		204.33
ARENA:	2	0.34	258.37
AGUA ml			176.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	10.92
TRABAJ		EN CMS	20.50

PESO CUBOS		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
grs			
I	201.5	1050	4.2
II	202.5	1200	4.8
III	199.5	1100	4.4
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
201.17		4.47	

TANDA	C53	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.15	145.12
CAL:	2		185.75
ARENA:	2.3	0.36	270.11
AGUA ml			163.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	9.93
TRABAJ		EN CMS	20.50

PESO CUBOS grs		FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	214	1650	6.6
II	211	1700	6.8
III	210	1600	6.4
PESO PROM.		ESF. COMP. PROM.	
211.67		6.60	

**TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR**  
**TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO**

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA FINA kg/m3	2570
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	A1	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.53	438.20
ARENA:	0.5	0.27	179.90
AGUA ml			170.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	13.15
TRABAJ		EN CMS	20.60

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	196.5	600	2.4
II	196.5	1100	4.4
III	196	1350	5.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	196.33	4.07	

TANDA	A2	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.40	352.13
ARENA:	1	0.40	289.13
AGUA ml			142.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	10.56
TRABAJ		EN CMS	21.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	202	1300	5.2
II	200	950	3.8
III	205	1450	5.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	202.33	4.93	

TANDA	A3	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.35	306.20
ARENA:	1.3	0.45	326.84
AGUA ml			235.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	9.19
TRABAJ		EN CMS	22.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	211.5	1300	5.2
II	215.5	1000	4
III	213.5	1500	6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	213.50	5.07	

TANDA	A4	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.26	299.31
CAL:	1		191.56
ARENA:	0.5	0.13	122.88
AGUA ml			223.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.73
TRABAJ		EN CMS	21.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	182	1750	7
II	181	700	2.8
III	180	850	3.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	181.00	4.40	

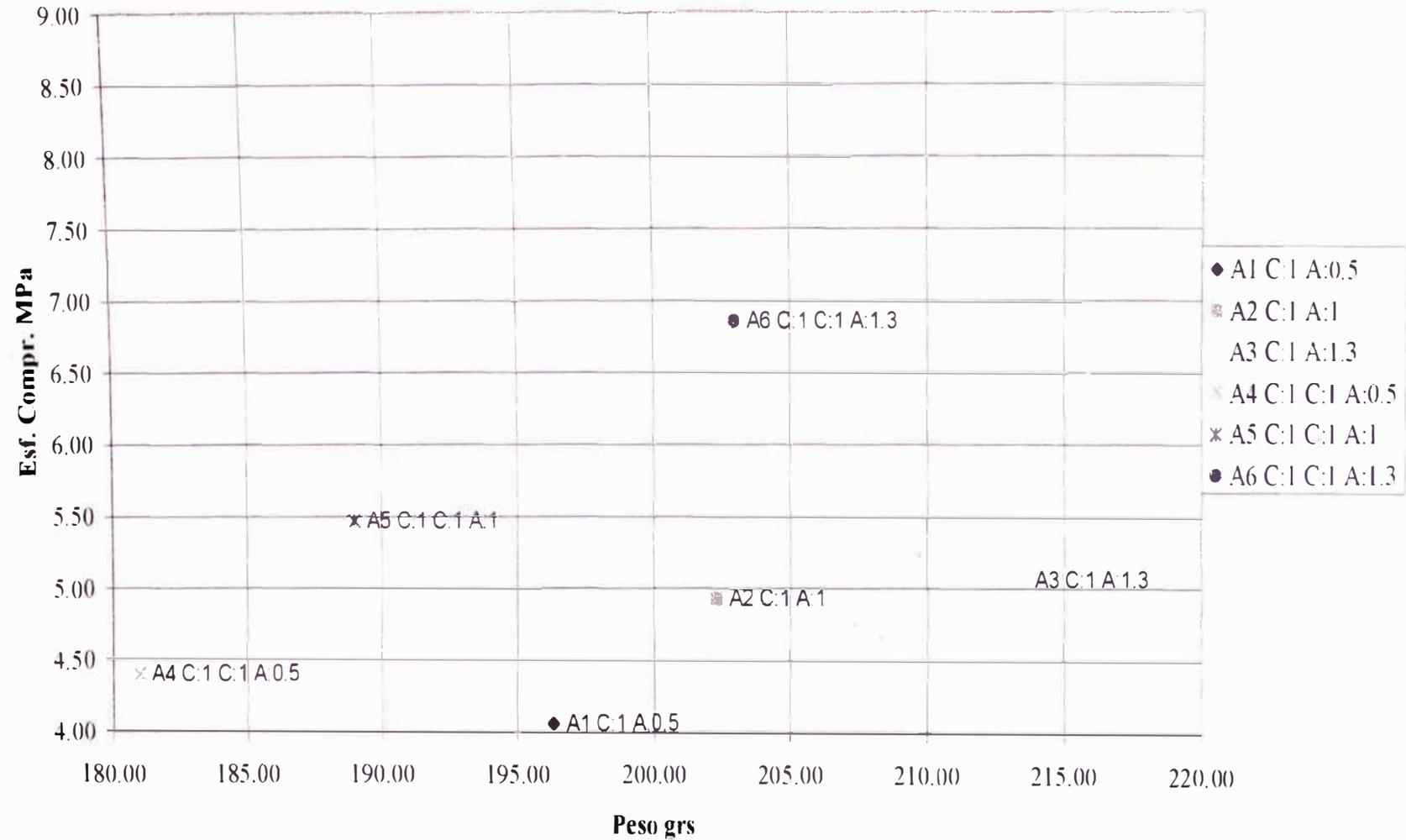
TANDA	A5	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.30	279.35
CAL:	1		178.79
ARENA:	1	0.30	229.37
AGUA ml			200.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	13.74
TRABAJ		EN CMS	21.30

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	190	1750	7
II	187	1450	5.8
III	190	900	3.6
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	189.00	5.47	

## PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION

Aluminio 3% del Peso de Cemento

Arena fina



## TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR

TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA FINA kg/m3	2570
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	A7	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.18	212.84
CAL:	2		272.44
ARENA:	0.5	0.09	87.38
AGUA ml			300.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.56
TRABAJ		EN CMS	23.00

TANDA	A8	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.16	192.89
CAL:	3		370.34
ARENA:	0.5	0.08	79.19
AGUA ml			330.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	16.90
TRABAJ		EN CMS	22.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	189.5	1150	4.6
II	189.5	1050	4.2
III	189.5	1350	5.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	189.50	4.73	

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	173	450	1.8
II	174	400	1.6
III	169	450	1.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	172.00	1.73	

TANDA	A9	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.17	197.17
CAL:	2		252.38
ARENA:	1	0.17	161.89
AGUA ml			228.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	13.49
TRABAJ		EN CMS	21.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	196.5	1350	5.4
II	196.5	1300	5.2
III	195.5	1200	4.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	196.17	5.13	

TANDA	A10	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.14	169.01
CAL:	3		324.50
ARENA:	1	0.14	138.77
AGUA ml			245.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.81
TRABAJ		EN CMS	21.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	182	700	2.8
II	182	650	2.6
III	183	850	3.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	182.33	2.93	

## TANDAS PARA EL CONCRETO CELULAR

### TANDAS DE 3 CUBOS DE 5CM DE LADO

VOLUMEN 3 CUBOS M3	0.000375
DENSIDAD DE LA ARENA FINA kg/m3	2570
DENSIDAD DE CEMENTO ANDINO kg/m3	3130
ALUMINIO MALLAS N° 50, N° 100 Y FONDO	

TANDA	A12	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	2	0.32	370.57
CAL:	1		237.16
ARENA:	0.5	0.16	152.13
AGUA ml			300.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	18.23
TRABAJ		EN CMS	23.00

TANDA	A8	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.16	192.89
CAL:	3		370.34
ARENA:	0.5	0.08	79.19
AGUA ml			330.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	16.90
TRABAJ		EN CMS	22.50

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	189.5	1150	4.6
II	189.5	1050	4.2
III	189.5	1350	5.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	189.50	4.73	

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	173	450	1.8
II	174	400	1.6
III	169	450	1.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	172.00	1.73	

TANDA	A9	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.17	197.17
CAL:	2		252.38
ARENA:	1	0.17	161.89
AGUA ml			228.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	13.49
TRABAJ		EN CMS	21.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	196.5	1350	5.4
II	196.5	1300	5.2
III	195.5	1200	4.8
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	196.17	5.13	

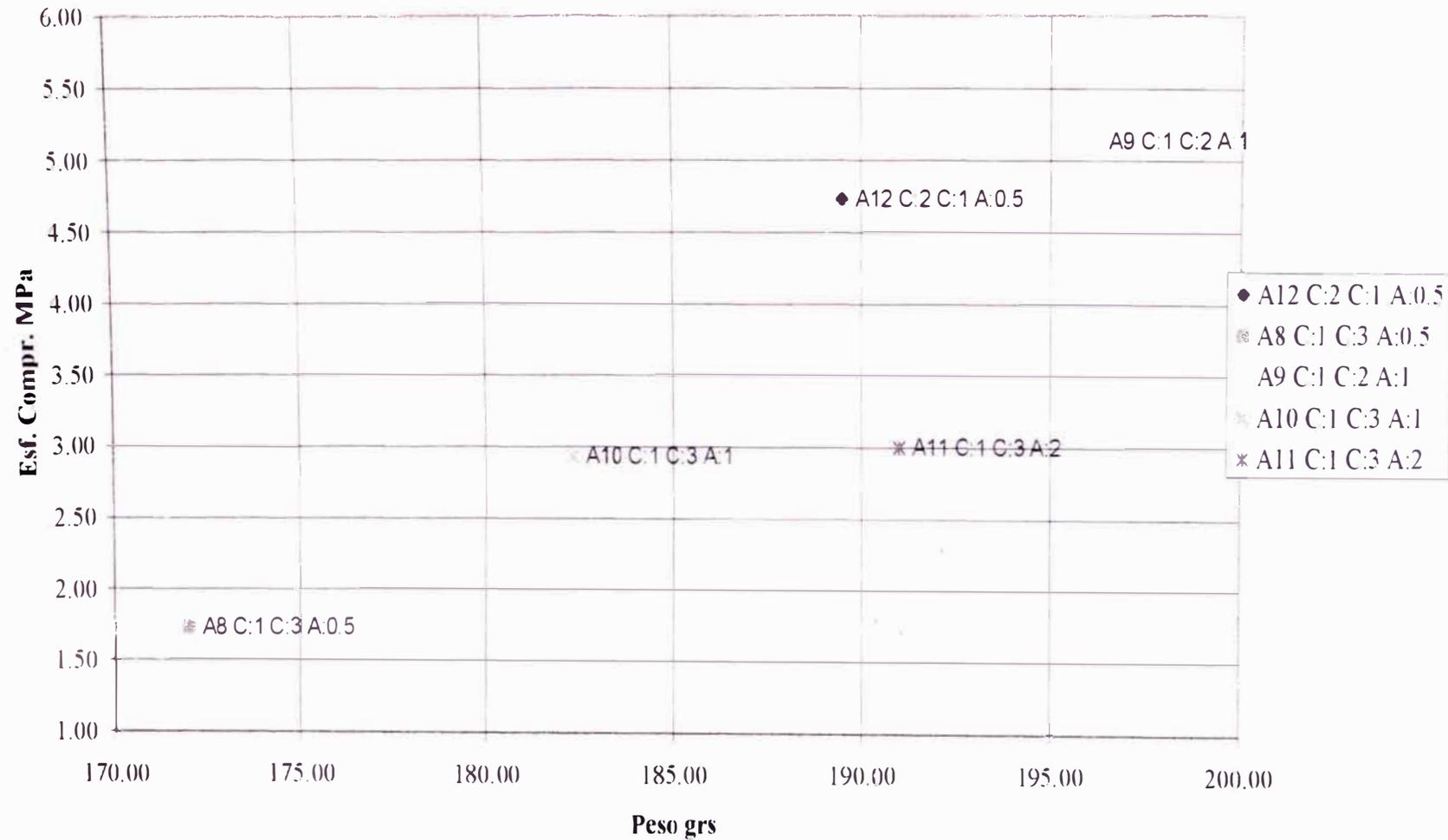
TANDA	A10	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.14	169.01
CAL:	3		324.50
ARENA:	1	0.14	138.77
AGUA ml			245.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	14.81
TRABAJ		EN CMS	21.00

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	182	700	2.8
II	182	650	2.6
III	183	850	3.4
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	182.33	2.93	

TANDA	A11	EN VOLUMEN relativo	PESO grs
CEMENTO:	1	0.10	119.72
CAL:	3		229.87
ARENA:	2	0.20	196.61
AGUA ml			190.00
ALUMINIO		3% PESO DE CEMENTO	10.49
TRABAJ		EN CMS	20.20

	PESO CUBOS grs	FZA DE COMP. KG	ESF. DE COMP. Mpa
I	190.5	850	3.4
II	189.5	850	3.4
III	193	550	2.2
	<b>PESO PROM.</b>	<b>ESF. COMP. PROM.</b>	
	191.00	3.00	

**PESOS VS ESFUERZOS DE COMPRESION**  
**Aluminio 3% del Peso de Cemento**  
**Arena fina**



**SE PREPARO TIPO A12 BLOQUE DE 0.0056 M3**

Vcemento + Vcal + Varena

cemento: 2	5.54	kg
arena: 0.5	1.14	kg
cal:1	1.78	kg
agua:	3.58	l
aluminio:	0.0533	kg

7 días	
<b>FZA</b>	<b>ESF</b>
<b>COMPRESION</b>	<b>COMPRESION</b>
KG	KG/CM2
14400	51.43

**SE PREPARO TIPO A13 BLOQUE DE 0.0056 M3**

Vcemento + Vcal + Varena

cemento: 2	6.5	kg
arena: 0.5	1.33	kg
cal:0.5	1.04	kg
agua:	3.173	l
aluminio :	0.0311	Kg

7 días	
<b>FZA</b>	<b>ESF</b>
<b>COMPRESION</b>	<b>COMPRESION</b>
KG	KG/CM2
11800	42.14

**SE PREPARO TIPO A14 BLOQUE DE 0.0056 M3**

Vcemento + Vcal + Varena

cemento: 2	5.542	kg
arena: 1	1.14	kg
cal:0.5	0.89	kg
agua:	3.04	l
aluminio:	0.0266	kg

7 días	
<b>FZA</b>	<b>ESF</b>
<b>COMPRESION</b>	<b>COMPRESION</b>
KG	KG/CM2
21600	57.14

TANDAS PARA 5 BLOQUES DE CONCRETO  
CELULAR DE 40 x 20 x 7 cm

A14

CEMENTO	29.10	kg
CAL	4.70	kg
ARENA	6.00	kg
ALUMINIO	0.20	kg
AGUA	14.15	l

MEDICION EN LA MESA DE FLUJO

DIAMETROS	cm	
D1:	21	FLUJO %
D2:	22	117.5
D3:	22.5	
D4:	21.5	

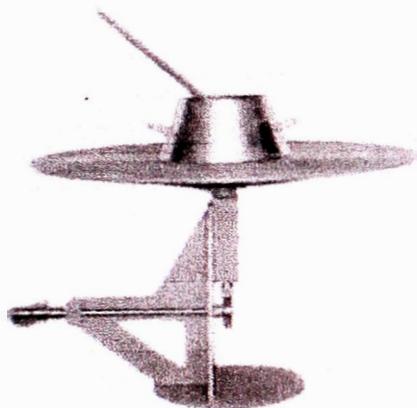
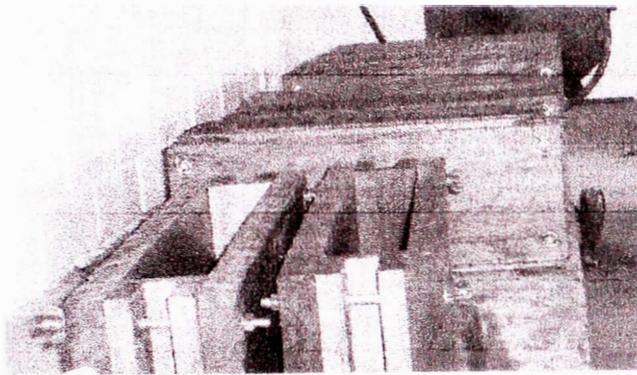
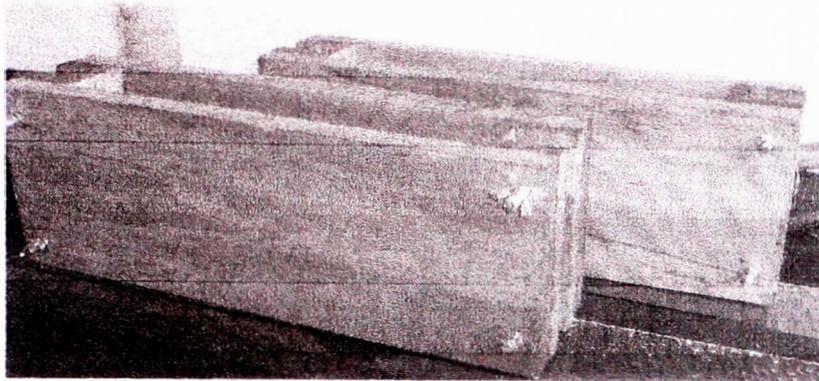


Figura: La trabajabilidad del concreto se suele categorizar en función del asentamiento del cono de Abrams o de la medición de la dispersión diametral en la mesa de flujo.

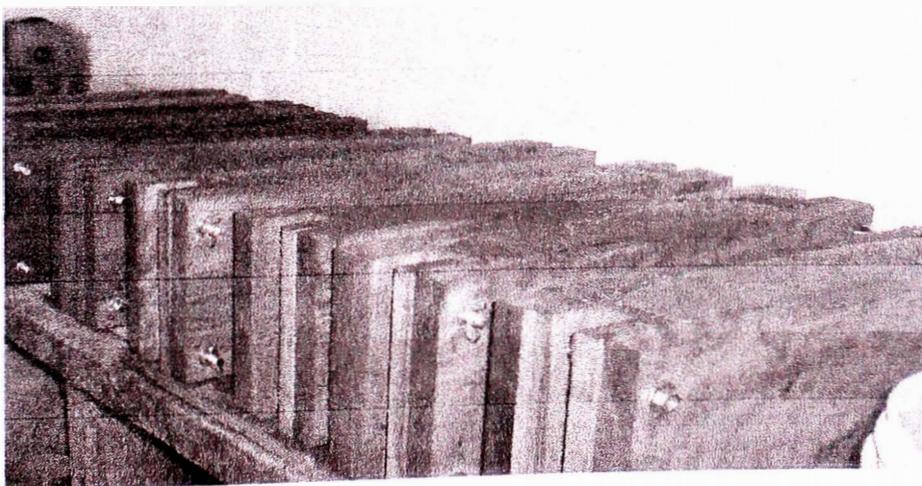
TIPO M20			PESO SECO	SUCCION 1 min	SUCCION gr/min
	III	9397	8944.5	8974.5	30
	I				
	V	9364.5	8497.5	8576	78.5
	V	9279	8551	8633	82

Tabla: Ensayos a los bloques de concreto celular



*Foto izquierda y arriba:* Moldes utilizados de madera Capirona, de espesor 1.5", se utilizaron también pernos 3/8", arandelas 3/8", tuercas mariposas 3/8", y tuercas simples 3/8".

Así también se protegió el molde con petróleo.



*Foto:* Se aprecia los bloques llenados con concreto celular y en pleno proceso químico en la reacción del aluminio con el hidróxido de calcio (observamos la expansión en volumen del concreto celular)

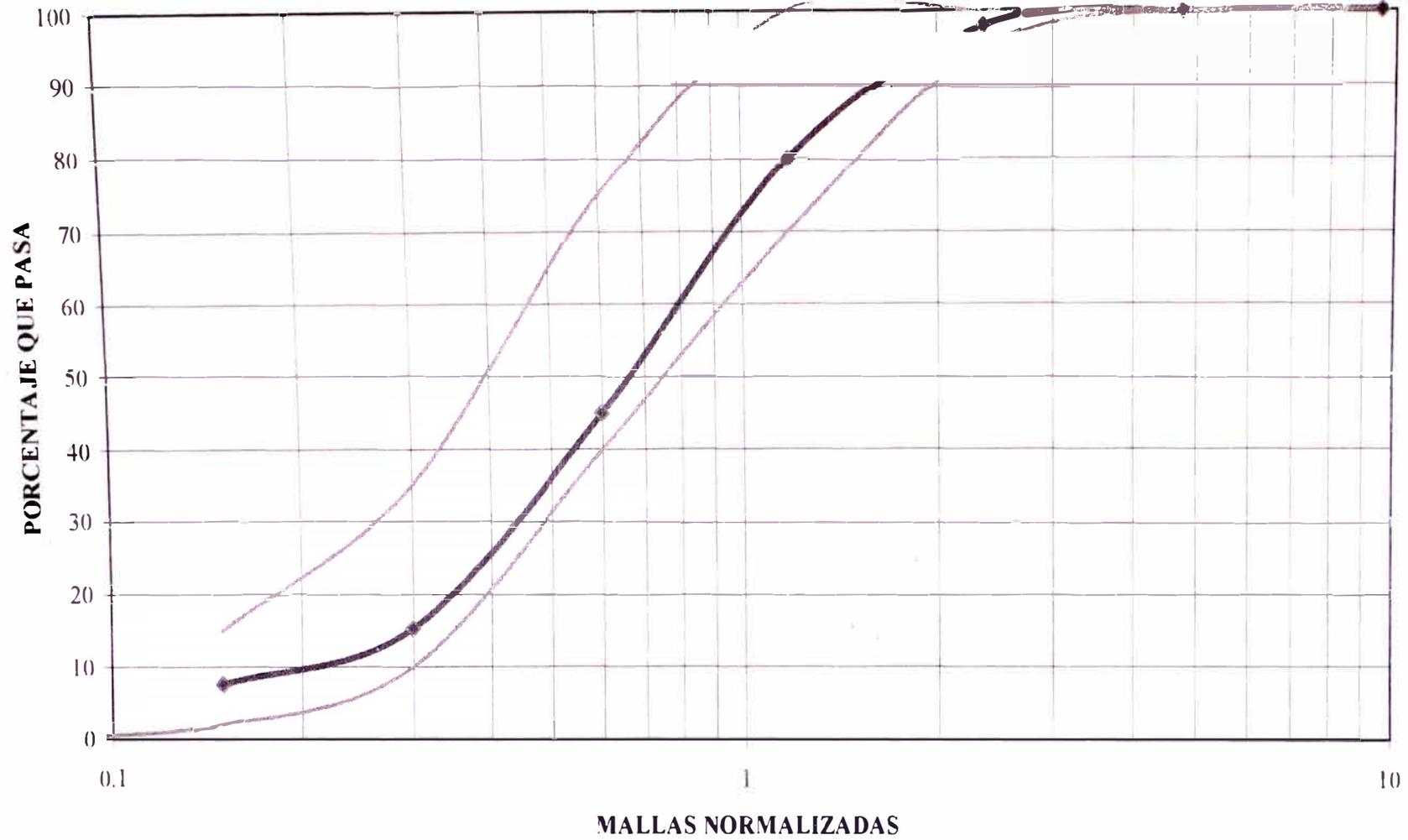
		Peso recibido	PESO SATURADO	PESO SUMERGIDO	PESO SECO gr	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	ABSORCION %	Contenido Humedad %
	II	9322	9729	3990.5	9084	1590.0	2.62	36.90
M22	III	9308	9725	3975	8651	1504.5	7.59	61.17
	IV	9239	9652	3942	8932	1564.2	3.44	42.64

**Tabla:** Ensayos a los bloques de concreto celular

Foto abajo: realización del concreto celular, en vista tenemos los moldes.



## GRANULOMETRÍA ARENA GRUESA



**TABLA: DISEÑO DE MORTEROS**

Se escogió el diseño del mortero C2 debido a su buena resistencia y es la más usada comercialmente.

Fluidez medida en la mesa de flujo: 114%

$\rho$  arena gruesa kg/m<sup>3</sup> 2533

**MORTERO C1**

			<b>28 DIAS</b>
	<b>PESO</b>	<b>CARGA (KG)</b>	<b>ESF COMPRE</b>
			<b>Mpa</b>
CEMENTO: 1	252.4 kg	8650	34.6
ARENA: 3	613 gr	14350	57.4
AGUA	125 ml	13350	53.4

**MORTERO C2**

			<b>28 DIAS</b>
	<b>PESO</b>	<b>CARGA (KG)</b>	<b>ESF COMPRE</b>
			<b>Mpa</b>
CEMENTO: 1	202 kg	7200	28.8
ARENA: 4	654 gr	6250	25
AGUA	127 ml	7300	29.2

**MORTERO C3**

			<b>28 DIAS</b>
	<b>PESO</b>	<b>CARGA (KG)</b>	<b>ESF COMPRE</b>
			<b>Mpa</b>
CEMENTO: 1	168 kg	4950	19.8
ARENA: 5	679 gr	5450	21.8
AGUA	130 ml	6600	26.4

**TABLA: DIMENSIONES DE BLOQUES DE CONCRETO CELULAR**

			<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTURA</b>
	III		40	7.2	20.25
<b>Espécimen</b>			40.1	7.1	20.3
<b>M22</b>			40.1	7.13	20.4
	IV		39.8	7.24	20.34
			40	7.1	20.41
			39.9	7.1	20.39
	V		40.1	7.2	20.24
			40	7.05	20.34
			40	7.2	20.4

		% V largo	% V ancho	% V altura
III		-0.17	-2.05	-1.58
IV		0.25	-2.10	-1.90
V		-0.08	-2.14	-1.63

**TABLA: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS  
DE CONCRETO CELULAR**

**14 DIAS**

<b>M1</b>		<b>M2</b>		<b>M3</b>	
<b>DEFORM.</b>		<b>DEFOR.</b>		<b>DEFORM.</b>	
<b>carga KG</b>	<b>DIAL (mm)</b>	<b>carga KG</b>	<b>DIAL (mm)</b>	<b>Carga kg</b>	<b>DIAL (mm)</b>
500	4.5	500	0.3	500	0.1
1000	9	1000	1.5	1000	0.2
1500	13.8	1500	3.2	1500	0.9
2000	16	2000	4.8	2000	1.3
2500	18.2	2500	5.8	2500	1.8
3000	20.7	3000	6.6	3000	2.2
3500	22.7	3500	7.4	3500	2.8
4000	23.8	4000	8.2	4000	3.1
4500	25	4500	8.8	4500	3.4
5000	26.5	5000	9.4	5000	3.8
5500	27.5	5500	10	5500	4.1
6000	FALLO	6000	10.5	6000	4.4
		6500	11	6500	4.7
		7000		7000	5
		7500	12	7500	5.2
		8000	12.8	8000	5.5
		8500	13.1	8500	5.7
		9000	13.6	9000	5.9
		9500	14	9500	6.1
		10000	14.8	10000	6.3
		10500		10500	6.6
		11000	15	11000	6.8
		11500	15.8	11500	7
		12000	16.2	12000	7.2
		12400	FALLO	12500	7.5
				13000	7.7
				13500	7.8
				14000	8.1
				14500	8.2
				15000	8.5
				15500	8.9
				16000	10

<b>hp/tp</b>	5.93	<b>hp/tp</b>	5.93	<b>hp/tp</b>	5.93
<b>FC</b>	1.29	<b>FC</b>	1.29	<b>FC</b>	1.29
<b>ESF COMP</b>		<b>ESF COMP</b>		<b>ESF COMP</b>	
<b>Mpa</b>	2.76	<b>Mpa</b>	5.71	<b>Mpa</b>	7.37

**TABLA: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE  
PILAS DE CONCRETO CELULAR  
28 DIAS**

<b>M15</b>		<b>M 17</b>		<b>M 18</b>	
	DIAL (mm)		DIAL (mm)		DIAL (mm)
500	0.13	500	0.15	500	0.2
1000	0.27	1000	0.38	1000	0.36
1500	0.38	1500	0.48	2000	0.64
2000	0.48	2000	0.6	3000	0.86
2500	0.55	2500	0.68	4000	1
3000	0.6	3000	0.74	5000	1.12
3500	0.68	3500	0.8	6000	1.24
4000	0.74	4000	0.86	7000	1.34
4500	0.78	4500	0.9	8000	1.48
5000	0.87	5000	0.98	9000	1.56
5500	0.92	5500	1	10000	1.64
6000	0.98	6000	1.06	11000	1.7
6500	1.05	6500	1.14	12000	1.76
7000	1.1	7000	1.18	13000	1.82
7500	1.15	7500	1.22	14000	1.88
8000	1.22	8000	1.26	15000	1.95
8500	1.28	8500	1.32	16000	1.98
9000	1.34	9000	1.38	17000	2.05
9500	1.4	9500	1.42	18000	2.1
10000	1.43	10000	1.46	19000	2.2
10500	1.47	10500	1.52	20000	2.28
11000	1.52	11000	1.58	21000	2.38
11500	1.56	11500	1.62	22000	2.5
12000	1.62	12000	1.66	23000	2.6
12500	1.66	12500	1.72	23650	FALLO
13000	1.7	13000	1.76	<b>hp/tp</b>	5.93
13500	1.74	13500	1.84	<b>FC</b>	1.29
14000	1.78	14000	1.86	<b>ESF COMP</b>	
14500	1.82	14500	1.94	<b>Mpa</b>	10.90
15000	1.86	15000	1.96		
15500	1.9	15500	2.02		
16000	1.92	16000	2.08		
16500	1.94	16500	2.1		
17000	1.98	17000	2.14		
17500	2.01	17500	2.2		
18000	2.04	18000	2.26		
18500	2.06	18500	2.3		

**TABLA: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS DE CONCRETO CELULAR (CONTINUACIÓN)**

**28 DIAS**

<b>M15</b>		<b>M 17</b>	
	DIAL (mm)		DIAL (mm)
19000	2.1	19000	2.35
21000	2.14	19250	FALLÓ
22500	2.4	<b>hp/tp</b>	5.93
22750	FALLÓ	<b>FC</b>	1.29
<b>hp/tp</b>	5.93	<b>ESF COMP Mpa</b>	8.87
<b>FC</b>	1.29		
<b>ESF COMP Mpa</b>	10.48		

**TABLA: ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO CELULAR**

**14 días**

**Espécimen M9**

Carga kg	DIAL (mm)
1000	2.4
2000	4.7
3000	6.1
4000	8.4
5000	9.8
6000	11
7000	11.9
8000	12.5
9000	13.4
10000	14.2
11000	15.4
12000	17.8
13000	22
14000	24
14950	FALLO

**ESF COMP Mpa**

**5.34**

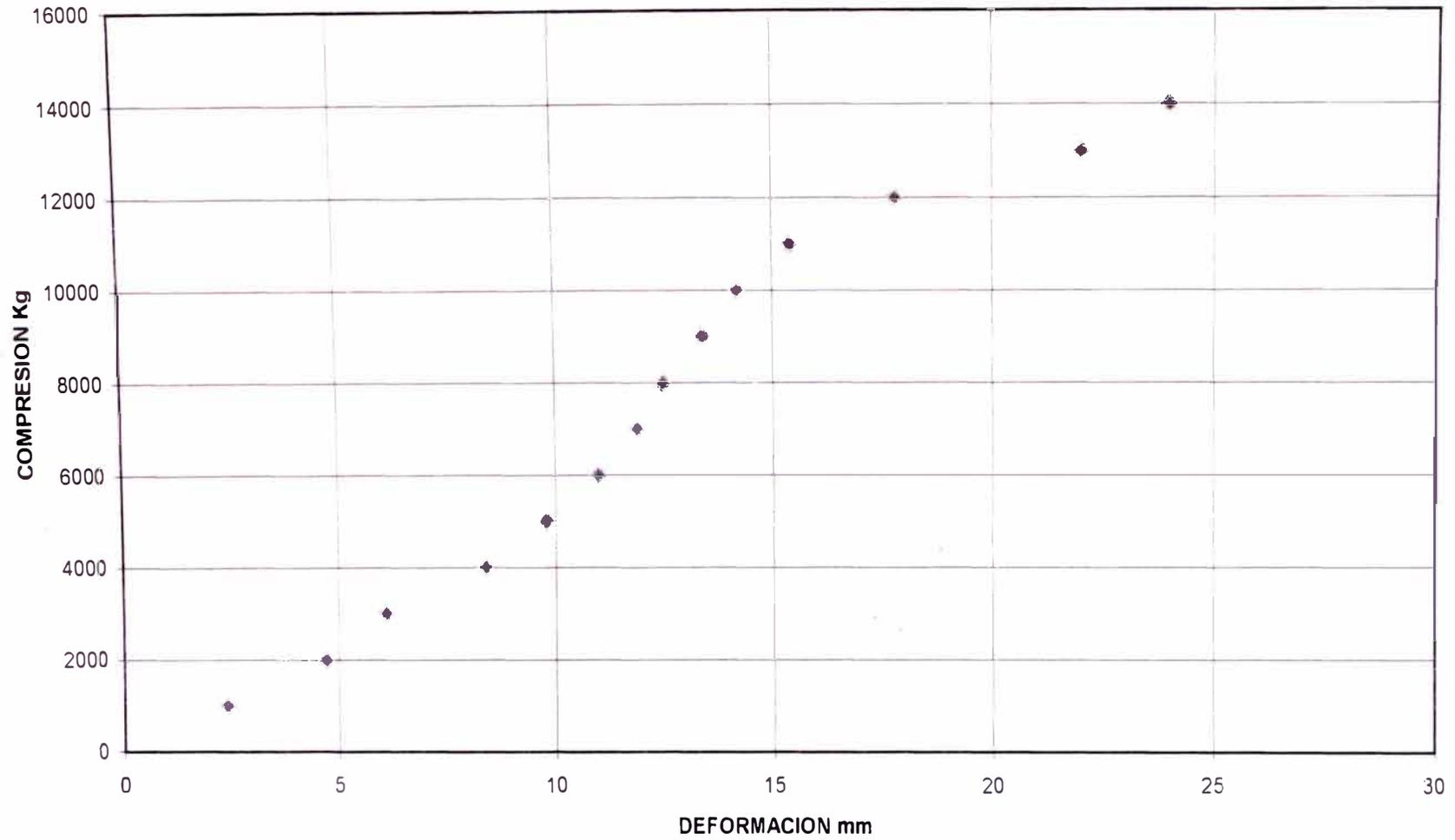
**Espécimen M12**

Carga kg	DIAL (mm)
1000	4
2000	6
3000	7.3
4000	7.6
5000	7.7
6000	8.2
7000	9.8
8000	10
9000	11
10000	12
11000	13.8
12000	15.2
13000	18.5
14000	22.5
15000	FALLO

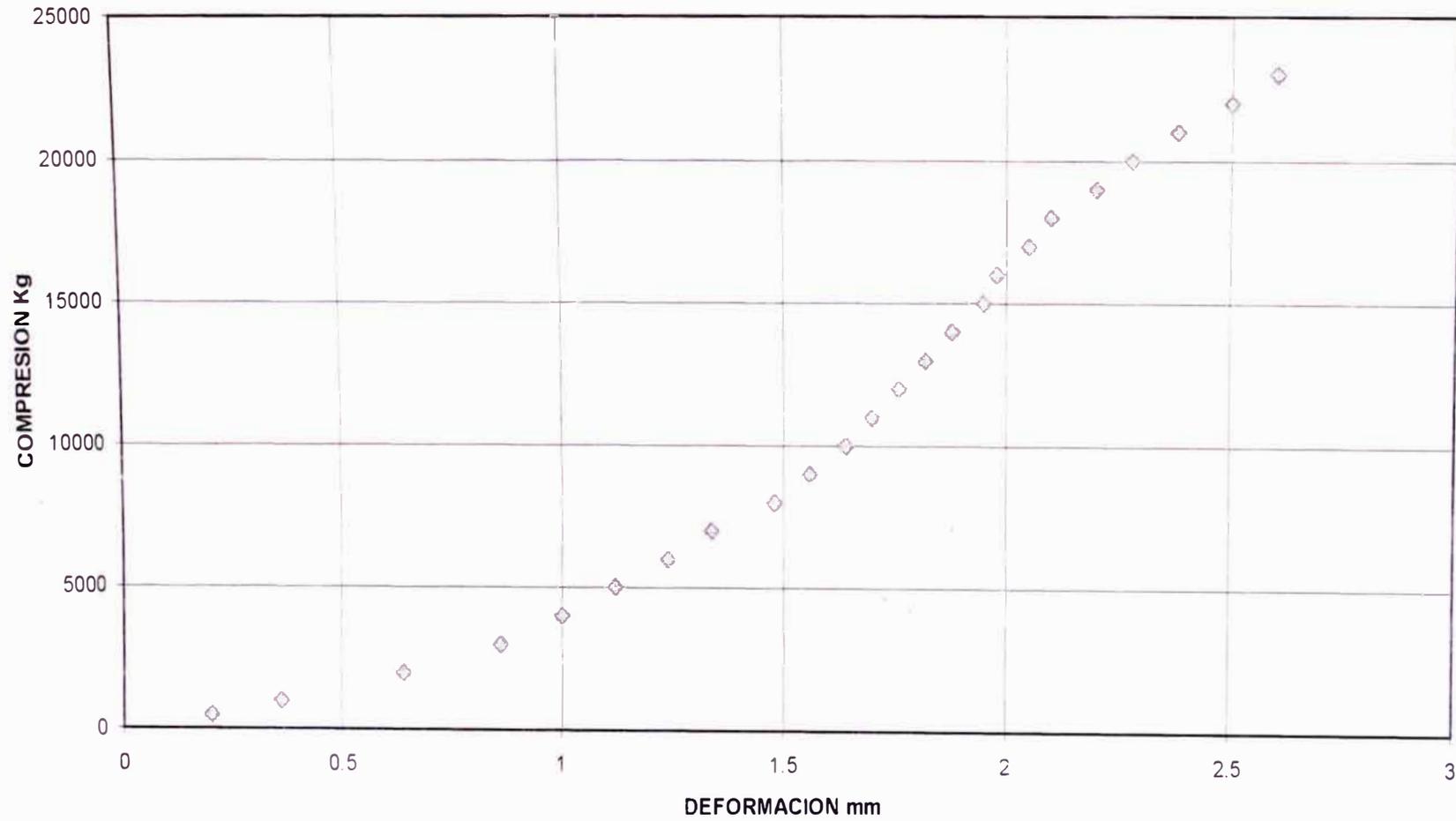
**ESF COMP Mpa**

**5.36**

**COMPRESION DE BLOQUE DE CONCRETO CELULAR VS DEFORMACION MUESTRA 1  
14 DIAS**

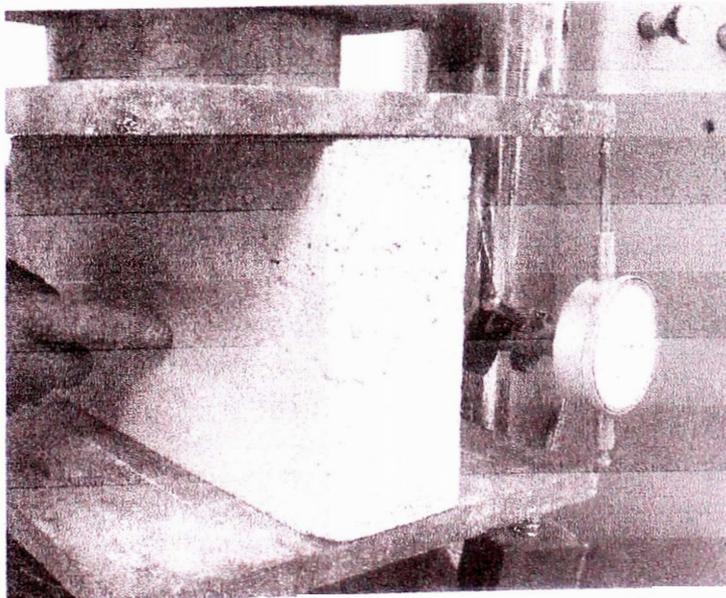


**COMPRESION VS DEFORMACION  
PILAS DE CONCRETO MUESTRA 3  
28 DIAS**

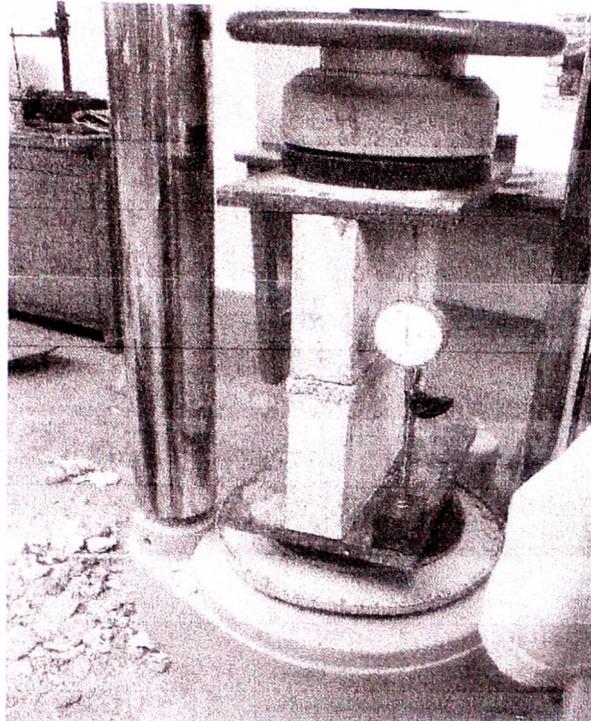


**TABLA: ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES  
DE CONCRETO CELULAR**

<b>28 días</b>	
<b>Espécimen M20</b>	
<b>CARGA kg</b>	22680
<b>ESF COMP Mpa</b>	8.1
<b>Espécimen M21</b>	
<b>CARGA kg</b>	23800
<b>ESF COMP Mpa</b>	8.50
<b>Espécimen M14</b>	
<b>CARGA kg</b>	23500
<b>ESF COMP Mpa</b>	8.4



*Foto:* se aprecia el ensayo de esfuerzo a compresión de un espécimen de bloque de concreto celular.



*Foto arriba:* ensayo de compresión de una pila de bloques de concreto celular.

*Foto abajo:* Se puede apreciar el agrietamiento en la pila de bloques.



**TABLA: ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**14 DIAS**

<b>Espécimen M1</b>	
<b>CARGA kg</b>	700
<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.17

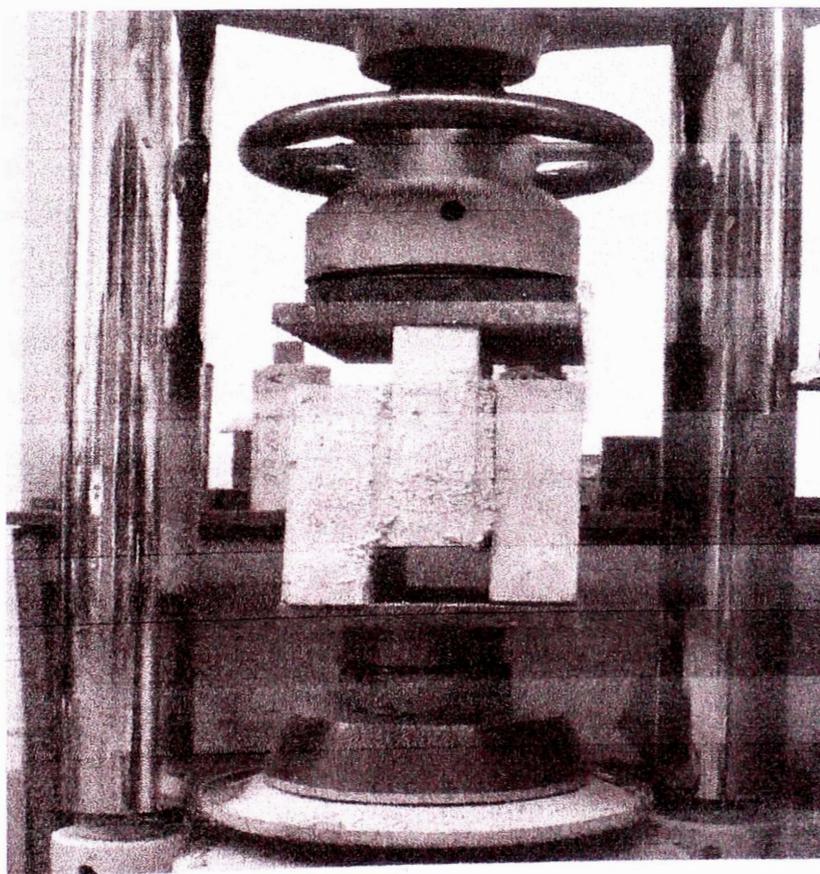
<b>Espécimen M2</b>	
<b>CARGA kg</b>	700
<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.17

**28 DIAS**

<b>Espécimen M20</b>	
<b>CARGA kg</b>	1000
<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.67

<b>Esp. M21</b>	
<b>CARGA kg</b>	1100
<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.83

<b>Esp. M21</b>	
<b>CARGA kg</b>	1050
<b>ESF CORTE Kg/cm2</b>	1.75

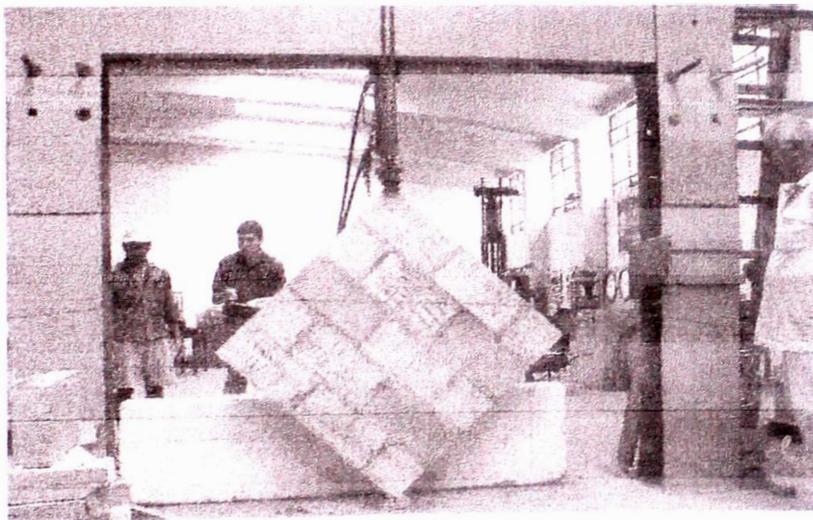


*Foto: ensayo de corte directo en bloques de concreto celular.*

**TABLA: ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES**

**28  
 DIAS**

	carga kg	componente carga kg	esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
MURETE 1 (1.03 x 1.05 m)	3500	2474.90	3.40
MURETE 2 (1.03 x 1.03 m)	3700	2616.32	3.59
MURETE 3 (1.03 x 1.03 m)	4000	2828.45	3.89



*Foto arriba: foto de uno de los especimenes antes del ensayo.*

*Foto abajo: espécimen después de la falla*

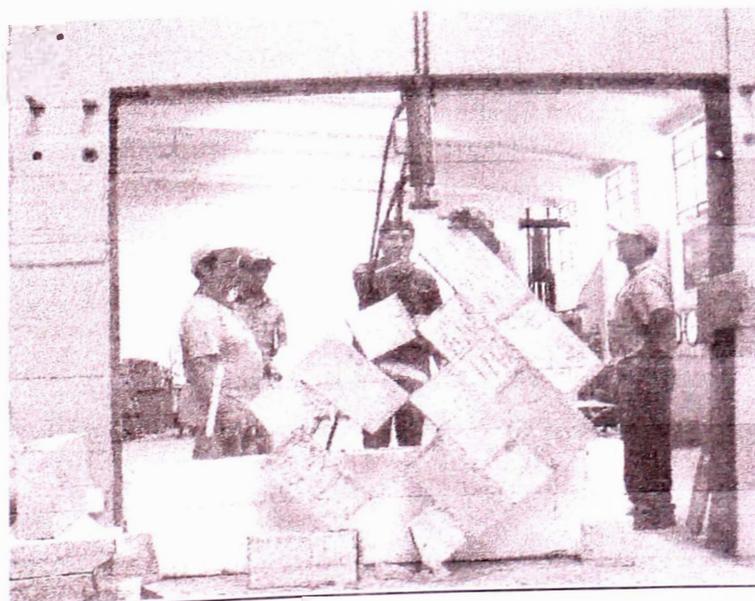


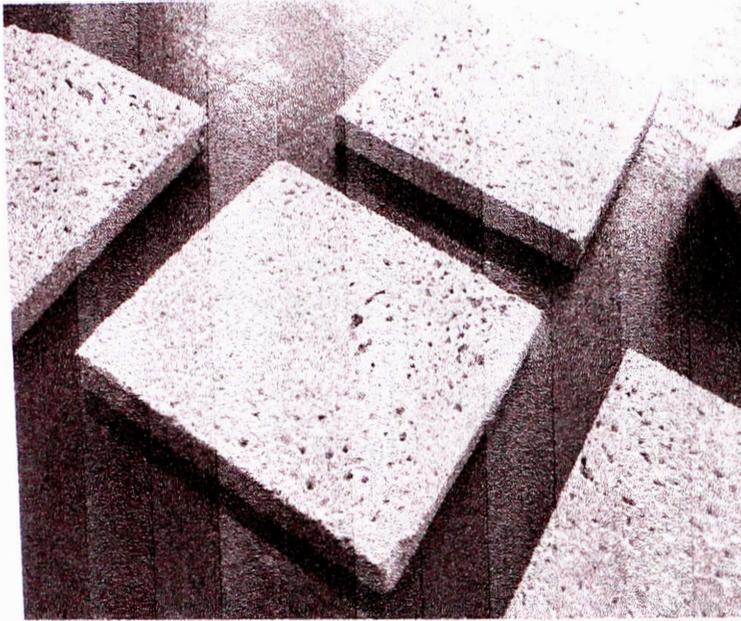
TABLA: ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TERMICA

$$\bar{m} = \rho_{\text{agua}} \times \frac{V}{t}$$

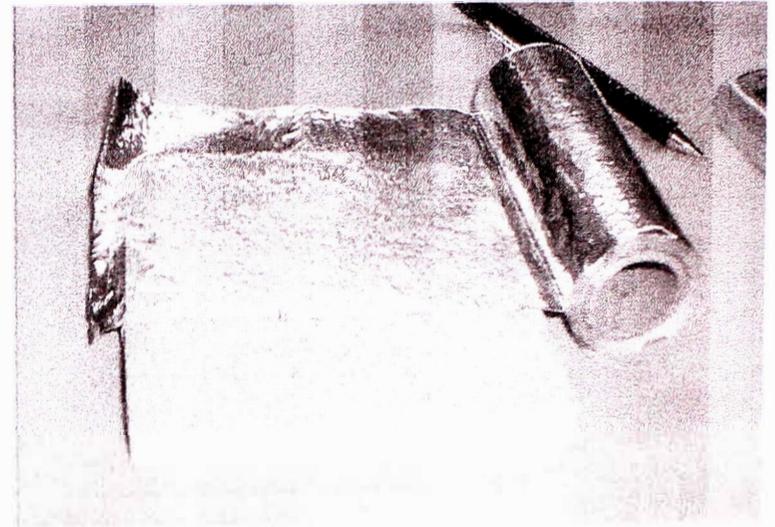
$$q = \bar{m} \times Lf = \frac{kxAx(t_{\text{sat}} - t_h)}{e}$$

ESPECIMEN 1 ESPECIMEN 2 ESPECIMEN 3 ESPECIMEN 4

TIEMPO DE EXPOSICION (seg)	80	80	80	80
AGUA DERRETIDA (ML)	4	3.5	4	3.5
ESPELOR PLANCHAS (CM)	1.2	1.1	1.1	1.2
AREA TRANSV HIELO (M2)	0.004560	0.004560	0.004560	0.004560
DENSIDAD AGUA KG/M3	997	997	997	997
m (kg/s)	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004
K (W/(m °C))	<b>0.44</b>	<b>0.35</b>	<b>0.40</b>	<b>0.38</b>
K. (W/(m °K))	0.002	0.001	0.001	0.001



*Foto izquierda:* Se logra cortar en placas cuadradas de 12 cm de lado el concreto celular y de espesor 1.2cm aproximados.



*Foto derecha:* De allí se procede a forrarlos con aluminio para evitar fuga de calor.

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD (W / m °C)
	mampostería ladrillos comunes/macizos	1800
mampostería ladrillos sílico calcáreos	1850	0.85
mampostería ladrillos huecos	1700	0.45
mampostería bloques de concreto	2100	0.42
mampostería con concreto celular	1550	0.39

**Tabla:** comparación del coeficiente de conductividad térmica para materiales usados en albañilería

Foto: Aparato para medir la conductividad térmica de los materiales de placas delgadas (Laboratorio de la Facultad de Ciencias de la UNI).

