



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y  
TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO  
EN MEZCLAS DE CONCRETO  $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Arévalo Valencia, Walther  
Castillo Román, Robert Elihú

**ASESOR:**

Ing. Marco Cerna Vásquez

**LINEA DE INVESTIGACION:**

DISEÑO DE EDIFICACIONES ESPECIALES

CHICLAYO - PERÚ

2015

## PAGINA DEL JURADO

---

Ing. Salazar Bravo Wesley  
Presidente

---

Ing. Castro Samillán Bernardino  
Secretario

---

Ing. Samillán Farro Ramón de Jesús  
Vocal

## DEDICATORIA

Dedicado en primer lugar a Dios por darme la vida y la salud, a mi amada esposa por su amor y sincero aliento y a mis hijos por ser la motivación del cumplimiento de mis metas, al acompañarme y alentarme en todo tiempo y lugar. Dios, Familia, Trabajo.

Arévalo Valencia Walther.

En primer lugar a Jehová Dios, por darme la vida, las fuerzas y el conocimiento ya que sin su espíritu santo no hubiese logrado nada. En segundo lugar a mis padres, en especial a mi padre fallecido, ya que su ejemplo, apoyo y conocimiento me llevaron a querer estudiar esta carrera profesional y ser un orgullo para él, y a mi familia en general por su apoyo incondicional.

Castillo Román Robert Elihú.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos plasmar nuestros verdaderos agradecimientos:

A la Empresa Dino S.R.L por el apoyo incondicional, dándonos los permisos para asistir a nuestras clases durante estos cinco años, y por ser el lugar donde nos desenvolvemos como profesionales aplicando los conocimientos adquiridos.

Al Ing: Marco Cerna Vázquez por su orientación en el inicio del desarrollo de este proyecto de investigación.

A la Ing: Fiorella Seminario Garabito Jefe de Planta Dino Piura, por el apoyo brindado al permitirnos el uso de las instalaciones del laboratorio de control de calidad lugar donde desarrollamos el proyecto de investigación.

Al Ing. Fernando Gastañaudi Ruíz por su disposición en todo momento y ejemplo como persona y profesional.

Arévalo Valencia Walther

Castillo Román Robert Elihú

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros **CASTILLO ROMAN ROBERT ELIHU** con **DNI 46651492** Y **AREVALO VALENCIA WALTHER** con **DNI 03684729** a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el **Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería civil**, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompañamos es veraz y auténtica.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada; por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, Noviembre del 2017

---

CASTILLO ROMAN ROBERT ELIHU

---

AREVALO VALENCIA WALTHER

## ÍNDICE

PAGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
ÍNDICE .....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRAC .....	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática .....	13
1.2. Formulación del Problema .....	14
1.3. Objetivos .....	14
1.4. Justificación.....	15
1.5. Antecedentes .....	15
1.6. Tipo de Estudio .....	18
1.7. Diseño de Investigación .....	18
1.8. Identificación de Variables. ....	19
1.9. Técnicas e Instrumentos de Investigación .....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	20
2.1. CONCRETO.....	21
2.2. CEMENTO .....	43
2.3. AGREGADOS.....	50
2.4. AGUA PARA LA MEZCLA .....	59
CAPÍTULO III: MÉTODO.....	64
3.1. PLAN DE TRABAJO .....	65
3.2. MATERIALES E INSUMOS INVOLUCRADOS.....	66
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	76
3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	77
3.5. DISEÑO DE MEZCLA (sin RCCA) .....	78
3.6. COSTO POR M3 DE CONCRETO .....	87
CAPITULO IV: EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO .....	89

4.1. ENSAYOS DE AGREGADOS.....	90
4.2. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO.....	115
4.3. ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO .....	137
CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	144
CAPITULO VI: CONCLUSIONES .....	166
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES .....	169
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	172
ANEXOS .....	175

## RESUMEN

Este informe muestra los resultados obtenidos de la sustitución parcial del cemento Portland tipo I y el tipo V por los RCCA. Estos residuos han sido sometidos a varias pruebas de laboratorios físicos y químicos, y luego fueron enviados a la planta Cementos Pacasmayo, ubicada en la provincia de Pacasmayo, Región La Libertad, donde se sometieron a los procesos de trituración y molienda en el molino BOND permitiendo un resultado de 10,5% de residuo en la malla N° 325. Con este producto, se realizaron sustituciones del orden de 4%, 8%, 12% y 16% de cemento Portland Tipo I y Tipo V en mezclas de concreto de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Todos los especímenes producidos se sometieron a procesos de curado del orden de 3, 7, 14, 21 y 28 días, y se compararon con un diseño de mezcla patrón de cada cemento con 0% de sustitución.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Cemento Tipo I, después de 3 días las mezclas sustituidas del orden de 4%, 8%, 12% y 16% alcanzaron una resistencia de: 162, 147, 133 y 119  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente, y la tanda patrón alcanzó 163  $\text{kg/cm}^2$ . A los 7 días, las mezclas sustituidas en el orden de 4%, 8%, 12% y 16%, alcanzaron una resistencia de 210, 179, 164 y 149  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 210  $\text{kg/cm}^2$ . A los 14 días, las mezclas sustituidas en el orden de 4%, 8%, 12% y 16%, alcanzaron una resistencia de: 248, 200, 191 y 181  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 248  $\text{kg/cm}^2$ . A los 21 días, las mezclas sustituidas del orden de 4%, 8%, 12% y 16%, alcanzaron una resistencia de 271, 236, 211 y 192  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 279  $\text{kg/cm}^2$ . A los 28 días, las mezclas sustituidas en el orden de 4%, 8%, 12% y 16%, alcanzaron una resistencia de 303, 272, 230 y 204  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 342  $\text{kg/cm}^2$ .

Los resultados obtenidos con el cemento Tipo V fueron los siguientes: Después de 3 días, las mezclas sustituidas del orden de 4%, 8%, 12% y 16% alcanzaron una resistencia de 142, 144, 133 y 118  $\text{kg/cm}^2$ , respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 137  $\text{kg/cm}^2$ . A los 7 días, las mezclas sustituidas en el orden de

4%, 8%, 12% y 16%, alcanzaron una resistencia de 165, 164, 158 y 152 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 192 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las mezclas sustituidas del orden de 4%, 8%, 12% y 16% lograron una resistencia de: 197, 194, 185 y 177 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 224 kg/cm<sup>2</sup>. A los 21 días, las mezclas sustituidas del orden de 4%, 8%, 12% y 16% lograron una resistencia de 231, 225, 206 y 187 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y la mezcla patrón alcanzó 265 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, las mezclas sustituidas en el orden de 4%, 8%, 12% y 16% lograron una resistencia de 269, 259, 213 y 194 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y la mezcla estándar alcanzó 326 kg/cm<sup>2</sup>.

Estos resultados abren ventanas para continuar estudios con diferentes masas de sustitución, y no solo con RCCA, sino también con otros residuos orgánicos que hoy están contaminando el medio ambiente

Palabras Claves: cemento, residuos

## ABSTRACT

This report shows the results obtained from the partial substitution of Type I Portland Cement and Type V for limestone shells (RCCA). These wastes have been subjected to several tests of physical and chemical laboratories, and then they were sent to the Cementos Pacasmayo plant, located in the province of Pacasmayo Region La Libertad, where they underwent the crushing and milling processes in the BOND mill allowing a result of 10.5% residue on mesh # 325. With this product, substitutions of the order of 4, 8, 12 and 16% of Portland cement Type I, and Type V, were made in concrete mixtures of resistance  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . All the cores produced were subjected to curing processes in the order of 3, 7, 14, 21 and 28 days, and compared with a standard mix design of each cement, which were not replaced.

The results obtained were as follows: (Type I cement) after 3 days the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% achieved a strength of: 162,147,133 and 119  $\text{kg/cm}^2$  respectively, and the masterbatch reached 163  $\text{kg/cm}^2$ . At 7 days, the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% reached a resistance of 210,179,164 and 149  $\text{kg/cm}^2$  respectively, and the standard mixture reached 210  $\text{kg/cm}^2$ . At 14 days, the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% achieved a strength of: 248,200,191 and 181  $\text{kg/cm}^2$  respectively, and the masterbatch reached 248  $\text{kg/cm}^2$ . At 21 days, the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% reached a resistance of 271,236,211 and 192  $\text{kg/cm}^2$  respectively, and the standard mixture reached 279  $\text{kg/cm}^2$ . At 28 days, the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% reached a resistance of 303,272,230 and 204  $\text{kg/cm}^2$  respectively, and the standard mixture reached 342  $\text{kg/cm}^2$ .

The results obtained with Type V cement were as follows: After 3 days the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% reached a resistance of: 142,144,133 and 118  $\text{kg/cm}^2$  respectively, and the standard mixture reached 137  $\text{kg/cm}^2$ . At 7 days, the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% reached a resistance of: 165,164,158 and 152  $\text{kg/cm}^2$  respectively, and the standard mixture reached 192  $\text{kg/cm}^2$ . At 14 days, the substituted mixtures in the

order of 4, 8, 12 and 16% achieved a resistance of: 197.194.185 and 177 kg/cm<sup>2</sup> respectively, and the standard mixture reached 224 kg/cm<sup>2</sup>. At 21 days, the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% achieved a resistance of 231,225,206 and 187 kg/cm<sup>2</sup> respectively, and the standard mixture reached 265 kg/cm<sup>2</sup>. At 28 days, the substituted mixtures in the order of 4, 8, 12 and 16% achieved a resistance of: 269,259,213 and 194 kg/cm<sup>2</sup> respectively, and the standard blend reached 326 kg/cm<sup>2</sup>.

These results open windows to continue studies with different masses of substitution, and not only with RCCA, but also with other organic wastes that today are polluting the environment.

Keywords: cement, waste

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad Problemática

El concreto ha sido un elemento fundamental dentro de las construcciones a lo largo de la historia, la evolución en la utilización de este, ha dado con lo que hoy se conoce como un diseño de mezcla, el cual se compone principalmente de 4 elementos fundamentales, siendo estos: el Cemento, el Agua, Agregado Fino y Agregado Grueso.

Las obras de ingeniería que se realizan en la mayoría de los países desarrollados o medianamente desarrollados, utilizan como material de construcción el concreto en sus diversas formas. Como consecuencia debido al volumen de materiales que se extraen, procesan, elaboran y consumen, el impacto ambiental que se genera es importante.

Por su condición de estar constituido por materiales abundantes a lo largo del planeta, de fácil obtención, económico y de uso muy difundido y aceptado, es difícil pensar en alternativas viables, al menos en un futuro próximo, que modifiquen sensiblemente el consumo de cemento y agregados.

Las variaciones que se pueden obtener en cuanto a las propiedades del concreto, serán debido a las proporciones de cada uno de los materiales que se trabajan en el diseño de mezcla. Dando de esta manera, el costo, trabajabilidad, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a otros factores.

Es por esta razón que se expresa la importancia del debido manejo de todos los factores que influyen en el comportamiento del concreto, sea en su estado fresco o en su estado endurecido, que determinaran el debido diseño de mezcla a emplear, que a su vez permitirá que se cumplan los requerimientos planteados.

Es dentro de este contexto que aparece la concha de abanico *Argopecten purpuractus*, la cual es un producto abundante en el mar peruano, que cumple con propiedades características del cemento. Es por esto que se aprovechará dichas propiedades cementantes para sustituir en forma parcial al cemento, para así obtener un comportamiento competente o similar en comparación al diseño

original de la mezcla. Esto con la finalidad de obtener resultados que indique el comportamiento del concreto, planteando un nuevo diseño de mezcla experimental y poder clasificar qué uso se podría dársele a este.

### **1.2. Formulación del Problema**

El problema de investigación queda formulado de la siguiente manera:

¿En qué medida el uso de las propiedades cementantes de la concha de abanico permitirá sustituir el cemento y favorecer las propiedades físico-mecánicas del concreto?

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Evaluar el comportamiento mecánico y físico del concreto, a través de un diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  influenciado por la sustitución parcial del cemento portland tipo I y tipo V, por el material cementante de conchas de abanico en porcentajes del 4%, 8%, 12% y 16%.

#### **Objetivos Específicos**

- Realizar los estudios físico-químicos de la concha de abanico.
- Realizar los ensayos correspondientes a los agregados usados para este diseño de mezcla.
- Determinar los diseños de mezclas de concreto para los porcentajes al 4%, 8%, 12% y 16%.
- Analizar la influencia que puede ejercer el diferente criterio de sustitución utilizado para reemplazar el cemento Portland tipo I y tipo V, por la concha de abanico sobre las propiedades del concreto diseñado.
- Evaluar con base a los resultados de los ensayos obtenidos del concreto fresco y endurecido, la factibilidad alternativa de utilizar la concha de abanico como sustitución parcial del cemento.
- Hallar el costo por metro cúbico del concreto sin RCCA y con porcentajes de sustitución del 4%, 8%, 12% y 16%.

#### **1.4. Justificación**

La importancia de esta propuesta se sustenta en tres aspectos fundamentales:

- El primero es la reciente importancia que viene adquiriendo en contexto internacional y nacional la investigación sobre el uso de los residuos calcáreos de las conchas de abanico para aplicaciones tan diversas como pinturas naturales, dietas cálcicas para reducción de peso, fibras de vidrio antibacteriales y antifúngicas, materiales funcionales luminiscentes y con mayor intensidad como agregado en las mezclas de concreto para construcción.
- El segundo aspecto está relacionado con el carácter finito de los materiales naturales no renovables como la piedra caliza a partir de los cuales se fabrican los actuales cementos comerciales. Estos materiales tienden a un agotamiento en el tiempo, y dado su carácter finito, plantean desde una perspectiva futurista y medio ambiental investigar nuevos materiales de sustitución con nuevas y mejores características compatibles con el sostenimiento medio ambiental, como en el presente caso el posible aprovechamiento de residuos inorgánicos provenientes de las conchas de abanico, que es posible su permanencia en el tiempo desde un manejo empresarial con buenas prácticas de manejo ambiental.
- Por último, existe un aspecto energético y por ende de costos involucrado en el proceso. Los actuales productos cementantes se obtiene a través de procesos térmicos del orden de 1600°C, mientras que los productos cementantes provenientes de los residuos de conchas de abanico se estarían obteniendo a los 600°C, lo que implicaría una reducción de costos en la obtención de este material alternativo el cemento convencional.

#### **1.5. Antecedentes**

**Bach. Enciso Vásquez Humberto Samuel y Bach. Zegarra Iglesias Lenin Gianpierre (2013)**, en su tesis: "SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESIDUOS CALCAREOS DE CONCHAS DE ABANICO EN MEZLCLAS DE CONCRETO  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ", en una de sus conclusiones determina que no es posible obtener la calidad requerida al sustituir los RCCA por el cemento, debido a que los valores de las resistencias a compresión a los 28 días son inferiores a las

resistencias patrón (309 kg/cm<sup>2</sup>) y esto se debe a que mayor porcentaje de sustitución de los RCCA por el cemento las resistencias a compresión tienden a disminuir.

**Gerson Alfredo Anicama Acosta (2010)**, en su tesis: “ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EMPLEO DE MATERIALES DE DESECHO DE PROCESOS MINEROS EN APLICACIONES PRÁCTICAS CON PRODUCTOS CEMENTICIOS”, concluye que al proponer reemplazos de cemento en mezclas de concreto, de manera indirecta estamos contribuyendo con nuestro medio ambiente ya que la producción de cemento es una de las más contaminantes por su consumo de combustibles fósiles y la liberación de CO<sub>2</sub>.

**Julián, Manrique, Lizarzaburu, Campos y Zegarra (2010)**, reportan una investigación referente a la sustitución parcial del cemento en un 5% con residuos calcáreos de conchas de abanico en una mezcla de concreto, en la cual la resistencia de dicha mezcla a 28 días fue de 225.83 kg/cm<sup>2</sup> que es ligeramente superior a la resistencia de diseño que fue de 210 kg/cm<sup>2</sup>; resultado que motiva a la realización de investigaciones futuras referidas al tema. Además cabe señalar que en esta investigación reportan datos que a los 7 días de edad la resistencia de la mezcla sustituida al 5% tiene un valor de 177.95 kg/cm<sup>2</sup>, que está por encima del valor de resistencia de la mezcla estándar que es de 159.60 kg/cm<sup>2</sup> con respecto a las pruebas patrones que se contaba, lo que estaría indicando una potencialidad del nuevo material como acelerante en la mezcla de concretos.

**Julián y Rodríguez (2008)**, reportan un ensayo de mezclas de concreto en los que se ha remplazado parcialmente el elemento (fino e inerte) arena por conchas de abanico en polvo en un porcentaje arbitrario y referencial del 30%, obteniéndose como resultado resistencias del orden de 155 Kg/cm<sup>2</sup>. Es decir un 74% de una estándar de 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Esta referencia puntual es un resultado interesante que requiere mayor estudio y confirmación en la medida que podría significar una reducción de costos para una aplicación particular para un producto con las resistencias alcanzadas.

**Sakoda, Watanabe, Ishiyama y Saito (2003)** señalan que los volúmenes anuales de conchas de abanico en Japón son del orden de 300 000 toneladas y los correspondientes desperdicios calcáreos del orden de 150 000 toneladas al año. Por lo tanto estos residuos calcáreos lanzados a la intemperie generan efectos adversos del medio ambiente del suelo sobre los que son lanzados estos desechos. Desde esta perspectiva es que la utilización de estos residuos calcáreos en mezclas de concreto ha comenzado a ser estudiada recientemente en Japón. Sin embargo, las propiedades del concreto conteniendo residuos calcáreos de conchas de abanico no han sido del todo dilucidadas. Los resultados experimentales de este estudio en que se utilizó concreto hecho con cemento aglomerante compensado con residuos calcáreos de conchas de abanico se encontró que el peso unitario del concreto conteniendo conchas de abanico fue menor que del concreto ordinario. La velocidad de onda longitudinal del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue menor que el de concreto ordinario. La relación entre la dinámica del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión del concreto conteniendo conchas de abanico fue muy baja. La resistencia de compresión del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue de alrededor de 20 N/mm<sup>2</sup> o su equivalente a 203,87 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de secado.

**Blas, Avendaño y Prieto (2002)**, reportan una investigación sobre el aprovechamiento de residuos en el procesamiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía de Paracas. Sobre los compuestos que contienen los residuos calcáreos de las conchas de abanico este estudio señala que la eliminación de arenilla y tierra por procesos de lavado directo en agua corriente fue del orden del 2%, luego de secar y triturar las valvas fueron sometidas a procesos de calcinación a 600°C por cuatro horas obteniéndose 98% de carbonato de calcio (CaCO<sub>2</sub>); para luego ser sometidas a una segunda calcinación de cuatro horas adicionales a 800°C, obteniéndose 62% de óxido de calcio (CaO) a partir del carbonato de calcio, más otras sales cálcicas como CaSiO<sub>3</sub> y Ca(AlO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. Entre las posibles aplicaciones de estos productos se plantea los productos cerámicos y la industria del cemento.

### **1.6. Tipo de Estudio**

El tipo de investigación será aplicada con enfoque cuantitativo, porque utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población.

**Investigación Aplicada.** Esta clase de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, que como ya se dijo requiere de un marco teórico. En la investigación aplicada o empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas. (**Alba Lucía Marín Villada – año 2010**).

### **1.7. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación será Experimental, Transversal.

El tipo de investigación será Experimental, porque se justifica y fundamenta en las siguientes actividades:

- Se elaboraran probetas patrón de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , habiendo realizado previamente el diseño de mezcla con sus ensayos en el laboratorio respectivamente.
- Se elaboraran probetas experimentales de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , habiendo realizado previamente el diseño de mezcla con sus ensayos en el laboratorio respectivamente, con la particularidad de reemplazar el material aglomerante (cemento) en un 4, 8, 12 y 16% por el material cementante de las conchas de abanico.
- Realizaremos el ensayo de resistencia a la compresión de las probetas patrón y experimentales para medir efectivamente su resistencia a 3, 7, 14, 21 y 28 días de fraguado.

## 1.8. Identificación de Variables.

### Variable Independiente.

Los niveles de sustitución del cemento en 4%, 8%, 12% y 16% por el material cementante de la concha de abanico.

### Variable dependiente:

La resistencia a la compresión del concreto con la proporción sustituida del cemento por la concha de abanico.

## 1.9. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Para evaluar la resistencia a la compresión y las demás características del concreto fresco y endurecido en cuya mezcla se ha sustituido porcentualmente el cemento por el material cementante de las conchas de abanico, se tiene que realizar el diseño de mezcla, el cual requiere hacer la medición de los ensayos de sus materia primas, para lo cual emplearemos una guía de observación resumen para cada ensayo realizado, en dicha ficha se registraran los resultados obtenidos en las diferentes pruebas(repeticiones) que se desarrollen.

Los instrumentos a emplearse serán:

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento	Nivel de Investigación	Naturaleza de la Investigación	Ámbito de la Investigación
La Observación	Guía de Observación	Descriptivo Explicativo Correlacional	Prospectiva	Muestra de conchas de abanico seleccionadas aleatoriamente de la bahía Sechura

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

## **2.1. CONCRETO**

En la actualidad en el rubro de la construcción, el concreto es uno de los materiales existentes con mayor demanda debido a la diversidad que este presenta, permitiendo además un ahorro en costos de obra en las diferentes construcciones en las que se aplica dicho material, siendo necesario elaborar métodos que nos permitan obtener un óptimo rendimiento.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, los cuales conforman el cuerpo del material, creando una masa que al endurecer forma una roca artificial.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta.

El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento Portland, agua, agregados fino y grueso, y en algunos casos por aditivos los cuales hoy en día hay una variedad, que nos ofrecen un concreto con mejores características, los materiales utilizados deben cumplir con ciertas especificaciones las cuales avalen la calidad de los mismos.

### **Importancia del concreto**

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales.

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material.

### **Requisitos de las Mezclas**

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima.
- La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.
- El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

### **Composición del Concreto**

#### **La Pasta**

Aquella parte del concreto endurecido conocida como pasta comprende cuatro elementos fundamentales:

- El gel, nombre con el que se denomina al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento;
- Los poros incluidos en ella;
- El cemento no hidratado, si lo hay;
- Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre, que puedan haberse formado durante la hidratación del cemento.

Estos cuatro elementos tienen un papel fundamental en el comportamiento del concreto.

#### **Funciones de la Pasta**

La pasta tiene cuatro grandes funciones en el concreto:

- Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido.
- Separar las partículas de agregado.

- Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
- Proporcionar lubricación a la masa cuando ésta aún no ha endurecido.

### **Influencia de la Pasta en el Concreto**

Sin desconocer el papel fundamental que tiene el agregado en las características finales del concreto, el comportamiento de éste como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y propiedades finales de ella.

Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relación agua-material cementante y del grado de hidratación de éste; siendo mejores las propiedades del concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua-material cementante de una mezcla trabajable y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

Dependiendo el grado de hidratación del cemento de la reacción química entre éste y el agua, todas aquellas condiciones que favorezcan la hidratación tienen importancia en la influencia de la pasta en el concreto.

### **El Gel**

Se define como gel a la parte sólida de la pasta, la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

### **Composición**

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas, en su mayoría escamosas o fibrosas, el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfo.

En su composición el gel comprende:

- La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa.
- Hidróxido de calcio cristalino.
- Poros gel.

### **Comportamiento**

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto, especialmente en su resistencia y comportamiento elástico. Las razones de su resistencia aún no están claramente comprendidas, pero se acepta que intervienen dos clases de adherencias cohesivas: atracción física y adherencia química.

La atracción física es del tipo Van der Waal entre superficies de sólidos separados únicamente por los microscópicos poros gel. Esta adherencia es debida a la gran energía disponible en la superficie de las partículas de gel. Es una característica distintiva de éste el que sus fuerzas internas son pequeñas en comparación con sus fuerzas superficiales.

La adherencia química es igualmente una causa importante de cohesión. Dado que el gel tiene capacidad de esponjamiento limitada, debido a que sus partículas no pueden dispersarse por adición de agua, es evidente que ellas están unidas por fuerzas químicas, siendo la ligazón de los tipos iónico y covalente.

### **Hidratación y Curado del Concreto**

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad, condiciones de curado favorables y tiempo.

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperaturas tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

### **Porosidad de la Pasta**

Existen en la pasta cantidades variables de espacios vacíos, denominados poros, los cuales no contienen materia sólida aunque, bajo determinadas circunstancias, algunos de ellos podrían estar parcial o totalmente llenos de agua.

Se clasifican en:

- **Poros por Aire Atrapado**

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire, del orden del 1%, es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa del concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación o compactación. Los espacios que este aire forma en la masa de concreto se conocen como poros por aire atrapado. Son parte inevitable de toda pasta.

Los poros por aire atrapado varían en tamaño desde aquellos que no son perceptibles a simple vista hasta aquellos de un centímetro o más de diámetro. Su perfil puede ser irregular y no necesariamente están interconectados.

La presencia de los poros de aire atrapado es inevitable pero inconvenientemente dado que contribuyen a la disminución de la resistencia y durabilidad del concreto, pudiendo adicionalmente incrementar la permeabilidad.

- **Poros por Aire Incorporado**

Fundamentalmente por razones de incremento en la durabilidad del concreto, por incremento en la protección de la pasta contra los procesos de congelación del agua en el interior de la misma, se puede incorporar en forma intencional, mediante el empleo de aditivos químicos, minúsculas burbujas de aire las cuales se conocen como poros por aire incorporado.

Las burbujas de aire incorporado son generalmente de perfil esférico, con diámetros variables que corresponden a un valor promedio de 0,08 a 0,10 mm. Su volumen en la unidad cubica de concreto puede ocupar hasta más del 5% de la misma, pudiendo encontrarse en un concreto con 5% de aire incorporado valores del orden de 330 mil burbujas de aire por centímetro cúbico de pasta.

La razón principal del empleo de las burbujas de aire incorporado es que este sistema de poros el cual está muy estrechamente espaciado permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran número de cámaras en las que se puede congelar el agua presente en los poros capilares, evitando que la tensión generada por la conversión de agua a hielo contribuya a agrietar el concreto.

El principal inconveniente de la presencia de burbujas de aire en la mezcla de concreto es que éstas, al incrementar la porosidad, tienden a disminuir las

resistencias mecánicas en un 5% por cada 1% de aire incorporado. Esta disminución es más significativa en las mezclas ricas y tiende a disminuir conforme la mezcla es más pobre, ello principalmente debido a que al mejorar las propiedades al estado fresco permiten una reducción en el contenido de agua con la consiguiente reducción en la relación agua-cemento.

- **Poros capilares**

Se define como poros capilares a los espacios originalmente ocupados por el agua en el concreto fresco, los cuales en el proceso de hidratación del cemento no han sido ocupados por el gel.

El gel sólo puede desarrollarse en los espacios originalmente llenos de agua. Por tanto, si la relación agua-cemento es alta o el curado es pobre, la cantidad de espacios ocupables por el gel será alta y sólo una parte de ellos será ocupada por el gel durante el proceso de hidratación, quedando los espacios residuales en la condición de poros capilares.

Los poros capilares no pueden ser apreciados a simple vista, varían en perfil y forman un sistema, en muchos casos interconectado, distribuido al azar a través de la pasta. En la pasta en proceso de formación los espacios llenos de agua son continuos. Conforme progresa la hidratación los capilares son separados por el gel al comenzar a ocupar éste los espacios originalmente llenos de agua, pudiéndose llegar a un sistema parcialmente discontinuo, el cual definitivamente se presenta en relaciones agua-cemento bajas. En la práctica nunca se llega a un sistema totalmente discontinuo aún en relaciones agua-cemento tan bajas como 0.45.

La importancia de los poros capilares radica en que, conforme aumenta su número:

- Disminuyen las resistencias mecánicas de la pasta endurecida.
- Aumentan la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta
- Aumenta la vulnerabilidad de la pasta al ataque por acción de las bajas temperaturas sobre el concreto.

Este último punto es de gran importancia dado que los poros capilares son los principales responsables de la vulnerabilidad de la pasta al ataque de las heladas debido a que están en capacidad de contener agua que puede congelarse. Esta agua al pasar al estado sólido debido a las bajas temperaturas incrementa su volumen en un 9%, originando esfuerzos de tensión que el concreto no está en capacidad de soportar, aumentando con ello la capacidad de deterioro del mismo.

- **Poros Gel**

Durante el proceso de formación de gel quedan atrapados dentro de éste totalmente aislados unos de otros, así como del exterior, un conjunto de vacíos a los cuales se les conoce con el nombre de poros gel.

Estos poros se presentan en el gel en forma independiente de la relación agua-cemento y el grado de hidratación de la pasta, ocupando aproximadamente el 28% de la misma.

Los poros gel tienen un diámetro muy pequeño, del orden de aproximadamente 0.0000010 mm, equivalente al de las moléculas de agua. Debido a su muy pequeño diámetro el agua no congela en ellos. Estos poros no están interconectados.

### **Importancia de la Porosidad**

El agua presente en los poros gel está tan firmemente unida que no se evaporará bajo condiciones de secado que eliminarían casi toda el agua de los poros mayores. Esta agua puede ser considerada para efectos prácticos como agua químicamente combinada.

En el caso de los poros por aire atrapado, estos tienen tan baja propensión a retener agua que pueden considerarse virtualmente vacíos.

Los poros de aire incorporado, cuyo rango de diámetros está entre el de los poros capilares y el de los poros gel, no retienen agua ni están interconectados, pudiéndose considerar como virtualmente vacíos.

El contenido de agua de los poros capilares se incrementa o disminuye por humedecimiento o secado del concreto, siendo el agua más fácilmente removible por secado conforme el capilar aumenta de diámetro.

## **EL AGREGADO**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto.

### **Clasificación**

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el Tamiz N<sup>o</sup> 200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas.

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el Tamiz N<sup>o</sup> 4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada.

Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de cantera.

### **Funciones del Agregado**

- Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica de concreto.

- Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

## **PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CONCRETO**

### **Trabajabilidad**

La principal propiedad del concreto en estado fresco es la que se designa como “Trabajabilidad” y que de acuerdo con el Comité ACI 116, es “aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado”. Ante la vaguedad de esta definición, y el hecho de que el concepto es muy amplio e involucra aspectos del concreto fresco relacionados con todas las operaciones que se realizan con este, no se ha llegado a establecer un procedimiento único y confiable para medir la Trabajabilidad de las mezclas de concreto.

Por ello ha sido necesario recurrir a otras propiedades del concreto fresco como el revenimiento o “slump”, que es una característica propia de cada mezcla de concreto, que se evalúa directamente con relativa facilidad y exactitud, y que permite juzgar su habilidad para comenzar a fluir exclusivamente por fuerzas de gravedad.

Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son:

- 1) El método y la duración del transporte.
- 2) Cantidad y características de los materiales cementantes.
- 3) Consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento)
- 4) Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos.

- 5) Aire incluido
- 6) Cantidad de agua
- 7) Temperatura del concreto y ambiente.

Las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, segregación, movilidad, bombeabilidad, sangrado (exudación) y facilidad de acabado. La consistencia es considerada una buena indicación de trabajabilidad. El revenimiento (asentamiento en cono de Abrams) se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene consistencia rígida o seca. Si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla. Sin embargo, no debe suponerse que una mezcla más húmeda y fluida es más trabajable. Si la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles.

### **Segregación**

Es la separación de los diferentes componentes de una mezcla fresca compuesta de elementos de tamaños y pesos heterogéneos, las partículas mayores que también suelen ser las más pesadas tienden asentarse en el fondo de su lugar de transporte o colocación y las finas y livianas ascienden a la superficie. Esto se produce cuando la cohesión interna entre los constituyentes del hormigón no es la adecuada, es peligroso entonces llenar un encofrado o un molde con un material de estas condiciones. La segregación hace que el concreto sea: más débil, menos durable, y dejará un pobre acabado de superficie. La segregación produce que disminuya la resistencia y la durabilidad del concreto. Puede producir fisuras y agujeros, afectando la resistencia y el acabado de un elemento estructural.

### **Tipos de segregación**

**Primero**, cuando las partículas gruesas tienden a separarse por desplazamiento sobre los taludes de la mezcla amontonada o porque se asientan más que las partículas finas por acción de gravedad, esta generalmente ocurre en mezclas secas y poco cohesivas.

**Segundo**, cuando se separa la pasta (cemento y agua) de la mezcla lo cual ocurre en mezclas húmedas y con pasta muy diluida.

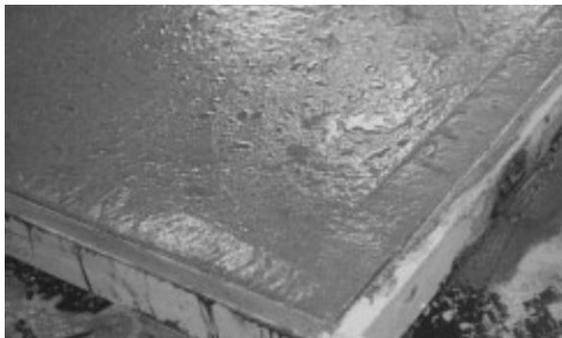
### **Exudación**

Sangrado (exudación) es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie.

El sangrado es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por retracción plástica. Por otro lado, la excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una camada superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente. Los vacíos y bolsas de agua pueden ocurrir, resultantes del acabado prematuro de la superficie.

Después que toda el agua de sangrado (exudación) se evapore, la superficie endurecida va a ser un poco más baja que la superficie recién colocada. Esta disminución de la altura desde el momento de la colocación (puesta, colocado) hasta el inicio del fraguado se llama retracción por sedimentación.

La tasa de sangrado (exudación) y la capacidad de sangrado (sedimentación total por unidad de peso del concreto original) aumentan con la cantidad inicial de agua, altura del elemento de concreto y presión. El uso de agregados de granulometría adecuada, ciertos aditivos químicos, aire incluido, materiales cementantes suplementarios y cementos finos reduce el sangrado.



Agua de sangrado (exudación) en la superficie del concreto recién colado en la losa.

### **Velocidad de exudación**

Es la velocidad con la que el agua se acumula en la superficie del concreto.

### **Volumen total de exudado**

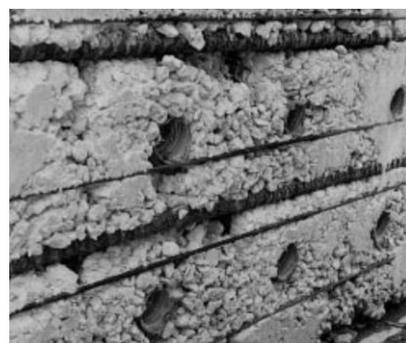
Es el volumen total de agua que aparece en la superficie de concreto.

### **Método de ensayo**

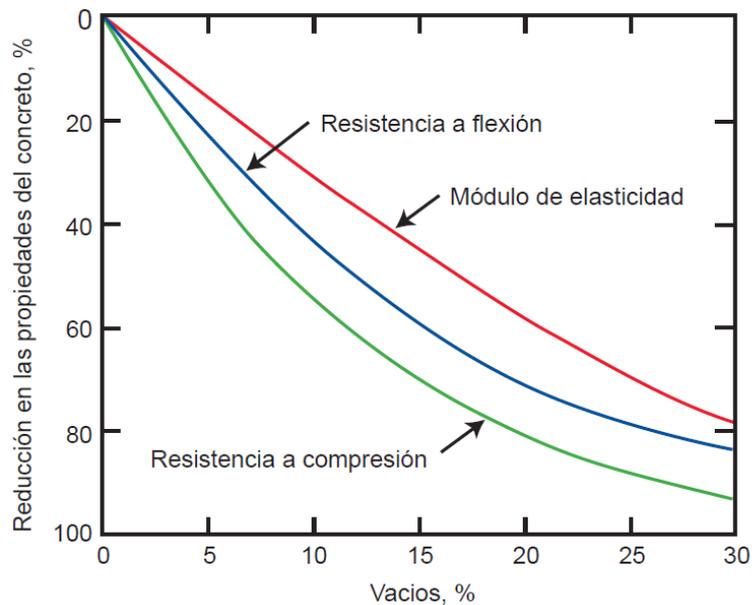
Un ensayo muy sencillo se utiliza para cuantificar la exudación y consiste en llenar de concreto un molde en tres capas con 25 golpes, cada capa dejándose una pulgada libre en la parte superior. Terminado de llenar el molde empezará el fenómeno de exudación, haciéndose lecturas del volumen parcial de agua exudada cada 10 minutos durante los primeros 40 minutos y cada 30 minutos hasta que deje de exudar.

### **Consolidación**

La vibración mueve la partículas de concreto recién mezclado, reduce el rozamiento (fricción) entre ellas y les da la movilidad de un fluido denso. La acción vibratoria permite el uso de mezclas más rígidas con mayores proporciones de agregado grueso y menores proporciones de agregados finos. Si el agregado es bien graduado, cuanto mayor es su tamaño máximo, menor es el volumen para llenarse por la pasta y menor es el área superficial para ser cubierta por la pasta, así menos agua y cemento son necesarios. El concreto con la granulometría óptima del agregado es más fácil de consolidarse y colocarse. La consolidación del agregado grueso, bien como de mezclas más rígidas mejoran la calidad y la economía. Por otro lado, la mala consolidación puede resultar en un concreto poroso y débil con poca durabilidad.



*Una buena consolidación (superior) es necesaria para lograrse un concreto denso y durable. Una consolidación pobre (inferior) puede resultar en corrosión temprana de la armadura (refuerzo) y baja resistencia a compresión.*



*Efecto de los vacíos, resultantes de la carencia de consolidación, sobre el módulo de elasticidad, resistencia a compresión y resistencia a flexión del concreto.*

## Peso Unitario

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico, (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varían de 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>. La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado) se aumenta la densidad. En el diseño del concreto armado, la masa volumétrica de la combinación del concreto con la armadura normalmente se considera 2400 kg/m<sup>3</sup>.

El peso del concreto seco es igual al peso de los ingredientes del concreto fresco menos el peso del agua evaporable. Parte del agua de la mezcla combina químicamente con el cemento durante el proceso de hidratación, transformando el cemento en un gel de cemento. Además, parte del agua permanece fuertemente

retenida en los poros y en los capilares y no se evapora bajo las condiciones normales. La cantidad del agua de mezclado que se evaporará del concreto expuesto en un ambiente con humedad relativa del 50% es cerca del ½% al 3% del peso del concreto; la cantidad real depende del contenido inicial de agua, de las características de absorción de los agregados y del tamaño y forma de los miembros del concreto.

### **Resistencia Mecánica**

La resistencia mecánica del concreto endurecido ha sido tradicionalmente la propiedad más identificada como su comportamiento como material de construcción.

En términos generales, la resistencia mecánica, que potencialmente puede desarrollar el concreto, depende de la resistencia individual, de los agregados y de la pasta de cemento endurecida así como, de la adherencia que se produce en ambos materiales. En la práctica, habría que añadir a estos factores el grado de densificación logrado en la mezcla ya que, como ocurre con otros materiales, la proporción de vacíos en el concreto endurecido tiene un efecto decisivo en su resistencia.

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados ( $\text{kg/cm}^2$ ), mega pascales (MPa) a una edad de 28 días. Un mega pascal equivale a la fuerza de un newton por milímetro cuadrado ( $\text{N/mm}^2$ ) o 10.2 kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado. Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días son aproximadamente 10% y 15% mayores que la resistencia a los 28 días.

La resistencia a compresión es una propiedad principalmente física y frecuentemente usada en los cálculos para diseños de puentes, edificios y otras estructuras.

La resistencia a flexión o el módulo de ruptura se usa en el diseño de pavimentos u otras losas sobre el terreno. La resistencia a compresión, la cual es más fácil de medir que la resistencia a la flexión, se puede usar como un índice de resistencia a flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados. La resistencia a flexión de concretos de peso normal es normalmente de 0.7 a 0.8 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en Mpa o de 1.99 a 2.65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en Kg/cm<sup>2</sup>.



*Ensayo a compresión de cilindro de concreto de 150 x 300 mm (6 x 12 pulg.); la carga en el ensayo es registrada en la*

## **Durabilidad**

La durabilidad del concreto se puede definir como la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería. Los diferentes tipos de concreto necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables. Los componentes del concreto, la proporción de éstos, la interacción entre los mismos y los métodos de colocación y curado determinan la durabilidad final y la vida útil del concreto.

### **Factores que afectan la durabilidad del concreto**

Los factores que afectan la durabilidad del concreto, son aquellos que producen el deterioro del mismo.

- 1) Congelamiento y Deshielo
- 2) Ambiente químicamente agresivo

### 3) Abrasión

#### 1) Congelamiento y deshielo

**El congelamiento y deshielo**, constituye un agente de deterioro que ocurre en los climas en que la temperatura desciende hasta provocar el congelamiento del agua contenida en los poros capilares del concreto.

En términos generales el fenómeno se caracteriza por introducir esfuerzos internos en el concreto que pueden provocar su figuración reiterada y la consiguiente desintegración.

Este fenómeno, se da tanto a nivel de la pasta de cemento, como en los agregados de manera independiente, así como en la interacción de ambos por lo que su evaluación debe abordar cada uno de estos aspectos.

**Efecto en la pasta de cemento**, existe dos teorías que explica el efecto en el concreto. La primera se denomina de “presión hidráulica”, que considera que dependiendo del grado de saturación de los poros capilares y poros del gel, la velocidad de congelación y la permeabilidad de la pasta, al congelarse el agua en los poros ésta aumenta de volumen y ejerce presión sobre el agua aún en estado líquido, ocasionando tensiones en la estructura resistente. Si estas tensiones superan los esfuerzos últimos de la pasta, se produce la rotura.

La segunda teoría llamada de “presión osmótica” asume las mismas consideraciones iniciales de la anterior pero supone que al congelarse el agua en los poros cambia la alcalinidad del agua aún en estado líquido, por lo que tiende a dirigirse hacia las zonas congeladas de alcalinidad menor para entrar en solución lo que genera en una presión osmótica del agua líquida sobre la sólida ocasionando presiones internas en la estructura resistente de la pasta con consecuencias similares al caso anterior.

Bajo ambas teorías al producirse el descongelamiento o deshielo, se liberan las tensiones y al repetirse este ciclo muchas veces se produce la rotura por fatiga de la estructura de la pasta, si es que no se produjo inicialmente.

**Efecto en los agregados,** En los agregados existe evidencia de que por los tamaños mayores de los poros capilares se producen generalmente presiones hidráulicas y no osmóticas; con esfuerzos internos similares a los que ocurren en la pasta de cemento, existiendo indicios que el Tamaño máximo tiene una influencia importante, estimándose que para cada tipo de material existe un Tamaño máximo por debajo del cual se puede producir el congelamiento confinado dentro del concreto sin daño interno en los agregados. Por otro lado cuando menor sea la capacidad del agregado para absorber agua, menor será el efecto del congelamiento interno de la misma que tienen baja durabilidad ante la acción de ciclos de congelación, son aquellos con un grado de porosidad de moderado a alto, lo que les permite retener y mantener un grado de saturación relativamente alto, cuando se encuentran incorporados ya en el concreto.

**Efecto entre la pasta y los agregados,** Existe la denominada “Teoría Elástica” que considera un efecto mixto de los agregados sobre la pasta; ya que al congelarse el agua dentro de ellos se deforman elásticamente sin romperse por tener una estructura más resistente que la del cemento y ejercen presión directa sobre la pasta generando tensiones adicionales a las ocasionadas en el cemento independientemente.

### ***Control de la durabilidad frente al congelamiento y deshielo***

#### **a) Aditivos incorporados de aire**

En concretos normales, existe un promedio de 1% de poros de aire atrapado, los cuales no son suficientes para evitar el deterioro del concreto cuando el agua llega a congelarse en los poros saturados del mismo. Ello es debido a que los poros de aire atrapado no se encuentran lo suficientemente cerca de todos los poros capilares, en los que el hielo puede formarse y por tanto no son una ayuda segura en el control de los esfuerzos resultantes.

El principio de los incorporadores de aire, consiste en introducir una estructura adicional de vacíos no interconectados, que permiten asimilar los desplazamientos generados por el congelamiento eliminando las tensiones. Para que sea realmente efectivo el control del efecto de congelamiento y deshielo, se requiere que la distancia máxima que debe existir entre las partículas de la pasta

y los vacíos introducidos por el incorporador de aire, sea de 0.2 mm, al cual se le denomina “Factor de espaciamiento”.

El aire incorporado, al aumentar la porosidad de la pasta, causa reducción en las resistencias mecánicas del concreto; pero el incremento de la trabajabilidad permite disminuir los contenidos de agua y agregado fino de mezcla, reduciendo así la pérdida de resistencia.

### **b) Curado**

No se puede pensar que sólo con los aditivos incorporadores de aire se soluciona el problema, si no le damos al concreto la posibilidad de desarrollar resistencia, de nada servirá la precaución anterior entre la fatiga que va produciendo la alternancia de esfuerzos en los ciclos de hielo y deshielo.

Para que el concreto tenga un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, debe curarse, como referencia, a una temperatura de por lo menos 13°C para un elemento de 30cm. de espesor y 5°C para espesores del orden de 1.80m.; por lo que debe procurarse mantener la temperatura adecuada mediante elementos aislantes que impidan que pierden calor y/o se evapore el agua, o se congele hasta que haya desarrollado al menos 35 Kg/cm<sup>2</sup>.

Hay que recordar siempre el principio básico que se desprende de comprender el mecanismo de hidratación del cemento y que consiste en que las reacciones químicas necesitan agua, espacio para desarrollar los productos de hidratación, cierta temperatura y tiempo.

Mientras se controle los factores mencionados mediante el curado, se asegurará el desarrollo completo de las propiedades del concreto y favoreceremos a la durabilidad.

En conclusión, el uso de los aditivos incorporadores de aire debe ir complementado con un buen curado que asegure el desarrollo de resistencia.

### **c) Diseños de mezcla**

Los diseños de mezcla deben ejecutarse buscando concretos con la menor permeabilidad posible, lo cual se logra reduciendo la relación agua/cemento a

mínimo compatible con la trabajabilidad para lo cual el ACI recomienda relaciones entre 0.45 y 0.50.

Los aditivos incorporadores de aire, tienen un efecto mínimo en combatir el congelamiento en los agregados, para lo cual es útil el ensayo de durabilidad de los agregados, que da una idea del comportamiento ante el intemperismo.

## **2) Ambiente químicamente agresivo**

El concreto es un material que en general tiene un comportamiento satisfactorio ante diversos ambientes químicamente agresivos.

El concepto básico reside en que el concreto es químicamente inalterable al ataque de agentes químicos que se hallan en estado sólido.

Para que exista alguna posibilidad de agresión, el agente químico debe estar en solución en una cierta concentración y además tener la opción de ingresar en la estructura de la pasta durante un cierto tiempo, es decir debe haber un cierto flujo de la solución concentrada hacia el interior del concreto y este flujo debe mantenerse un tiempo suficiente para que se produzca la reacción.

Este marco de referencia reduce pues las posibilidades de ataque químico externo al concreto, sin embargo existen agentes que incrementan la posibilidad de deterioro como son: las temperaturas elevadas, velocidades de flujo altas, mucha absorción y permeabilidad, el curado deficiente y los ciclos de humedecimiento y secado.

Los ambientes agresivos usuales están constituidos por el aire, agua y suelos contaminados que entran en contacto con las estructuras de concreto.

Se puede decir pues que el concreto es uno de los materiales que demuestran mayor durabilidad frente a ambientes químicamente agresivos, ya que si se compara estadísticamente los casos de deterioro con aquellos en que mantiene sus condiciones iniciales pese a la agresividad, se concluye que estos casos son excepcionales.

Dentro de este panorama, los compuestos que por su disponibilidad en el medio ambiente producen la mayoría de casos de ataque químico al concreto están constituidos por cloruros y sulfatos.

### **3) Abrasión**

Se define la resistencia a la abrasión como la habilidad de una superficie de concreto a ser desgastada por roce y fricción. Este fenómeno se origina de varias maneras, siendo las más comunes las atribuidas a las condiciones de servicio, como son el tránsito de peatones y vehículos sobre las veredas y losas, el efecto del viento cargado de partículas sólidas y el desgaste producido por el flujo continuo de agua.

En la mayoría de los casos, el desgaste por abrasión no ocasiona problemas estructurales, sin embargo puede traer consecuencias en el comportamiento bajo las condiciones de servicio o indirectamente propiciando el ataque de algún otro enemigo de la durabilidad (agresión química, corrosión, etc), siendo esto último más evidente en el caso de las estructuras hidráulicas.

#### **Factores que afectan la resistencia a la abrasión del concreto**

El factor principal reside en qué tan resistente es desde el punto de vista estructural o mecánico, la superficie expuesta al desgaste.

Se han desarrollado varias maneras de medir el desgaste o la resistencia a la abrasión, a nivel de laboratorio como a escala natural; pero los resultados son bastante relativos pues ninguna de ellas puede reproducir las condiciones reales del uso de las estructuras, ni dar una medida absoluta en términos numéricos que puede servir para comparar condiciones de uso o concretos similares; por lo tanto el mejor indicador es evaluar principalmente factores como la resistencia en compresión, las características de los agregados, el diseño de mezcla, la técnica constructiva y el curado.

#### **Recomendaciones para el control de la abrasión**

Teniendo claros estos conceptos, es obvio que en la medida que desarrollemos las capacidades resistentes de la capa de concreto que soportará la abrasión, lograremos controlar el desgaste.

Se estima que la superficie aludida debe tener una resistencia en compresión mínima de  $280 \text{ kg/cm}^2$  para garantizar una durabilidad permanente respecto a la abrasión, lo cual indica que es necesario emplear relaciones agua/ cemento bajas, el menor slump compatible con la colocación eficiente, agregados bien graduados y que cumplan con los límites ASTM C-33 para gradación y abrasión, así como la menor cantidad posible de aire atrapado.

Al margen de estas precauciones previas a la producción, está demostrado que un elemento fundamental en el resultado final la constituye la mano de obra y la técnica de acabado.

Cuando se procede a realizar el acabado sin permitir la exudación de la mezcla, la capa superficial se vuelve débil al concentrarse el agua exudada, incrementándose localmente la relación agua/ cemento.

Se considera que en condiciones normales, el acabado debe ejecutarse alrededor de las dos horas luego de la colocación del concreto y habiéndose eliminado al agua superficial.

La cantidad de energía que pone el operario en el proceso de acabado tiene relación directa en el grado de compactación de la superficie habiéndose comprobado experimentalmente una gran diferencia cuando éste trabajo se ejecuta con acabadoras mecánicas (de uso no muy corriente en nuestro medio).

Es usual apreciar la costumbre generalizada de espolvorear cemento sobre la superficie húmeda con objeto de “secarla” y terminar antes con el acabado, lo cual constituye una práctica negativa si aún continua la exudación, pues la película de cemento actúa como una barrera impermeable reteniendo el agua y favoreciendo que disminuye localmente la relación agua/ cemento.

Si este procedimiento se efectúa luego de la exudación y se integra el cemento o un mortero seco con el resto de la pasta, el efecto es muy beneficioso pues se consigue reducir localmente la relación agua/ cemento e incrementa la resistencia, por lo que el concepto básico está en la oportunidad en que se hace esto y no en la acción misma.

Otra precaución importantísima está constituida por la técnica de curado, pues de nada sirve tener materiales y un diseño de mezcla excelentes si luego no propiciamos las condiciones para que desarrolle la resistencia, y que son temperatura y humedad adecuadas. El curado debe iniciarse después de concluido el acabado superficial siendo recomendable mantenerlo no menos de 7 días cuando se emplea cemento Tipo I y un tiempo mayor si se emplea cementos de desarrollo lento.

Las técnicas convencionales de curado, como son el riego continuo o las “arroceras” son alternativas simples y efectivas si se aplican bien y con continuidad.

Una técnica probada mundialmente, que mejora notablemente la resistencia a la abrasión de las superficies de concreto consiste en emplear el denominado “concreto fibroso”.

## 2.2. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO

<b>NORMAS ASTM / NTP</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>
<b>ASTM C172 / NTP 339.036</b>	Práctica estándar para el muestreo del concreto fresco.
<b>ASTM C 1064 / NTP 339.184</b>	Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).
<b>ASTM C 143 / NTP 339.035</b>	Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.
<b>ASTM C 138 / NTP 339.046</b>	Método de ensayo estándar para determinar por medio del método gravimétrico la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del hormigón (concreto).
<b>ASTM C 231 / NTP 339.083</b>	Método de ensayo estándar, para determinar por el método de presión, el contenido de aire del concreto recién mezclado.
<b>ASTM C173 / NTP 339.081</b>	Método de ensayo estándar para determinar por el método volumétrico el contenido de aire del concreto recién mezclado.
<b>ASTM C 31 / NTP 339.033</b>	Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.
<b>ASTM C 617 / NTP 339.037</b>	Práctica normalizada para el refrentado de

	testigos cilíndricos de concreto.
<b>ASTM C 39 / NTP 339.034</b>	Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto.
<b>ASTM C 78 / NTP 339.078</b>	Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en los tercios del tramo.
<b>ASTM C 1231/ NTP 339.216</b>	Método para la utilización de cabezales con almohadillas de neopreno en el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

**Tabla. Ensavos del Concreto Fresco v**

## 2.2. CEMENTO

### Definición

La palabra cemento es nombre de varias sustancias adhesivas. Deriva del latín caementum, porque los romanos llamaban opus caementitium (obra cementicia) a la grava y a diversos materiales parecidos al concepto que usaban en sus morteros, aunque no eran la sustancia que los unía.

El Cemento Hidráulico es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava u otros materiales, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, desarrolla su resistencia y conserva su estabilidad.

### Fabricación del cemento

La fabricación del cemento Portland se da en tres fases:

- Preparación de la mezcla de las materias primas
- Producción del Clinker
- Preparación del cemento.

Las materias primas para la producción del portland son minerales que contienen:

- Óxido de calcio (61% - 76%),
- Óxido de silicio (20 % - 27%),
- Óxido de aluminio (4% - 7%),
- Óxidos de hierro (2 % - 4%)
- Óxido de manganeso (1 % - 5%).

**Tabla. Fuentes de las Materias Primas Usadas y la Fabricación del Cemento Portland**

<u>Cal, CaO</u>	<u>Hierro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>Sílice SiO<sub>2</sub></u>	<u>Alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>Yeso o Sulfato, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O</u>
Desechos industriales	Polvo de humo de horno de fundición	Silicato de calcio	Mineral de aluminio*	Anhidrita
Aragonita*		Roca calcárea	Bauxita	Sulfato de calcio
Calcita*	Arcilla*	Arcilla*	Roca calcárea	Yeso*
Polvo del horno de cemento	Mineral de hierro*	Ceniza volante	Arcilla*	
Roca calcárea	Costras de laminado*	Greda	Escoria de cobre	
Creta	Lavaduras de mineral	Caliza	Ceniza volante*	
Arcilla	Cenizas de pirita	Loes	Greda	
Greda	Esquisto	Marga*	Granodiorita	
Caliza*		Lavaduras de mineral	Caliza	
Mármol		Cuarcita	Loes	
Marga*		Ceniza de arroz	Lavaduras de mineral	
Coquilla		Arena*	Esquisto*	
Esquisto*		Arenisca	Escoria	
Escoria		Esquisto*	Estauroлита	
		Escoria		
		Basalto		

Nota: Muchos subproductos industriales tienen potencial como materia prima para la producción del cemento Portland.

\* Las fuentes más comunes

### Tipos de cementos Portland

- TIPO I: cemento de uso general, no se requiere de propiedades y características especiales
- TIPO II: Resistente a ataque moderado de sulfatos, como por ejemplo en las tuberías de drenaje (muros de contención, pilas, presas)
- TIPO III: Altas resistencias a edades tempranas, a 3 y 7 días
- TIPO IV: Muy bajo calor de hidratación (Presas)
- TIPO V: Muy resistente a acción de los sulfatos (Plataforma marina)

### Propiedades del Cemento Portland

Densidad: La densidad del cemento Portland varía generalmente entre 2,90 y 3,20 g/cm<sup>3</sup>. Dependiendo básicamente de la cantidad y densidad del material

puzolánico que se adicione. La densidad de un cemento no indica la calidad del mismo, su uso principal radica en dosificación y control de mezclas.

**Finura:** La importancia de la finura en el cemento radica en que a mayor finura el cemento desarrolla mayor resistencia pero desprende más calor; esto es debido principalmente, a que granos gruesos pueden durar varios años en hidratarse, e inclusive no llegar jamás a realizarlo totalmente, mientras que, cuanto más fino sea el cemento, mayor será la cantidad de material que se hidrata, ya que la superficie total en contacto con el agua es mucho más grande. Al hidratarse un mayor porcentaje de la masa total del cemento, ésta masa reacciona, logrando un desarrollo más alto de resistencia, pero como desprende calor al realizar este proceso, también será mayor la cantidad de calor desprendido.

**Consistencia normal:** Con el propósito de poder determinar algunas propiedades del cemento como tiempos de fraguado o estabilidad volumétrica, se debe realizar una mezcla de cemento y agua llamada pasta; puesto que las propiedades de la pasta se ven afectadas por las cantidades de cada uno de los componentes que entrar a formar parte de la mezcla, se debe preparar una pasta “normalizada”, la cantidad de agua necesaria para que la hidratación del cemento sea lo más exacta posible, ésta pasta se denomina de consistencia normal.

**Fraguado:** Fraguado se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere alguna resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado de endurecimiento, pues este último término se refiere al aumento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.

**Falso Fraguado:** Se da el nombre de falso fraguado a una rigidez prematura y anormal del cemento, que se presenta dentro de los primeros minutos después de haberlo mezclado con agua. El falso fraguado se pone en evidencia por una gran pérdida de plasticidad, sin generar mucho calor poco después. Cuando esta pasta endurecida se remezcla, sin adicionar agua, su plasticidad se recupera y fragua normalmente sin pérdida de resistencia.

**Estabilidad Volumétrica:** El cemento que muestra grandes expansiones luego del fraguado se conoce con el nombre de cemento expansivo, este es el peor defecto que puede presentar un cemento, pues las obras hechas con él, quedan seriamente amenazadas.

**Calor de Hidratación:** El calor de hidratación es el calor generado cuando reaccionan el cemento y el agua. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento, a tasa de generación de calor la afecta la finura y temperatura de curado, así como la composición química.

<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>% A LOS 7 DIAS</b>
I	100
II	80 - 85
II	Hasta 150
IV	40- 60
V	60 - 65

Calor de hidratación para los diferentes tipos de cemento, expresado como un porcentaje de la cantidad de calor liberado por el cemento Portland tipo I, a los 7 días.

**Resistencia del Cemento:** La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulte más obvia en cuanto a los requisitos de usos estructurales. Por lo tanto no es sorprendente que las pruebas de resistencia estén en todas las especificaciones del cemento.

La resistencia del cemento es el resultado de un proceso de hidratación. Este proceso químico trae como resultado una recristalización de partículas entrelazadas que producen el cemento en vía de hidratación (gel-cemento), el cual tiene una elevada resistencia a la compresión cuando se endurece.

La resistencia de cemento Pórtland en un principio es más alto con porcentajes elevados de Silicato Tricálcico  $C_3S$ . Si el curado húmedo es continuo, los niveles de resistencia posteriores serán mayores. El Aluminato Tricálcico  $C_3A$  contribuye

al desarrollo de la resistencia durante el primer día después de colocado el concreto debido a que es lo más próximo a hidratarse.

Cuando el cemento Pórtland se combina con agua durante su fraguado y endurecimiento, se libera cal de alguno de los compuestos. La cantidad de cal liberada es aproximadamente el 20% del peso del cemento. Bajo condiciones desfavorables, esto puede causar la disgregación de una estructura por causa de la acción disolvente de la cal con el cemento. Tal situación deberá prevenirse adicionando al cemento mineral de silicio tal como la puzolana. El material adicionado reacciona con la cal en presencia de humedad para producir un silicato de calcio fuerte.

<b>Componente</b>	<b>Nivel de Reacción</b>	<b>Calor Liberado</b>	<b>Contribución al valor último de la resistencia del cemento</b>
Silicato Tricálcico C <sub>3</sub> S	Medio	Medio	Medio
Silicato Dicálcico C <sub>2</sub> S	Bajo	Pequeño	Bueno
Aluminato Tricálcico C <sub>3</sub> A	Rápido	Grande	Pobre
Aluminoferrato Tetracálcico C <sub>4</sub> AF	Lento	Pequeño	Pobre

**Tabla. Contribución de los componentes a la resistencia del cemento**

El tamaño de las partículas de cemento tiene una fuerte influencia en el nivel de reacción del cemento con el agua. Para un peso dado de un cemento finamente molido, el área de superficie de las partículas es mayor que para un cemento burdamente molido. Este resultado en un mayor nivel de reacción con el agua y en un proceso de endurecimiento más rápido para grandes áreas de superficie.

### **COMPOSICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND**

Luego del proceso de formación del Clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852 y que son los que define el comportamiento del cemento hidráulico:

**a) Silicato Tricálcico (C3S)**

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

**b) Silicato Dicálcico (C2S)**

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

**c) Aluminato Tricálcico (C3A)**

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% a 6%) para controlarlo.

Es el responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos, produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que eliminar su contenido.

**d) Aluminio Ferrito Tetracálcico (C4AF)**

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

**e) Óxido de Magnesio (MgO)**

Pese a ser un componente menor tiene importancia para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión de la pasta hidratada y endurecida.

**f) Óxido de Potasio y Sodio (Álcalis)**

Tiene importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencia con agregados calcáreos.

**g) Óxido de Magnesio y Titanio (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>)**

El primero no tiene significación especial en las propiedades de cemento, salvo en su coloración que tiende a ser marrón, si se tiene contenidos mayores al 3%. Se ha observado que en caso donde los contenidos superan al 5 % se obtiene disminución de resistencia a largo plazo. El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores al 5 %. Para contenidos menores no tiene mayor trascendencia.

## CEMENTOS PORTLAND

### REQUISITOS FÍSICOS

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

\*Requisito opcional

## CEMENTOS PORTLAND

### REQUISITOS QUÍMICOS

REQUISITOS QUÍMICOS NORMA ASTM NORMA TÉCNICA PERUANA	Tipo I ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo II ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo V ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo MS ASTM C 1157 NTP 334.082	Tipo IP, I(PM) ASTM C 595 NTP 334.090	Tipo ICo NTP 334.090
<b>Óxido de magnesio (MgO), máx. %</b>	6,0	6,0	6,0	---	6,0	6,0
<b>Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>), máx. %</b>	3,5	3,0	2,3	---	4,0	4,0
<b>Pérdida por ignición, máx. %</b>	3,0	3,0	3,0	---	5,0	8,0
<b>Residuo insoluble, máx. %</b>	0,75	0,75	0,75	---	---	---
<b>Aluminato tricálcico(C<sub>3</sub>A), máx. %</b>	---	8	5	---	---	---
<b>Álcalis Equivalentes (Na<sub>2</sub>O + 0,658 K<sub>2</sub>O), máx. %</b>	0,6*	0,6*	0,6*	---	---	---

\*Requisito opcional

## 2.3. AGREGADOS

### Definición

Llamados también áridos, son un conjunto de partículas de origen natural o artificial; que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011.

Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto; razón por la cual haremos un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados en la zona.

Según el ACI 116 es un material granular empleado junto con un medio aglomerante de cemento hidráulico para elaborar concreto o mortero.

### Funciones del agregado en el concreto

Los agregados cumplen las siguientes funciones en el concreto:

- Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.
- Proporcionar un relleno natural de bajo costo adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y por lo tanto, tener un costo por unidad de volumen de concreto no elevado.

### Clasificación de los agregados

Según la NTP 400.011 establece la siguiente clasificación:

- **Por su composición granulométrica**

La composición granulométrica se determinará empleando los tamices especificados en la siguiente tabla.

Agregado	Tamices Normalizados
----------	----------------------

	150 µm (Nº 100)
	300 µm (Nº 50)
	600 µm (Nº 30)
<b>FINO</b>	1.18 mm (Nº 16)
<b>FINO</b>	2.36 mm (Nº 8)
<b>FINO</b>	4.75 mm (Nº 4)
<b>FINO</b>	9.50 mm (3/8")
<b>GRUESO</b>	12.5 mm (1/2")
<b>GRUESO</b>	19.0 mm (3/4")
<b>GRUESO</b>	25.0 mm (1")
<b>GRUESO</b>	37.5 mm (1 1/2")
<b>GRUESO</b>	50.0 mm (2")
<b>GRUESO</b>	63.0 mm (2 1/2")
<b>GRUESO</b>	75.0 mm (3")
<b>GRUESO</b>	90.0 mm (3 1/2")
<b>GRUESO</b>	100.0 mm (4")

- **Por su densidad**

Por su densidad los agregados para uso en hormigones (concreto) se clasifican en livianos y pesados.

Los requisitos que deben cumplir los agregados livianos y pesados se establecen en las normas ASTM que se muestran en la Tabla 2.

**TABLA – Clasificación de los agregados por su densidad**

<b>Agregados</b>	<b>Clasificación</b>
<b>AGREGADO LIVIANO</b>	<p>Uso en hormigón (concreto) aislante térmico.</p> <p>Grupo I: Agregados resultantes de productos expandidos, tales como perlitas o vermiculitas.</p> <p>Grupo II: Agregados resultantes de productos expandidos, calcinados o sinterizados, tales como escorias de altos hornos, arcillas, diatomitas, esquistos o pizarras y agregados preparados del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos</p>
<b>AGREGADO LIVIANO</b>	<p>Uso en hormigón (concreto) estructural</p> <p>Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras.</p> <p>Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos.</p>
<b>AGREGADO LIVIANO</b>	Uso en unidades de albañilería

	<p>Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras.</p> <p>Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos.</p> <p>Tipo III: agregados resultantes de la combustión final de productos de carbón o coque.</p>
	Agregados minerales naturales de alta densidad o alto contenido de agua: barita, magnetita, hematina, ilmanita y serpentina.
AGREGADO PESADO (hormigones para protección)	Agregados sintéticos: acero, hierro, ferro fosforosos, fritas de boro y otros compuestos de boro.
AGREGADO PESADO (hormigones para protección)	Agregados finos consistentes de arena natural o manufacturada incluyendo minerales de alta densidad. El agregado grueso puede consistir de mineral triturado, piedra chancada, productos sintéticos y combinaciones o mezclas de éstos.

- **Por su constitución mineralógica**

Minerales de sílice, feldspatos, carbonatos, sulfatos, minerales de sulfuro de hierro, óxido de hierro, rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

- **Por la forma**

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción.	Grava de río o playa; arena del desierto, de la playa o del viento.
Irregular	Naturalmente irregular, o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado
Laminar	Material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones	Roca laminada
Angular	Posee bordes bien definidos formados en la intersección de caras planas	Rocas trituradas de todos tipos, escoria triturado
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente	-----

	mayor que las otras dos dimensiones	
--	-------------------------------------	--

**Dependiendo de sus dimensiones la Norma Técnica Peruana, clasifica y denomina a los agregados en:**

### **AGREGADO FINO**

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- 1) La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
- 2) El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- 3) En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites: NTP 400.037.

Tabla

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

El porcentaje indicado para las mallas N°50 y N°100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado que contenga más de 225 kg de cemento por metro cúbico, o si se emplea un aditivo mineral para compensar la deficiencia en los porcentajes mencionados.

El módulo de finura del agregado fino se mantendrá dentro del límite de  $\pm 0.2$  del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.35 y 3.15. Si excede el límite indicado de  $\pm 0.2$ , el agregado podrá ser rechazado por la Inspección, o alternativamente ésta podrá autorizar ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducciones en el contenido de cemento.

El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.

Podrá emplearse agregado fino que no cumple con los requisitos de la norma indicados siempre que:

- 1) La coloración en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas similares; o
- 2) Realizado el ensayo, la resistencia a los siete días de morteros preparados con dicho agregado no sea menor del 95% de la resistencia de morteros similares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

- Lentas de arcilla y partículas desmenuzables .....3%
- Material más fino que la Malla N°200:
  - a) Concretos sujetos a abrasión.....3%
  - b) Otros concretos.....0.5%
- Carbón y Lignito:
  - 1) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante... 0.5%
  - 2) Otros Concretos..... 1%

Finalmente, la granulometría deberá corresponder a la gradación C de la siguiente tabla (similar a la normalizada por el ASTM).

## GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO, NTP 400.037

Tabla

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA			
	LIMITES TOTALES	*C	M	F
9.5 mm (3/8)	100	100	100	100
4.75 mm (Nº4)	89 – 100	95 – 100	89 – 100	89 – 100
2.36 mm (Nº8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.18 mm (Nº16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
600 um (Nº30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
300 um (Nº50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
150 um (Nº100)	0 – 12	2 – 10	0 - 12*	0 – 12

\* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos.

### AGREGADO GRUESO

El agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

### REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO

Tabla según NTP 400.037

Nº	TAMAÑO	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		10	90	75	63	50	37,5	25	19	12,	9,5	4,	2,3	1,18	
Nº	TAMAÑO	10	90	75	63	50	37,5	25	19	12,	9,5	4,	2,3	1,18	

A.S.T .M	O NOMIN AL	0 m m	m m	m m	m m	m m	mm	m m	mm	5 m m	mm	7 5 m m	6 m m	mm
A.S.T .M	O	4"	3.5 "	3"	2.5 "	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	N °4	N° 8	N°1 6
1	NOMIN AL 1 1/2"	10 0	90 a 10 0		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			10 0	90 a 10 0	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				10 0	90 a 10 0	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a N°4				10 0	95 a 10 0		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" a ¾"					10 0	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" a N°4					10 0	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" a ½"						100	90 a 10 0	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" a 3/8"						100	90 a 10 0	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" a N°4						100	95 a 10 0		25 a 60		0 a 1 0	0 a 5	
6	¾" a 3/8"							10 0	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	¾" a N°4							10 0	90 a 100		20 a 55	0 a 1 0	0 a 5	
7	½" a								100	90 a	40 a	0 a	0 a	

	Nº4									100	70	15	5	
9	3/8" a Nº8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

### **TAMAÑO NOMINAL MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO**

La NTP 400.011 lo define como la abertura de la malla del tamiz que indica la Norma de malla menor, por lo cual el agregado grueso pasa del 95% al 100%.

### **MODULO DE FINURA**

El denominado módulo de finura, representa un tamaño promedio ponderado de la muestra de arena, pero no representa la distribución de las partículas.

Es un factor empírico obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices NTP: 149 um (Nº 100), 297 um (Nº 50), 595 um (Nº 30), 1.19 mm (Nº 16), 2.38 mm (Nº 8), 4.76 mm (Nº 4), 9.51 mm (3/8"), 19.00 mm (3/4"), 38.1 mm (1 1/2"), 76.2 mm (3") y mayores incrementando en la relación de 2 a 1.

En la apreciación del módulo de fineza, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

### **PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)**

La presente norma 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.

Las definiciones que se sugieren en la presente norma son:

### **PESO ESPECÍFICO**

Es la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

### **PESO ESPECÍFICO DE MASA**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

### **PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO**

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Nota: El peso específico anteriormente definido está referido a la densidad del material, conforme al Sistema Internacional de Unidades.

### **PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)**

Es la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

### **ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)**

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de absorción (después de 24 horas en el agua).

Podemos definir la absorción, como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

La absorción del agregado grueso se determina por la NTP 400.021.

### **CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.010)**

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de

los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

### **NORMAS DE ENSAYOS PARA LOS AGREGADOS**

<b>ASTM D75 / NTP 400.010</b>	Extracción y preparación de muestras.
<b>ASTM C 702/ NTP 400.043</b>	Práctica normalizada para reducir las muestras de agregado a tamaño de ensayo
<b>ASTM C 136 / NTP 400.012</b>	Análisis por tamices para la determinación de la granulometría de los agregados fino, grueso y global.
<b>ASTM C 117 / NTP 400.018</b>	Método de normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz 75 $\mu\text{m}$ (200).
<b>ASTM C 127 / NTP 400.021</b>	Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
<b>ASTM C 128 / NTP 400.022</b>	Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
<b>ASTM C 566/ NTP 339.185</b>	Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
<b>ASTM C 29 / NTP 400.017</b>	Peso unitario y vacíos en el agregado.

#### **2.4. AGUA PARA LA MEZCLA**

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

- La formación de gel
- Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:
  - En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.
  - En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad. Se podrá emplear como aguas de

mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto.

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

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

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

### **Requisitos de calidad**

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

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

Cloruros.....	300 ppm
Sulfatos.....	300 ppm
Sales de magnesio.....	150 ppm
Sales solubles totales.....	500 ppm
PH.....	mayor que 7

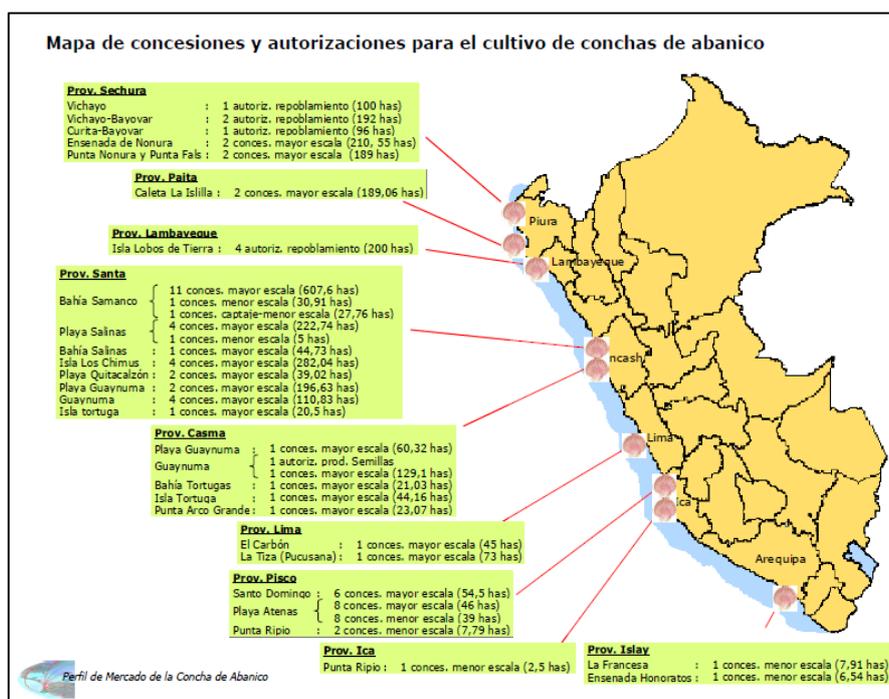
Sólidos en suspensión.....	1500 ppm
Materia orgánica.....	10 ppm

## CONCHAS DE ABANICO (*Argopecten purpuratus*)

### Generalidades

En los últimos años el cultivo de concha de abanico en el Perú ha tenido un crecimiento importante, esta actividad no solo es desarrollada por la empresa privada sino también por asociaciones de Pescadores Artesanales.

En el Perú existen numerosos bancos naturales de esta especie, tales como los de Bahía de Sechura y lobos de Tierra en Piura, Bahía de los Chimús y el Dorado en Chimbote, Bahía de Guaynuma en Casma y Bahía de Independencia y Paracas en Pisco. Se encuentran en aguas costeras entre 3 a 30 m, con fondos variables; fondo blando, arena endurecida, de conchuela con algas y cascajo, las conchas de abanico vive normalmente en bahías protegidas del oleaje a temperaturas entre 14 a 20 °C, esta especie requiere de agua bien oxigenada y con una salinidad de 34.4 a 34.9 por mil incluyendo este parámetro en el desarrollo, alimentación y reproducción.



## Descripción taxonómica

Phylum	:	Mollusca
Clase	:	Pelecípoda
Orden	:	Pterioidea
Familia	:	Pectinidae
Género	:	Argopecten
Especie	:	Argopecten purpuratus

## Características Generales

Molusco bivalvo que se caracteriza por presentar una concha orbicular, con valvas desiguales, siendo la valva izquierda más convexa que la derecha, asimismo presentan costillas radicales en número variable de 23 a 26 por valva. Cada valva posee prolongaciones, llamadas orejas desiguales, siendo la anterior de mayor tamaño. La coloración externa varía del rosado o púrpura oscuro, incluyendo el color anaranjado.



## Características Biológicas

Este molusco es exclusivamente filtrador, vive filtrando su alimento, dependiendo de la abundancia de fitoplancton en el medio donde habitan. Si el fitoplancton desaparece, la mayoría de los moluscos bivalvos migran o mueren de inanición. El alimento principal lo constituye el fitoplancton y dentro de él las diatomeas (microalgas pardas) son las preferidas, como *Isochysis* sp, *Chaetoceros* sp, *Skeletonema* sp, *Melosira* sp, *Cyrtocella*, entre otros.

Es un molusco hermafrodita funcional en el cual puede desovar total o parcialmente durante todo el año, sin embargo en un año normal se puede observar dos desoves significativos, los cuales coinciden con la proliferación de microalgas y variaciones de temperatura.

Al ser hermafroditas, tiene los dos gametos, uno de color cremoso (esperma) parte proximal, el otro de color naranja (óvulos) parte distal. Pueden adquirir la primera madurez sexual cuando están cumpliendo de 10 a 12 meses con tallas de 65 mm, los que podrían llegar a desovar de 1 a 10 millones de óvulos, si el molusco tiene más tiempo, por decir, 2 años de vida y tiene tallas de 120 a 140 mm, pueden llegar a desovar entre 10 a 40 millones de óvulos, el desove se inicia generalmente expulsando al exterior primero el esperma para después seguir con los óvulos, estos organismos son muy sensible, tal es así, que cualquier estímulo brusco ya sea por algunos de los parámetros físico- químicos y biológicos le puede causar la muerte

## **CAPÍTULO III: MÉTODO**

### 3.1. PLAN DE TRABAJO

La metodología involucrada para el desarrollo de la investigación consistió en dos etapas. En la primera etapa se recolectaron los residuos calcáreos de conchas de abanico, se determinaron sus propiedades físico-químicas a través de un laboratorio certificado para dichos ensayos. En la segunda etapa se desarrollaron los diferentes ensayos para las materias primas y se realizaron mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por Residuos Calcáreos de Conchas de Abanico (RCCA) con sus respectivos ensayos, luego los resultados obtenidos se compararon con los de un concreto patrón.

Para cumplir con los objetivos del presente trabajo de investigación, se establecieron los siguientes puntos principales:

#### Requerimientos mínimos del concreto y aplicación propuesta

PARÁMETRO	VALOR ESPECIFICADO
Aplicación	Losas con transito liviano, zapatas, cimentaciones, columnas y losas macizas.
f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo 210
Piedra	Huso 57
T.M.N. piedra (pulg)	1
Slump (pulg)	3 - 4
Sin aire incorporado	OK

#### Ensayos involucrados

Los ensayos involucrados en la investigación se dividieron en 3 grupos, según:

**Ensayos de caracterización de materiales:** Dichos ensayos se encuentran normados según:

Granulometría ASTM 136/ NTP 400.012

Humedad ASTM D2419 / NTP 339.185

Malla 200 ASTM C117 / NTP 400.018

Peso Específico y Absorción ASTM C127- C128 / NTP 400.021 – 400.022

Peso Unitario ASTM C29 / NTP 400.017

**Ensayos de concreto fresco.** Estos ensayos se encuentran normados según:

Slump ASTM C143

Contenido de Aire ASTM C231

Temperatura ASTM C1064

Peso Unitario ASTM C138

**Ensayos en concreto endurecidos.** Estos ensayos se encuentran normados según:

Resistencia a la compresión ASTM C39

**Diseños de mezcla involucrados:**

DISEÑO DE MEZCLA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A	WR – 0 %	Diseño Patrón (No usa RCCA en su composición)
B	WR – 4 %	Diseño de mezcla que usa RCCA en un 4%
C	WR – 8 %	Diseño de mezcla que usa RCCA en un 8%
D	WR – 12 %	Diseño de mezcla que usa RCCA en un 12%
E	WR – 16 %	Diseño de mezcla que usa RCCA en un 16%

**Tabla3.1. Diseños de Mezclas involucrados.**

Cabe señalar que los diseños anteriores presentan variantes en función al tipo de cemento (tipo I y tipo V).

### **3.2. MATERIALES E INSUMOS INVOLUCRADOS**

#### **Residuos Calcáreos de Concha de Abanico (RCCA)**

En esta investigación presentamos el procedimiento llevado a cabo para obtener un material cementante a partir de la calcinación, trituración y molienda de las valvas de las conchas de abanico.

#### **Obtención del material cementante**

Los materiales cementantes son aquellos productos que, mezclados con agua y con otros elementos le dan personalidad al material resultante, experimentan una reacción química que los endurece teniendo la característica de soportar cargas, constituyéndose por tanto el alma de toda obra civil. El cemento no es el único material cementante en una mezcla de concreto: adiciones minerales como las cenizas volantes, el humo de sílice, las escorias y la meta caolinita, son conocidos como materiales cementantes suplementarios que se integran a la mezcla, usualmente con el fin de mejorar características de durabilidad y resistencia.

Para nuestro proyecto, y basándonos en el hecho que la nueva planta cementera de Piura (Proyecto Piura), tendrá como principal componente para la fabricación de cemento, precisamente los residuos calcáreos de conchas de abanico, es que nos hemos interesado en esta investigación, sustituyendo parcialmente el cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico en diseños de mezcla para concretos de  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ .



**Figura 3.1.** Vista de la nueva planta cementera de Piura, a un 90% de su construcción. A la izquierda se indica el gran almacén para los

## Población y Muestra

### Población

La muestra, la misma que se constituye en población está formada por una forma de botadero de residuos hidrobiológicos y se encuentra ubicado a solo dos kilómetros de la ciudad de Sechura. El terreno en el cual se encuentra ubicado este botadero está a solo 40 metros del mar convirtiéndolo en un gran foco de contaminación, tanto para la población como para el mar, y están comprendidos jurisdiccionalmente dentro del distrito de Sechura.



**Figura 3.2.** La población .Los residuos calcáreos de conchas de abanico (*Araopecten Purpuratus*) se

Los actuales criaderos de conchas de abanico para la exportación se encuentran ubicados en las áreas de Sechura, La Isla y Paita y su producción es transportada a las diferentes plantas procesadoras aquí se separa la parte comestible de la parte calcárea, y esta primera se congela para su exportación, siendo los residuos calcáreos arrojados en diferentes botaderos, rellenos sanitarios, como también caminos agrestes. Las dimensiones de este relleno es aproximadamente 200 metros de ancho por 300 metros de longitud lo que haría suponer que es de aproximadamente 6 Has. El acceso al lugar desde Piura es por la carretera Piura- Sechura (52 km al oeste de Piura). Al llegar a Sechura se requiere ingresar hacia la derecha por un camino carro sable, a unos 2 km aproximadamente se llegará. Es necesario decir que en esta zona los residuos calcáreos de conchas están mezclados con basura.

Sobre aspectos de volumen los recicladores del lugar refieren que aproximadamente llegan a este lugar entre 3 y 4 volquetes semanales a dejar estos residuos, si cada volquete arrojaría 12 m<sup>3</sup> de estos residuos por 4 volqueadas semanales sería 48 m<sup>3</sup> por 4 semanas entonces se estaría desechando 192 m<sup>3</sup> de residuos por mes. Sin embargo esto no sería nada comparado con el volumen de desecho que se estaría almacenando en zonas del Bajo Piura cerca a los manglares de San Pedro, y otras partes de Sechura, donde la cantidad producida anualmente supera las 10 000 toneladas.



**Figura 3.3.** Vista parcial de la población residuos de conchas de

Lo más preocupante en esta actividad es que se está contaminando el aire con estos desechos pues hay asentamientos humanos contiguos, y existe una proliferación en aumento de moscas que se generan por estos residuos, pues aún algunos de los pobladores locales se dedican al reciclaje sin ningún tipo de protección.

De otro lado es necesario indicar, que estas actividades que realizan algunas personas en estos lugares, poniendo en riesgo su vida, nos animan y fortalecen en el objetivo de nuestro trabajo y en nuestra misión, de buscar una aplicación benéfica procesando estos residuos disminuir la contaminación del medio para mejorar el aire que respiran los asentamiento humanos ubicados contiguamente.



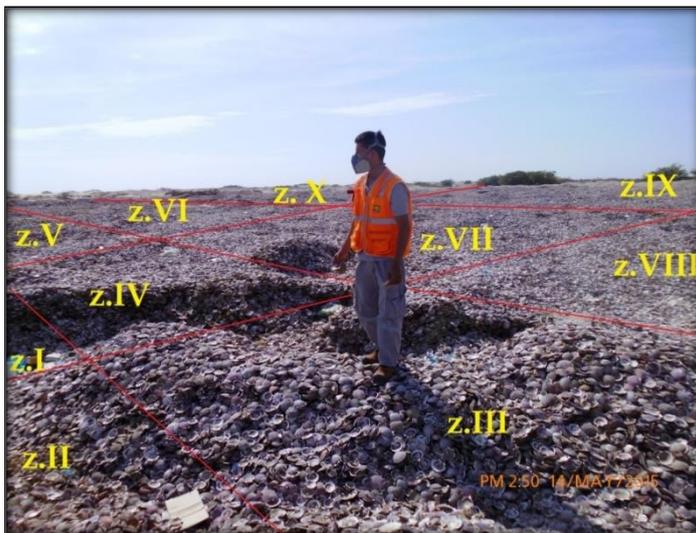
**Figura 3.4.** Vista de la contaminación a la que son expuestos las

## Muestra

Encontramos que la población del recurso se encontraba en grandes bancos formados por cúmulos irregulares, extendidos en un área aproximada de 6 Has.

Dada la irregularidad de la superficie del suelo y la dispersión del producto sobre esta área, estimamos fabricar una muestra compuesta por 10 incrementos, para esto trazamos líneas imaginarias sobre el área dividiéndola en 10 zonas.

Para asegurar una muestra representativa de todo el lote. Nuestra muestra la constituye un balde de 5 litros ( $5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ). En la primera etapa del muestreo se obtuvieron los incrementos uno de cada zona, para la segunda etapa se escogieron 6 zonas y para la última solo 2 zonas sumando un total de 18 incrementos.



**Figura 3.5.** Vista de la división imaginaria hecha al área donde se encuentran los residuos calcáreos

A continuación mostramos en una tabla la masa total por cada unidad de muestra:

**TABLA 3.2. Muestreo de Residuos Calcáreos de**

ZONA DE MUESTREO	N° DE BALDES POR ZONA	MASA TOTAL POR ZONA DE MUESTREO (kg)
I	1	4.55
II	3	13.09
III	1	4.89

IV	2	9
V	3	14.12
VI	2	9.32
VII	2	9.28
VIII	1	4.38
IX	1	4.74
X	2	9.34
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>82.71</b>

**OBJETIVO DE LA MUESTRA:** El objetivo de esta unidad es presentar el procedimiento seguido para obtener un material cementante a partir de las valvas o tapas de las conchas de abanico. Para ello se requiere de un muestreo aleatorio del material en los lugares de desecho y botaderos como se indica en la presente vista.



**Figura 3.6.** Vista del muestreo de conchas de abanico en el

### Procedimiento para obtener muestra óptima

#### Recolección de la muestra

Para la recolección de la muestra se realizó un muestreo en incrementos tomando como referencia las líneas imaginarias trazadas como se muestra en la **figura 3.5**. Este procedimiento nos permitió obtener una muestra representativa de todo el lote. Para la reducción de la muestra nos guiamos en la NTP 400.043 / ASTM C702: Práctica normalizada para reducir las muestras de agregado a

tamaño de ensayo, para ello optamos por el método B (método del cuarteo que aplica para cualquier tipo de agregado sea cual fuere su condición) Esta práctica nos permitió reducir el tamaño de nuestra muestra de 82.71 kg a 33.7 kg, a esta masa se procedió realizar los siguientes procesos de limpieza, contenido de humedad y trituration.

### **Limpieza de la muestra**

Este material fue sometido a un proceso siguiendo un estricto control de limpieza y calidad. Por esta razón se consideró elemental realizar los respectivos análisis Físico-Químicos de los residuos calcáreos de conchas de abanico en una entidad como el laboratorio de Química de la Universidad Nacional De Piura, tomándose como válidos los resultados.

Para el proceso de limpieza, y con el fin de eliminar de estos residuos todo tipo de suciedad, finos y sales adheridos, las muestras fueron sometidas a un proceso de remojo por un periodo de 24 horas en una solución de agua y lejía, respetando por cada litro de agua 0.30 litros de lejía. Luego de este tiempo el material fue sometido a un lavado a presión (red domiciliaria)



**Figura 3.7.** Vista del estado de remojo en agua y Lejía al cual fueron sometidos los residuos calcáreos de conchas de



**Figura 3.8.** Vista del lavado a presión al cual fueron sometidos los residuos calcáreos de conchas de abanico

### Contenido de humedad de la muestra

Guiándonos en el método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP-339-185 / ASTM-C566) Las muestras fueron sometidas a una temperatura constante de  $110 \pm 5 \text{ C}^\circ$ , durante  $24 \pm 4$  horas.

**TABLA 3.3. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA DE RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHAS DE ABANICO**



*Figura 3.9. Vista del secado en horno al cual fueron sometidos los residuos calcáreos de conchas de abanico*

### Trituración de la muestra

Este proceso es muy necesario ya que tiene por objetivo facilitar la molienda y optimizar el volumen.

Para la trituración de nuestro material nosotros usamos 2 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm hechas con un diseño de mezcla de resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

### Molienda de la muestra

Para nuestro proyecto era necesario que los residuos calcáreos de conchas de abanico se pulvericen igual que el cemento. Para este caso se procedió a transportar la muestra hasta la ciudad de Pacasmayo, lugar donde se encuentra ubicada la planta de cemento que lleva el mismo nombre (se adjunta el certificado respectivo en los anexos).

**Figura 3.10.** Vista del molino de bolas con muestra en su interior



**Figura 3.11.** Vista del material cementante listo para ser usado en los



Los ensayos físico-químicos se detallan y adjuntan en los anexos.

### **Cemento**

Se usó cemento Portland Tipo I y Tipo V, producido por la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A.

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland

Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

### **Propiedades**

- Mayores resistencias iniciales
- Menores tiempos de fraguado

### **Aplicaciones**

- Obras de concreto y concreto armado en general
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado
- Concreto en clima frío
- Productos prefabricados
- Pavimentos y cimentaciones

El cemento portland Tipo V es un cemento de alta resistencia a los sulfatos, ideal para obras que estén expuestas al daño por sulfatos. Este cemento se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker Tipo V (con bajo contenido de aluminato tricálcico <5%) y yeso.

### **Propiedades**

- Alta resistencia a los sulfatos.

### **Aplicaciones**

- Ideal para losas, tuberías y postes de concreto en contacto con suelos o aguas con alto contenido de sulfatos.
- Para cualquier estructura de concreto que requiera alta resistencia a los sulfatos.

Con respecto a las características físico-químicas, éstas se detallan en los anexos.

### **Agregados**

Se utilizará, agregado fino y agregado grueso de canteras locales. El agregado fino (arena natural) proviene de la cantera de Chulucanas y el agregado grueso (piedra H57) de la cantera de Sojo. Estos agregados han sido validados para

su uso, en base al cumplimiento de los requisitos de la NTP 400.037 / ASTM C33: Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (Concreto).

Los resultados de los ensayos de los agregados se adjuntan en los anexos.

## Agua

Se ha utilizado agua

### 3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio obedece a un diseño experimental de acuerdo al siguiente esquema:



En el esquema de mezcla de concreto queda explícito que el único factor de la mezcla que se ha alterado (sustituido) es el cemento; Los otros elementos como el agua, la piedra y la arena se mantienen constantes.

Además en esta mezcla de concreto se consideran:

#### **De una parte factores controlables como:**

Proporción en los materiales de la mezcla (agua, piedra, arena y cemento), mezclado de los materiales, moldeado de los materiales y medición de la resistencia en compresión de la mezcla.

#### **De otra parte factores incontrolables como:**

Homogeneidad del mezclado de los materiales, direccionalidad de la compactación de los materiales en el moldeado, reacción de los materiales con el agregado de la Concha de abanico y la anisotropía de la resistencia en compresión por el agregado de la concha de abanico.

### 3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para la investigación se considera un diseño estadístico bifactorial 5 x 5 x 3. Un factor lo constituirá el nivel de sustitución y el otro factor el tiempo del desarrollo de la resistencia en días. El mismo que se puede esquematizar de la siguiente manera.

**TABLA 3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO BIFACTORIAL CON**

<b>DISEÑO ESTADÍSTICO CON CEMENTO TIPO I</b>					
<b>SUSTITUCIÓN</b>	<b>EDAD</b>				
<b>SUSTITUCIÓN</b>	<b>3 DÍAS</b>	<b>7 DÍAS</b>	<b>14 DÍAS</b>	<b>21 DÍAS</b>	<b>28 DÍAS</b>
<b>0%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				
<b>4%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				
<b>8%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				
<b>12%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				
<b>16%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				

**TABLA 3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO BIFACTORIAL CON**

<b>DISEÑO ESTADÍSTICO CON CEMENTO TIPO V</b>					
<b>SUSTITUCIÓN</b>	<b>EDAD</b>				
<b>SUSTITUCIÓN</b>	<b>3 DÍAS</b>	<b>7 DÍAS</b>	<b>14 DÍAS</b>	<b>21 DÍAS</b>	<b>28 DÍAS</b>
<b>0%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				
<b>4%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				
<b>8%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				
<b>12%</b>	<b>P1, P2, P3</b>				

16%	P1, P2, P3				
-----	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Para nuestro trabajo de investigación se elaboraron 1 diseño patrón para cada tipo de cemento, y cuatro diseños con sus respectivos porcentajes de sustitución.

De cada diseño se ejecutaron los respectivos ensayos al concreto fresco y endurecido como son temperatura, asentamiento, peso unitario, contenido de aire, exudación, ensayo de fragua, elaboración de especímenes cilíndricos de concreto y ensayo de resistencia a la compresión. Se elaboraron 150 testigos de concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , los cuales fueron ensayados a las edades de: 3días, 7días, 14días, 21días y 28días. El ensayo de resistencia a la compresión (NTP. 339.034) se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L, con sede en AV. Prolongación Sánchez Cerro N° 2.5 Z.I.Piura, (Sub lote 1 Z.I. Piura) Piura-Piura.

### 3.5. DISEÑO DE MEZCLA (sin RCCA)

Los materiales que intervinieron en nuestra mezcla y su correspondiente análisis de cada uno de ellos, se presenta en detalle en los anexos de este informe.

#### Especificaciones

- La selección de las proporciones se hará empleando el método ACI 211
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días.

#### Materiales

##### a) Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”  
Peso específico:  $3.12 \text{ g/cm}^3$  (según certificado de calidad de Cementos Pacasmayo).
- Tipo V “Pacasmayo”  
Peso específico:  $3.12 \text{ g/cm}^3$  (según certificado de calidad de Cementos Pacasmayo)

##### b) Asentamiento:

De acuerdo a las condiciones requieren que la mezcla tenga una consistencia fluida, a la que corresponde un asentamiento de 3” a 4”.

**c) Agua:**

- Potable de la zona    Peso específico.    1000 kg/m<sup>3</sup>

**d) Agregado fino: Cantera chulucanas**

- Peso específico de masa    :    2480 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto    :    1639 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado    :    1814 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad    :    1.6%
- Absorción    :    2.6%
- Módulo de fineza    :    2.80

**e) Agregado grueso: Cantera: Cantera Sojo**

- Piedra chancada, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal    :    1"
- Peso unitario suelto    :    1411 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado    :    1531 kg/m<sup>3</sup>
- Peso específico de masa    :    2630 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción    :    0.8%
- Contenido de humedad    :    0.5%
- Módulo de fineza    :    6.99

**Resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ )**

Como no tenemos datos de desviación estandar, ni control de calidad en obra, entonces sumamos  $f'_{c} + 84 = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$ .

**Contenido de aire**

Usamos la tabla : Aire atrapado según el TMN

### CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

Por lo tanto el contenido de aire para nuestro diseño es de 1.5%.

### Cálculo de la cantidad de agua (lt/m<sup>3</sup>)

- Usamos la tabla (Volúmen unitario de agua).
- Según la tabla, para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" el volumen unitario de agua es de 193 litros/m<sup>3</sup>.

TABLA :VOLUMENES DE AGUA POR M3 ( EN LTS)

ASENTAMIENTO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE AGREGADO GRUESO							
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
1 " = 25mm								
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1 " A 2 "	207	199	190	179	166	154	130	113
3 " A 4 "	228	216	205	193	181	169	145	124
6 " A 7 "	243	228	216	202	190	178	160	-
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1 " A 2 "	181	175	168	160	150	142	122	107
3 " A 4 "	202	193	184	175	165	157	133	119
6 " A 7 "	216	205	197	184	174	166	154	-

### Relación agua – cemento

Según la tabla RELACIÓN AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA, no encontramos un valor para nuestra resistencia (294 kg/m<sup>3</sup>), por lo tanto procedimos a interpolar, obteniéndose una relación agua/cemento de **0.558**.

TABLA :RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA VS F' C

F' C (KG/CM2)	RELACION AGUA/CEMENTO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

### **Cálculo del contenido de cemento**

Como ya habíamos calculado la relación a/c, y la cantidad de agua, entonces nos queda como incognita la cantidad de cemento:

- $a/c = 0.558$  y Agua = 193 lt
- Entonces  $C = 193 / 0.558 = 345.88 \text{ kg/m}^3$
- $F.C = 345.88 / 42.5 = 8.14 \text{ bolsas / m}^3$

### **Cálculo del agregado grueso (kg/m<sup>3</sup>)**

Usamos la siguiente tabla teniendo en cuenta el MF del agregado fino, y el TMN del agregado grueso.

TABLA : PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

TMN DEL AGREGADO GRUESO		MODULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 "	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 "	12.7 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	19.1 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
<b>1 "</b>	<b>25.4 mm</b>	0.71	0.69	<b>0.67</b>	0.65
1 1/2 "	38.1 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	50.8 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	76.2 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	152.4 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Entonces el peso del agregado grueso:

- 0.67 m<sup>3</sup> x PUC
- 0.67 m<sup>3</sup> x 1669 kg/m<sup>3</sup>
- **PESO Agregado Grueso = 1025.77 kg**

**Cálculo de los volúmenes absolutos**

- Cemento tipo I :  $\frac{345.88 \text{ kg}}{3.12 \text{ gr/cm}^3 \times 1000} = 0.111 \text{ m}^3$
- Cemento tipo V :  $\frac{345.88 \text{ kg}}{3.12 \text{ gr/cm}^3 \times 1000} = 0.111 \text{ m}^3$
- Agua :  $\frac{193 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.193 \text{ m}^3$
- Aire :  $\frac{1.5}{100} = 0.015 \text{ m}^3$

➤ Volumen Agregado Grueso :  $\frac{1025.77 \text{ kg}}{2630 \text{ kg/m}^3} = 0.390 \text{ m}^3$

$\Sigma = 0.709 \text{ m}^3$  para cemento TIPO I

$\Sigma = 0.709 \text{ m}^3$  para cemento TIPO V

➤ Volumen Agregado Fino para diseño con cemento Tipo I :

$1 \text{ m}^3 - 0.709 \text{ m}^3 = 0.291 \text{ m}^3$

➤ Volumen Agregado Fino para diseño con cemento Tipo V :

$1 \text{ m}^3 - 0.709 \text{ m}^3 = 0.291 \text{ m}^3$

### Cálculo del agregado fino (kg/m<sup>3</sup>)

Multiplicamos al volúmen calculado por su Peso específico

➤ Peso del A.F. para diseño con cemento tipo I:

$0.291 \text{ m}^3 \times 2480 \text{ kg/m}^3 = 721.95 \text{ kg}$

➤ Peso A.F. para diseño con cemento tipo V:

$0.291 \text{ m}^3 \times 2480 \text{ kg/m}^3 = 721.95 \text{ kg}$

### Cálculo de los pesos secos

➤ Cemento = 345.88 Kg

➤ Agregado Fino = 721.95 Kg

➤ Agregado Grueso = 1025.78 Kg

➤ Agua = 193.00 Kg

### Corrección por humedad de los agregados

Usamos la fórmula siguiente:

$$\text{Peso seco} \times \left( \frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

- Agregado Grueso:

$$1025.78 \text{ kg} \times \left( \frac{0.5\%}{100} + 1 \right) = 1030.91 \text{ kg}$$

- Agregado Fino para diseño con cemento tipo I:

$$721.95 \text{ kg} \times \left( \frac{1.6\%}{100} + 1 \right) = 733.5 \text{ kg}$$

- Agregado Fino para diseño con cemento tipo V:

$$721.95 \text{ kg} \times \left( \frac{1.6\%}{100} + 1 \right) = 733.5 \text{ kg}$$

### Corrección por absorción o aporte de agua a la mezcla

Usamos la siguiente fórmula :

$$\left( \frac{(w\% - abs\%) \times \text{agregado seco}}{100} \right)$$

- Agregado Grueso =  $\left( \frac{(0.5\% - 0.8\%) \times 1025.78}{100} \right) = -3.08 \text{ lt}$

- Agregado Fino para diseño con cemento tipo I =  $\left( \frac{(1.6\% - 2.6\%) \times 621.467}{100} \right) = -7.22 \text{ lt}$

- Agregado Fino para diseño con cemento tipo V =  $\left( \frac{(1.6\% - 2.6\%) \times 721.95}{100} \right) = -7.22 \text{ lt}$

$$\text{SUMATORIA PARA DISEÑO CON CEMENTO TIPO I} \sum = -10.30 \text{ lt}$$

$$\text{SUMATORIA PARA DISEÑO CON CEMENTO TIPO V} \sum = -10.30 \text{ lt}$$

### Cálculo del agua efectiva

- Para diseño con cemento tipo I:

$$\text{Agua} = 193 \text{ lt} - (-10.30 \text{ lt.}) = 203.30 \text{ lt.}$$

- Para diseño con cemento tipo V:

$$\text{Agua} = 193 \text{ lt} - (-10.30 \text{ lt.}) = 203.30 \text{ lt.}$$

### Valores de diseño corregidos

- Cemento: 345.88 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso: 1030.91 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado fino: 733.50 kg/m<sup>3</sup>
- Agua efectiva para diseño con cemento tipo I: 203.30 lt/m<sup>3</sup>
- Agua efectiva para diseño con cemento tipo V: 203.30 lt/m<sup>3</sup>

### Proporción en peso

- Cemento: 1
- Agregado grueso: 2.98
- Agregado fino: 2.12
- Agua efectiva para diseño con cemento tipo I: 24.98 lt/bls
- Agua efectiva para diseño con cemento tipo V: 24.98 lt/bls

### Dosificaciones por m<sup>3</sup> de los diseños de mezcla

Los pesos son equivalentes para los 2 tipos de cemento a utilizarse.

DISEÑO DE MEZCLA (0% DE SUSTITUCIÓN)	
CEMENTO	346 kg/m <sup>3</sup>
AGUA	203 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO (H57)	1031 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO	733 kg/m <sup>3</sup>

DISEÑO DE MEZCLA (4% DE SUSTITUCIÓN)	
CEMENTO	332 kg/m <sup>3</sup>
RCCA	13.3 kg/m <sup>3</sup>
AGUA	203 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO (H57)	1031 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO	734 kg/m <sup>3</sup>

DISEÑO DE MEZCLA (8% DE SUSTITUCIÓN)	
CEMENTO	318 kg/m <sup>3</sup>
RCCA	25.5 kg/m <sup>3</sup>
AGUA	203 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO (H57)	1031 kg/m <sup>3</sup>

AGREGADO FINO	734 kg/m <sup>3</sup>
---------------	-----------------------

<b>DISEÑO DE MEZCLA (12% DE SUSTITUCIÓN)</b>	
--	--

CEMENTO	304 kg/m <sup>3</sup>
RCCA	36.5 kg/m <sup>3</sup>
AGUA	203 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO (H57)	1031 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO	734 kg/m <sup>3</sup>

<b>DISEÑO DE MEZCLA (16% DE SUSTITUCIÓN)</b>	
--	--

CEMENTO	290 kg/m <sup>3</sup>
RCCA	46.5 kg/m <sup>3</sup>
AGUA	203 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO (H57)	1031 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO	734 kg/m <sup>3</sup>

### 3.6. COSTO POR M3 DE CONCRETO

#### Concreto con cemento Tipo I

COSTOS POR M3 DE CONCRETO CON CEMENTO TIPO I							
Componente	Costo de 1m3 de componente (soles)	Costo de traslado del componente 1m3 (soles)	Costo total del componente 1m3 (soles)	Peso específico del componente (kg/m3)	Costo del peso requerido para nuestro diseño (soles)	Costo de 1 m3 de concreto (soles)	Disminución Porcentual Por m3 Según Porcentaje De Sustitución
Cemento Tipo I	S/.1,998.00	S/.60.00	S/.2,058.00	3120	S/.228.15	S/.304.86	100.0%
RCCA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						sin sustitución	
Cemento Tipo I	S/.1,998.00	S/.60.00	S/.2,058.00	3112	S/.219.58	S/.297.32	2.5%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.1.02		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						4% de sustitución	
Cemento Tipo I	S/.1,998.00	S/.60.00	S/.2,058.00	3112	S/.210.44	S/.289.20	5.1%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.2.05		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						8% de sustitución	
Cemento Tipo I	S/.1,998.00	S/.60.00	S/.2,058.00	3112	S/.201.28	S/.281.07	7.8%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.3.07		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						12% de sustitución	
Cemento Tipo I	S/.1,998.00	S/.60.00	S/.2,058.00	3112	S/.192.14	S/.272.94	10.5%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.4.09		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						16% de sustitución	

#### Concreto con cemento Tipo V

COSTOS POR M3 DE CONCRETO CON CEMENTO TIPO V							
Componente	Costo de 1m3 de componente (soles)	Costo de traslado del componente 1m3 (soles)	Costo total del componente 1m3 (soles)	Peso específico del componente (kg/m3)	Costo del peso requerido para nuestro diseño (soles)	Costo de 1 m3 de concreto (soles)	Disminución Porcentual Por m3 Según Porcentaje De Sustitución
Cemento Tipo V	S/.2,072.00	S/.60.00	S/.2,132.00	3120	S/.236.35	S/.313.06	100.0%
RCCA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						sin sustitución	
Cemento Tipo V	S/.2,072.00	S/.60.00	S/.2,132.00	3112	S/.227.48	S/.305.21	2.5%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.1.02		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						4% de sustitución	
Cemento Tipo V	S/.2,072.00	S/.60.00	S/.2,132.00	3112	S/.218.00	S/.296.76	5.2%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.2.05		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						8% de sustitución	
Cemento Tipo V	S/.2,072.00	S/.60.00	S/.2,132.00	3112	S/.208.52	S/.288.30	7.9%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.3.07		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						12% de sustitución	
Cemento Tipo V	S/.2,072.00	S/.60.00	S/.2,132.00	3112	S/.199.05	S/.279.85	10.6%
RCCA	S/.225.00	S/.5.00	S/.230.00	3110	S/.4.09		
Agregado fino	S/.50.00	S/.25.00	S/.75.00	2480	S/.22.17		
Agregado grueso	S/.90.00	S/.45.00	S/.135.00	2630	S/.52.92		
Agua	S/.5.00	S/.3.00	S/.8.00	1000	S/.1.62		
						16% de sustitución	

## **CAPITULO IV: EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO**

## 4.1. ENSAYOS DE AGREGADOS

### Extracción y Preparación de Muestras (ASTM D 75 / NTP 400.010)

#### Objetivo

Establecer el procedimiento para el muestreo de agregados almacenados en pilas y en depósitos o tolvas de almacenamiento.

Equipos a utilizar

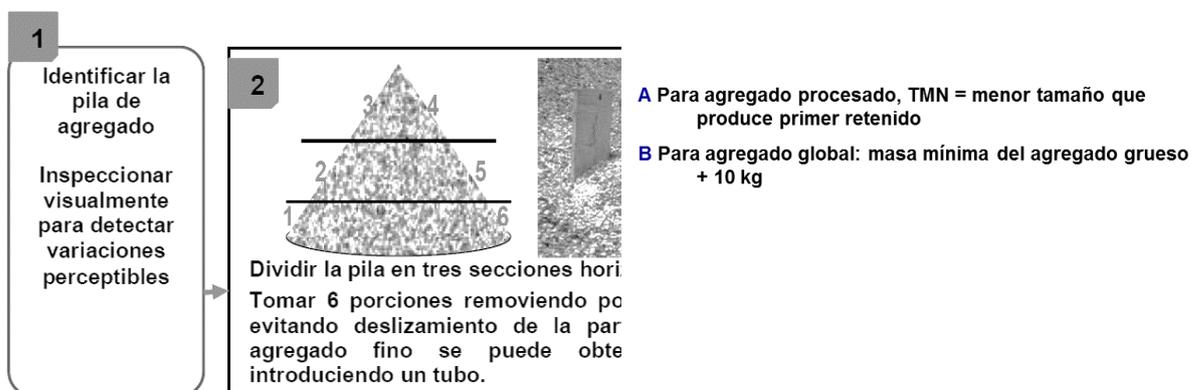
- Lampa, cucharón u otro para recoger muestras.
- Bolsas, sacos, baldes, carretilla u otro envase.

#### Medida de la muestra

**TABLA 4.1. Medida de las**

TMN del agregado (A)	Masa mínima (B) Kg
<b>Agregado fino</b>	
2,36 mm	10
4,76 mm	10
<b>Agregado grueso</b>	
9,5 mm	10
12,5 mm	15
19,0 mm	25
25,0 mm	50
37,5 mm	75
50,00 mm	100
63,00 mm	125
75,00 mm	150
90,00 mm	175

#### Procedimiento



**Figura 4.1. Procedimiento de la extracción de la**

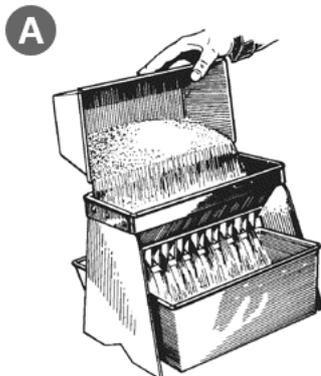


## Práctica Normalizada para reducir las Muestras de Agregado a Tamaño de Ensayo (ASTM C 702/ NTP 400.043)

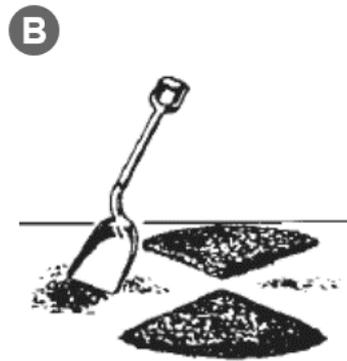
### Objetivo

Obtener una muestra representativa del material originado y del tamaño adecuado para ensayar.

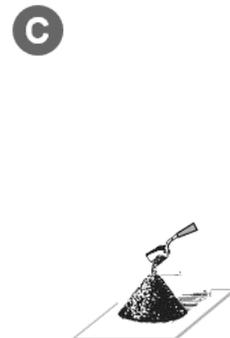
### Métodos



- Agregado grueso
- Agregado fino seco
- Mezcla grueso y fino secos



- Agregado grueso
- Agregado fino húmedo
- Mezcla grueso y fino húmedos



- Agregado fino húmedo

### Figura 4.3. Métodos de Reducción

Equipos a utilizar

Para nuestra investigación emplearemos el método B.

Pala plana

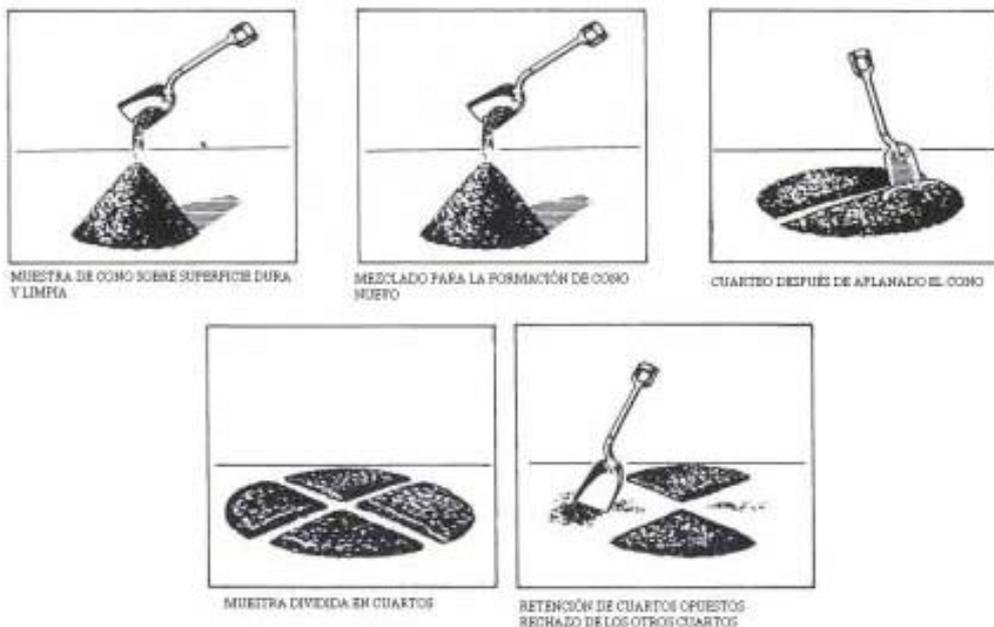
Cuchara

Brocha

Base doble de plástico de 2 m x 2.5 m.

#### Procedimiento

Colocar la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada, donde no haya pérdida de material, ni adición accidental de materiales extraños. Mezclar enteramente el material 3 veces por remoción completa del mismo. Con la última remoción colocar la muestra entera en un apilamiento cónico por depósito del material sobre la parte superior del cono formación. Colocar el apilamiento cónico en un diámetro y espesor idóneo para ser presionado con la pala plana a fin de dividir la muestra en 4 porciones o sectores circulares, cuyo contenido de cada uno de ellos será del mismo material que el original antes del cuartero. El diámetro será de 4 a 8 veces el espesor. Luego de dividir la muestra en 4 partes iguales, con la pala o espátula retirar los cuartos opuestos diagonalmente, incluyendo todo el material fino, pasando la brocha por los espacios hasta dejarlo limpio. Sucesivamente mezclar y cuartear el material remanente mientras la muestra es reducida al tamaño deseado.





**Figura 4.5. Vistas del método del cuarteo realizado**

**Método de Ensayo Normalizado para determinar Materiales más que pasan por el Tamiz 75  $\mu$ m. (ASTM C 117 / NTP 400.018)**

**Objetivo**

Establecer procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo menor en el tamiz 200 en el agregado.

**Peso mínimo de muestra para ensayo**

TMN	Masa mínima (g)
4.75 mm (N° 4) o menor	300
> 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 in.)	1000
> 9.5 mm (3/8 in.) a 19 mm (3/4 in.)	2500

**TABLA 4.2. Masa mínima para ensayo de**

> 19 mm (3/4 in.)	5000
-------------------	------

**Equipos y materiales a utilizar**

- Balanza, con una sensibilidad de 0.1 g
- Tamiz N° 200.
- Recipiente metálico para el lavado.
- Horno, con capacidad de mantener uniforme la temperatura (110 ± 5 °C).
- Agua y/o detergente.

**Procedimiento**

Después de obtener la muestra para ensayo en condición saturada superficialmente seca, ésta es llevada al horno por 24 horas. Una vez que la muestra esté en condición seca se registra el peso inicial y es llevada al recipiente y se procede a sumergir en agua para ser lavada y pasada por el tamiz N° 200, esto se repite hasta tener la muestra totalmente limpia y libre de polvo. Después de terminar de lavar la muestra, es llevada nuevamente al horno por 24 horas. Para finalizar el ensayo se procede a pesar la muestra y realizar los cálculos pertinentes.



**Figura 4.6. Vistas del Método de Ensayo de**

**Cálculo**

$A = [(B - C)/B] \times 100$	A: Porcentaje de mat. < Tamiz 200
	B: Masa original de la muestra seca
	C: Masa seca después de lavado

**TABLA 4.3. Cálculo para la Obtención del Porcentaje de**

**Análisis por Tamices para la determinación de la Granulometría de los Agregados Fino, Grueso y Global. (ASTM C 136 / NTP 400.012)**

**Objetivo**

- Determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada.
- Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

**Equipo**

- Balanza, con una sensibilidad de 0.1 g
- Tamices, seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.
- Agitador de tamices, puede ser mecánico, eléctrico, o si no hubiera es aceptado la agitación manual.
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Cepillos, cucharas metálicas, bandejas, EPP'S.

**Muestra**

- Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010
- Mezclar completamente la muestra y reducirla a la cantidad necesaria para el ensayo, según la práctica normalizada NTP 400.043
- Tamaño de la muestra después de cuartear:
  - Agregado fino:  $\geq 300\text{ g}$ , después del secado inicial.
  - Agregado grueso: ver **Tabla**.

<b>TMN</b> <b>Mm (pulg.)</b>	<b>Cantidad mínima</b> <b>kg (lb)</b>
<b>9,5 (3/8)</b>	<b>1 (2)</b>
<b>12,5 (1/2)</b>	<b>2 (4)</b>
<b>19,0 (3/4)</b>	<b>5 (11)</b>
<b>25,0 (1)</b>	<b>10 (22)</b>
<b>37,5 (1 ½)</b>	<b>15 (33)</b>
<b>50 (2)</b>	<b>20 (44)</b>
<b>63 (2 ½)</b>	<b>35 (77)</b>
<b>75 (3)</b>	<b>60 (130)</b>
<b>90 (3 ½)</b>	<b>100 (220)</b>
<b>100 (4)</b>	<b>150 (330)</b>
<b>125 (5)</b>	<b>300 (660)</b>

**TABLA 4.4. Cantidad mínima de la muestra de aareado**

### **Procedimiento**

- Secar a peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- Seleccionar tamaños adecuados de tamices.
- Agitar los tamices manualmente o por medio de un tamizador mecánico.
- Prevenir una sobrecarga de material sobre un tamiz individual.
- Verificar la eficiencia del tamizado de acuerdo a la NTP 400.012 Ítem 8.4.
- Determinar la masa de cada incremento de medida con aproximación al 0.1% de la masa total original de la muestra seca.
- La diferencia entre el peso inicial y la suma de los pesos individuales no será mayor a 0.3%.



**Figura 4.7. Horno Eléctrico usado para el secado de las**



**Figura 4.8. Muestras secadas en el horno.**



**Figura 4.9. Tamices ordenados de mayor abertura a menor abertura.**



**Figura 4.10. Tamices listos para recibir la muestra del agregado a**





**Figura 4.11. Muestras en el interior de los tamices, listo para el respectivo**

**Figura 4.12. Muestras llevadas al tamizador eléctrico.**



**Figura 4.13. Se procede a colocar la tapa protectora para evitar derrames y/o pérdidas de material.**



**Figura 4.14. Luego del tamizado se retiran los tamices y se procede a pesar el agregado retenido en cada**



**Figura 4.15. El peso retenido de cada tamiz es pesado en la balanza de aproximación 0.1 aramos.**



**Figura 4.16. Vista de un peso retenido de un tamiz del agregado grueso.**



*Figura 4.18. Peso retenido de un tamiz de agregado fino.*



*Figura 4.17. Vista de cada tamiz a ser pesado del agregado fino.*

## Reporte

- Porcentaje total que pasa cada tamiz.
- Porcentaje total retenido en cada tamiz
- Porcentaje retenido entre tamices consecutivos.
- Reportar los porcentajes en números enteros, excepto que si el porcentaje que pasa la malla N° 200 es menor del 10 %, se aproximará al 0.1% más cercano.
- Reportar el módulo de fineza, cuando se solicite, al 0,01.

## Método de Ensayo normalizado para Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados por secado. (ASTM C 566 / NTP 339.185)

### Objetivo

Establecer el procedimiento para determinar el porcentaje de humedad evaporable de los agregados.

### Equipo

- Balanza, con una sensibilidad de 0.1 g
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Recipiente para la muestra que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse.

### **Muestra**

- Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010
- Deberá disponerse de una masa representativa del contenido de humedad de la fuente de abastecimiento que está evaluándose con una masa no menor de la cantidad indicada en la **Tabla**.

**TABLA 4.5. Cantidad mínima de la muestra**

<b>TMN del agregado. mm (pulg.)</b>	<b>Cantidad mínima de la muestra de agregado de peso normal. (kg )</b>
<b>4.75 (0.187) (Nº 4)</b>	<b>0.5</b>
<b>9,5 (3/8)</b>	<b>1.5</b>
<b>12,5 (1/2)</b>	<b>2.0</b>
<b>19,0 (3/4)</b>	<b>3.0</b>
<b>25,0 (1)</b>	<b>4.0</b>
<b>37,5 (1 ½)</b>	<b>6.0</b>
<b>50 (2)</b>	<b>8.0</b>
<b>63 (2 ½)</b>	<b>10.0</b>
<b>75 (3)</b>	<b>13.0</b>
<b>90 (3 ½)</b>	<b>16.0</b>
<b>100 (4)</b>	<b>25.0</b>
<b>150 (6)</b>	<b>50.0</b>

### **Procedimiento**

- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0.1%.

- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula.
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.1% después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

### Cálculo

$$p(\%) = [(W - D)/D] \times 100$$

p: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W: Masa de la muestra humedad original en gramos.

D: Masa de la muestra seca en gramos.

**TABLA 4.6. Cálculo para la Obtención del Contenido de**

### **Método de Ensayo normalizado para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso. (ASTM C 127 / NTP 400.021)**

#### **Objetivo**

Establecer el procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

#### **Equipo**

- Balanza, con una precisión de 0,05% de la carga de muestra, o de 0.5 g, lo que sea mayor. La balanza deberá estar equipada con un aparato adecuado para suspender el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma o el plato de la balanza.
- Recipiente para muestra, una canasta de alambre de 3,35 mm o de malla fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 litros, agregado de tamaño máximo nominal o menor de 37,5 mm (1 ½ pulgada).

- Tanque de agua, un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendida debajo de la balanza.
- Tamices, un tamiz de 4.75 mm (Nº 4).
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Muestra**

- Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010.
- Mezclar bien la muestra de agregado y reducirá a la cantidad aproximada necesaria para el uso de los procedimientos aplicables en la NTP 400.043. Rechazar todo el material que pasa un tamiz de 4,75 mm (Nº 4), por tamizado en seco y lavar cuidadosamente para eliminar el polvo u otros recubrimientos de la superficie.
- La masa mínima de la muestra de ensayo a utilizar es indicada en la **Tabla**.

**TABLA 4.7. Cantidad mínima de la muestra**

<b>TMN del agregado. mm (pulg.)</b>	<b>Masa mínima de muestra de ensayo. (kg )</b>
<b>12,5 (1/2) o menor</b>	<b>2</b>
<b>19,0 (3/4)</b>	<b>3</b>
<b>25,0 (1)</b>	<b>4</b>
<b>37,5 (1 ½)</b>	<b>5</b>
<b>50 (2)</b>	<b>8</b>
<b>63 (2 ½)</b>	<b>12</b>
<b>75 (3)</b>	<b>18</b>
<b>90 (3 ½)</b>	<b>25</b>
<b>100 (4)</b>	<b>40</b>
<b>125 (5)</b>	<b>75</b>

## Procedimiento

- Sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente, durante un período de 24 h ± 4 h.
- Retirar la muestra del agua y hacer rodar sobre un paño absorbente grande, hasta que se eliminen todas las partículas visibles de agua.
- Determinar la masa de la muestra de ensayo, en la condición de superficie saturada seca.
- Después de la determinación de la masa en aire, colocar inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y determinar su masa aparente en agua a 23 °C ± 2,0 °C.
- Secar la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de 110 °C ± 5 °C, enfriar en aire a temperatura ambiente y determinar la masa.

## Cálculos

- **Peso Específico (Base al agregado secado al horno)**

$$P.E (base seca) = A / (B - C)$$

A: Masa de la muestra secada al horno en aire, g.

B: Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g.

C: Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g.

**TABLA 4.8. Cálculo para la Obtención del Peso Específico en base**

- **Peso Específico (Base al agregado de superficie seca saturada)**

$$P.E (base SSS) = B / (B - C)$$

B: Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g.

C: Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g.

**TABLA 4.9. Cálculo para la Obtención del Peso Específico en base al aareado saturado superficialmente seco.**

➤ **Absorción**

$$\text{Absorción (\%)} = [(B - A)/A] \times 100$$

A: Masa de la muestra secada al horno en aire, g.

B: Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g.

**TABLA 4.10. Cálculo para la Obtención de la Absorción**



*Figura 4.20. Después de ser tamizado, el agregado es sumergido en agua durante 24*

*Figura 4.19. Agregado grueso tamizado por la malla N° 4.*



**Figura 4.25. Se ingresa el material SSS en la**



**Figura 4.26. Colocación de la canastilla en el equipo de Peso**



**Figura 4.21. Después de cumplir el tiempo de saturación, el agregado es retirado del recipiente con agua**



**Figura 4.22. El agregado es secado superficialmente, hasta quitar el brillo superficial a**



**Figura 4.29. Se extrae la muestra de la canastilla en una bandeja.**



**Figura 4.30. La muestra, es llevada al horno, hasta secarla y obtener su peso seco.**



**Figura 4.27. Se sumerge la canastilla junto con el material SSS en el agua, hasta cubrirlo**



**Figura 4.28. Se obtiene y registra la masa de la canastilla junto con el material SSS sumergido en agua.**



**Figura 4.23. Se procede a obtener la masa de la muestra SSS.**



**Figura 4.24. Se obtiene el peso de la canastilla sumergida en agua.**

## Método de Ensayo normalizado para Peso Específico y Absorción del Agregado Fino. (ASTM C 128 / NTP 400.022)

### Objetivo

Establecer el procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

### Equipo

- Balanza, con una precisión de 0,1% de la carga de muestra, y una sensibilidad de 0,1 g o menos.
- Picnómetro, un frasco u otro contenedor apropiado en el cual la muestra de agregado fino puede ser rápidamente introducida.
- El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad.
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Muestra

- Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010.
- Mezclar bien la muestra de agregado y reducirá a la cantidad aproximada necesaria para el uso de los procedimientos aplicables en la NTP 400.043. Rechazar todo el material que pasa un tamiz de 4,75 mm (Nº 4), por tamizado en seco y lavar cuidadosamente para eliminar el polvo u otros recubrimientos de la superficie.
- La masa mínima de la muestra de ensayo a utilizar es indicada en la **Tabla**

**TABLA 4.11. Cantidad mínima de la muestra**

<b>TMN del agregado. mm (pulg.)</b>	<b>Masa mínima de muestra de ensayo.</b>
---	--

	(kg)
12,5 (1/2) o menor	2
19,0 (3/4)	3
25,0 (1)	4
37,5 (1 ½)	5
50 (2)	8
63 (2 ½)	12
75 (3)	18
90 (3 ½)	25
100 (4)	40
125 (5)	75

### Procedimiento

- Sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente, durante un período de 24 h ± 4 h.
- Decantar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente.
- Determinar condición saturada superficialmente seca con el cono de absorción.
- Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro 500 g ± 10 g de agregado fino de condición SSS, y llenar de agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad.
- Rodar, invertir o agitar manualmente el picnómetro para eliminar las burbujas de aire visibles.
- Llenar el picnómetro al nivel de agua de su capacidad de calibración. Determinar la masa del picnómetro, el espécimen y el agua.

- Retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno a una masa constante, a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , enfriar en aire a temperatura ambiente y determinar la masa.
- Determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua.

## Cálculos

### ➤ **Peso Específico (Base al agregado secado al horno)**

$$P.E \text{ (base seca)} = A / (B + S - C)$$

- A: Masa de la muestra secada al horno en aire, g.
- B: Masa del picnómetro lleno de agua, g.
- S: Masa de la muestra saturada superficialmente seca, g.
- C: Masa del picnómetro lleno de la muestra y agua, g.

#### TABLA 4.12. Cálculo para la Obtención del Peso Específico en base

### ➤ **Peso Específico (Base al agregado de superficie seca saturada)**

$$P.E \text{ (base SSS)} = S / (B + S - C)$$

- B: Masa del picnómetro lleno de agua, g.
- S: Masa de la muestra saturada superficialmente seca, g.
- C: Masa del picnómetro lleno de la muestra y agua, g.

#### TABLA 4.13. Cálculo para la Obtención del Peso Específico en base al agregado saturado superficialmente seco.

$$\text{Absorción (\%)} = [(S - A)/A] \times 100$$

- A: Masa de la muestra secada al horno en aire, g.
- S: Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g.

#### TABLA 4.14. Cálculo para la Obtención de la Absorción



**Figura 4.35.** Se obtiene la masa del picnómetro junto con el agua en su



**Figura 4.36.** Se ingresa el material SSS en el picnómetro y se llena totalmente



**Figura 4.31.** Después de ser tamizado, el agregado es sumergido en agua durante 24



**Figura 4.32.** El agregado es secado a temperatura ambiente, hasta obtener una



**Figura 4.33.** Se obtiene la condición SSS a través del ensayo con el cono de absorción



**Figura 4.34.** Una vez obtenida la condición SSS, se procede a obtener la masa mínima

**Figura 4.37. Se procede a rodar y agitar el picnómetro hasta eliminar las burbujas visibles**



**Figura 4.38. Dejar reposar e ir llenado con agua hasta que ya no tenga burbujas en el**



**Figura 4.39. Obtenemos la masa de la muestra SSS + agua + recipiente.**

**Figura 4.40. Retiramos la muestra del picnómetro y la llevamos al horno y**

**Método de Ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. (ASTM C 29 / NTP 400.017)**

### **Objetivo**

Establecer el procedimiento para determinar la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación.

### **Equipo**

- Balanza, con una exactitud dentro el 0,1% de la carga de ensayo.
- Varilla de apisonado lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica.
- Recipiente cilíndrico de metal, hermético a prueba de agua.

**TABLA 4.15 Capacidad de los recipientes**

T nominal máx. del agregado		Capacidad del recipiente <sup>A</sup>	
mm	pulg	m <sup>3</sup>	p <sup>3</sup>
12,5	1/2	0,0028 (2,8)	1/10
25,0	1	0,0093 (9,3)	1/3
37,5	1 ½	0,0140 (14)	½
75	3	0,0280 (28)	1
100	4	0,0700 (70)	2 ½
125	5	0,1000 (100)	3 ½

<sup>A</sup>Los tamaños indicados de los recipientes serán usados para ensayar agregados de un tamaño nominal máximo igual o menor de los listados. El volumen actual del recipiente será al menos 95 % del volumen nominal listado.

- Pala, cucharón.

### **Muestra**

- Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010.
- Mezclar bien la muestra de agregado y reducirá a la cantidad aproximada necesaria para el uso de los procedimientos aplicables en la NTP 400.043.
- El tamaño de la muestra será aproximadamente de 125% a 200% la cantidad requerida para llenar el recipiente, y será manipulada de manera de evitar la segregación. Secar la muestra de agregado, esencialmente a masa constante, preferiblemente en una estufa a 110 °C ± 5 °C.

### **Procedimiento de Apisonado**

- Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar como anteriormente. Finalmente, llenar el recipiente a sobre-volumen y apisonar nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula.

- En el apisonado de la primera capa, procurar no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la segunda y tercera capa, usar un esfuerzo vigoroso, pero no mayor de la que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg.

### Procedimiento para Peso Suelto

- Llenar el recipiente hasta el reboce con una pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula.



registrar los valores con exactitud de 0,05 kg.

- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg.

### Cálculos

$$M = (G - T) / V$$

M: Densidad de masa del agregado, kg/m<sup>3</sup>.

G: M, kg.

T: Masa del recipiente, kg

V: Volumen del recipiente, m<sup>3</sup>.

**TABLA 4.16. Cálculo para la Obtención de la densidad de masa.**



**Figura 4.45. Llenado de la última capa**



**Figura 4.46. Varillado de la última capa**



**Figura 4.41. Ingreso del material al recipiente**



**Figura 4.42. Varillado de la primera capa.**



**Figura 4.43. Llenado de la segunda capa.**



**Figura 4.44. Varillado de la segunda capa.**

## **4.2. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO**

### **4.2.1. Práctica Normalizada para Muestreo de Concreto Recién Mezclado. (ASTM C 172 / NTP 339.036)**

#### **Objetivo**

Proveer requisitos y procedimientos normalizados para muestrear concreto recién mezclado de diferentes contenedores utilizados en la producción o transporte de concreto.

#### **Muestreo**

- El tiempo para obtener la muestra compuesta no debe exceder de 15 minutos, entre la obtención de la primera y última porción de muestra.
- Transportar las muestras individuales al lugar donde el concreto va a ser experimentado las mismas que deben ser combinadas y premezcladas con una pala para asegurar su uniformidad.
- Iniciar las pruebas de asentamiento, temperatura y contenido de aire dentro de los 5 minutos siguientes a la obtención de la última porción de la muestra compuesta.
- Iniciar el moldeo de cilindros dentro de los 115 minutos siguientes a la fabricación de la muestra compuesta.
- Proteger la muestra del sol, aire u otros causantes de su rápida evaporación.

#### **Procedimiento**

- Tomar una muestra mínima de 28 litros (1 pie<sup>3</sup>) si se va a fabricar especímenes para ensayos de resistencia, muestras más pequeñas pueden ser utilizadas para ensayos de contenido de aire, temperatura y asentamiento.
- El muestreo de un mezclador estacionario y camión mezclador o agitador debe realizarse del tercio central de la carga, y en por lo menos dos porciones que se integran en una sola muestra.



**Figura 4.48. Dosificación y obtención de la masa de los materiales.**



**Figura 4.49. Ingreso de los materiales en la máquina mezcladora.**



**Figura 4.50. Vista del ingreso de los materiales antes de ser mezclados.**



**Figura 4.51. Vista de los agregados mezclados y el material cementante.**



**Figura 4.52. Muestreo del concreto fresco.**

#### **4.2.2. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto. (ASTM C 1064 / NTP 339.184)**

##### **Objetivo**

Este método de prueba permite medir la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco y puede ser usado para verificar la conformidad con un requerimiento especificado para la temperatura del concreto fresco en obra.

##### **Equipo**

- Recipiente: Debe estar elaborado de un material no absorbente y debe tener dimensiones tales que permitan un recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75 mm) de concreto en todas las direcciones alrededor del sensor medidor de temperatura. El espesor de concreto deberá ser también al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Dispositivo para medición de temperatura: El dispositivo deberá ser capaz de medir la temperatura de la mezcla de concreto con una exactitud de  $\pm 0,5$  °C, dentro de un rango entre 0 °C a 50 °C. El dispositivo que mide la temperatura (sensor) requerirá la inmersión de 3 pulgadas (75 mm) o más en el concreto, durante la operación.

##### **Muestreo del concreto**

- La temperatura del concreto puede medirse en el equipo de transporte, si es que el aparato medidor está cubierto por al menos 3 pulgadas de concreto (75 mm) en todas las direcciones.
- La temperatura de la mezcla de concreto puede obtenerse después de vaciar el concreto.
- Si no se mide la temperatura en el equipo de transporte, debe prepararse una muestra como se indica a continuación

- Humedezca (con agua) el recipiente en el que obtendrá la muestra del concreto.
- Obtenga una muestra de concreto recién mezclado según la NTP 339.036.
- Coloque el concreto recién mezclado en el recipiente no absorbente.

### Procedimiento

- Obtener una muestra de concreto dentro de un contenedor no absorbente, de tamaño suficiente para proveer un mínimo de 3 pulgadas (75 mm) de concreto alrededor del sensor de temperatura en todas las direcciones.
- Utilizar un termómetro con una exactitud de  $\pm 0.5$  °C.
- Colocar el termómetro dentro de la muestra cubriendo el sensor con un mínimo de 3 pulgadas en todas las direcciones. Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del termómetro para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.
- Dejar introducido el termómetro en el concreto fresco por un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, y a continuación leer y registrar la temperatura.
- Completar la medición de la temperatura dentro de 5 minutos siguientes a la obtención de la muestra compuesta.
- Registrar la temperatura con una precisión de 0.5 °C.

### Reporte

Registrar la temperatura medida con una aproximación de 0.5 °C.



**Figura 4.53. Muestreo del concreto fresco y medición de la temperatura.**

### **4.2.3. Método de ensayo para la determinación del asentamiento del concreto de cemento Portland. (ASTM C 143 / NTP 339.035)**

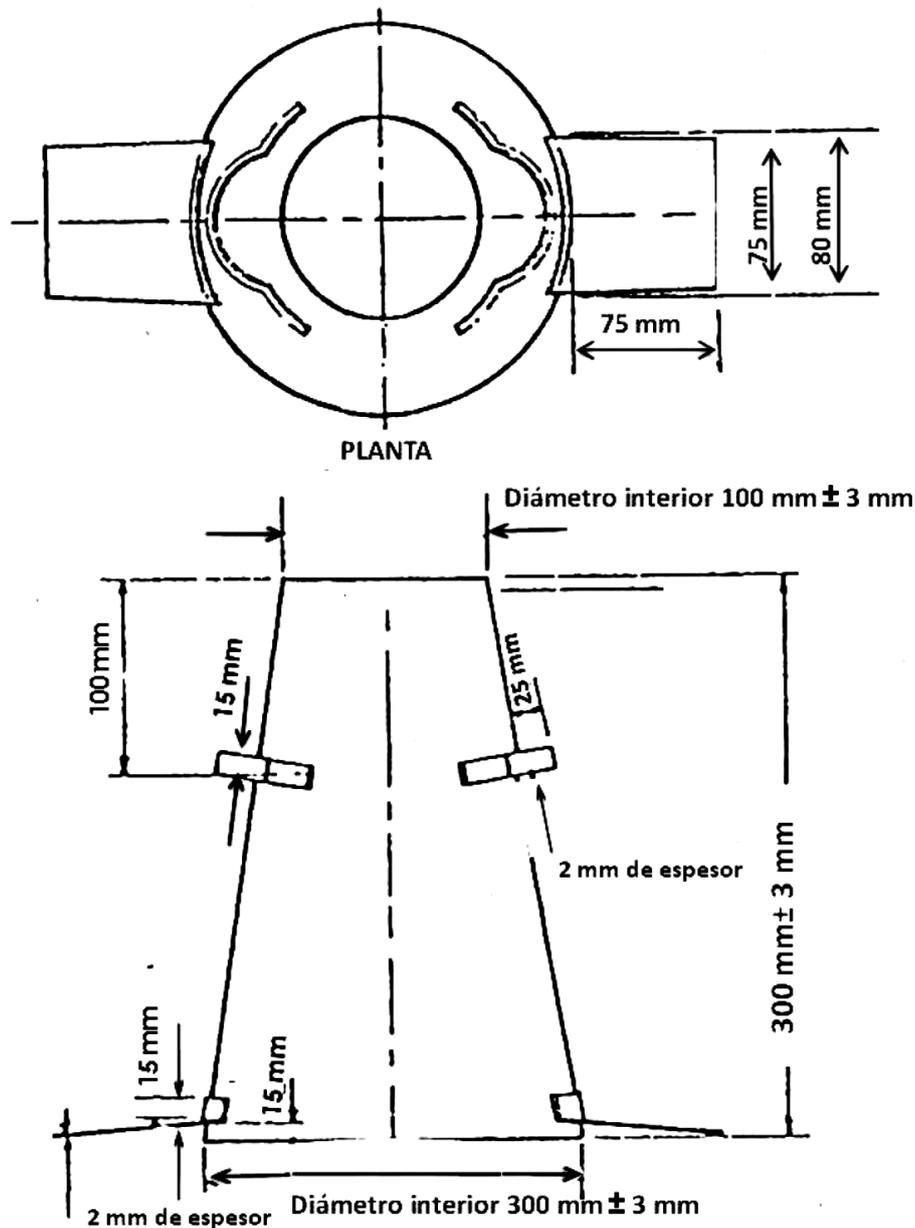
#### **Objetivo**

Establecer el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland, tanto en laboratorio como en el campo.

#### **Equipo**

- Molde: El molde será metálico, resistente al ataque de la pasta de cemento, con un espesor no menor que 0.060 pulgadas (1.5 mm), y si se forma con el proceso de repujado en ningún punto del molde el espesor será menor de 0.045 pulgadas (1.15 mm) de grosor. El molde deberá tener la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulgadas (200 mm) de diámetro y la parte superior de 4 pulgadas (100 mm) de diámetro, con una altura de 12 pulgadas (300 mm). La tolerancia de los diámetros y alturas individuales debe estar entre  $\pm 1/8$ " (3 mm) con respecto a las dimensiones especificadas. El interior del molde deberá ser relativamente liso y libre de cualquier protuberancia. El molde no deberá presentar abolladuras, deformaciones o restos de concreto en su interior.
  
- Barra compactadora: Una barra cilíndrica de acero liso, de 5/8" (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24" (600 mm) de largo, con el extremo de apisonamiento redondeado en forma semiesférica con un diámetro de 5/8" (16 mm).
  
- Dispositivo de medida: Una regla, cinta métrica de metal o instrumento similar rígido o semirrígido, cuya longitud de medición debe estar marcada en incrementos de 0.25 pulgadas (5 mm). La longitud del instrumento debe ser por lo menos de 12 pulgadas (200 mm).

- Cucharón: De tamaño apropiado y forma adecuada para obtener la cantidad suficiente y representativa de concreto del recipiente que contiene la muestra y colocarla sin derramar en el molde



### Procedimiento

- Humedecer el molde y el piso o placa base, ejecutar sobre una superficie rígida no absorbente.
- Apoyar firmemente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Por ningún motivo debe moverse los pies durante el llenado del molde.

- Llenar el molde en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm, la segunda hasta de 160 mm y la tercera hasta el borde superior del molde.
- Compactar cada capa en toda su profundidad con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones en toda la superficie de cada capa.
- Compactar la segunda y tercera capa penetrando la capa anterior 25 mm (1 pulgada) y varillar desde cerca del perímetro y continuar progresivamente en forma de espiral hacia el centro del molde.
- Cuando compacta la última capa, mantener un excedente de concreto sobre el molde antes de comenzar el varillado, si el concreto es insuficiente detener el varillado y colocar una cantidad representativa para mantener un exceso de concreto sobre el molde todo el tiempo.
- Enrasar el concreto rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde.
- Continuar manteniendo el molde firme y remover el concreto alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto.
- Levantar el molde por encima de las 12 pulgadas (300 mm) de un solo movimiento sin giros en un tiempo de  $5 \pm 2$  segundos.
- Medir con una precisión de 1/4 de pulgada (5 mm) el revenimiento, desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen.
- Ejecute la prueba desde su inicio hasta el final sin interrupciones en no más de 2.5 minutos.

## **Reporte**

Registrar el asentamiento en pulgadas (mm) con una aproximación de 1/4" (5 mm).



**Figura 4.54. Obtención de la muestra del concreto fresco.**



**Figura 4.55. Remezclado y homogenización del concreto antes de iniciar el ensayo.**



**Figura 4.56. Inicio del ensayo de asentamiento.**



**Figura 4.57. Varillado en forma de espiral, compactando 25 veces cada capa..**



**Figura 4.58. Enrasado de la última capa, se procede a levantar de forma vertical respetando los tiempos**



**Figura 4.59. Medición del asentamiento en**

#### 4.2.4. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. (ASTM C 138 / NTP 339.046)

##### Objetivo

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad del concreto fresco y señala las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento, y contenido de aire del concreto fresco.

##### Equipo

- Balanza: Con una exactitud de 45 g.
- Barra compactadora: Una barra cilíndrica de acero liso, de 5/8" (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24" (600 mm) de largo, con el extremo de apisonamiento redondeado en forma semiesférica con un diámetro de 5/8" (16 mm).
- Recipiente: Debe ser cilíndrico, de acero u otro metal. La capacidad mínima del recipiente se determinará de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Capacidad de recipiente	
in.	mm	ft <sup>3</sup>	L
1	25.0	0.2	6
1½	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4½	112	2.5	70
6	150	3.5	100

- Placa de alisado: Placa plana de forma rectangular, de metal con espesor mínimo de ¼ de pulgada (6 mm). Los bordes de la placa serán rectos y lisos dentro de una tolerancia de 1/16 pulgadas (2 mm).

- Mazo: Un mazo (con cabeza de caucho o cuero) que tenga una masa de  $600 \pm 200$  g para usar con recipientes de medición de 14 L o más pequeños, y un mazo con masa de  $1000 \pm 200$  g para usar con recipientes más grandes.
- Cucharón: De tamaño apropiado y forma adecuada para obtener la cantidad suficiente y representativa de concreto del recipiente que contiene la muestra y colocarla sin derramar en el recipiente de medición.

## **Procedimiento**

- Establecida la selección del método de consolidación del concreto en el ensayo de revenimiento, a menos que el ensayo tenga especificaciones bajo las cuales se lo debe realizar. El método de consolidación puede ser varillado y vibración interna. Se varilla concretos con un revenimiento mayor a 3 pulgadas (75 mm). Varillar o vibrar concretos con un revenimiento de 1 a 3 pulgadas (25 mm a 75 mm). Consolidar concretos con un revenimiento menor a 1 pulgada (25 mm) por vibración. Determinar la masa del recipiente de medición vacío (kg.).
- Colocar el concreto dentro del recipiente, en tres capas de aproximadamente igual volumen (compactación por varillado).
- Compactar cada capa penetrando 25 veces con la varilla en recipientes de  $0.5 \text{ ft}^3$  (14 L) o menores y 50 veces para recipientes de  $1 \text{ ft}^3$  (28 L).
- Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente.
- Compactar la segunda y tercera capa en todo su espesor penetrando 1 pulgada (25 mm) en la capa anterior. Llenar la tercera capa manteniendo un exceso aproximado de 3 mm.
- Distribuya las penetraciones uniformemente en toda la sección transversal del recipiente, en cada una de las tres capas.
- Golpear firmemente de 10 a 15 veces los lados del recipiente con el mazo, cada una de las tres capas, para así llenar los vacíos y eliminar las burbujas de aire que podrían quedar atrapadas en el concreto.
- Retire cualquier exceso de concreto empleando una llana o cuchara, o agregar una pequeña cantidad de concreto, para corregir alguna deficiencia después de compactar la última capa.

- Después de la consolidación enrasar el concreto con una placa de enrase para obtener una superficie lisa. El enrase se realizará mejor presionando la placa contra la superficie del concreto del recipiente y se debe cubrir dos terceras partes de la superficie y luego enrasar nuevamente toda la superficie superior del recipiente.
- Limpiar todo el exceso del concreto en la parte exterior del recipiente y determinar la masa de concreto del recipiente lleno en kg.
- Calcular la masa neta (kg.).
- Calcular la densidad del concreto y registrar el resultado de la prueba.

### Cálculos

$$D = (M_c - M_m) / V_m$$

D: Densidad (Peso unitario), kg/m<sup>3</sup>.

M<sub>c</sub>: Masa del molde lleno de concreto, kg.

$$M_{neta} = M_c - M_m$$

M<sub>m</sub>: Masa del recipiente, kg

V<sub>m</sub>: Volumen del recipiente, m<sup>3</sup>.

**TABLA 4.17.**  
**Cálculo para**  
**la Obtención**



**Figura 4.60. Ejecución Del ensayo de peso unitario del concreto fresco.**



**Figura 4.61. Vista del enrasado de la superficie de la última capa de concreto fresco.**



**Figura 4.62. Obtención de la masa del concreto fresco, para ser usado en el cálculo del peso**

#### **4.2.5. Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de concreto por el método de presión. (ASTM C 231 / NTP 339.083)**

##### **Objetivo**

Determinar la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados. Por esta razón este ensayo es aplicable para concretos con agregados relativamente densos y que requieran la determinación del factor de corrección del agregado.

##### **Equipo**

- Medidor de aire tipo B.
- Barra compactadora: Una barra cilíndrica de acero liso, de 5/8" (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24" (600 mm) de largo, con el extremo de apisonamiento redondeado en forma semiesférica con un diámetro de 5/8" (16 mm).
- Placa de alisado: Placa plana de forma rectangular, de metal con espesor mínimo de ¼ de pulgada (6 mm). Los bordes de la placa serán rectos y lisos dentro de una tolerancia de 1/16 pulgadas (2 mm).
- Mazo: Un mazo (con cabeza de caucho o cuero) que tenga una masa de  $600 \pm 200$  g para usar con recipientes de medición de 14 L o más pequeños, y un mazo con masa de  $1000 \pm 200$  g para usar con recipientes más grandes.

##### **Procedimiento**

- Seleccionar una muestra representativa.
- Humedecer el interior del tazón y colocarlo en una superficie plana, nivelada y firme.
- Llenar el recipiente con tres capas de igual volumen, sobrellenando ligeramente la última capa.
- Compactar cada capa con 25 penetraciones de la punta semiesférica de la varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección.

- Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente con la varilla.
- Compactar la segunda y tercera capa penetrando 1 pulgada (25 mm) de la capa anterior.
- Golpear firmemente los lados del tazón de 10 a 15 veces con el mazo, después de compactar cada capa. Para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra.
- Enrasar el concreto utilizando la regla enrasadora apoyada sobre el borde superior del molde; y luego limpie el exceso de muestra del borde del recipiente.
- Limpiar y humedecer el interior de la cubierta antes de acoplarla con las mordazas a la base; las mordazas se sujetan dos a la vez y en cruz.
- Abrir ambas llaves de purga.
- Cerrar la válvula principal de aire entre la cámara y el tazón y abrir ambas llaves de purga a través de la cubierta.
- Inyectar agua a través de una de las llaves de purga hasta que se salga por la otra.
- Continuar inyectando agua por la llave de purga, mientras mueve y golpea el medidor para asegurar que todo el aire es expulsado.
- Cerrar la válvula de escape de aire y bombear aire dentro de la cámara hasta que el manómetro este en la línea de presión inicial.
- Esperar unos segundos para que el aire comprimido llegue a una temperatura normal y se estabilice la lectura de presión.
- Ajustar el manómetro en la línea de presión inicial por bombeo o deje escapar aire si es necesario dando ligeros golpes con la mano.
- Cerrar ambas llaves de purga.
- Abrir la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón.
- Dar pequeños golpes en los lados del tazón con el mazo.
- Leer el porcentaje de aire, golpeando con la mano ligeramente el manómetro para estabilizar la lectura.
- Cerrar la válvula de aire principal y abrir las llaves de purga para descargar la presión, antes de remover la cubierta.
- Calcular correctamente el contenido de aire.

## Reporte

El contenido de aire se reporta con una aproximación de 0.1%.



*Figura 4.63. Ensayo del contenido de aire, a través del método de presión.*



*Figura 4.64. Vista del resultado obtenido en el ensayo.*



*Figura 4.65. Contenido de aire del concreto fresco*

— 4 4 0 /

#### **4.2.6. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. (ASTM C 31 / NTP 339.033)**

##### **Objetivo**

Esta práctica cubre los procedimientos necesarios para hacer y curar muestras cilíndricas y vigas de concreto en obra para proyectos de construcción, que puede ser compactado mediante varillado o vibración.

Además este ensayo proporciona los estándares necesarios para la realización de curado, protección y transporte de los especímenes de ensayo del concreto bajo las condiciones de campo.

El concreto usado para hacer los especímenes, debe tener los mismos niveles de asentamiento, contenido de aire y porcentaje de agregado gruesos que el concreto colocado en la obra.

##### **Equipo**

- Moldes: Deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no reacciones con el cemento. Antes de usarse los moldes deben ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de cimbras no reactivo.
- Barra compactadora: Una barra cilíndrica de acero liso, de 5/8" (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24" (600 mm) de largo, con el extremo de apisonamiento redondeado en forma semiesférica con un diámetro de 5/8" (16 mm).
- Mazo: Un mazo (con cabeza de caucho o cuero) que tenga una masa de  $600 \pm 200$  g.
- Herramientas de mano: Palas, cubetas, espátulas, niveladores y alisadores de madera y metal para la superficie del concreto.
- Recipiente de muestreo: El recipiente debe ser una batea de metal pesado, de un espesor adecuado, una carretilla o plancha plana limpia, no absorbente con suficiente capacidad para remezclar fácilmente la muestra completa con una cuchara o pala.

## Requisitos de los ensayos

➤ Especímenes cilíndricos: Los especímenes deben ser cilíndricos de concreto colocado y fraguado en posición vertical, de altura igual a dos veces el diámetro y el diámetro del cilindro es de 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. El tamaño del espécimen estándar es 6 por 12 pulgadas (150 por 300 mm) o 4 por 8 pulgadas (100 por 200 mm).

Los cilindros aceptables para la realización de pruebas de resistencia deben ser de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o especímenes de 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm).

## Procedimiento

- Colocar el molde sobre una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.
- Tomar una muestra representativa de acuerdo a la norma ASTM C 172 / NTP 339.036.
- Colocar el concreto en el interior del molde, moviendo el cucharón alrededor del borde del molde para asegurar la distribución del concreto y una segregación mínima mientras se descarga el concreto.
- Llenar el molde en tres capas de igual volumen. En la última capa agregar la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación. Ajustar el sobrante o faltante de concreto con una porción de mezcla y completar el número de golpes faltantes.
- Compactar cada capa con 25 penetraciones de la punta semiesférica de la varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección.
- Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente con la varilla. Compactar la segunda y tercera capa penetrando 1 pulgada (25 mm) de la capa anterior.
- Después de compactar cada capa, golpear los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo para liberar las burbujas de aire que pueden quedar atrapadas.

- Enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación y si es necesario se le da un acabado con una llana o cuchara. Debe darse el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.
- Identificar los especímenes con la información correcta.
- Inmediatamente después de elaborados los especímenes deben transportarse al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el período de curado inicial.

### Curado

- Temperatura: La temperatura para el curado inicial debe ser:

$f'c > 422 \text{ kg/cm}^2$  20-26 °C

$f'c < 422 \text{ kg/cm}^2$  16-27 °C

- Protección después del acabado: Inmediatamente después de elaborar el espécimen se debe evitar la evaporación y la pérdida de agua de estos.
- Al terminar el curado inicial y antes que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, almacene los especímenes en condiciones de humedad adecuada, siempre cubiertos con agua a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C.



**Figura 4.66. Muestreo del concreto fresco e inicio de la elaboración de probetas.**



**Figura 4.67. Luego del varillado, se procede a golpear cada capa 10 a 15 veces con un mazo de goma.**



**Figura 4.68. Vista de la elaboración de probetas, llenado de la**



**Figura 4.69. Vista del varillado en la elaboración de probetas**



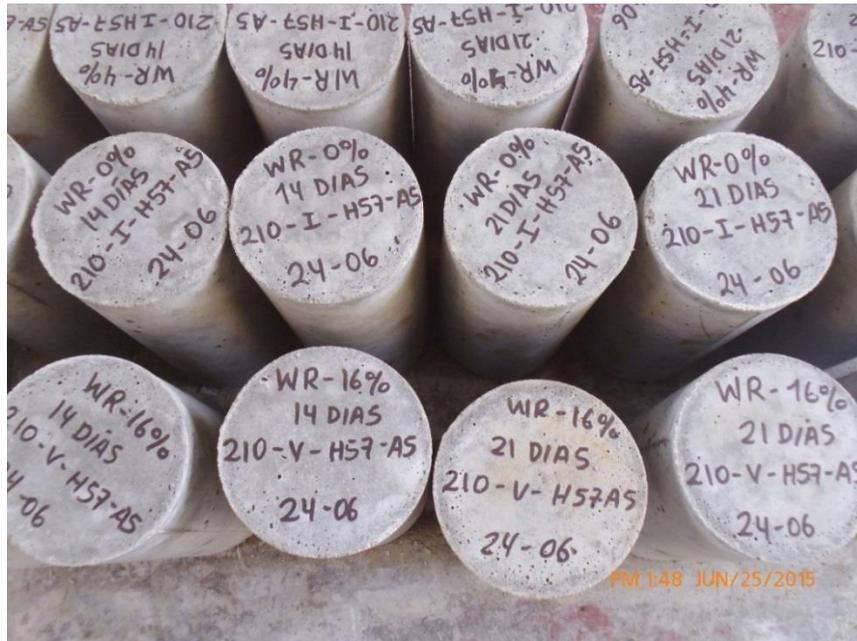
**Figura 4.70.** Después del acabado se protege con una bolsa plástica, para evitar la pronta evaporación y pérdida de agua del concreto.



**Figura 4.71.** Al día siguiente, luego de alcanzar el estado endurecido, las probetas ya están listas para su desencofrado.



**Figura 4.72.** Vista del desencofrado de las probetas



**Figura 4.73. Identificación y trazabilidad de cada probeta antes de ser ingresada a la poza de curado.**



**Figura 4.74. Vista de las probetas en la poza de curado sumergidas totalmente.**



**Figura 4.75. Vista de la poza de curado y en su interior se puede observar la cal, que sirve para subir el PH del agua y ésta no le quite cal al**

#### **4.2.7. Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. (ASTM C 403 / NTP 339.082)**

##### **Objetivo**

Establecer el método de ensayo para la determinación del fraguado del concreto, con revenimiento mayor que cero, por medio de la medida de la resistencia a la penetración de un mortero tamizado del concreto.

##### **Equipo**

- Contenedores para especímenes de mortero: Serán rígidos, impermeables, no absorbentes, libres de aceite o grasa, de sección rectangular o circular.
- Agujas de penetración.
- Aparato de carga: El dispositivo será capaz de medir la fuerza de penetración con una exactitud de  $\pm 10$  N, con una capacidad de carga de por lo menos 600 N.
- Varilla compactadora.
- Pipeta.
- Termómetro.

##### **Resumen del método**

Una muestra de mortero se obtendrá por tamizado de una muestra representativa del concreto fresco. El mortero será colocado en un recipiente y será almacenado a una temperatura ambiente especificada (20 °C a 25 °C). A intervalos regulares de tiempo, se obtendrá la resistencia a la penetración del mortero utilizando agujas normalizadas. De una curva de resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido se determinará los tiempos de fraguado inicial y final.

## Reporte

- Una curva de la resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido de cada ensayo.
- Los tiempos de fraguado inicial y final de cada ensayo serán reportados en horas y minutos, con aproximación al minuto.
- El tiempo promedio de fraguado inicial y final para condición de ensayo, será reportado en horas y minutos con aproximación de 5 minutos.



**Figura 4.76. Ensayo resistencia a la penetración para determinar el tiempo de fraguado inicial y final.**



**Figura 4.77. Vista de la colocación de la muestra para ser ensayada.**



**Figura 4.78. Vista del penetrómetro y la aplicación de carga en la muestra de mortero**



**Figura 4.79. Vista del mortero mostrando en su superficie los agujeros que indican que han sido sometidos a ensayos de penetración.**

## **4.3. ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO**

### **4.3.1. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (ASTM C 39 / NTP 339.034)**

#### **Objetivo**

Establecer la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

#### **Resumen del método de ensayo**

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección recta de la probeta.

#### **Equipo**

- Máquina de ensayo: la máquina de ensayo será de capacidad conveniente, suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s.
- Bloques de la base.
- Indicación de carga.

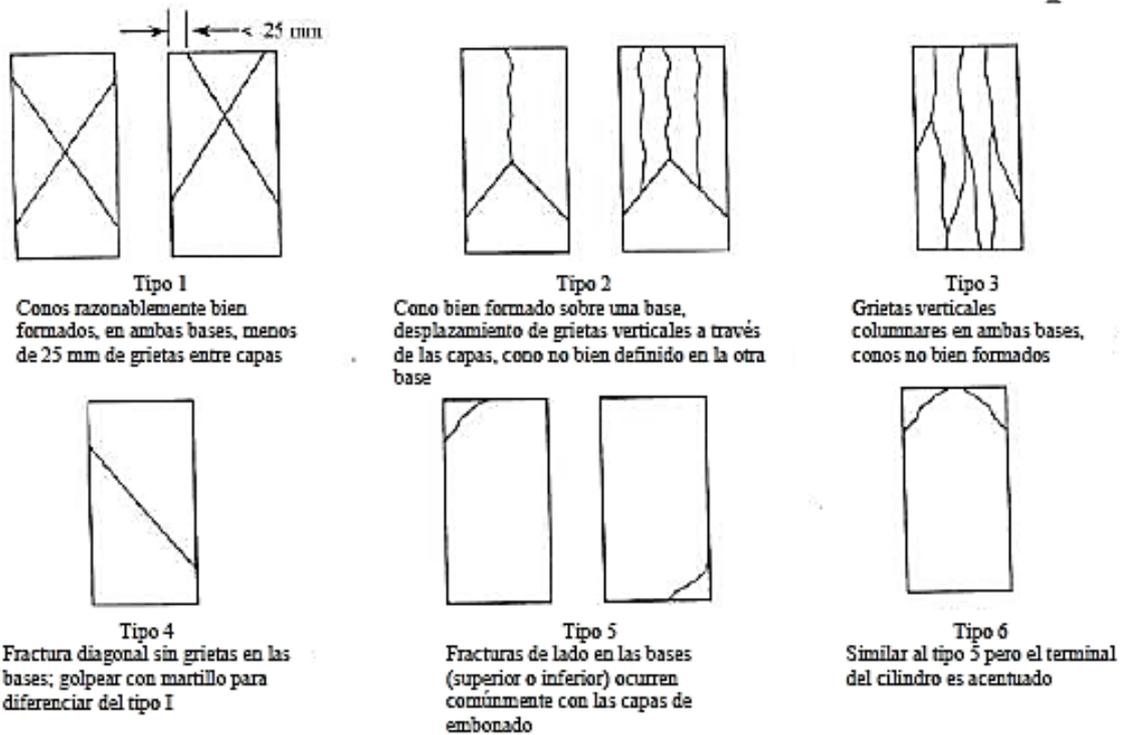
#### **Procedimiento**

- Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. Una vez extraídas las muestras de la poza de curado, éstas deben ser medidas con aproximación de 0.1 mm en el caso del diámetro y 1 mm en el caso de la altura.

- Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el período entre el retiro de almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.
- Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
<b>24 h</b>	<b>± 0.5 h</b>
<b>3 d</b>	<b>± 2 h</b>
<b>7 d</b>	<b>± 6 h</b>
<b>28 d</b>	<b>± 20 h</b>
<b>90 d</b>	<b>± 48 h</b>

- Colocar el bloque de rotura inferior sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las caras de contacto y alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.
- Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero.
- Aplicar la carga continuamente y sin detenerse.
- Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido.



- Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada y expresar el resultado con aproximación a 0.1 MPa.



**Figura 4.80. Extracción de las probetas de la poza de curado.**



**Figura 4.81 Vista de la probeta refrentada con mortero de azufre y codificada antes de ser ensayada.**



**Figura 4.82. Vista de los especímenes antes de ser ensayados en la prensa hidráulica.**



**Figura 4.83. Ingreso de la probeta al interior de la prensa**



**Figura 4.84. Ensayo de resistencia a la compresión.**



**Figura 4.85. Vistas de las fracturas de las probetas ensayadas.**

#### **4.3.2. Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de concreto. (ASTM C 617 / NTP 339.037)**

##### **Objetivo**

Establecer los aparatos, materiales y los procedimientos para el refrentado con morteros de azufre para los cilindros de concreto endurecido.

##### **Equipo**

- Placas de refrentado de metal.
- Dispositivos de alineación.
- Ollas de fundición y campana extractora.

##### **Procedimiento**

- Preparar el mortero de azufre calentándolo a una temperatura aproximada de 130 °C.
- Verificar la temperatura a intervalos de una hora durante el refrentado.
- El material se puede reciclar en no más de cinco veces.
- Antes de hacer cada refrentado, se aplica una capa delgada de aceite en las placas y se agita el mortero de azufre fundido a verter en cada capa.
- Verter el mortero sobre la superficie del plato de refrentado y colocar el cilindro en el dispositivo vertical de tal forma que sus generatrices contacten con las guías de alineación.
- Verificar el contacto de las paredes del cilindro con la alineación guía hasta que el mortero haya endurecido.



**Figura 4.86. Preparación del mortero de**



**Figura 4.87. Vista del plato de retención a utilizarse para el refrentado de las probetas.**



**Figura 4.88. Ejecución del refrentado, manteniendo la perpendicularidad del espécimen.**



**Figura 4.89. Vistas de las probetas luego de ser refrentadas.**

## **CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES**

**Para el desarrollo de esta tesis se realizaron 150 probetas de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

De las 150 probetas elaboradas 75 son con cemento Tipo I, y 75 con cemento Tipo V, ambos de la marca Cmentos Pacasmayo.

Para cada porcentaje de sustitución (0%, 4%, 8%, 12%, y 16%) de cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico se realizo 15 probetas las cuales fueron ensayadas a los 3, 7, 14 ,21 y 28 días.

Este ensayo, denominado resistencia a la compresión ( NTP. 339.034) se realizó en el laboratorio de control de calidad de Pre-fabricados de la empresa Distribuidora Norte Pacasmayo ubicado en AV. Prolong. Sanchez Cerro N° 2.5 Z.I. Piura, ( sub lote 1 Z.I. Piura) Piura,Piura.

En los anexos se muestran los certificados emitidos por dicho laboratorio.

## **5.1. CUADROS DE RESULTADOS DE LAS PROBETAS CON CEMENTO TIPO I**

### **DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN 0% DE SUSTITUCIÓN**

<b>ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO I)</b>								
<b>PROBETA</b>		<b>SLUMP</b>	<b>FECHA</b>		<b>EDAD</b>	<b>Fc</b>	<b>Fc / F' c</b>	<b>Fc / F' cr</b>
<b>N°</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>( " )</b>	<b>ELABORACIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>DÍAS</b>	<b>Kg/cm2</b>	<b>( % )</b>	<b>( % )</b>
O1	WR,3,1	5	24/06/15	27/06/15	3	162	77	46
O2	WR,3,2	5	24/06/15	27/06/15	3	164	78	47
O3	WR,3,3	5	24/06/15	27/06/15	3	163	78	46

<b>ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO I)</b>								
<b>PROBETA</b>		<b>SLUMP</b>	<b>FECHA</b>		<b>EDAD</b>	<b>Fc</b>	<b>Fc / F' c</b>	<b>Fc / F' cr</b>
<b>N°</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>( " )</b>	<b>ELABORACIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>DÍAS</b>	<b>Kg/cm2</b>	<b>( % )</b>	<b>( % )</b>
O1	WR,3,1	5	24/06/15	01/07/15	7	210	100	71
O2	WR,3,2	5	24/06/15	01/07/15	7	211	101	72
O3	WR,3,3	5	24/06/15	01/07/15	7	209	100	71

<b>ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO I)</b>								
<b>PROBETA</b>		<b>SLUMP</b>	<b>FECHA</b>		<b>EDAD</b>	<b>Fc</b>	<b>Fc / F' c</b>	<b>Fc / F' cr</b>
<b>N°</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>( " )</b>	<b>ELABORACIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>DÍAS</b>	<b>Kg/cm2</b>	<b>( % )</b>	<b>( % )</b>
O1	WR,3,1	5	24/06/15	08/07/15	14	250	119	85
O2	WR,3,2	5	24/06/15	08/07/15	14	261	124	89
O3	WR,3,3	5	24/06/15	08/07/15	14	252	120	86

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	24/06/15	15/07/15	21	279	133	95
O2	WR,3,2	5	24/06/15	15/07/15	21	277	132	94
O3	WR,3,3	5	24/06/15	15/07/15	21	280	133	95

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	24/06/15	22/07/15	28	344	164	117
O2	WR,3,2	5	24/06/15	22/07/15	28	341	162	116
O3	WR,3,3	5	24/06/15	22/07/15	28	342	163	116

#### DISEÑO DE MEZCLA 4% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4	24/06/15	27/06/15	3	161	76	55
O2	WR,3,2	4	24/06/15	27/06/15	3	161	77	55
O3	WR,3,3	4	24/06/15	27/06/15	3	162	77	55

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4	24/06/15	01/07/15	7	209	100	71
O2	WR,3,2	4	24/06/15	01/07/15	7	210	100	71
O3	WR,3,3	4	24/06/15	01/07/15	7	210	100	72

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4	24/06/15	08/07/15	14	245	117	83
O2	WR,3,2	4	24/06/15	08/07/15	14	250	119	85
O3	WR,3,3	4	24/06/15	08/07/15	14	248	118	84

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )

O1	WR,3,1	4	24/06/15	15/07/15	21	269	128	91
O2	WR,3,2	4	24/06/15	15/07/15	21	272	129	92
O3	WR,3,3	4	24/06/15	15/07/15	21	272	129	92

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4	24/06/15	22/07/15	28	301	143	102
O2	WR,3,2	4	24/06/15	22/07/15	28	305	145	104
O3	WR,3,3	4	24/06/15	22/07/15	28	303	144	103

### DISEÑO DE MEZCLA 8% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	25/06/15	28/06/15	3	148	70	50
O2	WR,3,2	5	25/06/15	28/06/15	3	149	71	51
O3	WR,3,3	5	25/06/15	28/06/15	3	145	69	49

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	25/06/15	2/07/15	7	181	86	61
O2	WR,3,2	5	25/06/15	2/07/15	7	180	86	61
O3	WR,3,3	5	25/06/15	2/07/15	7	178	85	60

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	25/06/15	09/07/15	14	200	95	68
O2	WR,3,2	5	25/06/15	09/07/15	14	199	95	68
O3	WR,3,3	5	25/06/15	09/07/15	14	200	95	68

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	25/06/15	16/07/15	21	235	112	80
O2	WR,3,2	5	25/06/15	16/07/15	21	235	112	80
O3	WR,3,3	5	25/06/15	16/07/15	21	237	113	81

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	25/06/15	23/07/15	28	272	130	93
O2	WR,3,2	5	25/06/15	23/07/15	28	271	129	92
O3	WR,3,3	5	25/06/15	23/07/15	28	271	129	92

### DISEÑO DE MEZCLA 12% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS CON 12% SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.5	03/07/15	06/07/15	3	133	63	45
O2	WR,3,2	5.5	03/07/15	06/07/15	3	133	63	45
O3	WR,3,3	5.5	03/07/15	06/07/15	3	133	63	45

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS CON 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.5	03/07/15	10/07/15	7	165	78	56
O2	WR,3,2	5.5	03/07/15	10/07/15	7	162	77	55
O3	WR,3,3	5.5	03/07/15	10/07/15	7	164	74	56

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS CON 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.5	03/07/15	17/07/15	14	191	91	65
O2	WR,3,2	5.5	03/07/15	17/07/15	14	190	91	65
O3	WR,3,3	5.5	03/07/15	17/07/15	14	192	91	65

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.5	03/07/15	24/07/15	21	212	101	72
O2	WR,3,2	5.5	03/07/15	24/07/15	21	210	100	71
O3	WR,3,3	5.5	03/07/15	24/07/15	21	211	100	72

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS CON 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	

N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.5	03/07/15	31/07/15	28	229	109	78
O2	WR,3,2	5.5	03/07/15	31/07/15	28	231	110	79
O3	WR,3,3	5.5	03/07/15	31/07/15	28	229	109	78

### DISEÑO DE MEZCLA 16% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	03/07/15	06/07/15	3	119	57	40
O2	WR,3,2	6	03/07/15	06/07/15	3	119	57	40
O3	WR,3,3	6	03/07/15	06/07/15	3	119	57	40

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	03/07/15	10/07/15	7	149	71	51
O2	WR,3,2	6	03/07/15	10/07/15	7	148	70	50
O3	WR,3,3	6	03/07/15	10/07/15	7	149	71	51

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	03/07/15	17/07/15	14	180	86	61
O2	WR,3,2	6	03/07/15	17/07/15	14	180	86	61
O3	WR,3,3	6	03/07/15	17/07/15	14	182	87	62

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	03/07/15	24/07/15	21	193	92	66
O2	WR,3,2	6	03/07/15	24/07/15	21	194	92	66
O3	WR,3,3	6	03/07/15	24/07/15	21	190	91	65

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO I)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	03/07/15	31/07/15	28	205	98	70
O2	WR,3,2	6	03/07/15	31/07/15	28	203	97	69
O3	WR,3,3	6	03/07/15	31/07/15	28	204	97	70

## 5.2. CUADROS DE RESULTADOS DE LAS PROBETAS CON CEMENTO TIPO V

### DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN 0% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4.5	22/06/15	25/06/15	3	136	65	46
O2	WR,3,2	4.5	22/06/15	25/06/15	3	138	66	47
O3	WR,3,3	4.5	22/06/15	25/06/15	3	136	65	46

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4.5	22/06/15	29/06/15	7	191	91	65
O2	WR,3,2	4.5	22/06/15	29/06/15	7	194	92	66
O3	WR,3,3	4.5	22/06/15	29/06/15	7	192	91	65

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4.5	22/06/15	06/07/15	14	222	106	76
O2	WR,3,2	4.5	22/06/15	06/07/15	14	223	106	76
O3	WR,3,3	4.5	22/06/15	06/07/15	14	225	107	77

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4.5	22/06/15	13/07/15	21	265	126	90
O2	WR,3,2	4.5	22/06/15	13/07/15	21	266	127	91
O3	WR,3,3	4.5	22/06/15	13/07/15	21	264	126	90

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS SIN SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	4.5	22/06/15	20/07/15	28	327	156	111
O2	WR,3,2	4.5	22/06/15	20/07/15	28	328	156	112
O3	WR,3,3	4.5	22/06/15	20/07/15	28	324	154	110

### DISEÑO DE MEZCLA 4% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	23/06/15	26/06/15	3	141	67	48
O2	WR,3,2	5	23/06/15	26/06/15	3	141	67	48
O3	WR,3,3	5	23/06/15	26/06/15	3	143	68	49

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	23/06/15	30/06/15	7	166	79	56
O2	WR,3,2	5	23/06/15	30/06/15	7	165	78	56
O3	WR,3,3	5	23/06/15	30/06/15	7	165	79	56

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	23/06/15	07/07/15	14	198	94	67
O2	WR,3,2	5	23/06/15	07/07/15	14	195	93	66
O3	WR,3,3	5	23/06/15	07/07/15	14	199	95	68

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	23/06/15	14/07/15	21	229	109	78
O2	WR,3,2	5	23/06/15	14/07/15	21	233	111	79
O3	WR,3,3	5	23/06/15	14/07/15	21	231	110	78

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS CON 4% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5	23/06/15	21/07/15	28	267	127	91
O2	WR,3,2	5	23/06/15	21/07/15	28	271	129	92
O3	WR,3,3	5	23/06/15	21/07/15	28	269	128	92

#### DISEÑO DE MEZCLA 8% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.25	23/06/15	26/06/15	3	144	68	49

O2	WR,3,2	5.25	23/06/15	26/06/15	3	144	69	49
O3	WR,3,3	5.25	23/06/15	26/06/15	3	143	68	49

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.25	23/06/15	30/06/15	7	164	78	56
O2	WR,3,2	5.25	23/06/15	30/06/15	7	166	79	56
O3	WR,3,3	5.25	23/06/15	30/06/15	7	163	78	55

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.25	23/06/15	07/07/15	14	195	93	66
O2	WR,3,2	5.25	23/06/15	07/07/15	14	195	93	66
O3	WR,3,3	5.25	23/06/15	07/07/15	14	193	92	66

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.25	23/06/15	14/07/15	21	228	108	77
O2	WR,3,2	5.25	23/06/15	14/07/15	21	223	106	76
O3	WR,3,3	5.25	23/06/15	14/07/15	21	225	107	77

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS CON 8% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	5.25	23/06/15	21/07/15	28	258	123	88
O2	WR,3,2	5.25	23/06/15	21/07/15	28	259	123	88
O3	WR,3,3	5.25	23/06/15	21/07/15	28	260	124	88

### DISEÑO DE MEZCLA 12% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS CON 12% SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	23/06/15	26/06/15	3	134	64	45
O2	WR,3,2	6	23/06/15	26/06/15	3	133	64	45
O3	WR,3,3	6	23/06/15	26/06/15	3	132	63	45

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS CON 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	23/06/15	30/06/15	7	157	75	53
O2	WR,3,2	6	23/06/15	30/06/15	7	160	76	54
O3	WR,3,3	6	23/06/15	30/06/15	7	158	75	54

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS CON 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	23/06/15	07/07/15	14	185	88	63
O2	WR,3,2	6	23/06/15	07/07/15	14	186	89	63
O3	WR,3,3	6	23/06/15	07/07/15	14	184	88	63

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	23/06/15	14/07/15	21	205	97	70
O2	WR,3,2	6	23/06/15	14/07/15	21	207	99	71
O3	WR,3,3	6	23/06/15	14/07/15	21	207	98	70

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS CON 12% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	23/06/15	21/07/15	28	215	102	73
O2	WR,3,2	6	23/06/15	21/07/15	28	212	101	72
O3	WR,3,3	6	23/06/15	21/07/15	28	212	101	72

### DISEÑO DE MEZCLA 16% DE SUSTITUCIÓN

ROTURA DE PROBETAS A LOS 3 DÍAS CON 16% SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	24/06/15	27/06/15	3	117	56	40
O2	WR,3,2	6	24/06/15	27/06/15	3	118	56	40
O3	WR,3,3	6	24/06/15	27/06/15	3	119	57	41

ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS CON 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA		SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	24/06/15	01/07/15	7	151	72	51

O2	WR,3,2	6	24/06/15	01/07/15	7	152	73	52
O3	WR,3,3	6	24/06/15	01/07/15	7	153	73	52

ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS CON 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	24/06/15	08/07/15	14	175	83	59
O2	WR,3,2	6	24/06/15	08/07/15	14	178	85	60
O3	WR,3,3	6	24/06/15	08/07/15	14	178	85	61

ROTURA DE PROBETAS A LOS 21 DÍAS 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	24/06/15	15/07/15	21	186	89	63
O2	WR,3,2	6	24/06/15	15/07/15	21	189	90	64
O3	WR,3,3	6	24/06/15	15/07/15	21	187	89	64

ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS CON 16% DE SUSTITUCIÓN (TIPO V)								
PROBETA	SLUMP	FECHA		EDAD	Fc	Fc / F' c	Fc / F' cr	
N°	CÓDIGO	( " )	ELABORACIÓN	ENSAYO	DÍAS	Kg/cm2	( % )	( % )
O1	WR,3,1	6	24/06/15	22/07/15	28	193	92	66
O2	WR,3,2	6	24/06/15	22/07/15	28	195	93	66
O3	WR,3,3	6	24/06/15	22/07/15	28	194	92	66

Luego que realizamos todos los procesos y cálculos de los materiales para el diseño de mezcla, continuamos con los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas elaboradas en el laboratorio de control de calidad de la compañía DINO S.R.L ubicado Av. Prolong. Sanchez Cerro N°2.5 Z.I-Piura.

Es así que presentamos el cuadro de resumen de resistencia a la compresión de las 150 probetas elaboradas (75 con cemento Tipo I , y 75 con cemento Tipo V ).

**TABLA 5.1 RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PROBETAS**

Edad (días)	PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN CEM TIPO I					PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN CEM TIPO V				
	0%	4%	8%	12%	16%	0%	4%	8%	12%	16%
3 DÍAS	162	161	148	133	119	136	141	144	134	117
	164	161	149	133	119	138	141	144	133	118
	163	162	145	133	119	136	143	143	132	119
7 DÍAS	210	209	181	165	149	191	166	164	157	151
	211	210	180	162	148	194	165	166	160	152
	209	210	178	164	149	192	165	163	158	153
14 DÍAS	250	245	200	191	180	222	198	195	185	175
	261	250	199	190	180	223	195	195	186	178
	252	248	200	192	182	225	199	193	184	178
21 DÍAS	279	269	235	212	193	265	229	228	205	186
	277	272	235	210	194	266	233	223	207	189
	280	272	237	211	190	264	231	225	207	187
28 DÍAS	344	301	272	229	205	327	267	258	215	193
	341	305	271	231	203	328	271	259	212	195
	342	303	271	229	204	324	269	260	212	194

### 5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico para la variable respuesta: Rendimiento (resistencia) de las diferentes sustituciones, en diferentes tiempos de hidratación del concreto (tiempo de desarrollo de la resistencia en la mezcla), se aplicaron análisis de varianza, y la prueba de comparaciones múltiples.

### 5.4. ANÁLISIS GRÁFICO

Para este análisis en nuestra investigación hemos considerado la resistencia en compresión promedia de cada probeta, agrupándolas por porcentaje de sustitución y edad.

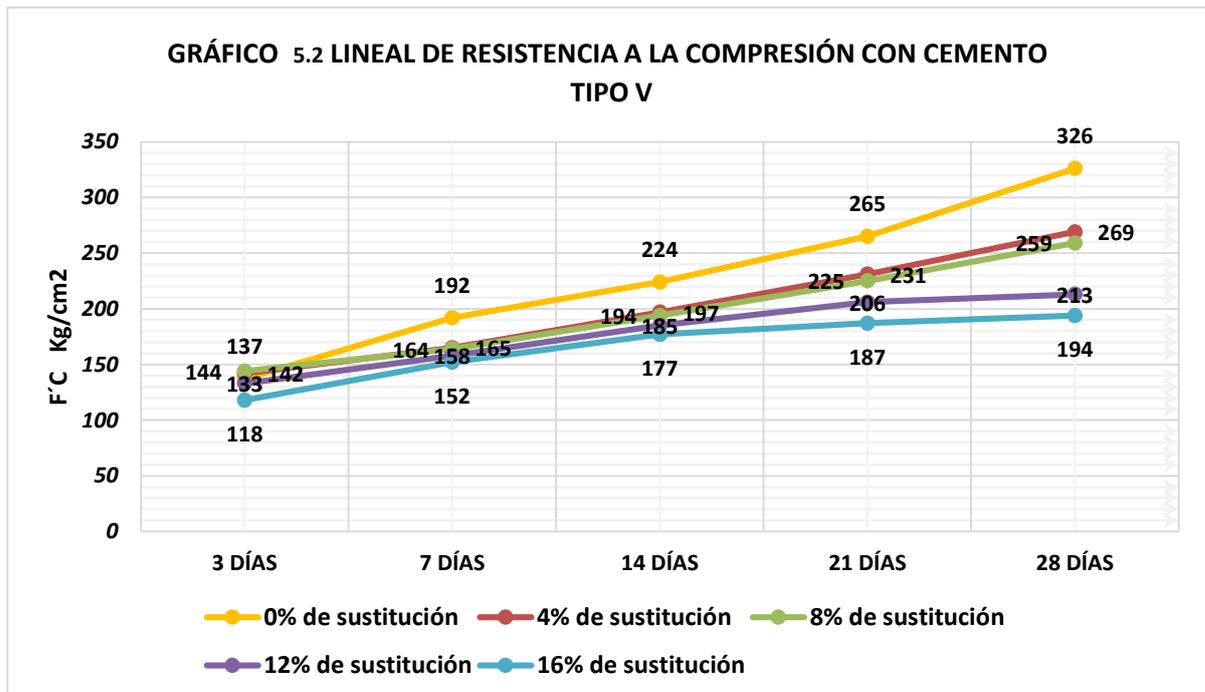
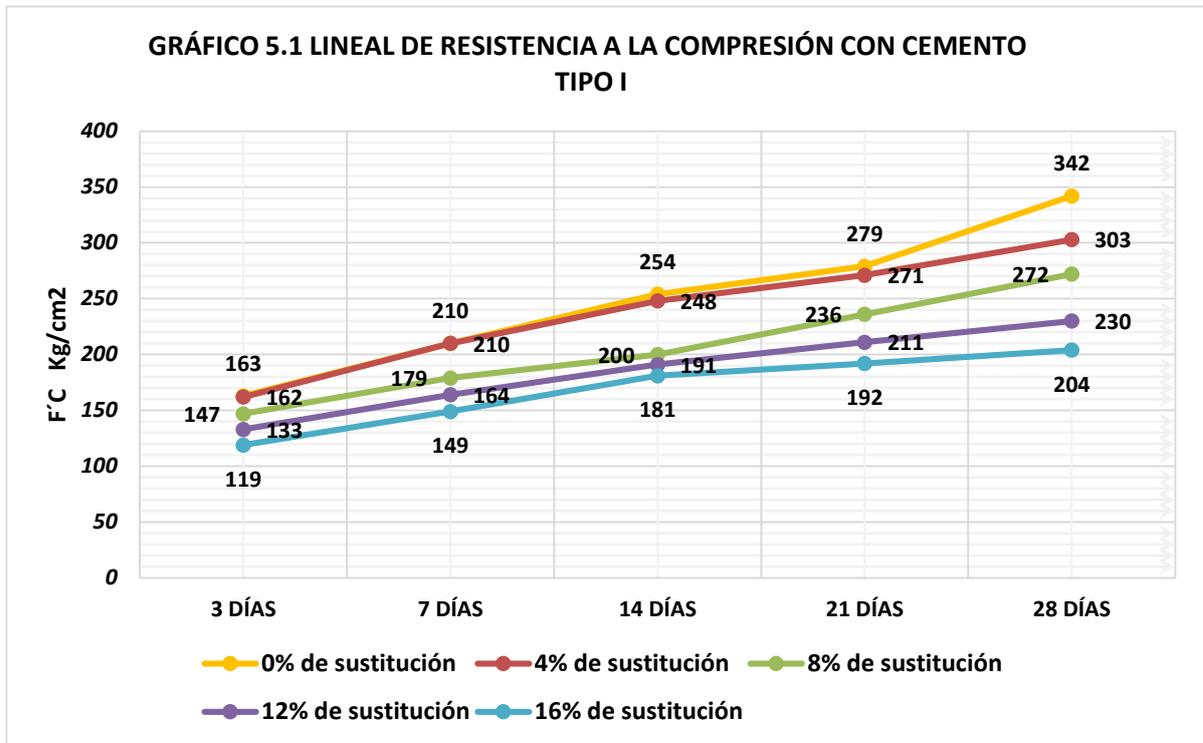
**TABLA 5.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIA CON CEMENTO TIPO I**

<b>Edad (días)</b>	<b>% DE SUSTITUCIÓN CEM TIPO I</b>	<b><math>F_c / F'_c</math></b>	<b><math>F_c / F'_{Cr}</math></b>	<b><math>F_c</math></b>
		<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>3</b>	<b>0</b>	<b>78%</b>	<b>55%</b>	<b>163</b>
	<b>4</b>	<b>77%</b>	<b>55%</b>	<b>162</b>
	<b>8</b>	<b>70%</b>	<b>50%</b>	<b>147</b>
	<b>12</b>	<b>63%</b>	<b>45%</b>	<b>133</b>
	<b>16</b>	<b>57%</b>	<b>40%</b>	<b>119</b>
<b>7</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>	<b>71%</b>	<b>210</b>
	<b>4</b>	<b>100%</b>	<b>71%</b>	<b>210</b>
	<b>8</b>	<b>85%</b>	<b>61%</b>	<b>179</b>
	<b>12</b>	<b>78%</b>	<b>56%</b>	<b>164</b>
	<b>16</b>	<b>71%</b>	<b>51%</b>	<b>149</b>
<b>14</b>	<b>0</b>	<b>121%</b>	<b>86%</b>	<b>254</b>
	<b>4</b>	<b>118%</b>	<b>84%</b>	<b>248</b>
	<b>8</b>	<b>95%</b>	<b>68%</b>	<b>200</b>
	<b>12</b>	<b>91%</b>	<b>65%</b>	<b>191</b>
	<b>16</b>	<b>86%</b>	<b>61%</b>	<b>181</b>
<b>21</b>	<b>0</b>	<b>133%</b>	<b>95%</b>	<b>279</b>
	<b>4</b>	<b>129%</b>	<b>92%</b>	<b>271</b>
	<b>8</b>	<b>112%</b>	<b>80%</b>	<b>236</b>
	<b>12</b>	<b>100%</b>	<b>72%</b>	<b>211</b>
	<b>16</b>	<b>92%</b>	<b>65%</b>	<b>192</b>
<b>28</b>	<b>0</b>	<b>163%</b>	<b>116%</b>	<b>342</b>
	<b>4</b>	<b>144%</b>	<b>103%</b>	<b>303</b>
	<b>8</b>	<b>129%</b>	<b>92%</b>	<b>272</b>
	<b>12</b>	<b>110%</b>	<b>78%</b>	<b>230</b>
	<b>16</b>	<b>97%</b>	<b>69%</b>	<b>204</b>

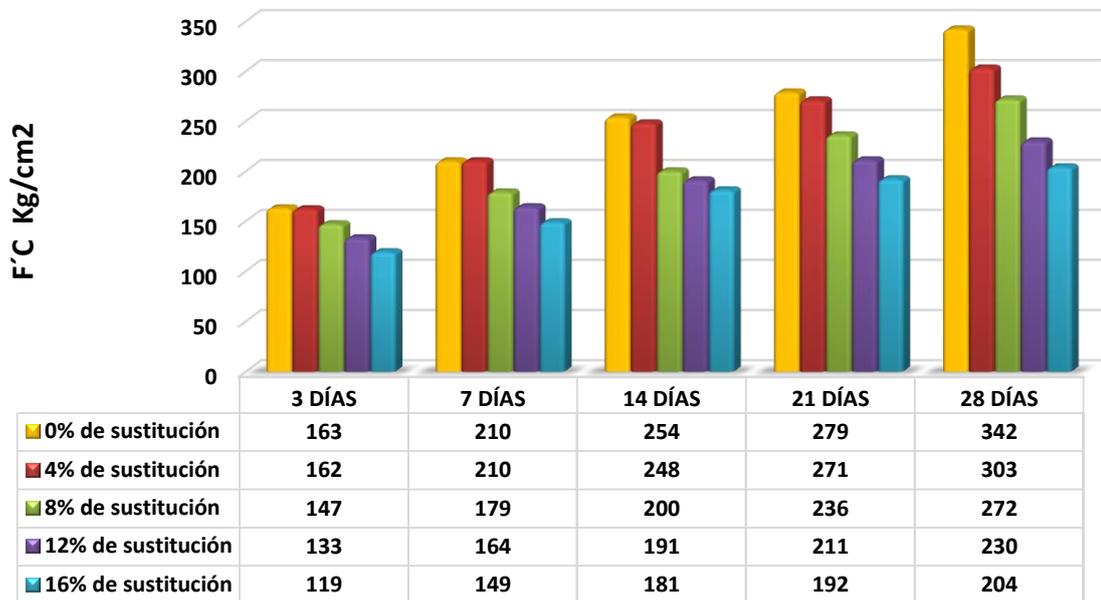
**TABLA 5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIA CON CEMENTO TIPO V**

Edad (días)	% DE SUSTITUCIÓN CEM TIPO V	$F_c / F'_c$	$F_c / F'_{Cr}$	$F_c$
		(%)	(%)	kg/cm <sup>2</sup>
3	0	65%	46%	137
	4	68%	48%	142
	8	68%	49%	144
	12	63%	45%	133
	16	56%	40%	118
7	0	92%	65%	192
	4	79%	56%	165
	8	78%	56%	164
	12	75%	54%	158
	16	72%	52%	152
14	0	106%	76%	224
	4	94%	67%	197
	8	92%	66%	194
	12	88%	63%	185
	16	84%	60%	177
21	0	126%	90%	265
	4	110%	79%	231
	8	107%	77%	225
	12	98%	70%	206
	16	89%	64%	187
28	0	155%	111%	326
	4	128%	92%	269
	8	123%	88%	259
	12	102%	73%	213
	16	92%	66%	194

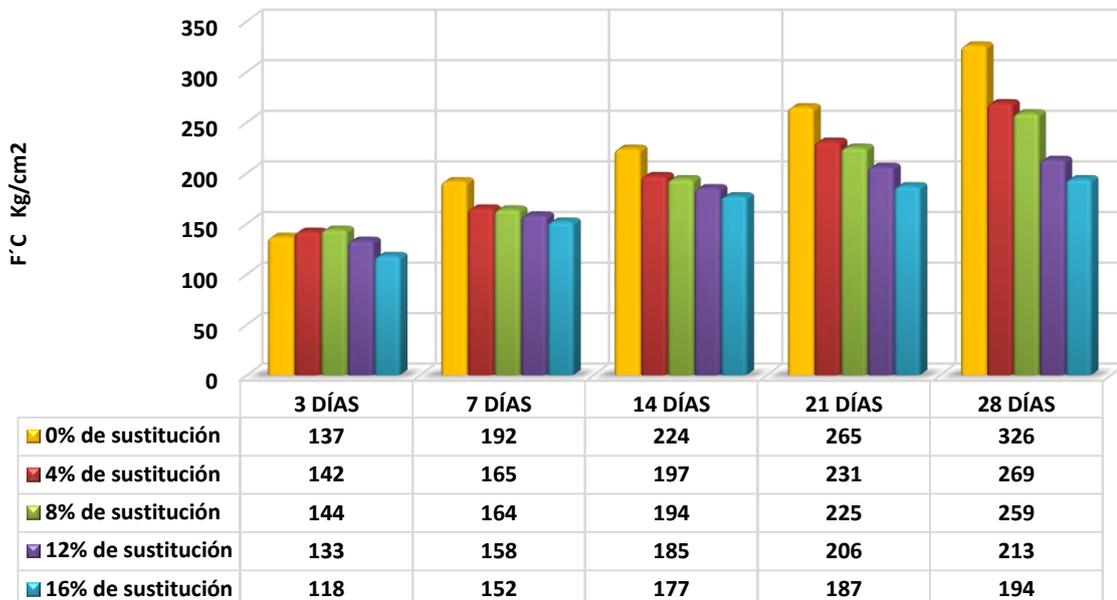
Con los valores de las dos tablas representaremos graficamente la resistencia a la compresión con respecto al tiempo. Esto nos permitirá analizar el comportamiento de las resistencias promedio.



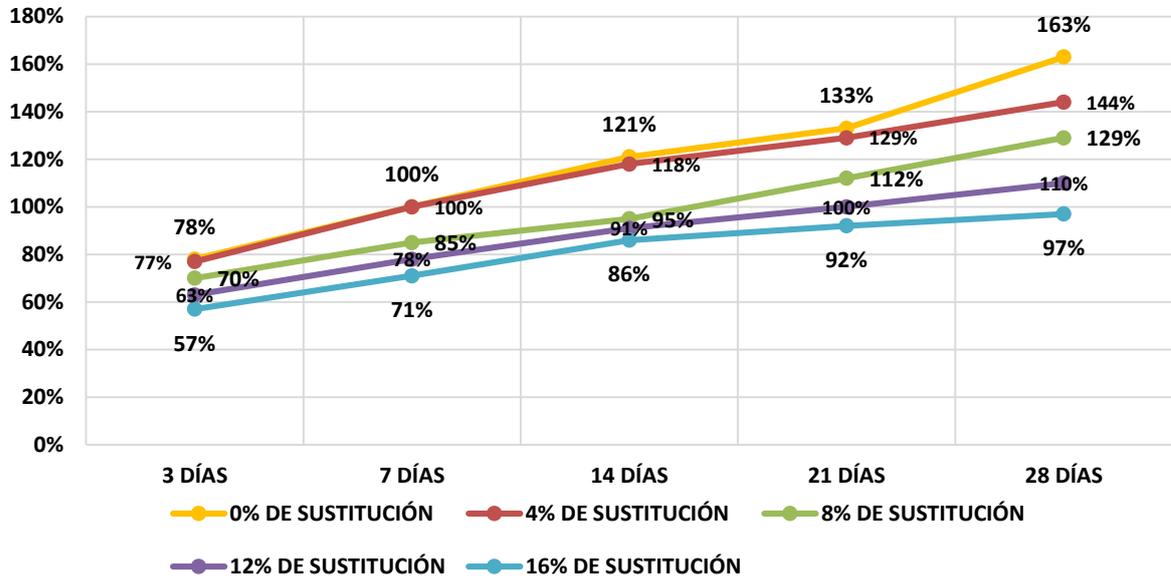
**GRÁFICO 5.3 COLUMNAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON CEMENTO TIPO I**



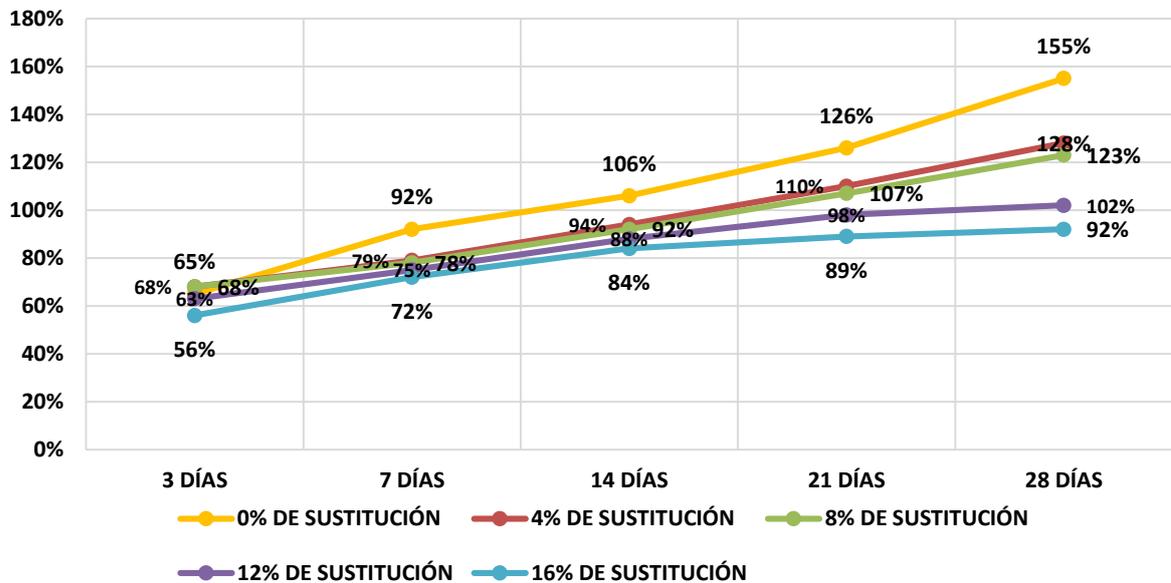
**GRÁFICO 5.4 COLUMNAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON CEMENTO TIPO V**



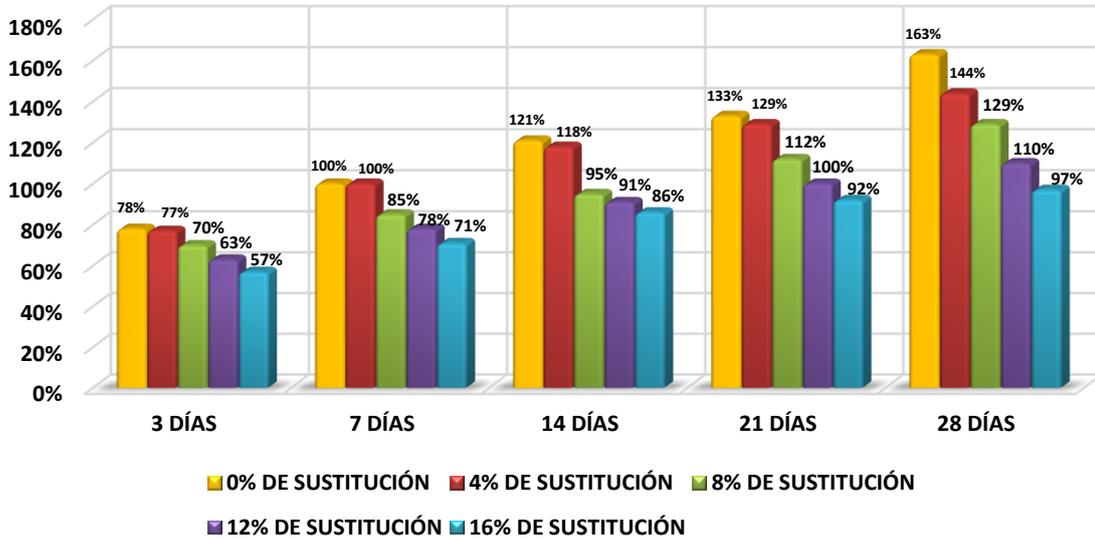
**GRÁFICO 5.5 LINEAL PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA ESPECIFICADA ( $F'c$  210kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO I**



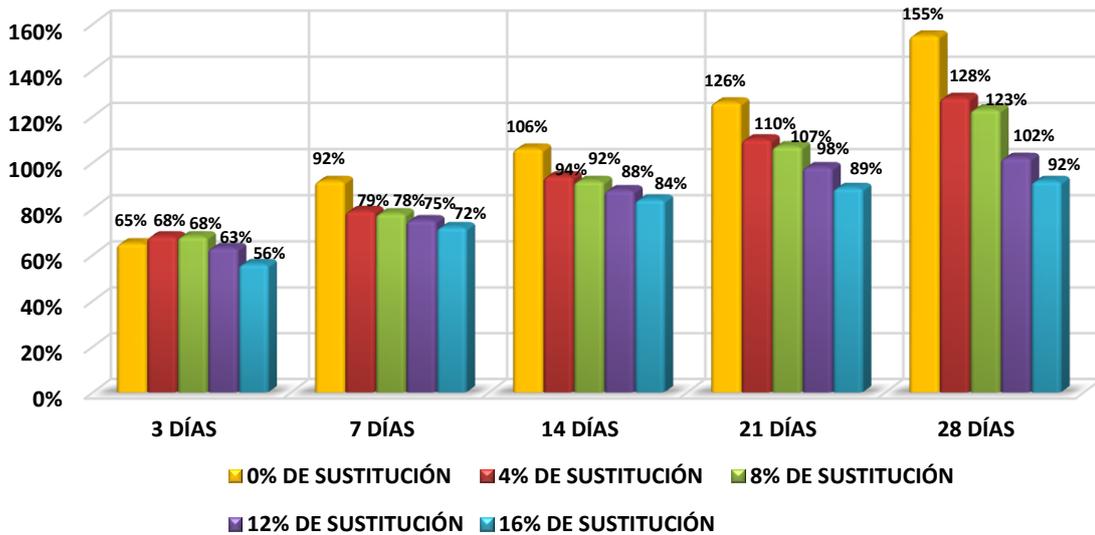
**GRÁFICO 5.6 LINEAL PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA ESPECIFICADA ( $F'c$  210kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO V**



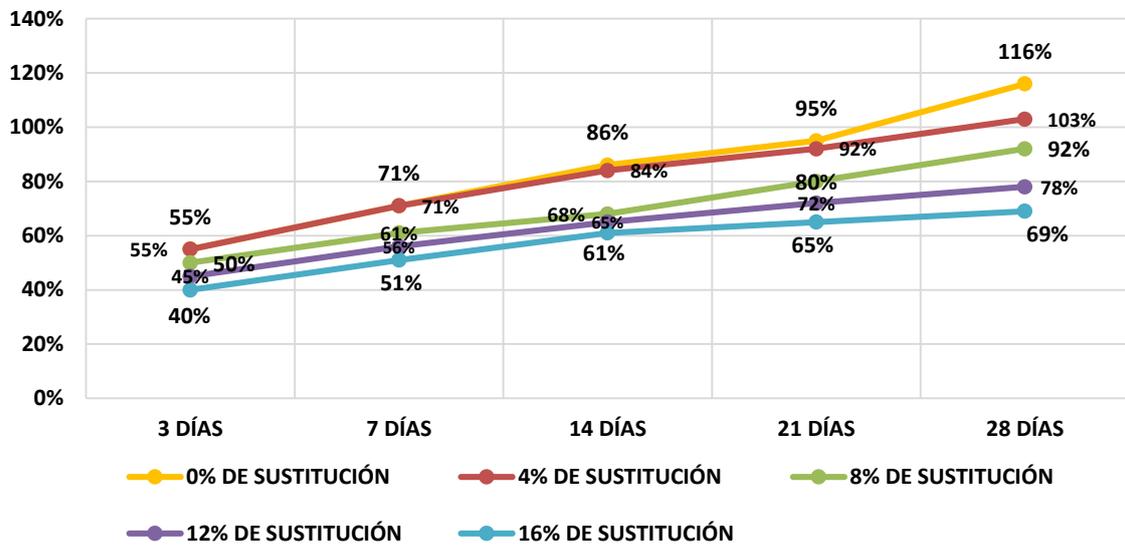
**GRÁFICO 5.7 DE COLUMNAS PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA ESPECIFICADA ( $F'c$  210kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO I**



**GRÁFICO 5.8 DE COLUMNAS PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA ESPECIFICADA ( $F'c$  210kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO V**



**GRÁFICO 5.9 LINEAL PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA REQUERIDA ( $F'_{cr}$  294kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO I**



**GRÁFICO 5.10 LINEAL PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA REQUERIDA ( $F'_{cr}$  294kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO V**

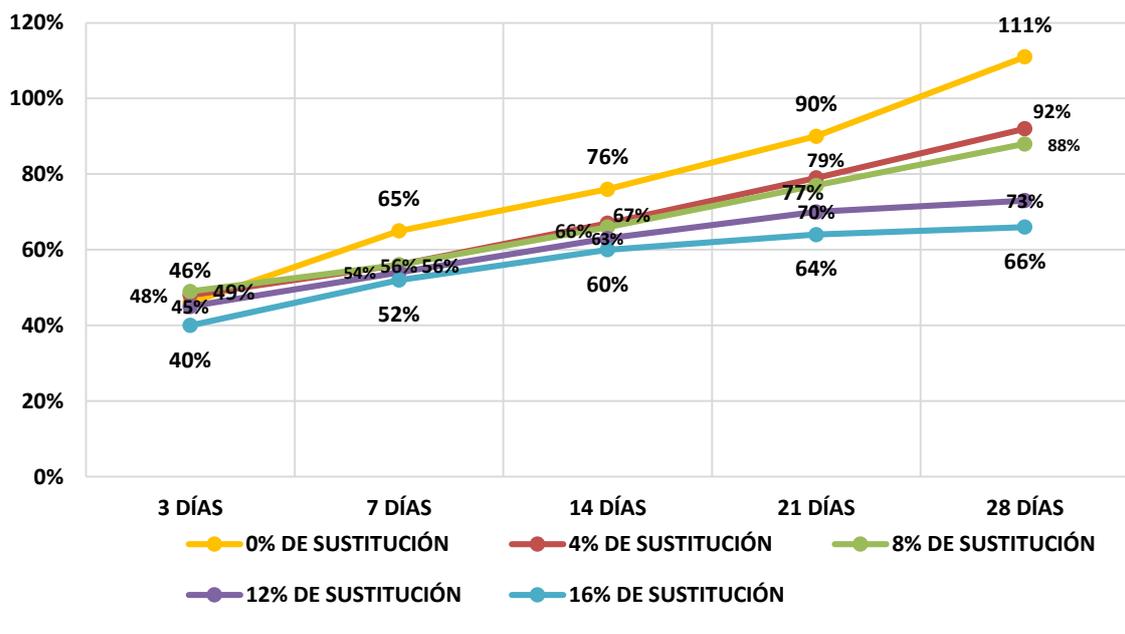


GRÁFICO 5.12 DE COLUMNAS PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA REQUERIDA ( $F'_{cr}$  294kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO V

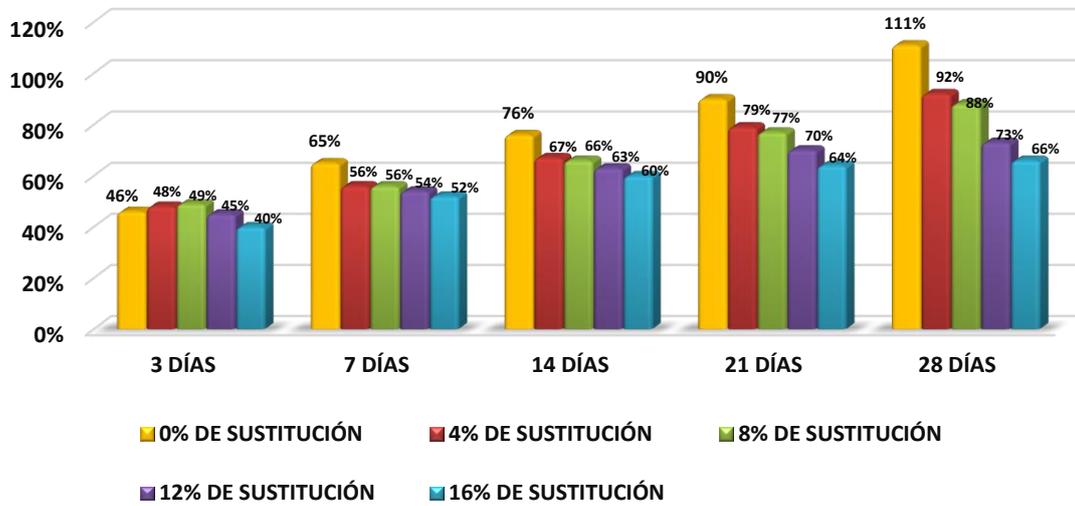
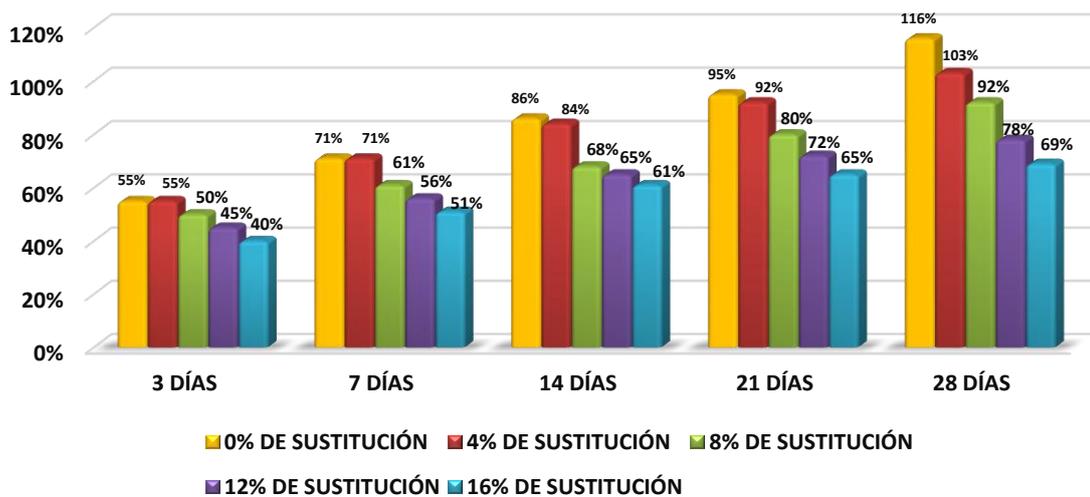


GRÁFICO 5.11 DE COLUMNAS PORCENTUAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LA RESISTENCIA REQUERIDA ( $F'_{cr}$  294kg/cm<sup>2</sup>) CEMENTO TIPO I



Los residuos calcáreos de concha de abanico (*Argopecten Purpuratus*) ubicado a solo dos kilómetros de la ciudad de Sechura tiene una extensión aproximada de seis hectáreas con montículos que varían desde tres y cuatro metros de altura. Lo más preocupante en esta actividad es que se está contaminando el aire con estos desechos pues hay asentamientos humanos contiguos, y existe una proliferación en aumento de moscas que se generan por estos residuos, pues aún algunos de los pobladores locales se dedican al reciclaje sin ningún tipo de protección. Estos volúmenes se tienden a incrementar a futuro, cuando entren nuevas empresas a participar de este rubro.

Esto aseguraría la utilización sostenible en el tiempo como material cementante, dentro de los recursos que se aprovecharían dentro del proceso, se tiene la presencia ya de los hornos de calcinación con que cuenta la planta de cementos Pacasmayo, tanto en Pacasmayo como en Piura, ya que nos apoyaron en la molienda de las conchas de abanico.

Es necesario señalar que en cuanto a la disminución de masa de los residuos producto del secado y la molienda, no es muy significativa, ya que en estado natural los residuos tienen una humedad no mayor a uno por ciento (en nuestro estudio tuvo un % de humedad de 12.9 por que se tuvieron sometidos 24 horas a remojo en una solución de agua y lejía) En cuanto a la pérdida de masa por la molienda fue del 0.3%,(De 29850 gramos que se pusieron en el molino de bolas, se desperdició 91 gramos).

Con respecto al análisis estadístico, este modelo nos permitió hacer un análisis bifactorial, donde nos interesa evaluar el efecto de cada factor y la combinación de tratamientos, tanto para el cemento Tipo I, así como con el Tipo V, y como actúan los factores de tiempo y sustitución cuando se interactúan.

En el cuadro 5.1, y 5.2 se observa que solo las mezclas con 16% de sustitución no alcanzan la resistencia especificada a 28 días ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ), tanto con cemento Tipo I y con Tipo V,  $204 \text{ kg/cm}^2$  y  $194 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

Así mismo podemos observar que con respecto a la resistencia requerida ( $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$ ) las mezclas con sustitución de 0% y 4% con cemento Tipo I pasan el 100% ( $342 \text{ kg/cm}^2$  y  $303 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente), y con cemento Tipo V solo la

mezcla sin sustitución logra romper esa barrera a los 28 días (326 kg/cm<sup>2</sup>). Esto también lo podemos observar en los gráficos 5.9 y 5.10, estando expresado en porcentaje de resistencia a la compresión con respecto a la resistencia requerida (294 kg/cm<sup>2</sup>).

En los gráficos 5.5 y 5.6, podemos apreciar que las mezclas con 0% de sustitución de los dos cementos (Tipo I y Tipo V) alcanzan porcentajes mayores que las otras mezclas a los 28 días, el porcentaje máximo de las mezclas sin sustitución es de 163 % para el Tipo I, y 155 % para el Tipo V. Siendo mayores a las alcanzadas por las mezclas sustituidas al 4%,8%,12%, y 16%.

Según las tablas 5.2, y 5.3. Podemos decir también que en cuanto a resistencia las mezclas con 0% y 4% de sustitución con cemento Tipo I, tienen una ventaja considerable de las mezclas con cemento Tipo V para los mismos porcentajes de sustitución, esto debido a que el cemento Tipo I tiene mayor calor de hidratación, y por ende su resistencia a edades tempranas es mayor. Pero esta diferencia se acorta considerablemente a medida que aumenta el incremento de sustitución de RCCA, tal es así que a partir de los incrementos de 12%, y16%, las resistencias son muy parecidas especialmente a edades tempranas.

Según estas tablas 5.2, y 5.3, Apreciamos las resistencias de las mezclas con 4%, y 8% de sustitución para los dos cementos tienen un comportamiento igual o incluso mayor que la mezcla patrón durante los primeros tres días, lo que nos estaría indicando que los residuos calcáreos de concha de abanico, aplicados en bajos porcentajes, funcionan como acelerantes de fraguado en las mezclas de concreto.

Podemos también apreciar que a partir de las mezclas sustituidas con 8%,12% y 16%, las resistencias en el tiempo disminuyen considerablemente. Entonces decimos que a mayor porcentaje de sustitución menor resistencia.

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES**

De acuerdo a lo desarrollado en los capítulos anteriores y en base a los objetivos planteados al inicio del estudio se presentan las siguientes conclusiones.

1. Los residuos calcáreos de concha de abanico en las proporciones trabajadas no incorporan contenido de aire significativo a las mezclas de concreto.
2. Los residuos calcáreos de concha de abanico en las proporciones trabajadas no hacen variar significativamente el asentamiento del concreto.
3. Las resistencias a la compresión de las mezclas al sustituir en 4%, 8%, 12% y 16% del contenido de cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico, supera a los 28 días la resistencia especificada ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ). Sin embargo estos resultados no son determinantes, ya que nosotros diseñamos con una resistencia requerida de  $294 \text{ kg/cm}^2$ . Es así que aparte de las mezclas patrón con cementos Tipo I y V, solamente la mezcla con 4% de sustitución de cemento Tipo I logró pasar esta barrera a los 28 días, llegando con una resistencia promedio de  $303 \text{ kg/cm}^2$  (103%).
4. No se puede utilizar los residuos calcáreos de conchas de abanico, en porcentajes mayores a los calculados (4%, 8%, 12% y 16%), del presente proyecto como sustituyente del cemento debido a que a diferentes valores de porcentaje obtenidos anteriormente podrían reducir la resistencia a la compresión del concreto.
5. Solo la mezcla con 4% de sustitución de cemento Tipo I pasó la resistencia promedio requerida a los 28 días, llegando a  $303 \text{ kg/cm}^2$  (103%).

6. Que a partir de la sustitución en 8%, 12% y 16% del cemento Tipo I, y del 4%, 8%, 12% y 16% del cemento Tipo V, las resistencias en el tiempo disminuyen considerablemente, y esto se debe a que a mayor porcentaje de sustitución de los residuos calcáreos de concha de abanico por cemento, se obtiene menor resistencia.
7. Que los residuos calcáreos de conchas de abanico, actúan como acelerantes de fraguado en porcentajes de sustitución de 4% y 8% para los dos Tipos de cementos, esto se comprueba en los resultados de resistencia a la compresión obtenidos en laboratorio a los tres días.
8. En general al proponer utilizar los RCCA como sustituyente del cemento en mezclas de concreto; estamos disminuyendo las áreas del botadero de conchas de abanico.

## **CAPITULO VII: RECOMENDACIONES**

En conformidad a lo concluido por el presente estudio se plantean las siguientes recomendaciones para los profesionales que trabajen con este tipo de materiales.

1. Recomendamos realizar más estudios con mayor porcentaje de sustitución para determinar si los RCCA incorporan o no aire a las mezclas con cementos Tipo I y Tipo V , para analizar el comportamiento de la resistencia en el tiempo ( $f'c$ ) vs la resistencia promedio requerida ( $f'cr$ ).
2. Con el objetivo de determinar la pérdida de asentamiento, recomendamos continuar con este tipo de investigación, con otros porcentajes de sustitución y con diseños de mezcla menores y mayores a  $210\text{kg/cm}^2$ .
3. Se recomienda realizar estudios concernientes a la posible combinación de los residuos calcáreos de conchas de abanico con otras adiciones ya sea por ejemplo cenizas volantes, escorias volcánicas, yesos, escorias de alto horno, etc. para determinar si con otras adiciones la resistencia de diseño ( $f'c$ ) supera a la resistencia promedio requerida ( $f'cr$ )
4. Recomendamos utilizar cementos Tipo I y Tipo V, para el diseño de concreto  $210\text{ kg/cm}^2$ , con los porcentajes de sustitución 4, 8, 12 y 16 %.
5. Por ser la mezcla con 4% de sustitución de cemento Tipo I, la única que pasó la resistencia promedio requerida a los 28 días, llegando a  $303\text{ kg/cm}^2$  (103%) recomendamos realizar trabajos de llenado de elementos para realizar ensayos de diamantina a los 28 días, para corroborar dicha resistencia.
6. Recomendamos realizar trabajos prácticos con las mezclas sustituidas ya sean losas de pisos, solados, rellenos, etc., para determinar el comportamiento del concreto sustituido sometido a climas de exposición real.
7. Se recomienda utilizar como acelerante de fraguado los RCCA en porcentajes de 4 y 8% para diseños de concreto en los cementos tipo I y tipo V.

8. Al utilizar los RCCA como sustituyente del cemento estamos ayudando a reducir el impacto ambiental y las áreas contaminadas por la producción de conchas de abanico.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Rivva López, E., (2004), "Naturaleza y Materiales del Concreto". II Congreso Internacional de la CONSTRUCCION Y EXPOCON 2004, ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima, Perú.
2. Ríos Gonzáles E. (2011), "Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de Concreto Hidráulico". Tesis de Titulación de la Universidad Veracruzana, México.
3. Normas ASTM, NTP 2013. Cementos, Agregados, Agua, Concreto.
4. Gerson Alfredo Anicama Acosta (2010), "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EMPLEO DE MATERIALES DE DESECHO DE PROCESOS MINEROS EN APLICACIONES PRÁCTICAS". Tesis para optar el Título de Ing. Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú.
5. Br. Rodríguez del Villar Figarella Guillermo José (2012), "Evaluación del comportamiento de un diseño de mezcla utilizando material de bloques de arcille como agregado grueso". Trabajo especial de Grado, de la Universidad Nueva Esparta, República Bolivariana de Venezuela.
6. Imarpe. (2007). Investigación de Invertebrados Marinos. <http://www.imarpe.gob.pe>
7. Jordán, A. (2005). Director Regional de Pesca Artesanal, Región Ica. Artículo 12 de septiembre 2005.
8. Rubio, J. (2005). Subdirector de la Dirección de Evaluación de Invertebrados Marinos del IMARPE. Artículo 11 de octubre 2005.
9. Farfán, P. (2015). Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.  
<http://pirhua.udep.edu.pe>
10. Tesis: Universidad San Pedro "Sustitución del cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico en mezclas de concreto". (Samuel enciso, Lenin Zegarra) Chimbote 2013.
11. [Larepublica.pe/10-05-2015/plantean-uso-de-molinos-para-tratar-residuos-de-conchas](http://larepublica.pe/10-05-2015/plantean-uso-de-molinos-para-tratar-residuos-de-conchas)
12. Tesis: Universidad Nacional Del Santa "Utilización De Residuos De Conchas De Abanico Como Mejoramiento En Las Propiedades Resistentes Del

- Concreto"(Flores Salazar Liz Yessenia, Mazza Callirgos Julio Steven) Chimbote 2014.
13. Artículo: Impactos ambientales del cultivo de concha de abanico en la Bahía de Samanco - Perú. <http://www.aquahoy.com/archivo/156-uncategorised/71> O-impactos ambientales del cultivo de concha de abanico en la bahia de samancoperu. 2005
  14. Trabajo de investigación "Impacto ambiental del cultivo de concha de abanico en sechura" <https://es.scribd.com/doc/.../Impacto-Ambiental-en-El-Cultivo-de-Concha-de-Abanico> 2007.
  15. Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., Gonzáles, I. y Badjeck, M. 2008. Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa Peruana.
    - a. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007
  16. Badjeck, M.C., Mendo, J., Wolff, M. y Lange, H. 2007. Climate variability and the Peruvian scallop fishery: the role of formal institutions in resilience building. (manuscrito), 26 p.
  17. De Sechura Hacia El Mundo, Un Documental Sobre La Concha De Abanico Del Perú (<https://www.youtube.com/watch?v=DMzrpo4xts8>) 2015.
  18. Diseño de Planta para la producción de Carbonato de Calcio a partir de la Concha de Abanico de la ciudad de Sechura (Mauricio Berrú, Gianfranco Castro, Juan Colcas, Miguel Díaz, José Moran Piura, 15 de noviembre de 2014 )  
([https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2025/PYT\\_Informe%20Final\\_DIPROCAL.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2025/PYT_Informe%20Final_DIPROCAL.pdf?sequence=1))
  19. Producción de carbonato de calcio a partir de los residuos sólidos del procesamiento de la concha de abanico en la provincia de sechura" [Libro] / aut. Alberto Litano Mendoza Juan. - Piura: [s.n.], 2014.
  20. Anuario estadístico pesquero y acuícola 2013 – ([www.produce.gob.pe/.../estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2013.pdf](http://www.produce.gob.pe/.../estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2013.pdf))

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

# ENSAYOS DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN LOS DISEÑOS DE MEZCLA

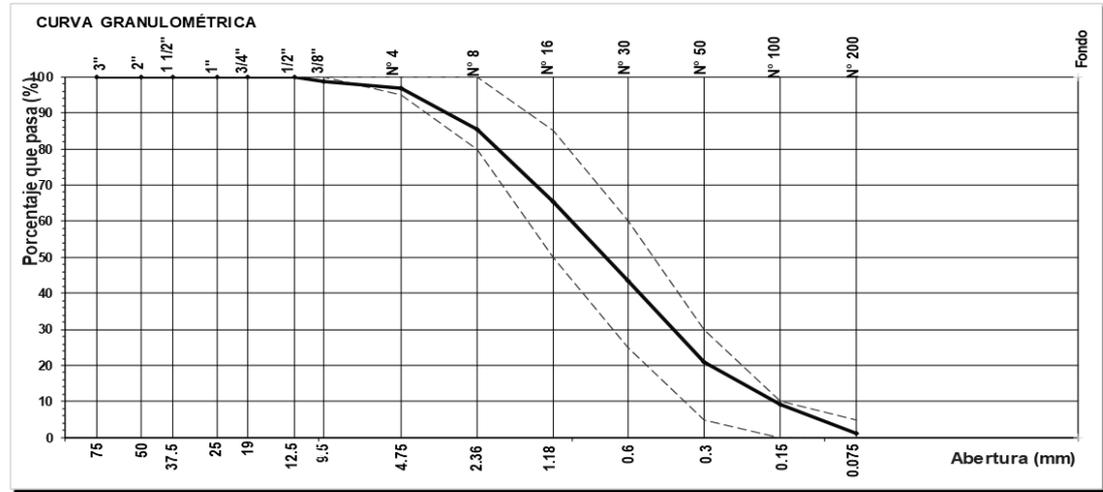
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

	<b>Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.</b> Gestión de la Calidad y Mejora Continua	 SGC-REG-D6-D1036
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD		Version 00

### ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

TESIS:	SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2	N
SOLICITA:	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA	
	BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN	

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Ret. (g)	% Retenido (%)	% Ret.Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Agregado Fino		Datos de la muestra			
						Mínimo	Máximo				
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Descripción: Arena natural zarandeada Procedencia: Chulucanas Piura  Masa seca original: 2194.0 g Masa total: 2193.2 g Diferencia: 0.0 %			
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100				
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100				
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100				
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100				
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100				
3/8"	9.500	26.0	1.2	1.2	98.8	100	100				
Nº 4	4.750	40.3	1.8	3.0	97.0	95	100				
Nº 8	2.360	251.6	11.5	14.5	85.5	80	100				
Nº 16	1.180	439.9	20.1	34.5	65.5	50	85				
Nº 30	0.600	483.2	22.0	56.6	43.4	25	60				
Nº 50	0.300	493.8	22.5	79.1	20.9	5	30				
Nº 100	0.150	260.7	11.9	91.0	9.0	0	10				
Nº 200	0.075	175.7	8.0	99.0	1.0	0	5				
Fondo	-	22.0	1.0	100.0	0.0			Características Físicas Tamaño Máx. Nominal: A. Fino Mat.< Malla 200: 2.2 % Contenido de Humedad: 1.6 %			
<b>Módulo Finura</b>								<b>2.80</b>	3.45	2.15	Observaciones



Nota:- Verificar el cumplimiento solo para los tamices que involucra el huso granulométrico

  
 Ing. Juan E. Díaz Maita  
 Supervisor de Control de Calidad  
 Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

	<b>Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.</b> Gestión de la Calidad y Mejora Continua	
<b>INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD</b>		SGC-REG-D6-D1036

Version 00

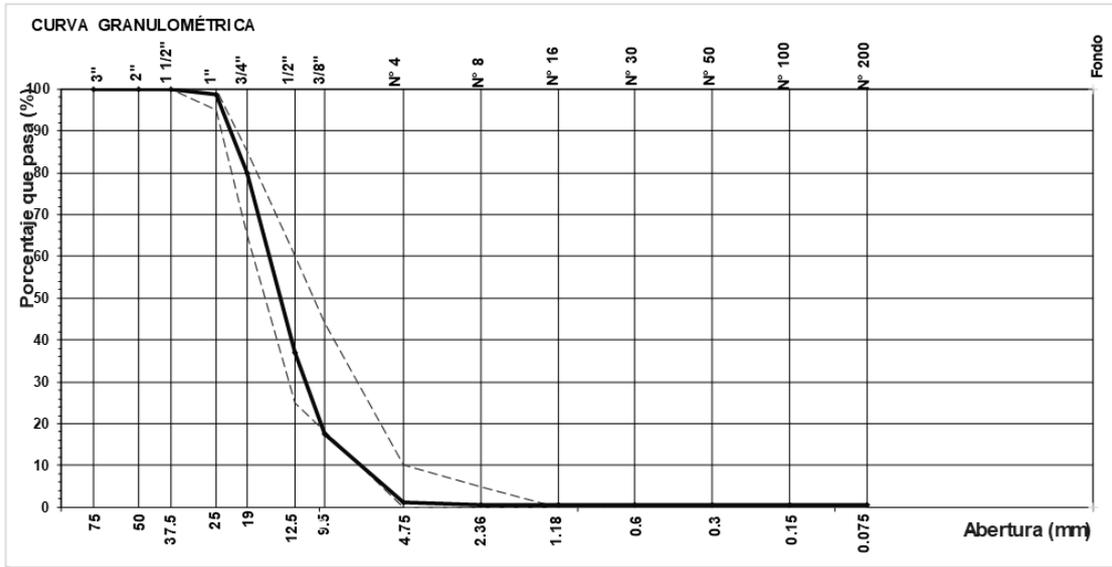
## ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F' C = 210 KG/CM2 N

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTER AREVALO VALENCIA  
 BACHILLER: ROBERT CA STILLO ROMAN

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Ret. (g)	% Retenido (%)	% Ret.Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Datos de la muestra
						Huso 57		
						Minimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Descripción: Piedra Triturada Procedencia: Cantera Sojo Piura
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Masa seca original: 11902.0 g Masa total: 11887.7 g Diferencia: 0.1 %
1"	25.000	141.3	1.2	1.2	98.8	95	100	
3/4"	19.000	2244.8	18.9	20.0	80.0	65	85	Características Físicas Tamaño Máx. Nominal: 1"
1/2"	12.500	5115.5	43.0	63.0	37.0	25	60	
3/8"	9.500	2296.3	19.3	82.3	17.7	18	44	Mat. < Malla 200: 0.3 %
Nº 4	4.750	1953.6	16.4	98.7	1.3	0	10	Contenido de Humedad: 0.5 %
Nº 8	2.360	93.3	0.8	99.5	0.5	0	5	Observaciones
Nº 16	1.180	0.6	0.0	99.5	0.5	0	0	
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.5	0.5	0	0	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.5	0.5	0	0	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.5	0.5	0	0	
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.5	0.5	0	0	
Fondo	-	42.3	0.4	99.9	0.1	0	0	
<b>Módulo Finura</b>				<b>6.99</b>		<b>7.17</b>	<b>6.56</b>	



Nota: - Verificar el cumplimiento solo para los tamices que involucra el huso granulométrico



Ing. Juan E. Díaz Maita  
**Supervisor de Control de Calidad**  
 Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.



## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

	<b>Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.</b> Gestión de la Calidad y Mejora Continua	 SGC-REG-06-D1035 Versión 01
<b>ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADOS</b>		
<b>TESIS:</b> SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F' C = 210 KG/CM2		
<hr/>		
<b>SOLICITA:</b> BACHILLER: WALTHER ARÉVALO VALENCIA <span style="float: right;">FECHA: 15 ABRIL 2015</span> BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN		
Imprimir <input style="width: 50px; border: 1px solid black;" type="text" value="N"/>		
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO</b> (Norma de ensayo: NTP 400.021)		
<b>MUESTRA</b>	Descripción de la muestra: Procedencia (cantera):	Piedra Chancada 3/4' - Huso 57 Cantera Sojo Piura
<b>ENSAYO</b>		
A	Peso material SSS (Al aire) [g]	6000.0
B	Peso material SSS + canastilla (Sumergido) [g]	4574.3
C	Peso de canastilla (Sumergido) [g]	833.8
D	Peso material SSS (Sumergido) = [B-C] [g]	3740.5
E	Vol. de masa + vol de vacíos = [A-D] [cm <sup>3</sup> ]	2259.5
F	Peso del material seco en horno [g]	5955.3
<b>RESULTADOS</b>		
	PE (Base seca)	2.64 g/cm <sup>3</sup>
<b>Individual</b>	PE (SSS)	2.66 g/cm <sup>3</sup>
	% de absorción	0.8 %
<b>promedio</b>	PE (Base seca)	2.63 g/cm <sup>3</sup>
	PE (SSS)	2.65 g/cm <sup>3</sup>
	% de absorción	0.8 %
 Ing. Juan E. Díaz Maita <b>Supervisor de Control de Calidad</b> Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.		

## PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

	<b>Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.</b> Gestión de la Calidad y Mejora Continua																																																								
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.017)		SGC-REG-06-D1058 Versión 00																																																							
TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2																																																									
SOLICITA: BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA      FECHA: 15 ABRIL 2015 BACHLLER: ROBERT CASTILLO ROMAN																																																									
<b>PESO UNITARIO AGREGADO FINO</b>																																																									
<b>MUESTRA</b>	Descripción de la muestra: Procedencia / cantera: Proceso:	<b>AGREGADO FINO</b> <b>CHULUCANAS PIURA</b>																																																							
<b>ENSAYO</b>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;"></th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Suelto</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Compactado</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de material + recipiente [kg]</td> <td style="text-align: center;">16.86</td> <td style="text-align: center;">16.88</td> <td style="text-align: center;">18.12</td> <td style="text-align: center;">18.16</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente [kg]</td> <td style="text-align: center;">5.04</td> <td style="text-align: center;">5.04</td> <td style="text-align: center;">5.04</td> <td style="text-align: center;">5.04</td> </tr> <tr> <td>Peso neto del material [kg]</td> <td style="text-align: center;">11.82</td> <td style="text-align: center;">11.84</td> <td style="text-align: center;">13.08</td> <td style="text-align: center;">13.12</td> </tr> <tr> <td>Volumen del recipiente [m<sup>3</sup>]</td> <td style="text-align: center;">0.00722</td> <td style="text-align: center;">0.00722</td> <td style="text-align: center;">0.00722</td> <td style="text-align: center;">0.00722</td> </tr> <tr> <td><b>RESULTADOS</b></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Peso Unitario</b></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(kg/m<sup>3</sup>)</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Indiv.</td> <td style="text-align: center;">1637.12</td> <td style="text-align: center;">1639.89</td> <td style="text-align: center;">1811.63</td> <td style="text-align: center;">1817.17</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1639</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1814</td> </tr> </tbody> </table>		Suelto		Compactado			1	2	1	2	Peso de material + recipiente [kg]	16.86	16.88	18.12	18.16	Peso Recipiente [kg]	5.04	5.04	5.04	5.04	Peso neto del material [kg]	11.82	11.84	13.08	13.12	Volumen del recipiente [m <sup>3</sup> ]	0.00722	0.00722	0.00722	0.00722	<b>RESULTADOS</b>					<b>Peso Unitario</b>					(kg/m <sup>3</sup> )					Indiv.	1637.12	1639.89	1811.63	1817.17	Promedio	1639		1814	
	Suelto		Compactado																																																						
	1	2	1	2																																																					
Peso de material + recipiente [kg]	16.86	16.88	18.12	18.16																																																					
Peso Recipiente [kg]	5.04	5.04	5.04	5.04																																																					
Peso neto del material [kg]	11.82	11.84	13.08	13.12																																																					
Volumen del recipiente [m <sup>3</sup> ]	0.00722	0.00722	0.00722	0.00722																																																					
<b>RESULTADOS</b>																																																									
<b>Peso Unitario</b>																																																									
(kg/m <sup>3</sup> )																																																									
Indiv.	1637.12	1639.89	1811.63	1817.17																																																					
Promedio	1639		1814																																																						
 <b>CONTROL DE CALIDAD</b> Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.																																																									

## PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

	<b>Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.</b> Gestión de la Calidad y Mejora Continua																																																								
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.017)		SGC-REG-06-D1058 Versión 00																																																							
TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2																																																									
SOLICITA: BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA      FECHA: 15 ABRIL 2015 BACHLLER: ROBERT CASTILLO ROMAN																																																									
<b>PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO</b>																																																									
<b>MUESTRA</b>	Descripción de la muestra: Procedencia / cantera: Proceso:	<b>AGREGADO GRUESO</b> <b>SOJO-PIURA</b>																																																							
<b>ENSAYO</b>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;"></th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Suelto</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Compactado</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de material + recipiente [kg]</td> <td style="text-align: center;">26.24</td> <td style="text-align: center;">26.20</td> <td style="text-align: center;">27.88</td> <td style="text-align: center;">27.96</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente [kg]</td> <td style="text-align: center;">6.18</td> <td style="text-align: center;">6.18</td> <td style="text-align: center;">6.18</td> <td style="text-align: center;">6.18</td> </tr> <tr> <td>Peso neto del material [kg]</td> <td style="text-align: center;">20.1</td> <td style="text-align: center;">20.0</td> <td style="text-align: center;">21.7</td> <td style="text-align: center;">21.78</td> </tr> <tr> <td>Volumen del recipiente [m<sup>3</sup>]</td> <td style="text-align: center;">0.0142</td> <td style="text-align: center;">0.0142</td> <td style="text-align: center;">0.0142</td> <td style="text-align: center;">0.0142</td> </tr> <tr> <td><b>RESULTADOS</b></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Peso Unitario</b></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(kg/m<sup>3</sup>)</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Indiv.</td> <td style="text-align: center;">1412.68</td> <td style="text-align: center;">1409.86</td> <td style="text-align: center;">1528.17</td> <td style="text-align: center;">1533.80</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1411</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1531</td> </tr> </tbody> </table>		Suelto		Compactado			1	2	1	2	Peso de material + recipiente [kg]	26.24	26.20	27.88	27.96	Peso Recipiente [kg]	6.18	6.18	6.18	6.18	Peso neto del material [kg]	20.1	20.0	21.7	21.78	Volumen del recipiente [m <sup>3</sup> ]	0.0142	0.0142	0.0142	0.0142	<b>RESULTADOS</b>					<b>Peso Unitario</b>					(kg/m <sup>3</sup> )					Indiv.	1412.68	1409.86	1528.17	1533.80	Promedio	1411		1531	
	Suelto		Compactado																																																						
	1	2	1	2																																																					
Peso de material + recipiente [kg]	26.24	26.20	27.88	27.96																																																					
Peso Recipiente [kg]	6.18	6.18	6.18	6.18																																																					
Peso neto del material [kg]	20.1	20.0	21.7	21.78																																																					
Volumen del recipiente [m <sup>3</sup> ]	0.0142	0.0142	0.0142	0.0142																																																					
<b>RESULTADOS</b>																																																									
<b>Peso Unitario</b>																																																									
(kg/m <sup>3</sup> )																																																									
Indiv.	1412.68	1409.86	1528.17	1533.80																																																					
Promedio	1411		1531																																																						
 <b>CONTROL DE CALIDAD</b> Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.																																																									

## NIDO DE HUMEDAD Y % DE FINOS QUE PASAN EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO

 <b>DINO</b>	Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. Gestión de la Calidad y Mejora Continua	 SGC-REG-06-D1020 Versión 02								
Pág. 1 de 1										
CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS <span style="float: right;">% DE FINOS QUE PASAN EL TAMIZ N° 200</span> Norma de Ensayo NTP 339.185 <span style="float: right;">Norma de Ensayo NTP 400.018</span>										
TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F' C = 210 KG/CM2  SOLICITA: BACHILLER: WALTER ARÉVALO VALENCIA BACHLLER: ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN										
FECHA	DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca (g)	Peso Agua (g)	Peso muestra seca lavada (g)	Peso perdido por lavado (g)	Contenido de humedad (%)	% de finos que pasan el tamiz N° 200 (%) Máx 3 %	Diferencia respecto al ensayo vigente	OBSERVACIONES
15 de abril de 2015	Agregado Fino (Cantera Chulucanas Piura)	1245.3	1226.0	19.3	1198.8	27.2	1.6	2.2		
 Ing. Juan E. Diaz Maita Supervisor de Control de Calidad Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.										

## CONTENIDO DE HUMEDAD Y % DE FINOS QUE PASAN EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO

 <b>DINO</b>	Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. Gestión de la Calidad y Mejora Continua	 SGC-REG-06-D1020 Versión 02								
Pág. 1 de 1										
CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS <span style="float: right;">% DE FINOS QUE PASAN EL TAMIZ N° 200</span> Norma de Ensayo NTP 339.185 <span style="float: right;">Norma de Ensayo NTP 400.018</span>										
TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F' C = 210 KG/CM2  SOLICITA: BACHILLER: WALTER AREVALO VALENCIA BACHLLER: ROBERT CASTILLO ROMAN										
FECHA	DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca (g)	Peso Agua (g)	Peso muestra seca lavada (g)	Peso perdido por lavado (g)	Contenido de humedad (%)	% de finos que pasan el tamiz N° 200 (%) Máx 1 %	Diferencia respecto al ensayo vigente	OBSERVACIONES
15 de abril de 2015	Agregado Grueso (Cantera Sojo Piura)	5245.3	5219.2	26.1	5203.6	15.6	0.50	0.30		
 Ing. Juan E. Diaz Maita Supervisor de Control de Calidad Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.										

## ANEXO 2

### CERTIFICADOS DE CALIDAD DEL CEMENTO TIPO I Y TIPO V



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002  
Versión 01

### Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 22 de junio 2015

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.4	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.7	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.45	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	9	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3660	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

**Resistencia Compresión :**

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	28.1 (287)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	34.3 (350)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	41.6 (424)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

Fraguado Inicial	min	142	Mínimo 45
Fraguado Final	min	291	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-05-2015 al 31-05-2015.

La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de abril 2015.

(\*) Requisito opcional.



Ing. Ivanoff Rojas

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002  
Versión 01

## Cemento Portland Tipo V

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 22 de junio 2015

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	1.9	Máximo 2.3
C3A	%	3	Máximo 5
C4AF + 2(C3A)	%	20	Máximo 25
Pérdida por Ignición	%	1.4	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.37	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	9	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3850	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

#### Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	20.8 (212)	Mínimo 8.0 (Mínimo 82)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	26.8 (274)	Mínimo 15.0 (Mínimo 153)
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	36.9 (376)	Mínimo 21.0 (Mínimo 214)

#### Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	186	Mínimo 45
Fraguado Final	min	332	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-05-2015 al 31-05-2015.  
La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de abril 2015.

**Ing. Ivanoff Rojas**  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

## ANEXO 3

### ENSAYOS FISICO-QUÍMICOS DE LOS RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHAS DE ABANICO



**PACASMAYO**

*Investigación y Desarrollo*

#### INFORME DE ENSAYO

**Informe:** HS-13-15  
**Muestra:** Conchuela Piura  
**Objetivo:** Ensayos físicos RM325  
**Fecha de ensayo:** 24-abr

**Código de Origen:**

RESIDUO DE CONCHAS DE  
ABANICO Piura

**Residuo m325:** SGC-PRO-06-P4003 V. 11 %

10.5

**Revoluciones molino de bond:**

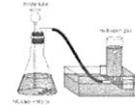
25000

Nota: Molienda realizada en molino bond. Promedio de revoluciones: 25000rev.

Trituración de conchuela a 4mm.

Secado estufa 110°C por 24 horas

Peso de muestra para molienda 30kg.



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 091 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING = 7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 04 DE MAYO DEL 2015

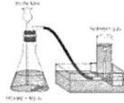
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
CaCO <sub>3</sub>	(%)	89.50

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 04 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 092 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 05 DE MAYO DEL 2015

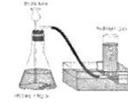
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
CaO	(%)	5.40

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 05 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 093 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.  
MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.  
PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).  
PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".  
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS  
FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015  
FECHA REPORTE : 06 DE MAYO DEL 2015

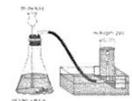
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
SiO <sub>2</sub>	(%)	4.50

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 06 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 094 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 07 DE MAYO DEL 2015

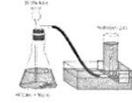
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	0.50

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 07 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 095 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 08 DE MAYO DEL 2015

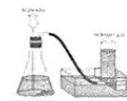
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	0.30

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 08 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 096 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 11 DE MAYO DEL 2015

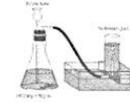
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
Na <sub>2</sub> O	(%)	0.40

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 11 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 097 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 12 DE MAYO DEL 2015

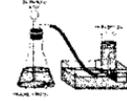
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
K <sub>2</sub> O	(%)	0.60

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 12 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 098 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 13 DE MAYO DEL 2015

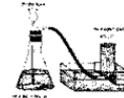
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
MgO	(%)	0.20

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 13 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 099 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 14 DE MAYO DEL 2015

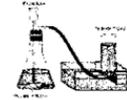
**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
MnO	(%)	0.10

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 14 DE MAYO DEL 2015



**2015**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 100 - CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : WALTHER ARÉVALO VALENCIA Y  
ROBERT ELIHÚ CASTILLO ROMAN.

MUESTRA : RESÍDUO CALCÁREO DE CONCHA DE ABANICO

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Antes de la calcinación (%Humedad = 1.6)  
Después de la calcinación (%Humedad = 0.00)  
Residuo malla # 325. Método del ALPING =7 %.

PROCEDENCIA : SECHURA (Botadero de residuos calcáreos de  
Concha de Abanico de Sechura).

PROYECTO : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO  
PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN  
MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 -  
2015".

ENSAYOS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 DE MAYO DEL 2015

FECHA REPORTE : 15 DE MAYO DEL 2015

**RESULTADOS DE ANALISIS**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO
PC	(%)	55.20

PC: PERDIDA POR CALCINACION

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE



PIURA, 15 DE MAYO DEL 2015

## ANEXO 4

### DISEÑO DE MEZCLA

# DISEÑO DE MEZCLA - MÉTODO ACI 211

TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO  $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$

#### 1) MATERIALES:

##### a) Cemento:

- Portland ASTM Tipo I "Marca Pascasmayo
- Peso Especifico: 3.12 gr/cm<sup>3</sup>

##### b) Agua:

- Agua potable de la zona

##### c) Agregado Fino:

- Peso Especifico de la masa: 2.48 gr/cm<sup>3</sup>
- Absorción: 2.60 %
- Contenido de Humedad: 1.60 %
- Modulo de Fineza: 2.80
- Peso seco suelto (PUS): 1639 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso seco compactado (PUC): 1814 Kg/m<sup>3</sup>

##### c) Agregado Grueso:

- Peso Especifico de la masa: 2.63 gr/cm<sup>3</sup>
- Absorción: 0.80 %
- Contenido de Humedad: 0.50 %
- Tamaño Maximo Nominal (TMN): 1 "
- Peso seco suelto (PUS): 1398 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso seco compactado (PUC): 1531 Kg/m<sup>3</sup>

#### 2) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO:

- Peso Unitario del Concreto 2400 Kg/m<sup>3</sup>
- $f_c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

# **PROCEDIMIENTO**

## 1) DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA REQUERIDA ( $f'c$ )

Especificar  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>  
Entonces el  $f'cr$ : 294 Kg/cm<sup>2</sup>

## 2) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO (TMN)

TMN: 1 "

## 3) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

TIPO DE ESTRUCTURA: COLUMNAS  
SLUMP MINIMO: 1 "  
SLUMP MAXIMO: 4 "

## 4) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Aire atrapado según el TMN 1.5 %

## 5) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA

Asentamiento: 3" A 4" 33

Agua requerida en la mezcla 193 Lts/m<sup>3</sup>

## 6) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO (a/c)

Para un  $f'c$  = 294 Kg/cm<sup>2</sup>  
La relación a/c es = 0.558 0.5609 0.0029  
Cantidad de Cemento = 345.88 Kg

## 7) PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO

TMN del A.G. = 1 "  
Modulo de Fineza = 2.80  
b/bo = 0.670  
PS A.G. = 1025.77 Kg

8) CALCULO DE LOS PESOS DE LOS AGREGADOS

Volúmen Cemento =	0.111 m <sup>3</sup>
Volúmen Agregado Grueso :	0.390 m <sup>3</sup>
Volúmen Agua =	0.193 m <sup>3</sup>
Volúmen Aire =	0.015 m <sup>3</sup>
	<hr/>
	0.709 m <sup>3</sup>
Volúmen Agregado Fino =	0.2911 m <sup>3</sup>

9) CALCULO DE LOS PESOS SECOS

Cemento =	345.88 Kg
Agregado Fino =	721.95 Kg
Agregado Grueso =	1025.78 Kg
Agua =	193.00 Kg

10) CALCULO DE LOS PESOS HUMEDOS

P.H. Agregado Fino =	733.50 Kg
P.H. Agregado Grueso =	1030.91 Kg

11) APORTES DE AGUA DE LOS AGREGADOS

Ap. Agregado Fino =	-7.22 Lts
Ap. Agregado Grueso =	-3.08 Lts
Aporte de Agregados =	<hr/> -10.30 Lts
Agua Efectiva =	203.30 Lts

12) DOSIFICACION EN PESO EN OBRA

C	A.F.	A.G.	AGUA
1	2.12	2.98	24.98 Lts/Blts

13) DOSIFICACION POR TANDA

C	A.F.	A.G.	AGUA
42.5	90.10	126.65	24.98 Lts/Blts

14) PESO UNITARIOS HUMEDOS DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino Humedo =	1665.22 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Humedo =	1404.99 Kg/m <sup>3</sup>

15) PESO POR PIE CUBICO DEL AGREGADO

Agregado Fino Humedo = 47.58 Kg/Pie³  
 Agregado Grueso Humedo = 40.14 Kg/Pie³

16) DOSIFICACION EN VOLUMEN EN OBRA

C	A.F.	A.G.	AGUA	
1	1.89	3.16	24.98	Lts/Bls

17) RENDIMIENTOS DOSIFICADOS EN PESO

Peso total de la tanda = 284.23 Kg/Bls

18) RENDIMIENTO POR TANDA

Rendimiento por tanda es = 0.118 m³/Bls

19) CALCULO DEL FACTOR CEMENTO

El facto cemento es = 8.475 Bls/m³

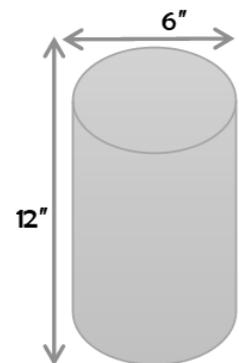
20) PESOS DE LOS MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO

C	A.F.	A.G.	AGUA			Nueva a/c
360.2	763.6	1073.4	211.7	Lts/Bls	(Kg/m³)	0.588

**DOESIFICACIÓN PARA ELABORACIÓN DE PROBETAS**

Nº de Probetas = 15  
 Volumen de la probeta = 0.00556 m³

C	A.F.	A.G.	AGUA		
30.04	63.68	89.52	17.66	Lts/Bls	(Kg/m³)



**DOESIFICACIÓN PARA ELABORACIÓN DE PROBETAS + 20%**

C	A.F.	A.G.	AGUA		
36.05	76.42	107.42	21.19	Lts/Bls	(Kg/m³)





**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER:

WAL THER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

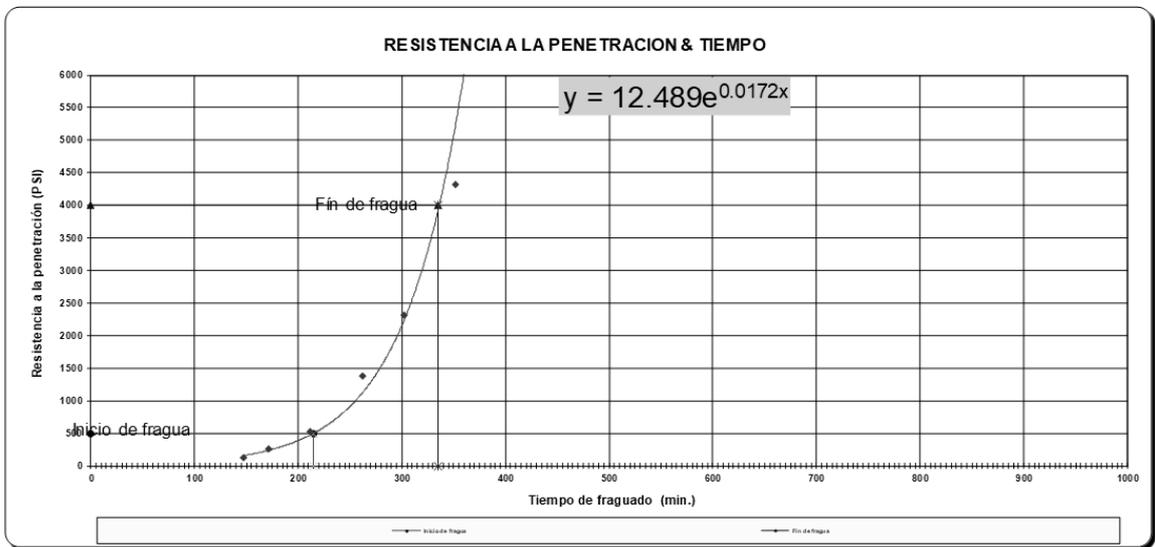
MUESTRA : Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 0% de sustitución  
 PROCEDENCIA : Prueba en Laboratorio M 02  
 ESTRUCTURA VAC. : -  
 CEMENTO : Pacasmayo, Tipo I  
 FUENTE DE AGUA : Agua Potable  
 CONT. AIRE Co. : 1  
 ASENTAMIENTO Co. : 4 Pulg  
 TEMP. CONCRETO : 26.5 °C  
 TEMP. MORTERO : 26.3 °C  
 TEMP. AMBIENTE : 24.6 °C

**DOSIFICACIÓN:**  
 RCCA : 0 kg.  
 Cemento : 317 kg.  
 Agua : 199 Lt.  
 Arena natural : 849 kg.  
 Piedra Triturada 1" : 1028 kg.  
 Aditivo : 0.00 kg.  
 Relación A/C : 0.628

FECHA : 25 de junio de 2015  
 HORA DE INICIO : 8:08

HECHO POR BACHILLER: WAL THER AREVALO VALENCIA  
 BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:08	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	24.6 °C	26.3 °C
10:35	147	120			120	1	1.128	1.000	120	25.1 °C	26.7 °C
11:00	172	130	132		131	2	0.798	0.500	262	25.0 °C	27.1 °C
11:40	212	130	136	134	133	3	0.564	0.250	533	25.9 °C	27.5 °C
12:30	262	136	142	136	138	4	0.357	0.100	1380	26.2 °C	27.8 °C
13:10	302	114	114	120	116	5	0.252	0.050	2320	26.3 °C	28.2 °C
14:00	352	110	108	106	108	6	0.178	0.025	4320	26.3 °C	28.9 °C



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	215 Minutos	ó	3 horas 35 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	335 Minutos	ó	5 horas 35 minutos



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

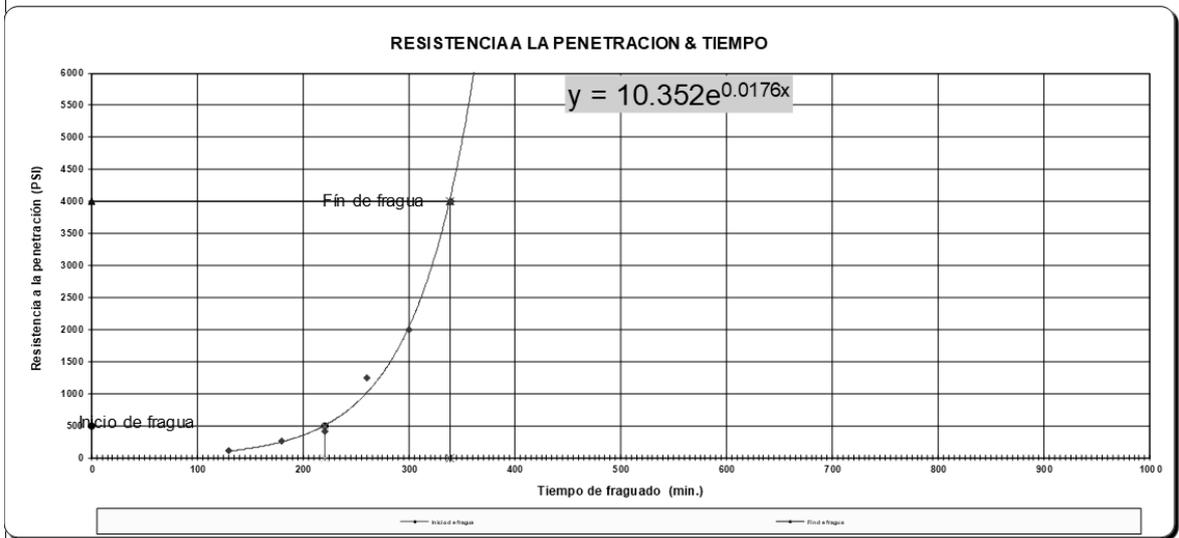
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

MUESTRA	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 4% de sustitución	DOSIFICACIÓN:	
PROCEDENCIA	: Prueba en Laboratorio M 01	RCCA	13.3 kg.
ESTRUCTURA VAC.	: --	Cemento	332 kg.
CEMENTO	: Pacasmayo, Tipo I	Agua	203 Lt.
FUENTE DE AGUA	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
CONT. AIRE Co.	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
ASENTAMIENTO Co.	: 4 Pulg	Relación A/C	0.589
TEMP. CONCRETO	: 26.5 °C		
TEMP. MORTERO	: 26.3 °C		
TEMP. AMBIENTE	: 24.6 °C		
FECHA	25 de junio de 2015	HECHO POR	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
HORA DE INICIO	8:20		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:20	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	25.4 °C	24.3 °C
10:30	130	102			102	1	1.128	1.000	102	26.0 °C	26.7 °C
11:20	180	128	136		132	2	0.798	0.500	264	26.2 °C	27.0 °C
12:00	220	102	96	104	101	3	0.564	0.250	403	26.2 °C	27.1 °C
12:40	260	126	126	120	124	4	0.357	0.100	1240	26.3 °C	28.0 °C
13:20	300	102	100	98	100	5	0.252	0.050	2000	26.3 °C	28.0 °C
14:00	340	96	98	106	100	6	0.178	0.025	4000	26.2 °C	29.7 °C



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	220	Minutos	ó	<b>3 horas 40 minutos</b>
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	338	Minutos	ó	<b>5 horas 38 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

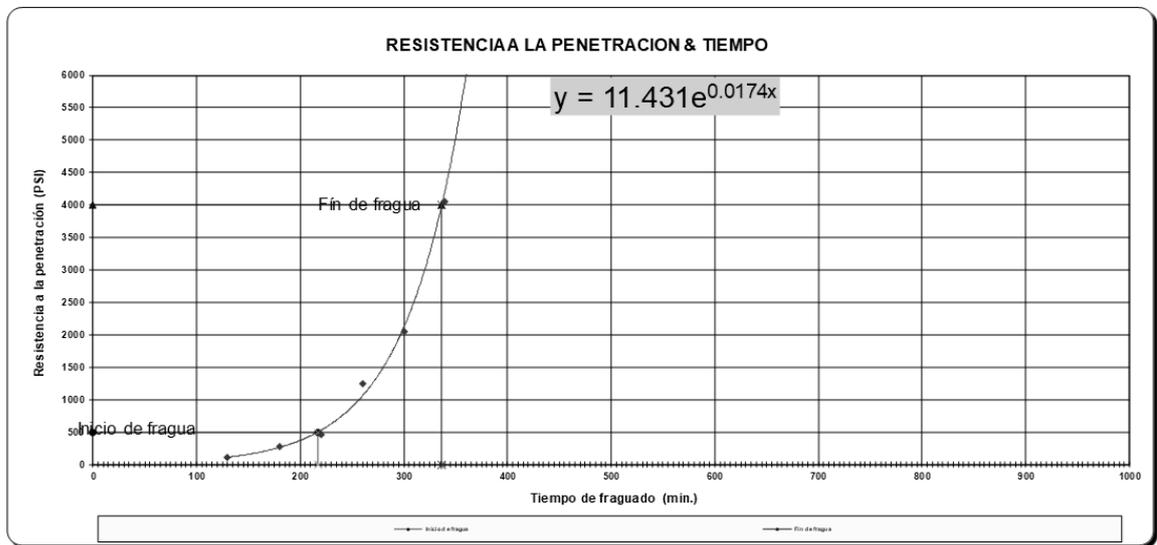
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

<b>MUESTRA</b>	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 4% de sustitución	<b>DOSIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Prueba en Laboratorio M 02	RCCA	13.3 kg.
<b>ESTRUCTURA VAC.</b>	: --	Cemento	332 kg.
<b>CEMENTO</b>	: Pacasmayo, Tipo I	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b>	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b>	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b>	: 4 Pulg	Relación A/C	0.589
<b>TEMP. CONCRETO</b>	: 26.5 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b>	: 26.3 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b>	: 24.6 °C		
<b>FECHA</b>	25 de junio de 2015	<b>HECHO POR</b>	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
<b>HORA DE INICIO</b>	8:20		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:20	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	25.4 °C	24.3 °C
10:30	130	106			106	1	1.128	1.000	106	26.0 °C	26.7 °C
11:20	180	138	140		139	2	0.798	0.500	278	26.2 °C	27.0 °C
12:00	220	116	120	112	116	3	0.564	0.250	464	26.2 °C	27.1 °C
12:40	260	120	120	136	125	4	0.357	0.100	1253	26.3 °C	28.0 °C
13:20	300	102	108	98	103	5	0.252	0.050	2053	26.3 °C	28.0 °C
14:00	340	98	102	104	101	6	0.178	0.025	4053	26.2 °C	29.7 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b> 217 Minutos ó 3 horas 37 minutos
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b> 337 Minutos ó 5 horas 37 minutos



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

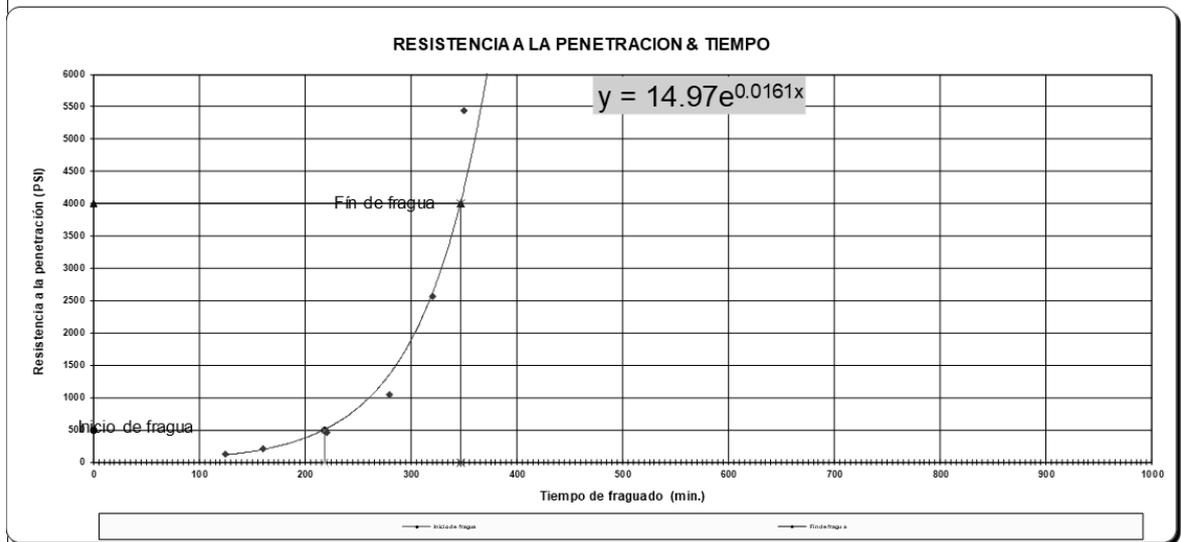
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

MUESTRA	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 8% de sustitución	DOSIFICACIÓN:	
PROCEDENCIA	: Prueba en Laboratorio M 01	RCCA	25.5 kg.
ESTRUCTURA VAC.	: --	Cemento	318 kg.
CEMENTO	: Pacasmayo, Tipo I	Agua	203 Lt.
FUENTE DE AGUA	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
CONT. AIRE Co.	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
ASENTAMIENTO Co.	: 4 Pulg	Relación A/C	0.592
TEMP. CONCRETO	: 26.5 °C		
TEMP. MORTERO	: 26.3 °C		
TEMP. AMBIENTE	: 24.6 °C		
FECHA	25 de junio de 2015	HECHO POR	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
HORA DE INICIO	8:30		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:30	0	0			0	0	0.000	0.000	0	25.3 °C	23.0 °C
10:35	125	126			126	1	1.128	1.000	126	26.2 °C	26.1 °C
11:10	160	106	104		105	2	0.798	0.500	210	26.2 °C	26.5 °C
12:10	220	118	114	108	113	3	0.564	0.250	453	26.3 °C	26.9 °C
13:10	280	102	102	108	104	4	0.357	0.100	1040	26.3 °C	27.5 °C
13:50	320	132	124	128	128	5	0.252	0.050	2560	26.3 °C	28.7 °C
14:20	350	132	136	140	136	6	0.178	0.025	5440	26.2 °C	29.7 °C



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	218 Minutos	ó	3 horas 38 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	347 Minutos	ó	5 horas 47 minutos



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

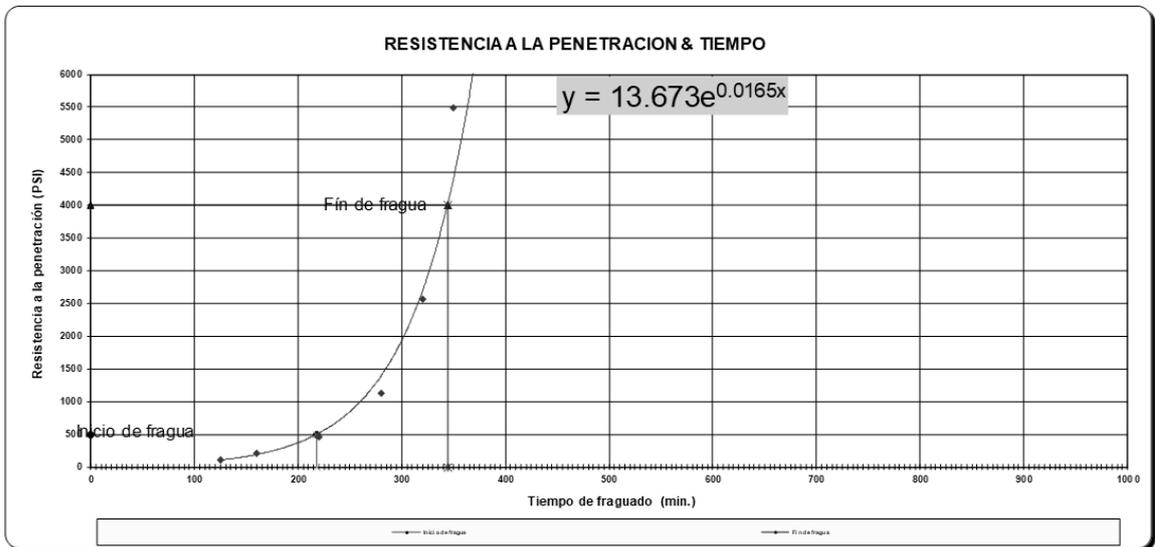
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

<b>MUESTRA</b>	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 8% de sustitución	<b>DOSIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Prueba en Laboratorio M 02	RCCA	25.5 kg.
<b>ESTRUCTURA VAC.</b>	: --	Cemento	318 kg.
<b>CEMENTO</b>	: Pacasmayo, Tipo I	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b>	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b>	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b>	: #	Relación A/C	0.592
<b>TEMP. CONCRETO</b>	: 26.5 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b>	: 26.3 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b>	: 24.6 °C		
<b>FECHA</b>	25 de junio de 2015	<b>HECHO POR</b>	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
<b>HORA DE INICIO</b>	8:30		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:30	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	25.3 °C	23.0 °C
10:35	125	114			114	1	1.128	1.000	114	26.2 °C	26.1 °C
11:10	160	108	102		105	2	0.798	0.500	210	26.2 °C	26.5 °C
12:10	220	112	116	120	116	3	0.564	0.250	464	26.3 °C	26.9 °C
13:10	280	108	120	112	113	4	0.357	0.100	1133	26.3 °C	27.5 °C
13:50	320	128	126	130	128	5	0.252	0.050	2560	26.3 °C	28.7 °C
14:20	350	136	142	134	137	6	0.178	0.025	5493	26.2 °C	29.7 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b>	218	Mnutos	ó	<b>3 horas 38 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b>	344	Mnutos	ó	<b>5 horas 44 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

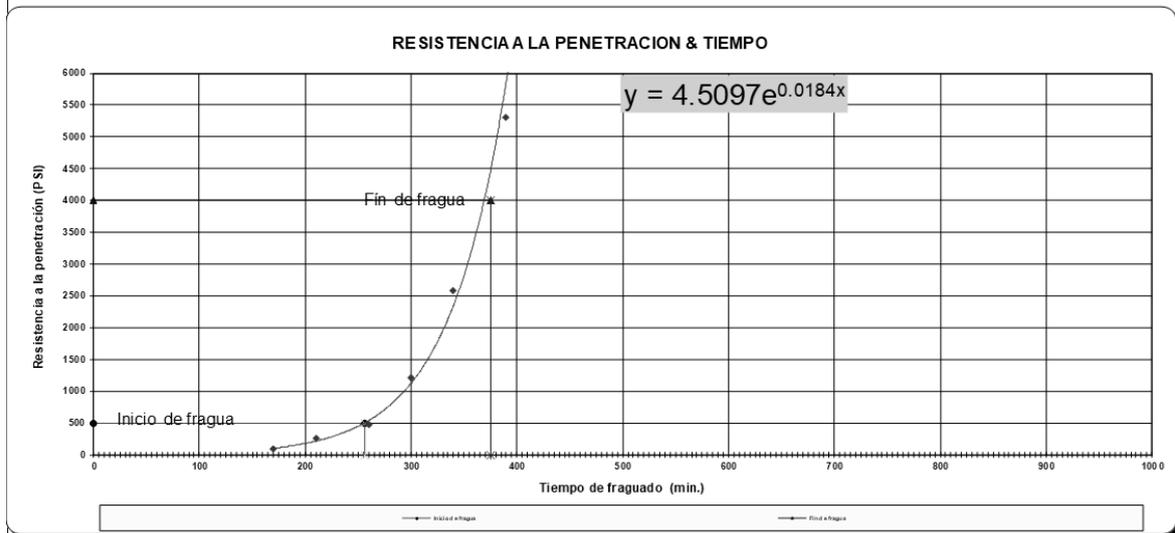
MUESTRA : Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 12% de sustitución  
 PROCEDENCIA : Prueba en Laboratorio M 01  
 ESTRUCTURA VAC. : --  
 CEMENTO : Pacasmayo, Tipo I  
 FUENTE DE AGUA : Agua Potable  
 CONT. AIRE Co. : 1  
 ASENTAMIENTO Co. : 3 1/2 Pulg  
 TEMP. CONCRETO : 26.5 °C  
 TEMP. MORTERO : 26.3 °C  
 TEMP. AMBIENTE : 24.6 °C

**DOSIFICACIÓN:**  
 RCCA : 36.5 kg  
 Cemento : 304 kg  
 Agua : 203 Lt.  
 Arena natural : 733 kg  
 Piedra Triturada 1" : 1031 kg  
 Relación A/C : 0.597

FECHA : 25 de junio de 2015  
 HORA DE INICIO : 8:40

HECHO POR BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
 BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura		
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero	
8:40	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.0 °C	24.5 °C	
11:30	170	90				90	1	1.128	1.000	90	26.3 °C	25.1 °C
12:10	210	116	118	120	129	2	0.798	0.500	259	26.3 °C	25.6 °C	
13:00	260	100	108	112	119	3	0.564	0.250	477	26.3 °C	26.0 °C	
13:40	300	118	116	114	121	4	0.357	0.100	1207	26.3 °C	26.6 °C	
14:20	340	124	122	120	129	5	0.252	0.050	2587	26.2 °C	27.8 °C	
15:10	390	122	136	124	133	6	0.178	0.025	5307	25.9 °C	27.9 °C	



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	256	Minutos	ó	<b>4 horas 16 minutos</b>
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	375	Minutos	ó	<b>6 horas 15 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU  
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

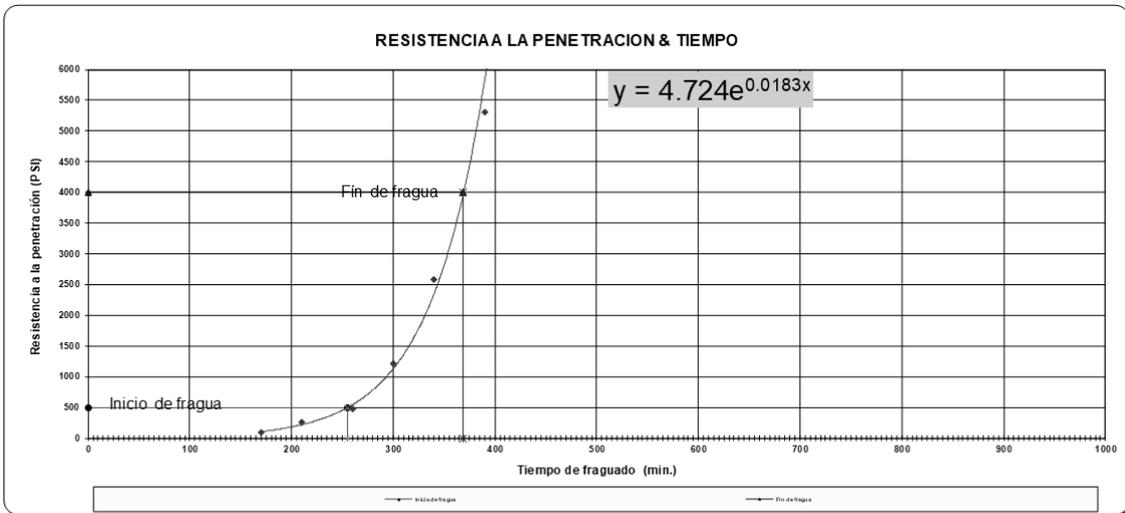
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: **WALTHER AREVALO VALENCIA**  
**ROBERT CASTILLO ROMAN**

MUESTRA	:	Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 12% de sustitución	DOSIFICACIÓN:	
PROCEDENCIA	:	Prueba en Laboratorio M 02	RCCA	36.5 kg.
ESTRUCTURA VAC.	:	-	Cemento	304 kg.
CEMENTO	:	Pacasmayo, Tipo I	Agua	203 Lt.
FUENTE DE AGUA	:	Agua Potable	Arena natural	733 kg.
CONT. AIRE Co.	:	1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
ASENTAMIENTO Co.	:	3 1/2 Pulg	Relación A/C	0.597
TEMP. CONCRETO	:	26.5 °C		
TEMP. MORTERO	:	26.3 °C		
TEMP. AMBIENTE	:	24.6 °C		
FECHA	:	25 de junio de 2015	HECHO POR	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
HORA DE INICIO	:	8:40		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:40	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.0 °C	24.5 °C
11:30	170	94			94	1	1.128	1.000	94	26.3 °C	25.1 °C
12:10	210	128	128	132	129	2	0.798	0.500	259	26.3 °C	25.6 °C
13:00	260	120	118	120	119	3	0.564	0.250	477	26.3 °C	26.0 °C
13:40	300	118	122	122	121	4	0.357	0.100	1207	26.3 °C	26.6 °C
14:20	340	124	134	130	129	5	0.252	0.050	2587	26.2 °C	27.8 °C
15:10	390	130	136	132	133	6	0.178	0.025	5307	25.9 °C	27.9 °C



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	255 Minutos	ó	4 horas 15 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	368 Minutos	ó	6 horas 8 minutos



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua

ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

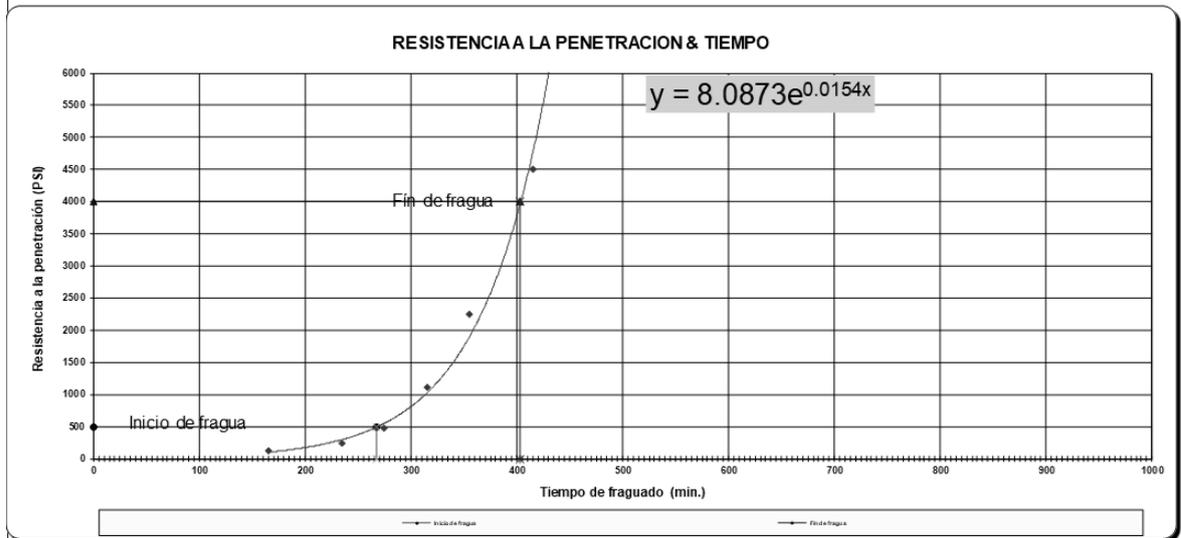
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM<sup>2</sup>

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

<b>MUESTRA</b>	: Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> Con 16% de sustitución	<b>DOSIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Prueba en Laboratorio M 01	RCCA	46.5 kg
<b>ESTRUCTURA VAC.</b>	: -	Cemento	290 kg
<b>CEMENTO</b>	: Pacasmayo, Tipo I	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b>	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b>	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b>	: 4 Pulg	Relación A/C	0.603
<b>TEMP. CONCRETO</b>	: 26.5 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b>	: 26.3 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b>	: 24.6 °C		
<b>FECHA</b>	25 de junio de 2015	<b>HECHO POR</b>	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN
<b>HORA DE INICIO</b>	8:35		

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psí)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:35	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.2 °C	24.6 °C
11:20	165	120			120	1	1.128	1.000	120	26.3 °C	24.6 °C
12:30	235	122	120		121	2	0.798	0.500	242	26.3 °C	2.8 °C
13:10	275	120	120	118	119	3	0.564	0.250	477	26.3 °C	24.7 °C
13:50	315	118	108	108	111	4	0.357	0.100	1113	26.2 °C	25.5 °C
14:30	355	112	114	110	112	5	0.252	0.050	2240	25.9 °C	26.4 °C
15:30	415	108	116	114	113	6	0.178	0.025	4507	25.8 °C	27.0 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b>	268	Minutos	ó	<b>4 horas 28 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b>	403	Minutos	ó	<b>6 horas 43 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

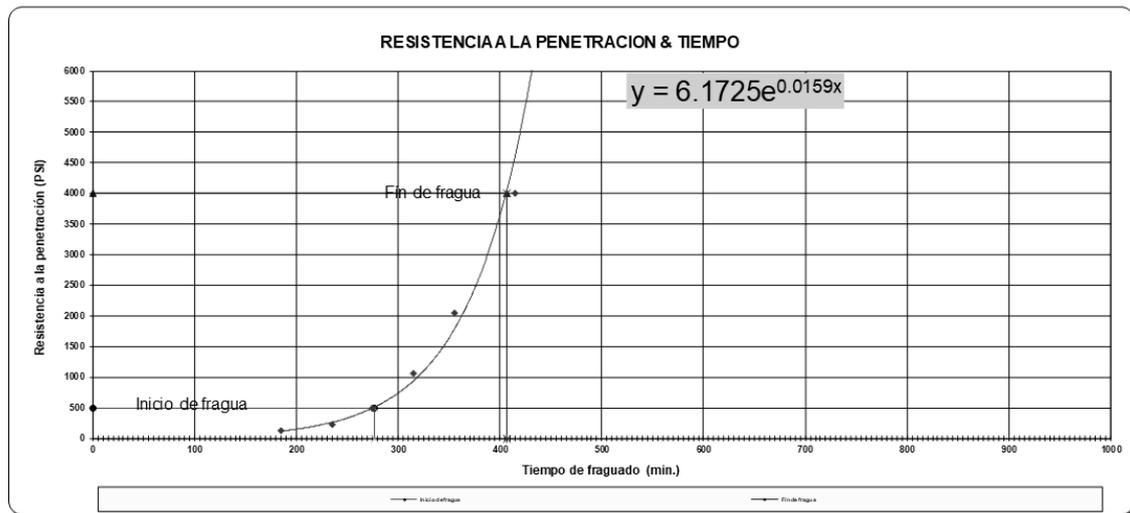
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F' C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

MUESTRA	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 16% de sustitución	DOSIFICACIÓN:	
PROCEDENCIA	: Prueba en Laboratorio M 02	RCCA	46.5 kg.
ESTRUCTURA VAC.	: --	Cemento	290 kg.
CEMENTO	: Pacasmayo, Tipo I	Agua	203 Lt.
FUENTE DE AGUA	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
CONT. AIRE Co.	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
ASENTAMIENTO Co.	: #	Relación A/C	0.603
TEMP. CONCRETO	: 26.5 °C		
TEMP. MORTERO	: 26.3 °C		
TEMP. AMBIENTE	: 24.6 °C		
FECHA	25 de junio de 2015	HECHO POR	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
HORA DE INICIO	8:35		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
8:35	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.2 °C	24.6 °C
11:40	185	120			120	1	1.128	1.000	120	26.3 °C	24.6 °C
12:30	235	120	108		114	2	0.798	0.500	228	26.3 °C	2.8 °C
13:10	275	130	118	126	125	3	0.564	0.250	499	26.3 °C	24.7 °C
13:50	315	98	106	112	105	4	0.357	0.100	1053	26.2 °C	25.5 °C
14:30	355	98	104	106	103	5	0.252	0.050	2053	25.9 °C	26.4 °C
15:30	415	96	100	104	100	6	0.178	0.025	4000	25.8 °C	27.0 °C



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	276 Minutos	ó	4 horas 36 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	407 Minutos	ó	6 horas 47 minutos



## RESUMEN DE ENSAYOS DE MORTERO

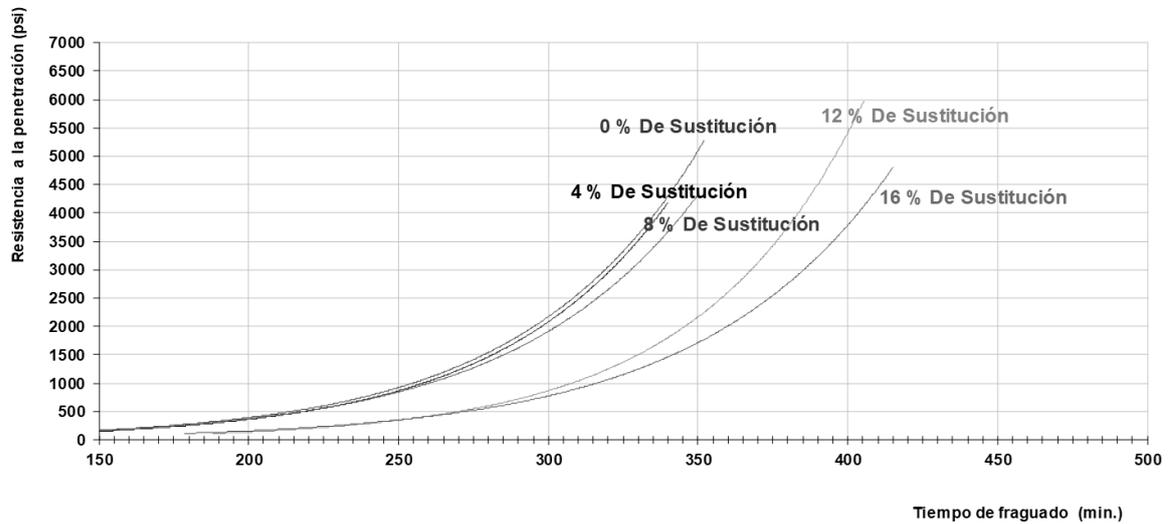
### MATERIALES:

Cemento **Cementos Pacasmayo Tipo I**  
Agregado fino **Arena chulucanas Piura**  
Agregado grueso **Piedra Triturada Cantera Sojo Piura**

### TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

N°	CONCRETO	Slump	T. fragua inicial	T. fragua final	Observaciones
1	Concreto f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	4	03:33	05:35	0 % De Sustitución
2	Concreto f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	3 3/4	03:38	05:37	4 % De Sustitución
3	Concreto f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	4	03:38	05:45	8 % De Sustitución
4	Concreto f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	3 1/2	04:15	06:11	12 % De Sustitución
5	Concreto f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	4	04:32	06:45	16 % De Sustitución

### RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN & TIEMPO

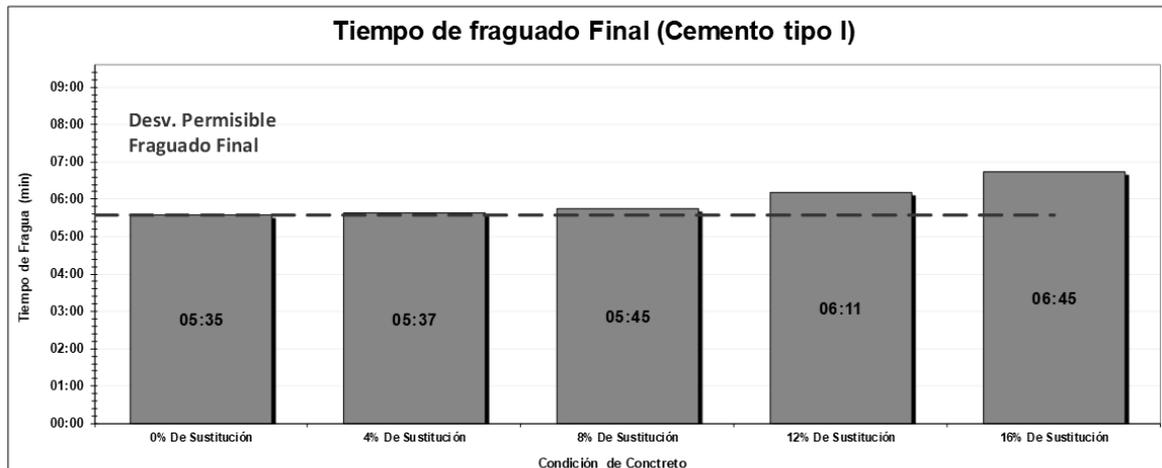
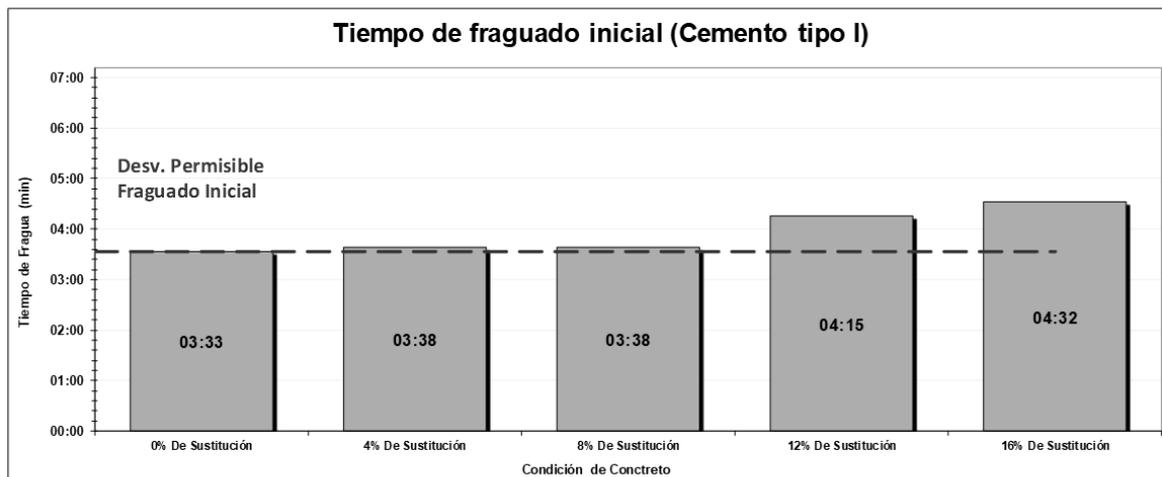




ANEXO : RESULTADO DE ENSAYOS DE TIEMPO DE FRAGUADO

<b>MATERIALES:</b>	
Cemento	Cementos Pacasmayo Tipo I
Agregado fino	Arena Chulucanas Piura
Agregado grueso	Piedra Triturada 1"

DATOS GENERALES		ENSAYO	
Condición de Mezcla de Concreto	Muestra de agua	TIEMPO FRAGUA	
		Inicio (h.min)	Fin (h.min)
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	0% De Sustitución	03:33	05:35
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	4% De Sustitución	03:38	05:37
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	8% De Sustitución	03:38	05:45
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	12% De Sustitución	04:15	06:11
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	16% De Sustitución	04:32	06:45





**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU  
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

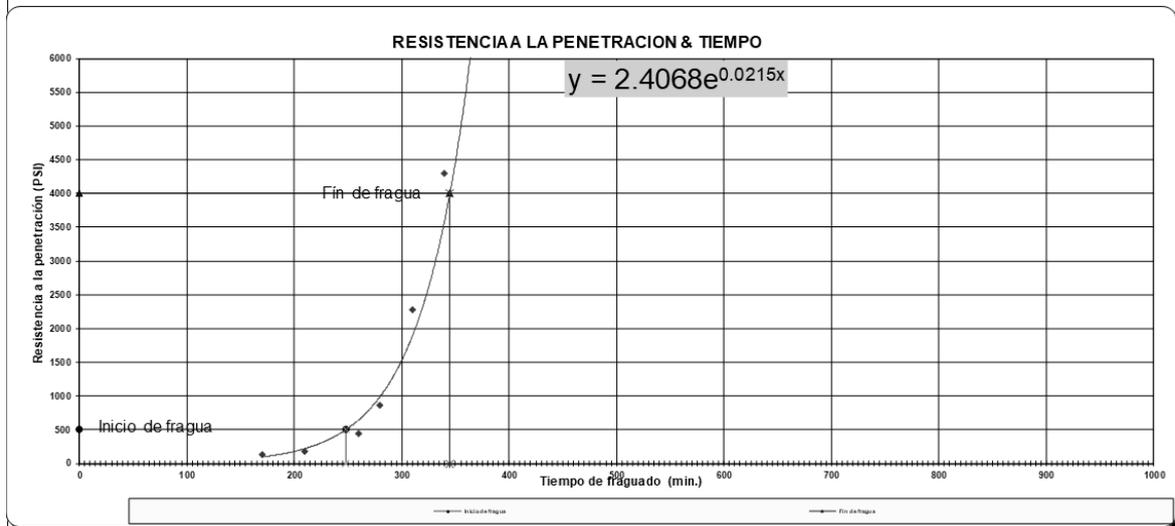
**MUESTRA :** Concreto Fc = 210 kg/cm2 Con 0% de sustitución  
**PROCEDENCIA :** Prueba en Laboratorio 01  
**ESTRUCTURA VAC. :** --  
**CEMENTO :** Pacasmayo, Tipo V  
**FUENTE DE AGUA :** Agua Potable  
**CONT. AIRE Co. :** 1  
**ASENTAMIENTO Co. :** 4 Pulg  
**TEMP. CONCRETO :** 27.3 °C  
**TEMP. MORTERO :** 25.9 °C  
**TEMP. AMBIENTE :** 25.6 °C

**FECHA** 26 de junio de 2015  
**HORA DE INICIO** 10:10

**DOSIFICACIÓN:**  
RCCA 0 kg.  
Cemento 346 kg.  
Agua 203 Lt.  
Arena natural 733 kg.  
Piedra Triturada 1" 1031 kg.  
Relación A/C 0.588

**HECHO POR** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
10:10	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	25.6 °C	25.9 °C
13:00	170	132			132	1	1.128	1.000	132	26.3 °C	25.5 °C
13:40	210	92	86		89	2	0.798	0.500	178	26.3 °C	25.4 °C
14:30	260	114	110	110	111	3	0.564	0.250	445	26.2 °C	27.5 °C
14:50	280	86	84	90	87	4	0.357	0.100	867	26.5 °C	26.3 °C
15:20	310	112	114	116	114	5	0.252	0.050	2280	26.2 °C	26.5 °C
15:50	340	108	106	108	107	6	0.178	0.025	4293	26.1 °C	25.2 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b> 248 Minutos	ó	<b>4 horas 8 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b> 345 Minutos	ó	<b>5 horas 45 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

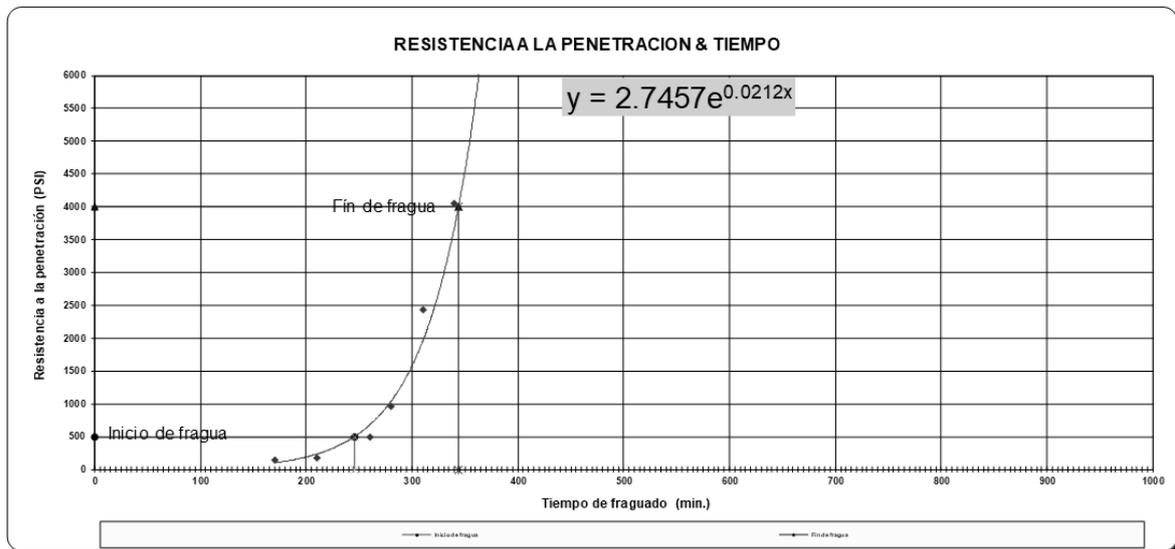
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

<b>MUESTRA</b>	: Concreto Fc = 210 kg/cm2 Con 0% de sustitución	<b>DOSIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Prueba en Laboratorio 02	RCCA	0 kg.
<b>ESTRUCTURA VAC.</b>	: --	Cemento	346 kg.
<b>CEMENTO</b>	: Pacasmayo, Tipo V	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b>	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b>	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b>	: 4 Pulg	Relación A/C	0.588
<b>TEMP. CONCRETO</b>	: 27.3 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b>	: 25.9 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b>	: 25.6 °C		
<b>FECHA</b>	26 de junio de 2015	<b>HECHO POR</b>	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
<b>HORA DE INICIO</b>	10:10		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
10:10	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	25.6 °C	25.9 °C
13:00	170	140			140	1	1.128	1.000	140	26.3 °C	25.5 °C
13:40	210	92	90		91	2	0.798	0.500	182	26.3 °C	25.4 °C
14:30	260	126	120	124	123	3	0.564	0.250	493	26.2 °C	27.5 °C
14:50	280	90	98	100	96	4	0.357	0.100	960	26.5 °C	26.3 °C
15:20	310	124	124	116	121	5	0.252	0.050	2427	26.2 °C	26.5 °C
15:50	340	100	100	104	101	6	0.178	0.025	4053	26.1 °C	25.2 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b>	245 Minutos	ó	<b>4 horas 5 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b>	344 Minutos	ó	<b>5 horas 44 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

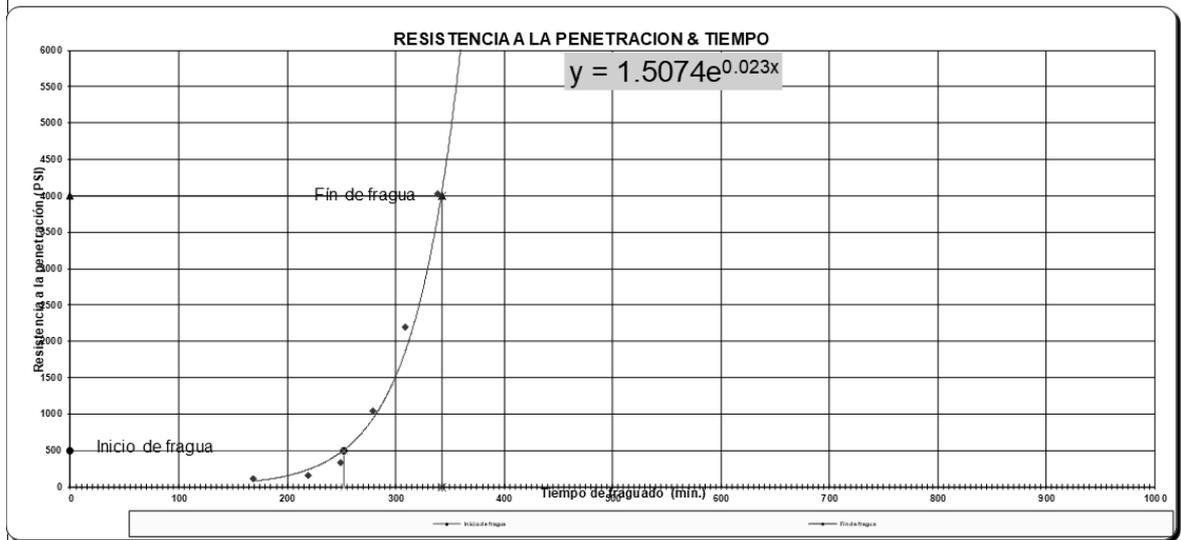
MUESTRA : Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 4% de sustitución  
PROCEDENCIA : Prueba en Laboratorio 01  
ESTRUCTURA VAC. : --  
CEMENTO : Pacasmayo, Tipo V  
FUENTE DE AGUA : Agua Potable  
CONT. AIRE Co. : 1  
ASENTAMIENTO Co. : 4 Pulg  
TEMP. CONCRETO : 25.5 °C  
TEMP. MORTERO : 24.0 °C  
TEMP. AMBIENTE : 25.8 °C

**DOSIFICACIÓN:**  
RCCA : 13.3 kg.  
Cemento : 332 kg.  
Agua : 203 Lt.  
Arena natural : 733 kg.  
Piedra Triturada 1" : 1031 kg.  
Relación A/C : 0.589

FECHA : 26 de junio de 2015  
HORA DE INICIO : 10:21

HECHO POR BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
10:21	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	25.8 °C	24.0 °C
13:10	169	110			110	1	1.128	1.000	110	26.3 °C	25.3 °C
14:00	219	80	80		80	2	0.798	0.500	160	26.3 °C	25.8 °C
14:30	249	80	82	82	81	3	0.564	0.250	325	26.1 °C	26.7 °C
15:00	279	98	106	110	105	4	0.357	0.100	1047	26.2 °C	26.2 °C
15:30	309	110	112	108	110	5	0.252	0.050	2200	26.2 °C	27.3 °C
16:00	339	100	98	104	101	6	0.178	0.025	4027	26.0 °C	27.0 °C



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	252	Minutos	ó	<b>4 horas 12 minutos</b>
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	343	Minutos	ó	<b>5 horas 43 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

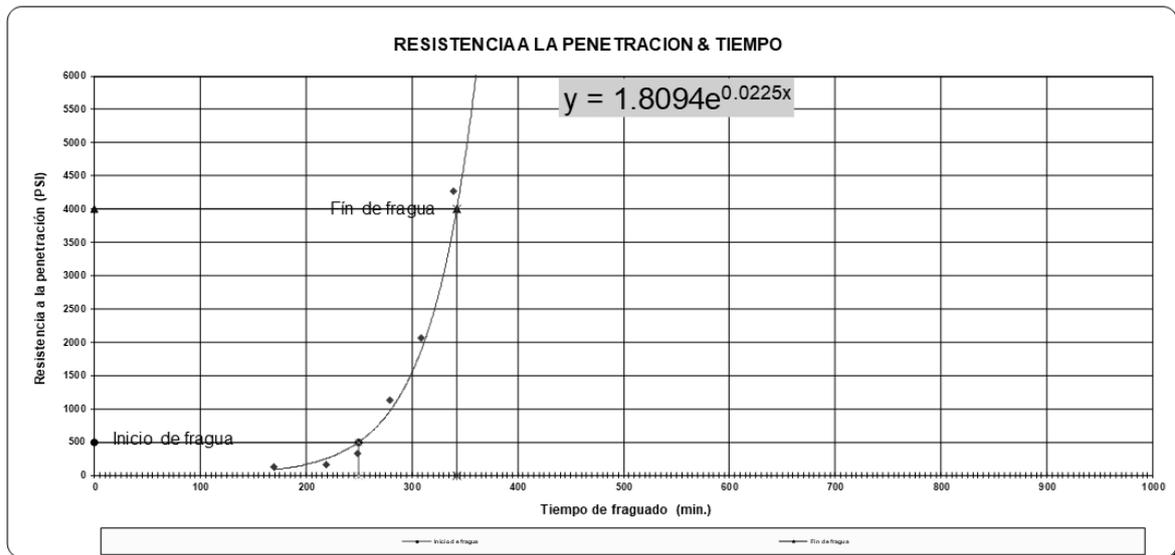
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

<b>MUESTRA</b>	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 4% de sustitución	<b>DOSIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Prueba en Laboratorio 02	RCCA	13.3 kg.
<b>ESTRUCTURA VAC.</b>	: --	Cemento	332 kg.
<b>CEMENTO</b>	: <b>Pacasmayo, Tipo V</b>	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b>	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b>	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b>	: 4 Pulg	Relación A/C	0.589
<b>TEMP. CONCRETO</b>	: 25.5 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b>	: 24.0 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b>	: 25.8 °C		
<b>FECHA</b>	26 de junio de 2015	<b>HECHO POR</b>	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
<b>HORA DE INICIO</b>	10:21		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
10:21	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	25.8 °C	24.0 °C
13:10	169	126			126	1	1.128	1.000	126	26.3 °C	25.3 °C
14:00	219	82	80		81	2	0.798	0.500	162	26.3 °C	25.8 °C
14:30	249	84	82	84	83	3	0.564	0.250	333	26.1 °C	26.7 °C
15:00	279	110	116	110	112	4	0.357	0.100	1120	26.2 °C	26.2 °C
15:30	309	104	106	100	103	5	0.252	0.050	2067	26.2 °C	27.3 °C
16:00	339	106	112	102	107	6	0.178	0.025	4267	26.0 °C	27.0 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b>	250 Minutos	ó	<b>4 horas 10 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b>	342 Minutos	ó	<b>5 horas 42 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

**MUESTRA :** Concreto Fc = 210 kg/cm2 Con 8% de sustitución  
**PROCEDENCIA :** Prueba en Laboratorio 01  
**ESTRUCTURA VAC. :** --  
**CEMENTO :** Pacasmayo, Tipo V  
**FUENTE DE AGUA :** Agua Potable  
**CONT. AIRE Co. :** 1  
**ASENTAMIENTO Co. :** 3 1/2 Pulg  
**TEMP. CONCRETO :** 25.7 °C  
**TEMP. MORTERO :** 25.4 °C  
**TEMP. AMBIENTE :** 26.0 °C

**DOSIFICACIÓN:**  
RCCA 25.5 kg.  
Cemento 318 kg.  
Agua 203 Lt.  
Arena natural 733 kg.  
Piedra Triturada 1" 1031 kg.  
Relación A/C 0.592

**FECHA** 26 de junio de 2015  
**HORA DE INICIO** 11:33

**HECHO POR** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
11:33	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.0 °C	25.4 °C
14:40	187	116			116	1	1.128	1.000	116	26.3 °C	26.8 °C
15:00	207	98	110		104	2	0.798	0.500	208	26.2 °C	25.6 °C
15:30	237	96	102	100	99	3	0.564	0.250	397	26.2 °C	26.3 °C
16:00	267	106	102	106	105	4	0.357	0.100	1047	26.2 °C	27.4 °C
16:40	307	102	100	98	100	5	0.252	0.050	2000	26.0 °C	27.0 °C
17:40	367	100	110	100	103	6	0.178	0.025	4133	25.8 °C	26.8 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b> 248 Minutos ó <b>4 horas 8 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b> 351 Minutos ó <b>5 horas 51 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

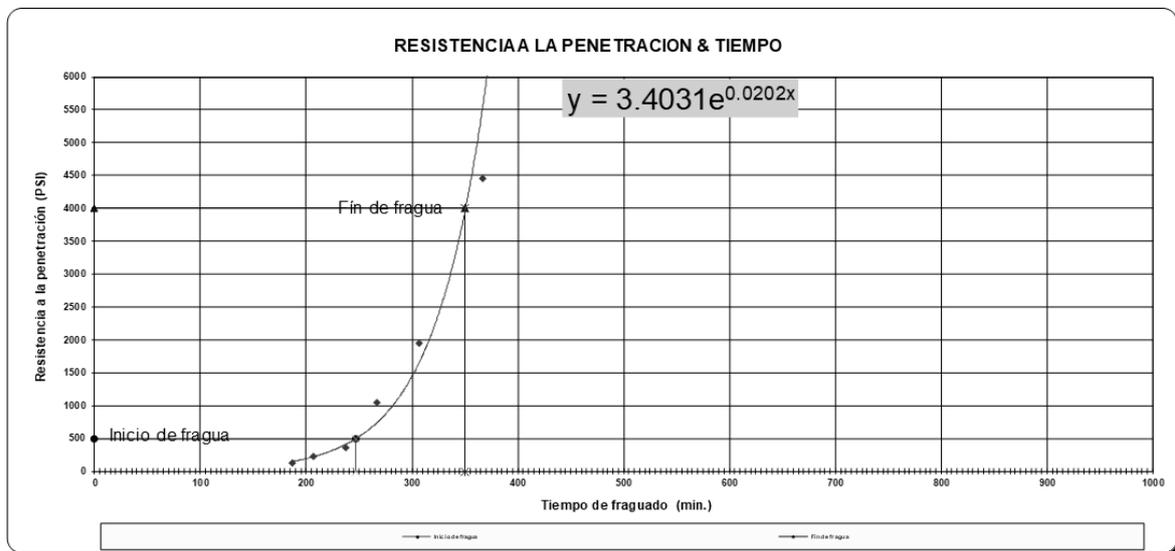
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

<b>MUESTRA</b>	: Concreto Fc = 210 kg/cm2 Con 8% de sustitución	<b>DOSIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Prueba en Laboratorio 01	RCCA	25.5 kg.
<b>ESTRUCTURA VAC.</b>	: --	Cemento	318 kg.
<b>CEMENTO</b>	: Pacasmayo, Tipo V	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b>	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b>	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b>	: 3 1/2 Pulg	Relación A/C	0.592
<b>TEMP. CONCRETO</b>	: 25.7 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b>	: 25.4 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b>	: 26.0 °C		
<b>FECHA</b>	26 de junio de 2015	<b>HECHO POR</b>	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
<b>HORA DE INICIO</b>	11:33		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
11:33	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.0 °C	25.4 °C
14:40	187	126			126	1	1.128	1.000	126	26.3 °C	26.8 °C
15:00	207	114	108		111	2	0.798	0.500	222	26.2 °C	25.6 °C
15:30	237	92	88	90	90	3	0.564	0.250	360	26.2 °C	26.3 °C
16:00	267	102	104	106	104	4	0.357	0.100	1040	26.2 °C	27.4 °C
16:40	307	102	94	96	97	5	0.252	0.050	1947	26.0 °C	27.0 °C
17:40	367	114	108	112	111	6	0.178	0.025	4453	25.8 °C	26.8 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b>	247 Minutos	ó	<b>4 horas 7 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b>	350 Minutos	ó	<b>5 horas 50 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

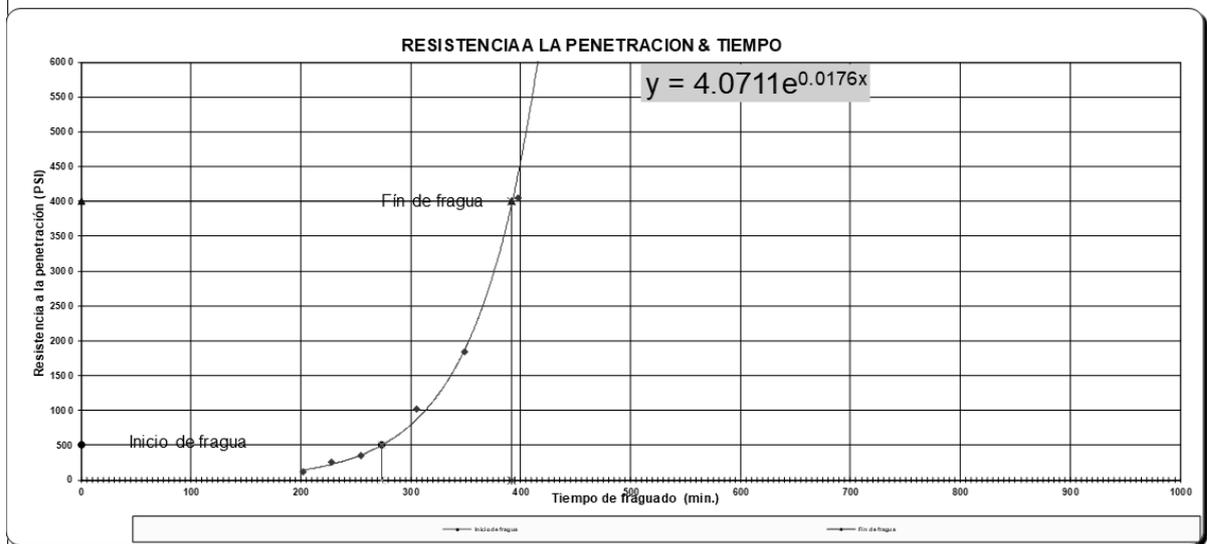
**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

<b>MUESTRA</b> :	Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 12% de sustitución	<b>DO SIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b> :	Prueba en Laboratorio 01	RCCA	36.5 kg.
<b>ESTRUCTURA VAC.</b> :	--	Cemento	304 kg.
<b>CEMENTO</b> :	Pacasmayo, Tipo V	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b> :	Acequia Pulen	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b> :	1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b> :	3 3/4 Pulg	Relación A/C	0.597
<b>TEMP. CONCRETO</b> :	25.0 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b> :	24.5 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b> :	26.0 °C		

**FECHA** 26 de junio de 2015  
**HORA DE INICIO** 11:44  
**HECHO POR** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
11:44	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.0 °C	24.5 °C
15:06	202	120			120	1	1.128	1.000	120	26.1 °C	25.8 °C
15:32	228	122	128		125	2	0.798	0.500	250	26.2 °C	26.3 °C
15:59	255	88	92	86	89	3	0.564	0.250	355	25.4 °C	26.1 °C
16:49	305	104	102	98	101	4	0.357	0.100	1013	26.1 °C	26.2 °C
17:33	349	94	88	94	92	5	0.252	0.050	1840	26.1 °C	26.3 °C
18:22	398	100	104	100	101	6	0.178	0.025	4053	25.8 °C	26.6 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b>	273	Minutos	ó	<b>4 horas 33 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b>	391	Minutos	ó	<b>6 horas 31 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

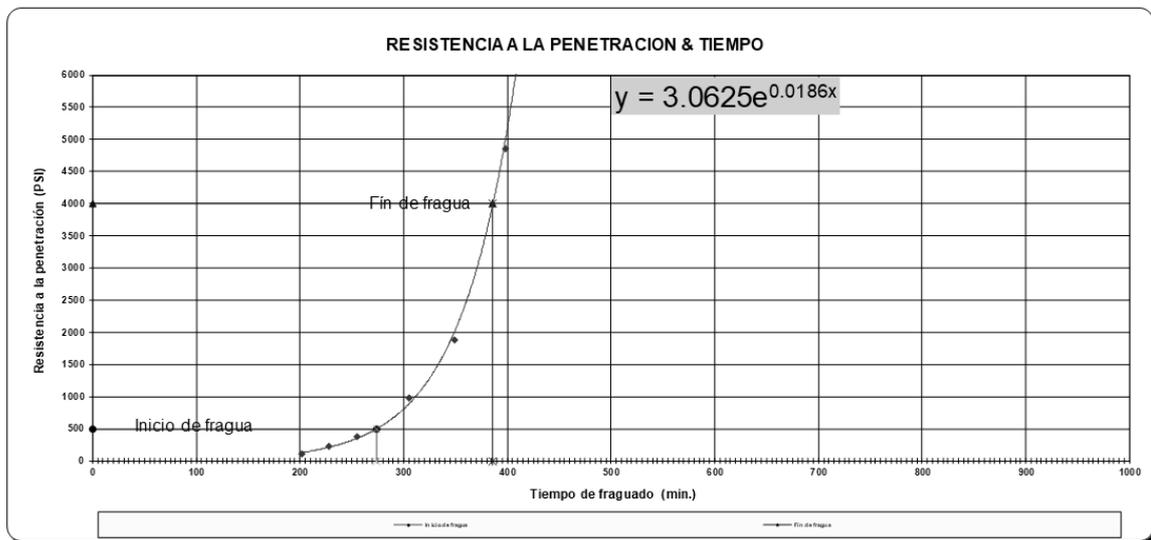
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F' C = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

MUESTRA	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 12% de sustitución	DOSIFICACIÓN:	RCCA	36.5 kg.
PROCEDENCIA	: Prueba en Laboratorio 01		Cemento	304 kg.
ESTRUCTURA VAC.	: --		Agua	203 Lt.
CEMENTO	: Pacasmayo, Tipo V		Arena natural	733 kg.
FUENTE DE AGUA	: Agua Potable		Piedra Triturada 1"	1031 kg.
CONT. AIRE Co.	: 1		Relación A/C	0.597
ASENTAMIENTO Co.	: 3 3/4 Pulg			
TEMP. CONCRETO	: 25.0 °C			
TEMP. MORTERO	: 24.5 °C			
TEMP. AMBIENTE	: 26.0 °C			
FECHA	26 de junio de 2015	HECHO POR	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA	
HORA DE INICIO	11:44		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN	

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
11:44	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.0 °C	24.5 °C
15:06	202	116			116	1	1.128	1.000	116	26.1 °C	25.8 °C
15:32	228	106	114		110	2	0.798	0.500	220	26.2 °C	26.3 °C
15:59	255	90	94	100	95	3	0.564	0.250	379	25.4 °C	26.1 °C
16:49	305	94	102	96	97	4	0.357	0.100	973	26.1 °C	26.2 °C
17:33	349	98	90	94	94	5	0.252	0.050	1880	26.1 °C	26.3 °C
18:22	398	122	120	122	121	6	0.178	0.025	4853	25.8 °C	26.6 °C



<b>RESULTADOS</b>	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	274 Minutos	ó	4 horas 34 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	386 Minutos	ó	6 horas 26 minutos



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU  
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

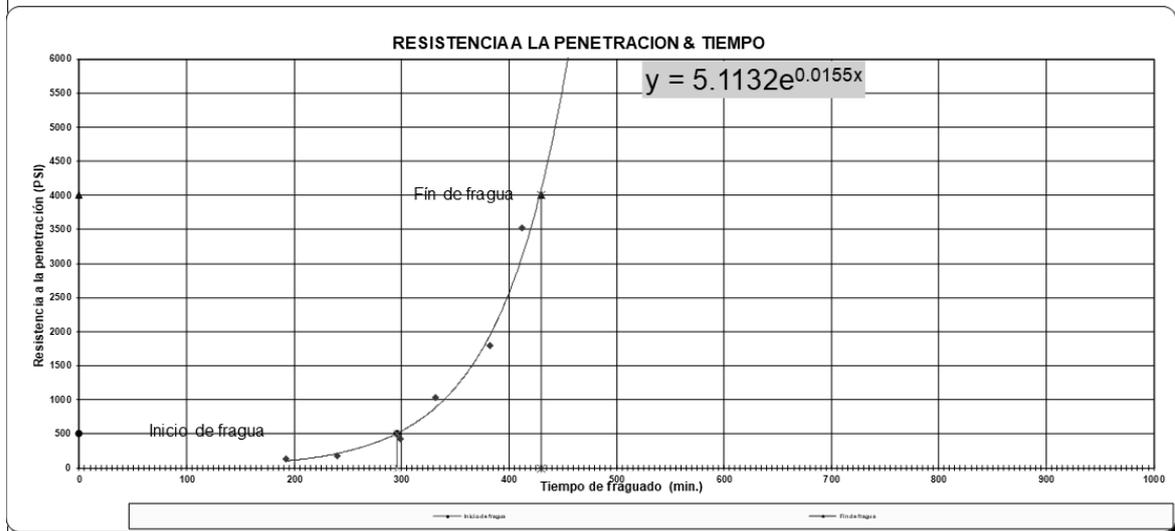
SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

**TESIS:** SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

**SOLICITA:** BACHILLER: **WALTHER AREVALO VALENCIA**  
**ROBERT CASTILLO ROMAN**

<b>MUESTRA</b>	: Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 16% de sustitución	<b>DOSIFICACIÓN:</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Prueba en Laboratorio 01	RCCA	46.5 kg.
<b>ESTRUCTURA VAC.</b>	: -	Cemento	290 kg.
<b>CEMENTO</b>	: Pacasmayo, Tipo V	Agua	203 Lt.
<b>FUENTE DE AGUA</b>	: Agua Potable	Arena natural	733 kg.
<b>CONT. AIRE Co.</b>	: 1	Piedra Triturada 1"	1031 kg.
<b>ASENTAMIENTO Co.</b>	: 4 1/4 Pulg	Relación A/C	0.603
<b>TEMP. CONCRETO</b>	: 26.0 °C		
<b>TEMP. MORTERO</b>	: 25.0 °C		
<b>TEMP. AMBIENTE</b>	: 26.5 °C		
<b>FECHA</b>	26 de junio de 2015	<b>HECHO POR</b>	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
<b>HORA DE INICIO</b>	12:38		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3	Pro m	Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
12:38	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.5 °C	25.0 °C
15:50	192	128			128	1	1.128	1.000	128	26.2 °C	26.8 °C
16:38	240	90	84		87	2	0.798	0.500	174	26.2 °C	27.1 °C
17:37	299	108	102	108	106	3	0.564	0.250	424	26.0 °C	25.5 °C
18:10	332	108	100	100	103	4	0.357	0.100	1027	2.8 °C	25.1 °C
19:00	382	90	90	90	90	5	0.252	0.050	1800	25.7 °C	26.0 °C
19:30	412	86	92	86	88	6	0.178	0.025	3520	25.6 °C	27.0 °C



<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO DE FRAGUA INICIAL</b>	296	Minutos	ó	<b>4 horas 56 minutos</b>
	<b>TIEMPO DE FRAGUA FINAL</b>	430	Minutos	ó	<b>7 horas 10 minutos</b>



**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**  
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Norma de Ensayo : NTP 339.082)

SGC-REG-06-D1029  
Versión 00

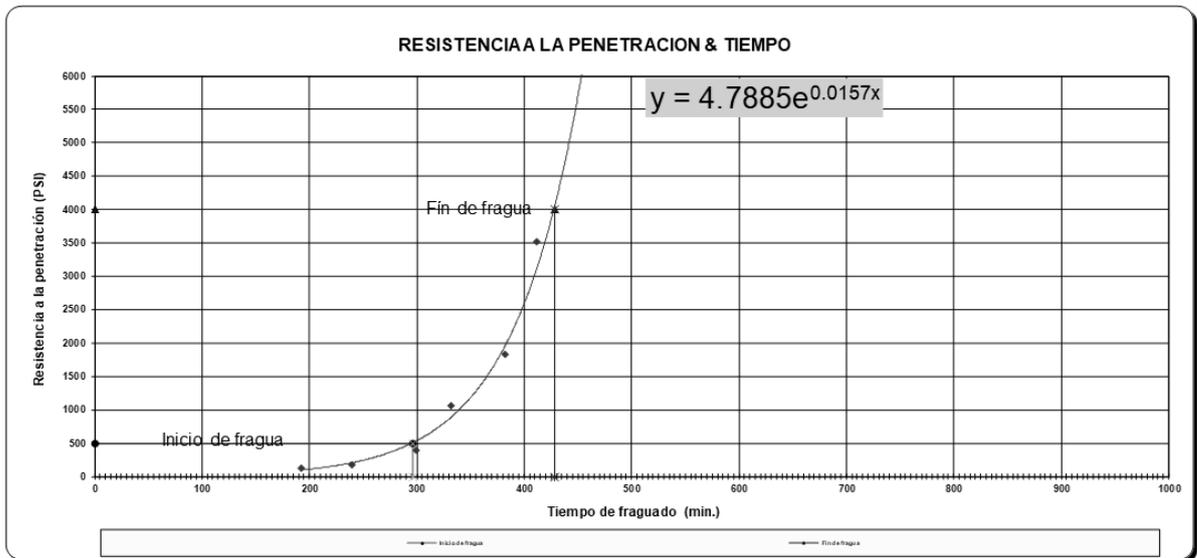
SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V, POR RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO EN MEZCLAS DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

TESIS:

SOLICITA: BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA  
ROBERT CASTILLO ROMAN

MUESTRA	:	Concreto f'c = 210 kg/cm2 Con 16% de sustitución	DO SIFICACIÓN:	
PROCEDENCIA	:	Prueba en Laboratorio 01	RCCA	46.5 kg.
ESTRUCTURA VAC.	:	--	Cemento	290 kg.
CEMENTO	:	Pacasmayo, Tipo V	Agua	203 Lt.
FUENTE DE AGUA	:	Agua Potable	Arena natural	733 kg.
CONT. AIRE Co.	:	1	Piedra Chancada 3/4"	1031 kg.
ASENTAMIENTO Co.	:	4 1/4 Pulg	Aditivo	kg.
TEMP. CONCRETO	:	26.0 °C	Relación A/C	0.603
TEMP. MORTERO	:	25.0 °C		
TEMP. AMBIENTE	:	26.5 °C		
FECHA	:	26 de junio de 2015	HECHO POR	BACHILLER: WALTHER AREVALO VALENCIA
HORA DE INICIO	:	12:38		BACHILLER: ROBERT CASTILLO ROMAN

Hora Ensayo	Tiempo (minutos)	Carga (Libras)			Pro m	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura	
		M 1	M 2	M 3		Nº Aguja	Diámetro (pulgadas)	Area Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Ambiente	Mortero
12:38	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	26.5 °C	25.0 °C	
15:50	192	120			120	1	1.128	1.000	120	26.2 °C	26.8 °C
16:38	240	92	90		91	2	0.798	0.500	182	26.2 °C	27.1 °C
17:37	299	98	108	94	100	3	0.564	0.250	400	26.0 °C	25.5 °C
18:10	332	110	102	104	105	4	0.357	0.100	1053	2.8 °C	25.1 °C
19:00	382	92	90	92	91	5	0.252	0.050	1827	25.7 °C	26.0 °C
19:30	412	84	90	90	88	6	0.178	0.025	3520	25.6 °C	27.0 °C



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	296	Minutos	ó	4 horas 56 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	429	Minutos	ó	7 horas 9 minutos



## RESUMEN DE ENSAYOS DE MORTERO

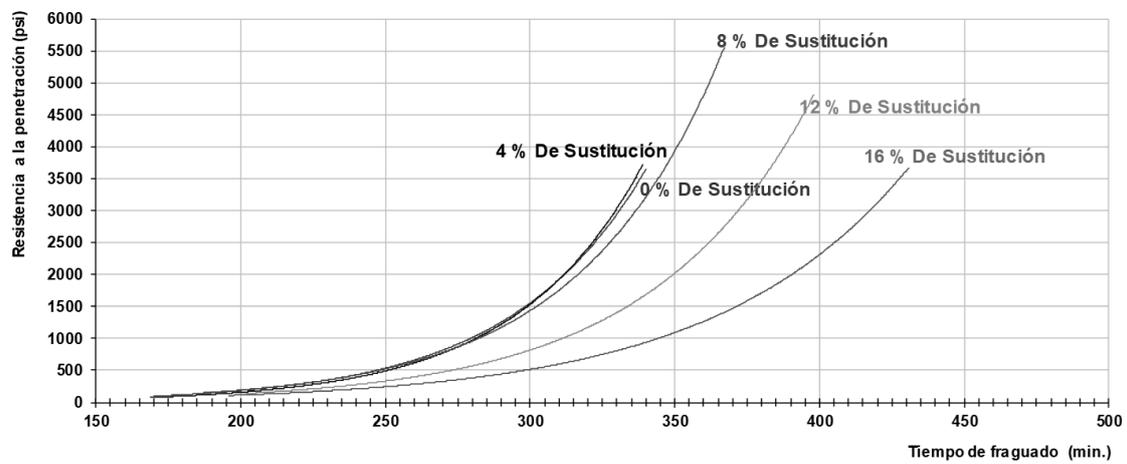
### MATERIALES:

Cemento	Cementos Pacasmayo Tipo V
Agregado fino	Arena chulucanas Piura
Agregado grueso	Piedra Triturada Cantera Sojo Piura

### TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

N°	CONCRETO	Slump	T. fragua inicial	T. fragua final	Observaciones
1	Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	4	04:06	05:44	0 % De Sustitución
2	Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	4	04:11	05:42	4 % De Sustitución
3	Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	3 1/2	04:07	05:50	8 % De Sustitución
4	Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	3 3/4	04:32	06:27	12 % De Sustitución
5	Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	4 1/4	04:55	07:09	16 % De Sustitución

### RESISTENCIA A LA PENETRACION & TIEMPO





ANEXO 01: RESULTADO DE ENSAYOS DE TIEMPO DE FRAGUADO

<b>MATERIALES:</b>	
Cemento	Cementos Pacasmayo Tipo V
Agregado fino	Arena Chulucanas Piura
Agregado grueso	Piedra Triturada 1"

DATOS GENERALES		ENSAYO	
Condición de Mezcla de Concreto	Muestra de agua	TIEMPO FRAGUA	
		Inicio (h.min)	Fin (h.min)
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	0% De Sustitución	04:06	05:44
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	4% De Sustitución	04:11	05:42
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	8% De Sustitución	04:07	05:50
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	12% De Sustitución	04:32	06:27
Concreto f'c = 210 Kg/cm2	16% De Sustitución	04:55	07:09

