

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INCIDENCIA DE LA NANOSÍLICE EN LA RESISTENCIA MECÁNICA  
DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON CEMENTO  
PORTLAND TIPO I**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por la Bachiller:**

**GIOCONDA ESCOBEDO PORTAL**

**Asesor:**

**MCS.ING. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA**

**Cajamarca, diciembre de 2014**

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres y a mi hijo. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome siempre, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento en especial mi padre que está en el cielo que siempre depositó su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, a mi pequeño hijo por ser la motivación de todo lo que hago por ti tengo la fortaleza de seguir adelante. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

***Gioconda Escobedo Portal***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi familia y a los docentes de la Facultad de Ingeniería que hicieron posible la culminación de este trabajo, a ellos mi más profundo agradecimiento por su apoyo incondicional y su comprensión.

De manera muy especial le hago llegar mi agradecimiento al asesor de esta tesis Ing. Héctor Pérez Loayza, por los conocimientos y el apoyo brindado.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE CONTENIDOS	iii
INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1.1. INTRODUCCIÓN: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4. ALCANCES	3
1.5. LIMITACIONES	3
1.6. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.7. HIPOTESIS	4
1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES	4
1.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	4
1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTE	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES TEORICOS	5
1.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL	5
1.1.2 A NIVEL NACIONAL	5
1.1.3 A NIVEL LOCAL	6
2.2. BASES TEÓRICAS	7
2.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO	7
<b>2.2.2.1 AGREGADOS</b>	7
PROPIEDADES	12
PROPIEDADES RESISTENTES DE LOS AGREGADOS	12
PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS AGREGADOS	15
PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS	16
<b>2.2.2.2 CEMENTO</b>	22
PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CEMENTO	23
COMPONENTES QUIMICOS DEL CEMENTO	24
CEMENTO PORTLAND	25
<b>2.2.2.3 AGUA</b>	26
AGUA DE MEZCLADO	26
AGUA DE CURADO	26
AGUA DE LAVADO	27
RELACIÓN AGUA MATERIAL CEMENTANTE	27
2.2.2.4. ADITIVOS	28

<i>CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS</i>	28
<i>ADITIVOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN</i>	29
<i>2.2.2. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA</i>	32
<i>2.2.2.1 DEFINICION</i>	32
<i>2.2.2.2 VENTAJAS DE USO</i>	32
<i>2.2.2.3 TIPOS</i>	34
<i>CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA FINAL</i>	34
<i>CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL</i>	34
<i>2.2.3. EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO</i>	34
<b>CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>55</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y DE ANÁLISIS	55
3.2. CANTERA	58
3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	59
3.4. DISEÑO DE MEZCLAS	61
3.5. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES	61
3.6. CURADO DE ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO	62
3.7. PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN	63
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>64</b>
4.1. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	65
4.2. DISEÑO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PATRON	67
4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	74
4.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	76
CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS	81
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Husos Granulométricos del Agregado Grueso	95
Tabla N° 02: Granulometría del Agregado Fino	96
Tabla N° 03: Tipo de gradación según peso retenido para determinar el número de esferas	96
Tabla N° 04: Número de esferas según tipo de gradación del material	97
Tabla N° 05: Factor de corrección para desviación estándar	97
Tabla N° 06: Según el RNE – Norma E-070: resistencia a la compresión Promedio	98
Tabla N° 07: Revenimiento según los tipos de construcción	98
Tabla N° 08: Agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado	98
Tabla N° 09: Agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo	99
Tabla N° 10: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.	99
Tabla N° 11: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.	100
Tabla N° 12: Contenido de agregado grueso mediante, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.	101
Tabla N° 13: Módulo de fineza de la combinación de agregados.	101
Tabla N° 14: Porcentaje de agregado fino	102
Tabla N° 15: Tipo de Investigación	57
Tabla N° 16: Localización de la Investigación	55
Tabla N° 17: Matriz experimental de diseño y niveles de la variable de Estudio	55
Tabla N° 18: Resumen de las Propiedades Físicas del Agregado Fino	64
Tabla N° 19: Resumen de las Propiedades Físicas del Agregado Grueso	65
Tabla N° 20: Valores de Consistencia	74
Tabla N° 21: Valores de peso unitario para concreto fresco	75
Tabla N° 22: Valores de la Resistencia obtenidos por cada adición de Nanosílice y según la edad del concreto	76
Tabla N° 23: Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad del Concreto.	77
Tabla N° 24: Parámetros Estadísticos de los resultados a Compresión del Concreto	77

Tabla N° 25: Módulo de Elasticidad obtenida de las gráficas de Esfuerzo-Deformación Unitaria	79
Tabla N° 26: Módulo de Elasticidad obtenida del Reglamento del Concreto del Distrito Federal de México-2004 para concretos de Alta Resistencia	80
Tabla N° 27: Módulo de Elasticidad obtenida del Reglamento ACI318-05 para todo tipo de concretos.	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Proporciones Típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto	7
Figura N° 02: Foto de un concreto convencional	31
Figura N° 03: Determinación de las proporciones de agregado fino y agregado grueso en relación al volumen total de agregados	47
Figura N° 04: Ubicación de la cantera de la cual se extrajeron los materiales.	59
Figura N° 05: Resumen Gráfico de ensayos de Granulometría del Agregado Fino	64
Figura N° 06: Resumen Gráfico de ensayos de Granulometría del Agregado Grueso	65
Figura N° 07: Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco.	75
Figura N° 08: Resumen de la Resistencia a la Compresión según edades del Concreto	78
Figura N° 09: Resumen de la Resistencia a la Compresión de las diferentes Adiciones de Nanosílice.	78
Figura N° 10: Resumen de la Resistencia a la Compresión de las diferentes Adiciones de Nanosílice al Concreto según sus edades.	79
Figura N° 11: . Resumen del Módulo de Elasticidad de las diferentes Adiciones de Nanosílice en el Concreto.	80
Figura N° 12: Comparación del Módulo de Elasticidad de las diferentes Adiciones de Nanosílice en el Concreto.	81



## RESUMEN

La presente investigación estudia los concretos de alta resistencia preparados con diferentes tratamientos de Nanosílice (GAIA NANOSILICE) (0.5%; 1.5%; 3.0%), en base a un concreto patrón (C.P) diseñada con un superplastificante (SIKAMENT 290N) en una dosis del 1% en peso de cemento, el objetivo principal fue determinar en cuanto incrementa la resistencia mecánica a la compresión las diferentes dosis de Nanosílice adicionadas con base al Concreto Patrón. Los resultados obtenidos fueron que a la edad de 7 días el concreto con adición de 1.5% de Nanosílice alcanzó la resistencia máxima de  $f'c=619.97\text{kg/cm}^2$  y a los 28 días un  $f'c=785.30\text{kg/cm}^2$  siendo el incremento con respecto al C.P de un 15%, la resistencia seguirá incrementándose hasta los 90 días por ser un concreto de alta resistencia. Se concluye que la dosis óptima de Nanosílice es de 1.5%, ya que con el 0.5% no hubo aumento de la resistencia y con el 3.0% hubo un aumento pero significativo, esto debido a la segregación en la mezcla por ser muy fluida. Se presentan también el diseño con las adiciones de Nanosílice (0.5%, 1.5%, 3.0%) y la determinación de las propiedades del concreto en estado fresco como endurecido.

**Palabras Clave:** Concreto de Alta Resistencia, Nanosílice, Aditivo Superplastificante, Resistencia a la Compresión, incremento, dosis óptima.

## ABSTRACT

This research studies the high strength concrete prepared with different treatments nanosilica (GAIA nanosilica ) (0.5 % ; 1.5 % ; 3.0 % ) , based on a specific pattern ( CP ) designed with a superplasticizer ( Sikament 290N ) at a dose 1% by weight of cement, the main objective was to determine as increases the compressive strength of different doses of nanosilica added with Concrete Pattern basis . The results were that at the age of seven days the concrete with addition of 1.5 % nanosilica reached maximum strength  $f_c = 619.97\text{kg / cm}^2$  and go28days one  $f_c = 785.30\text{kg / cm}^2$  being the increase over the CP 15% , resistance will continue rising to 90 days for being a high-strength concrete . It is concluded that the optimal dose of nanosilica is 1.5% , since the 0.5 % there was no increase of the resistance and 3.0% was an increased but significant , this due to segregation in the mixture to be very smooth . Design are also presented with the additions of nanosilica ( 0.5 % , 1.5 % , 3.0 % ) and determination of the properties of concrete in fresh and hardened state .

**Keywords:** High Strength Concrete , Nanosilica , Additive Superplasticizer , Compressive Strength , increase optimal dose.

# **TÍTULO: "INCIDENCIA DE LA NANOSÍLICE EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON CEMENTO PORTLAND TIPO I"**

## **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el siglo XXI la ciencia se ha visto revolucionada por investigaciones relacionadas con nanociencia y nanotecnología, conceptos que se traducen en un gran desarrollo tecnológico en una variada gama de actividades de gran impacto para la sociedad. Una de ellas es el estudio de materiales Relacionados con la ingeniería civil (Aguilar 2007).

El avance acelerado en la tecnología de nuevas materias primas en la elaboración de aditivos y adiciones hace posible la producción de aditivos de alta resistencia, hace unos años se hablaba de la microsíllice como componente indispensable para lograr concretos de alta resistencia, la microsíllice es un polvo muy fino que posee propiedades físicas y químicas increíbles, resumidas en su alta reactividad puzolánica, pero su uso tiene impacto en el medio ambiente. Es así que en la actualidad se ha desarrollado un material mil veces más pequeño, la nanosíllice que se presenta en estado líquido y se supone que tiene mejores propiedades que la microsíllice, teniendo un impacto nulo en el medio ambiente debido a su estado (Huincho 2011).

Los concretos de hoy requieren en su composición la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad (Huincho 2011).

El concreto al ser el material más usado en la construcción necesita adaptarse a los nuevos requerimientos cada vez más específicos, y de este hecho es que nosotros podemos hablar de un concreto de alto desempeño, un concreto que justamente sea elaborado para solucionar dichos problemas específicos, problemas en el concreto tanto en un estado fresco como endurecido ( Pajuelo et al 2011).

La Ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad por lo cual es muy latente el riesgo de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la infraestructura de viviendas y otras edificaciones originándose pérdidas humanas y materiales. Puede afirmarse que uno de los factores es que gran parte de sus viviendas se construyen con nula o baja calidad de diseño, materiales o por falta de conocimiento de nuevas tecnologías en la construcción, bajo estas condiciones, se incrementan las probabilidades de colapso y daños materiales como consecuencias de la ocurrencia de desastres naturales o inducidos (INDECI).

Esta investigación se centrará en un tema aún no abordado en las realizadas hasta ahora en nuestra ciudad de Cajamarca, que es la determinación de la influencia de las nanomoléculas de sílice en el concreto, el cual se desarrollará a través de un ensayo en laboratorio del cual se desprenderán una serie de análisis (físicos-mecánicos), con los que se estudiará el comportamiento de muestras fabricadas con este nanomaterial, sometido a ciertas condiciones que se definirán a futuro en esta investigación y establecer si su incorporación favorece o no a la resistencia a compresión del concreto que podrá servir como guía para mejorar la calidad de concretos a utilizar, en las nuevas construcciones que se desarrollan actualmente en la ciudad.

## **1.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA**

La pregunta que se ajusta al problema planteado es la siguiente:

¿Cuál es la incidencia de nanosílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En nuestro medio contamos con pocas investigaciones de la influencia que tiene esta adición nanosilica en este tipo de concreto, por lo que no conocemos su comportamiento, la utilización de tecnología de punta para

lograr las más altas resistencias a la compresión con adiciones minerales ha motivado la presente investigación.

De la revisión bibliográfica que se hizo, se encontró escasas investigaciones en nuestro medio referidas a la nanosílice y su influencia en el concreto, ya que es un tema nuevo y la información que genere la investigación, podrá ser usada como referente para tomar decisiones técnicas tendientes a mejorar cada vez más el uso de concretos de alta resistencia con adiciones así como sentar las bases para futuras investigaciones en esta área y su factibilidad para aplicarlas en la ciudad de Cajamarca.

#### **1.4 ALCANCES**

- La investigación que se llevó a cabo, en base a una mezcla de concreto de alta resistencia con  $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$ .
- Se realizó pruebas con diferentes adiciones de nanosílice en porcentaje de peso de cemento: 0%, 0.5%, 1.5%, 3% con cemento portland tipo I, por lo que los resultados obtenidos y su análisis son válidos para estos tipos de concreto con el fin de observar la variación del aumento de la resistencia a las edades de 7, 14 y 28 días.
- El nanosílice que se usó es GAIA Nanosílice proporcionado por ULMEN Perú SAC, variando las dosis, según ficha técnica del aditivo.
- El diseño de la mezcla se realizó con el método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.
- El material del agregado es de origen Pluvial (Río Cajamarquino).

#### **1.5 LIMITACIONES**

No se prevé limitaciones probables en este trabajo.

#### **1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.6.1 Objetivo general**

Determinar la incidencia de nanosílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I.

## **1.6.2 Objetivos específicos**

- Diseñar una mezcla de concreto de alta resistencia a la compresión  $f'c=600$  kg/cm<sup>2</sup>, la cual se tomará como concreto patrón.
- Determinar la resistencia a la compresión con las diferentes dosificaciones de nanosílice.
- Determinar el incremento de la resistencia a la compresión del concreto con las adiciones de la nanosílice.

## **1.7. HIPOTESIS**

Con el incremento de la dosis de nanosílice en el concreto de alta resistencia, se incrementa su resistencia mecánica a la compresión en más de 30%

## **1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **1.8.1 Variable Independiente**

Porcentaje de nanosílice en dosis de 0%, 0.5 %, 1.5%, 3%.

### **1.8.2 Variable Dependiente**

La resistencia mecánica a la compresión del concreto de alta resistencia diseñada con nanosílice.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS**

#### **2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL**

La nanosílice surge como solución al uso que tenía el microsíllice ya que este al ser un polvo muy fino dificultaba su manipulación y a la vez se habían reportado problemas de salud al estar expuestos a ese polvo, la solución a estos problemas fue sintetizar un material en estado líquido y a la vez que sea estable, es decir la nanosílice, su estado era líquido (coloidal) y esta vez sus partículas era mil veces más pequeñas que las de la microsíllice. La nanosílice ofrece características físicas y químicas superiores a la microsíllice, pero su desempeño en el concreto se sabe poco, es así que Wan Jo (2007), desarrolla una investigación sobre morteros con nanosílice. Al final concluye que el uso de la nanosílice es más beneficioso que la microsíllice en ganar resistencia a la compresión.

#### **2.1.2 A NIVEL NACIONAL**

Se tienen las siguientes tesis realizadas acerca del tema:

- “Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsíllice y Nanosílice con cemento portland tipo I” (Huincho 2011), las conclusiones a las que llegó fue que la dosis óptima de microsíllice es de 10% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 1420kg/cm<sup>2</sup>, para el caso de la nanosílice es de 1% con una resistencia a la compresión de 968kg/cm<sup>2</sup> y para el caso de la combinación de la microsíllice con la nanosílice es de 5% de microsíllice más 0.5 de nanosílice que resultó una resistencia a la compresión de 1065kg/cm<sup>2</sup>.

Otra conclusión es que los concretos con adiciones de microsíllice (10, 15, 20%), reportan resistencias a la compresión superiores a los concretos con adición de nanosílice (1.0, 1.5 y 2.0%), sin embargo la

adición de nanosílice incrementa también la resistencia a la compresión del concreto pero no en la misma magnitud que la microsílice, su ventaja es su estado líquido y también su uso de bajas dosis menores al 1%.

- "Obtención del concreto de alta resistencia" (Vilca 2008), cuyas principales conclusiones fueron que la resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad:

Concreto patrón a los 28 días=100% (638.09 kg/cm<sup>2</sup>).

Concreto patrón más aditivo superplastificante (1.2%) a los 90 días= 127%(812.12 kg/cm<sup>2</sup>).

Concreto patrón más aditivo (1.5%) más microsílice (15%) a los 180 días 219% (1400.5 kg/cm<sup>2</sup>).

La alta resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido se debe a una buena dosificación y al uso de un aditivo superplastificante más microsílice.

### **2.1.3 A NIVEL LOCAL**

En nuestro medio existen publicaciones de tesis en cuanto al tema de concretos con incidencias de microsílice mas no de nanosílice en el concreto, elaborados por estudiantes con el apoyo de profesionales en la materia.

- Tesis profesional "Incidencia del porcentaje de microsílice en un concreto autocompactante":
  - "Conforme se aumenta el porcentaje de microsílice (desde el 4% hasta el 12%) la resistencia a la compresión también aumenta".
  - "La dosis óptima de microsílice encontrada es de 12% con lo cual se obtiene resistencia a la compresión tanto a los 7,14,28 días"(Vilca 2012)



## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO

#### 2.2.1.1. AGREGADOS:

Norma Técnica Peruana 400.037; Norma ASTM C 3

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 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.

AIRE	1% - 3%
CEMENTO	7% - 15%
AGUA	15% - 22%
AGREGADOS	60% - 75%

*Fig.01. Proporciones Típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto*

Los agregados deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m<sup>3</sup>) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la Norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto.

Los agregados fino y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del Proyectista, el

agregado integral denominado "hormigón" deberá cumplir como lo indica la Norma E.060.

Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:

- 1) Que la pérdida de finos sea mínima;
- 2) Se mantendrá la uniformidad del agregado;
- 3) No se producirá contaminación con sustancias extrañas;
- 4) No se producirá rotura o segregación importante en ellos.

Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares deberán, si es necesario, enfriarse antes de su utilización en la mezcladora.

Si el enfriamiento se efectúa por aspersión de agua o riego, se deberá considerar la cantidad de humedad añadida al agregado a fin de corregir el contenido de agua de la mezcla y mantener la relación agua - cemento de diseño seleccionada.

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

**a) Agregado Grueso:**

El agregado grueso es aquel cuyo tamaño de partícula es mayor a 4.75mm (malla N° 4), debido a que hay una gran gama de tamaños para los agregados gruesos, cabe recalcar que para la elaboración de concretos de alta resistencia es necesario utilizar solamente un rango de esos valores ya que con ello obtendremos resistencias adecuadas.

El agregado grueso podrá consistir de grava o piedra partida de origen natural o artificial.

Deberá estar conformada 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.

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla ¼".

El agregado grueso debería estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400 (ver Anexo Tabla N°01)

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que, en ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- Un tercio del peralte de las losas; o
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de preesfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

- Arcilla .....0.25%

- Partículas deleznales.....5.00%
- Material más fino que pasa la malla N ° 200....1.00%
- Carbón y lignito: Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia...0.50%
- Otros concretos.....1.00%

El agregado grueso cuyos límites de partículas perjudiciales excedan a los indicados, podrá ser aceptado siempre que en un concreto preparado con agregado de la misma procedencia; haya dado un servicio satisfactorio cuando ha estado expuesto de manera similar al estudiado; o en ausencia de un registro de servicios siempre que el concreto preparado con el agregado tenga características satisfactorias, cuando es ensayado en el laboratorio.

- El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, en estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a la NTP 400.019 ó NTP 400.020, o a la Norma ASTM C 131.

- EL lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua preferentemente potable. De no ser así, el agua empleada deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólidos en suspensión.

**b) Agregado Fino:**

Proviene de la desintegración natural o artificial del material rocoso. El agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8" (9.51mm) y es retenido en el número 200 (0.074mm)

El contenido del agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro compacto y resistente.

El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

- 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.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:
- 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 kgs. de cemento por metro cúbico, o si se emplea un aditivo mineral para compensar la deficiencia en los porcentajes mencionados (**Norma ASTM C 33, NTP 400.037**).
- El módulo de fineza 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:***

- La coloración en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas similares; o
- 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:***

- Lentes 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:
  - a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante ...0.5%
  - b) Otros Concretos.....1%

***Finalmente, la granulometría deberá corresponder a la gradación C de la siguiente tabla (similar a la normalizada por el ASTM), (Ver Anexo TablaN°02).***

## **PROPIEDADES:**

### **1) Propiedades resistentes de los agregados**

#### **1.1) Resistencia**

Capacidad de soportar esfuerzos de compresión, tracción y desgaste.

La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura, la estructura y la composición de las partículas del agregado influyen sobre la resistencia. El ensayo que se considera más

representativo para hallar la resistencia mecánica de los agregados, corresponde a la prueba inglesa de “resistencia al aplastamiento”

### **1.2) Tenacidad**

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material. En el concreto influye directamente en la resistencia de este.

### **1.3) Dureza**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

### **1.4) Módulo de Elasticidad**

Mide la capacidad del agregado de recuperar su forma inicial tras la aplicación de un esfuerzo.

El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

El módulo de elasticidad del concreto, depende del módulo de elasticidad del agregado.

### **1.5) Propiedades térmicas**

El coeficiente térmico del concreto es influenciado por los respectivos coeficientes térmicos del agregado y de la pasta de cemento en forma aproximadamente proporcional a sus correspondientes contenidos unitarios

Las propiedades térmicas normalmente consideradas para el concreto son la conductividad térmica (**ASTM C177-para el agregado**), el calor específico y la difusividad térmica.

### **1.6) Porosidad**

Volumen de espacios dentro de las partículas de agregado.

La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas, siendo todas estas propiedades menores conforme aumenta la porosidad del agregado.

Igualmente las características de los poros determinan la capacidad y velocidad de absorción, la facilidad de drenaje, el área superficial interna de las partículas, y la porción de su volumen de masa ocupado por materia sólida.

### **1.7) Adherencia**

La adherencia del agregado es una característica importante, porque la resistencia y durabilidad del concreto depende en gran parte del poder de aglutinamiento del agregado con el material cementante. La adherencia del agregado depende de la forma, textura y tamaño de las partículas.

No existe un método para medir la adherencia de un agregado con el cemento.

### **1.8) Sanidad de los agregados**

Norma: NTP 400.016, ASTM C88

Capacidad para soportar cambios excesivos de volumen por la acción del intemperismo, depende de su procedencia, granulometría, forma, textura y porosidad.

### **1.9) Resistencia a la abrasión**

Norma: NTP 400.019-400.020, ASTM C 131

Es la resistencia que ofrece el agregado a sufrir desgaste, rotura o desintegración de las partículas por el efecto de la abrasión; es una



característica que suele usarse como índice de la cantidad general y en particular de producir concretos durables.

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

Wo: Peso Original de la muestra

Wf: Peso final de la muestra

Para el cálculo de la resistencia a la abrasión, se escogerá una de las 4 gradaciones (A, B, C, D) (tal como se muestra en la tabla N° 1: tipo de gradación según peso retenido para determinar el número de esferas); dependiendo el tipo de gradación se procederá al ensayo con un número determinado de esferas; (Ver tabla N°2: Número de esferas según tipo de gradación del material). La Norma ASTM C33, establecen una pérdida máxima permisible de 50% (ver Anexo Tabla N° 03 y Tabla N°04).

## **2) Propiedades químicas de los agregados**

### **2.1) Reacción Alkali-Sílice**

Norma: NTP 334.067, NTP 334.099, ASTM C 289, ASTM C 295.

Los agregados cuando poseen óxidos de silicio en sus formas inestables reaccionan con los hidróxidos alcalinos del cemento, produciéndose un gel que aumenta de volumen a medida que absorbe agua con lo que origina presiones internas en el concreto con la consiguiente expansión, agrietamiento y ruptura de la pasta de cemento; normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

### **2.2) Reacción Alkali-Carbonatos**

Norma: ASTM C586

La reacción alcali-carbonato se da en concretos que tienen rocas carbonatadas como áridos. Hay dos clases de reacciones álcali-carbonato:

- Las rocas carbonatadas reacciona con los álcalis presentes en los poros del concreto produciendo expansiones y fisuraciones nocivas,
- Las zonas periféricas de las partículas de árido en contacto con la pasta de cemento, se modifican, desarrollándose bordes sobresalientes entre la partícula y la pasta alterada que lo rodea.

### 3) Propiedades físicas de los agregados

#### 3.1) Análisis granulométrico

Norma: NTP 400.037, ASTM C 136

Estudio de la manera como se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas del agregado.

Una elección incorrecta puede resultar en un concreto susceptible de producir segregación o alveolado debido a un exceso de agregado grueso o en un concreto de baja densidad y alta demanda de agua provocada por un exceso de agregado fino.

#### 3.2) Módulo de finura

Norma: NTP 334.045, ASTM C 136, ASTM C 125

Indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado

Para el caso del agregado fino:

$$M.F = \frac{\%rRet.acum.tamices(N_4, N_8, N_{16}, N_{30}, N_{50}, N_{100})}{100}, \dots\dots\dots(2)$$

El módulo de finesa del agregado fino se mantendrá dentro del límite de +- 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10

Para el caso del agregado grueso:

$$M.G = \frac{\%Ret.acum.tamices\left(1 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{8} \cdot N_4\right) + 500}{100}, \dots\dots\dots(3)$$

El módulo de finura es un indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas del agregado; además de estar en relación inversa al área superficial y a la demanda del agua.

### 3.3) Peso específico (densidad o gravedad específica) y absorción

Norma: NTP 400.021-400.022, ASTM C 127-C 128

La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

#### a) Peso específico de masa

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

Para agregado fino:

$$Peso\ específico\ de\ masa = \frac{W_0}{V - V_a} \dots\dots\dots (4)$$

W<sub>0</sub>: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

V: Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>)

V<sub>a</sub>: Peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadido al frasco

Para agregado grueso:

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B-C} \dots\dots\dots (5)$$

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

B: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie  
Seca (gr)

C: peso del agua de la muestra saturada (g)

El peso específico puede ser un indicador de la porosidad, pero no necesariamente de su calidad intrínseca; es utilizado en el diseño de mezclas para convertir el volumen de los agregados a pesos de estos.

**b) Peso específico de masa saturada superficialmente seca**

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

Para agregado fino:

$$Pe,s = \frac{500}{V-Va} \dots\dots\dots (6)$$

Pe,s: peso específico de masa del material saturado  
Con superficie seca (gr/cm<sup>3</sup>)

V: volumen del frasco (cm<sup>3</sup>)

Va: peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadido al  
Frasco.

Para el agregado grueso:

$$\text{Peso específico de masa saturado (con superficie)} = \frac{B}{B-C} \dots\dots\dots (7)$$

B: Peso en el aire de la muestra saturada de  
superficie

Seca (gr)

C: peso del agua de la muestra saturada (gr)

### c) **Peso específico nominal o aparente**

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, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Para el agregado fino:

$$P.e.s = \frac{W_0}{(V-V_a)-(500-W_0)} \dots\dots\dots (8)$$

Pe.a: Peso específico aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

Wo: Peso en el aire de la muestra secada al horno  
(gr)

V: Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>)

Va: Peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadido a Frasco

Para agregado grueso:

$$Peso\ específico\ aparente = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots (9)$$

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno  
(gr)

C: Peso del agua de la muestra saturada (gr)

### 3.4) **Absorción**

Cantidad de agua absorbida por el agregado después de estar sumergido 24 horas esta.

Para el agregado fino:

$$Ab = \frac{500-W_0}{W_0} * 100 \dots\dots\dots (10)$$

Ab: porcentaje de absorción (%)

W0: peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

Para el agregado grueso

$$\text{Absorción} = \frac{B-A}{A} \times 100 \dots\dots\dots (11)$$

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

B: peso en el aire de la muestra saturada de superficie Seca (gr)

La absorción depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de muestras de concreto.

### 3.5) Contenido De Humedad

Norma: NTP 339.185, ASTM C 566

Es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de la muestra seca se le denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Su influencia en el concreto, esta dada en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

$$W\% = \frac{A-B}{B} \times 100 \dots\dots\dots (12)$$

A: Peso de la muestra humeda

B: peso de la muestra seca

### 3.6) Peso Unitario

Norma: NTP 400.017, ASTM C 29

Peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplean en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa, para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado.

### a) **Peso Unitario Seco Suelo**

Relación peso /volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aprox.), en un recipiente de volumen conocido y estable este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

### b) **Peso Unitario Seco Compactado O Varillado**

Este proceso es parecido al de peso unitario suelto, pero compactando el material en capas dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute.

## 3.7) **Porcentaje que pasa el tamiz # 200**

Norma: NTP 400.018, ASTM C 117

Porcentaje que pasa el tamiz #200

$$\%pasa\ tamiz\ \#200 = \frac{w_i - w_f}{w_i} \times 100 \dots\dots\dots (13)$$

Wi: peso seco de la muestra original

Wf: peso seco de la muestra después de lavado

Porcentaje que pasa el tamiz #200(con lavado previo)

$$\%pasa\ tamiz\ \#200 = \frac{w_i - w_f}{w_i} \times 100 \dots\dots\dots (14)$$

Wi: peso seco de la muestra original

Wf: peso seco de la muestra después de lavado

El contenido de finos es importante por dos aspectos:

- A mayor suavidad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto también aumentara el contenido del cemento.
- Si el polvo esta finamente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la interface mortero-agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto.

### **3.8) Forma de las partículas del agregado**

Redondez; se aplica a la forma del filo; si la partícula tiene aristas bien definidas se dice que es angular, si por el contrario sus aristas están gastadas por la erosión o el rozamiento del agua se habla de partículas redondeadas.

Esfericidad; es función de la relación entre el are superficial y volumen según la esfericidad las partículas pueden ser esféricas, cúbicas, tetraédricas, laminares, y alargadas.

### **3.9) Textura**

Es responsable de la adherencia del agregado y la fluidez de las mezclas de concreto.

Según la textura superficial, el agregado puede ser liso o pulido (material de rio) o áspero (material triturado)

#### **2.2.1.2. CEMENTO:**

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos



(grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada concreto.

### **Propiedades Físicas y Mecánicas del Cemento**

#### **- Fraguado y Endurecido**

El fraguado es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. La velocidad de fraguado viene limitado por las normas estableciendo un periodo de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual debe producirse el principio y fin del fraguado.

#### **- Finura**

Norma: ASTM 325; 430

Influye decisivamente en la velocidad de reacciones químicas que tiene lugar durante el fraguado y el principio de este. La finura influye sobre las propiedades de ganancia de resistencia, en especial hasta un envejecimiento de 7 días.

La finura del cemento influye en el calor de hidratación.

Los cementos más finos experimentan una reacción más fuerte con los agregados reactivos alcalinos

La finura aumenta la cantidad de yeso requerida para propiciar un efecto retardante requerida puesto que existe más C3A libre para una hidratación temprana.

#### **- Resistencia Mecánica**

La velocidad de endurecimiento del cemento depende de las propiedades químicas y físicas del propio cemento y de las condiciones de curado, como son la temperatura y la humedad. La relación agua/cemento (A/C) influye sobre el valor de la resistencia última, con base en el efecto del agua sobre la porosidad de la pasta.

Una relación A/C elevada produce una pasta de alta porosidad y baja resistencia

La resistencia es medida a los 3,7 y 28 días, teniendo estas que cumplir los valores mínimos.

Para determinar la resistencia a la compresión, se realiza el ensayo de compresión (NTP 339.034)

### **Componentes Químicos del Cemento**

Los componentes básicos para el cemento Portland son: CaO, obtenida de materiales ricos en cal, como la piedra caliza rO3ica en CaCO3, con impurezas de SiO2, Al2O3 y MgCO3, de Margas, que son calizas acompañadas de sílice y productos arcillosos, conchas marinas, arcilla calcárea, greda, etc.

SiO2 y Al2O3, obtenidos de Arcilla, arcilla esquistosa, pizarra, ceniza muy fina o arena para proporcionar sílice y alúmina.

Fe2O3, que se obtiene de mineral de hierro, costras de laminado o algún material semejante para suministrar el hierro o componente ferrífero.

### **Cemento portland**

NTP 334.009; ASTM C 150

Es un producto artificial obtenido por la calcinación de mezclas adecuadamente molidas de materias primas de caliza, arcilla y minerales de hierro formándose así un compuesto llamado clinker. Luego por la pulverización del clinker de cemento portland con una adición de sulfato de cálcico di hidratado (Yeso) se forma del cemento.

### **Compuestos del Cemento Portland.**

- **Principales:** Los óxidos principales (C=CaO, S=SiO2, A=Al2O3, F=FeO3)

Constituyen prácticamente más del 90% en peso del Clinker. De los cuatro óxidos principales la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido, de ellos la sílice y la cal son componentes activos, y la alúmina y el hierro actúan como fundentes.

- **Secundarios:** Los componentes secundarios proceden de las impurezas de la materia prima; son la parte indeseable del cemento, siempre que no sobrepasen los límites establecidos. Los compuestos secundarios del cemento portland pueden agruparse en: Óxido de cal libre, óxido de magnesia, óxido de sodio y potasio y cantidades pequeñas de otros óxidos.

#### **Tipos de Cemento Portland.**

- Tipo I: Uso general , alto calor, f'c rápido
- Tipo II: Mediana resistencia a sulfatos, calor moderado, f'c lento.
- Tipo III: Alto calor, f'c muy rápido, baja resistencia a sulfatos.
- Tipo IV: Muy bajo calor, f'c muy lento.
- Tipo V: Muy resistente a los sulfatos bajo calor, f'c muy lento.

#### **Cemento portland adicionado o mezclados**

##### **Cemento portland adicionado por desempeño ASTM 1157**

- Tipo GU: Cemento portland adicionado para construcciones generales
- Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HE: De alta resistencia inicial
- Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH: De moderado calor de hidratación
- Tipo LH: De bajo calor de hidratación

##### **Cemento portland adicionado ASTM C-595**

- Tipo IS
- Tipo IP y P
- Tipo S
- Tipo 1 (PM)
- Tipo 1 (SM)

### **2.2.1.3. AGUA:**

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de impurezas o sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas, sedimentos y materias orgánicas pues pueden interferir en la hidratación del cemento, modificar en el tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar la corrosión de las armaduras.

#### **A) Agua de mezclado**

Cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado del mismo en el lugar de la colocación en el estado fresco (Norma: NTP 339.088-RNE E 060).

#### **Funciones:**

- Contribuir a la trabajabilidad de la mezcla actuando como lubricante.
- Reaccionar con el cemento produciendo su calor de hidratación.
- Asegura el espacio de la pasta para el desarrollo de los productos.

#### **B) Agua de curado**

Es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado. Este proceso adicional es muy importante en vista de que, una vez colocado, el concreto pierde agua por diversas situaciones como: altas temperaturas por estar expuesto al sol o por el calor reinante en los alrededores, alta absorción donde se encuentra colocado el

concreto, fuertes vientos que incrementan la velocidad de evaporación (Norma; NTP 339.088-RNE 060).

### **C) Agua de lavado**

El agua para lavado de los agregados, no debe contener materiales, en cantidades tales que produzcan una película o revestimiento dañino sobre las partículas de agregados (Norma NTP 339.088 – RNE E 060).

### **D) Relación agua material cementante A/C**

La relación agua cemento forman el gel de cemento cuya reacción química va a ligar los componentes gruesos y finos durante el endurecimiento del hormigón hasta que todas las partículas de cemento se hidraten o bien hasta que ya no halla agua para hidratarlas. Por ello la resistencia depende de la relación agua cemento cualquiera sea el tipo y cantidad de agregados.

A menor agua en relación al cemento, mayor su resistencia a la compresión, menor fluidez o trabajabilidad y mayor durabilidad, pues al poseer menos agua tiene también menor cantidad de poros y vasos capilares que se forman durante su evaporación, y que se constituyen los poros por donde pueden penetrar los agentes agresivos cuando el hormigón no está protegido de los factores climáticos, y atacar a las armaduras. Por ello en condiciones extremas deben utilizarse relaciones agua cemento bajas, y en condiciones moderadas estas relaciones pueden incrementarse.

Según Enrique Pasquel C. (2011):

- Para A/C alta: sobra agua de hidratación y todo el cemento se hidrata.
- Para A/C =0.42: no sobra agua de hidratación.
- Para A/C <0.42: queda cemento sin hidratar.

## **E) Curado**

Los especímenes deben contar con una humedad relativa entre el 95 y 100%, o bien disponer los cilindros en una pileta con agua saturada con cal (2% del peso del agua) con temperatura de 23+/- 2° C en ambos casos.

El objeto del curado es mantener el concreto saturado, ya que la hidratación del cemento solo se logra en capilares llenos de agua. Además debe controlarse la temperatura, puesto que la rapidez de hidratación es más lenta a bajas temperaturas y más rápida a temperaturas elevadas (100° C).

### **2.2.1.4. ADITIVOS**

Según el **ACI 116.R**, los aditivos son materiales distintos del agua, agregados, cemento hidráulico, y adiciones que se utilizan como ingredientes del concreto y se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades, para que se adecuen mejor a las condiciones de trabajo, haciendo posible un adecuado transporte, comportamiento durante y después de colocado o para reducir los costos de producción.

#### **A) Clasificación De Los Aditivos**

La norma ASTM C 494 "Chemical Admixtures for Concrete", distingue siete tipos:

- TIPO A: Reductor de Agua
- TIPO B: Retardador de Fraguado
- TIPO C: Acelerador de Fraguado
- TIPO D: Reductor de agua y Retardador.
- TIPO E: Reductor de Agua y Acelerador.
- TIPO F: Reductor de Agua de Alto Efecto.
- TIPO G: Reductor de Agua de Alto Efecto y Retardador

Los aditivos incorporadores de aire se encuentran separados de este grupo, e incluidos en la norma ASTM C260 "Specifications for Air Entraining Admixtures for Concrete".

## **B) Aditivos usados en la investigación:**

### **a) Aditivos Superplastificantes**

Aditivo químico que se emplea para reducir la cantidad de agua para el amasado y obtener la plasticidad y resistencia deseada de una mezcla de concreto o mortero. También llamado agente reductor de agua de amasado (Rivva López)

Los reductores de agua de alto rango, también conocidos como superplastificantes, de los tipos ASTM C 494 Tipos F y G, proporcionan una alta resistencia, especialmente en las primeras 24 horas. Mezclando el aditivo al Cemento, es importante tanto el tipo como el dosaje.

Se ofrece en el mercado distintos tipos de superplastificantes:

#### **- Superplastificante para concreto de Alta resistencia Inicial**

Sirve como superplastificante, reductor de agua y acelerador de fraguado.

Permite reducir la relación agua/cemento hasta un 30% dependiendo de la dosis aplicada.

#### **- Superplastificante para concreto convencional de alta resistencia**

Este aditivo es un superplastificante reductor de agua, que además actúa como acelerador de fraguado controlado, aumentando la docilidad y reduciendo la cantidad de agua de amasado.

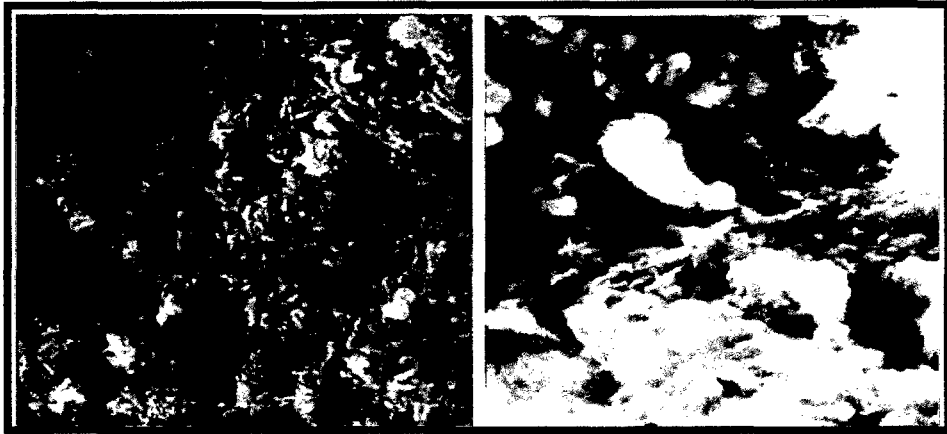
## b) Nanosílice

La nanosílice está constituida por partículas de tamaño nanométricos (decenas de nanómetros) compuestas mayoritariamente por  $\text{SiO}_2$ . Cuando la sílice se mezcla con iones de calcio, sodio o potasio, como los productos provenientes de la reacción de hidratación del cemento, produce partículas de C-S-H (gel), que es el “pegamento” del concreto, lo que mantiene cohesionado a todas sus partículas.

Los mecanismos propuestos de los fenómenos que ocurren al incorporar las nanopartículas de sílice en el cemento se pueden recoger de la siguiente manera:

- Estas actúan como núcleos durante el proceso de hidratación gracias a su alta energía superficial y a la actividad de los átomos en su superficie que le permiten generar muchos más sitios de nucleación para la formación de los productos de hidratación. Lo cual se traduce en una mejora de la adherencia del cemento hidratado y aumento de la cinética de hidratación del cemento, lo cual es favorable para la resistencia (Qing et al, 2006; Li et al, 2004; Li, Xiao & Ou, 2004; Björnström et al, 2004).
- A través de la reacción de las partículas de nanosílice con el  $\text{Ca(OH)}_2$  (portlandita o CH) y del aceleramiento del proceso de hidratación, este C-S-H (gel) llena los espacios vacíos para mejorar la densidad, la cohesión y la impermeabilidad, mejorando la integración y estabilidad de los productos de hidratación, esto a su vez incrementa la resistencia. (Ji, 2005; Li, Xiao & Ou, 2004). En la Figura 3 se puede apreciar una foto entre un concreto convencional (foto de la izquierda) y un concreto usando nanosílice (foto de la derecha).





*Figura 02. Foto de un concreto convencional (izquierda) y otro usando nanosilíce (derecha)*

*Fuente: Mostafa.K, 2010).*

#### ***Ventajas de usar nanosilíce:***

- Versátil: Desde altas resistencias, tanto a compresión como a tracción, a bajas dosis (1-1.5% en peso del cemento) hasta propiedades autocompactante a altas adiciones.
- Posee una muy buena trabajabilidad, incluso a valores muy pequeños de la relación agua cemento (A/C) como 0.2. Como consecuencia de lo anterior, el concreto “se coloca solo” —según los comentarios de los operadores. Esta trabajabilidad hace innecesario el uso de superplastificantes, excepto pequeñas dosis para los concretos autocompactantes.
- Alta velocidad de reacción.
- Tiene más de 90% de rendimiento que las formulaciones de microsílíce, cemento y superplastificantes para el concreto.
- Tiene entre 0 y 1% de permeabilidad.
- Es amistosa del medio ambiente y de la salud de los operarios de sílice.
- Mismo precio que usar microsílíce tradicional con superplastificantes y/o fibras asociados.

- El uso de nanosílice en la mezcla de concreto limita el desarrollo de corrosión debido a que el concreto es más denso y no permite el flujo de agua.

## **2.2.2 CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA**

### **2.2.2.1) DEFINICIÓN**

Concreto que comúnmente tiene una resistencia a la compresión especificada igual o superior a 420 kg/cm<sup>2</sup>. Los materiales y el producto final son controlados y ensayados de acuerdo al reglamento Nacional de construcciones y la norma ACI-318. Solución eficiente, durable y económica para estructuras que soportan alta demanda de carga (Rivva-2014).

### **2.2.2.2) VENTAJAS DE USO:**

La resistencia a compresión se mide en cilindros de prueba de 6"x12" (150x300 mm) o de 4"x8" (100x200mm), a los 56 o 90 días por lo general, o alguna otra edad especificada dependiendo su aplicación. La producción de concreto de alta resistencia requiere un mayor estudio así como un control de calidad más exigente en comparación con el concreto convencional.

El uso de concreto de alta resistencia permite la reducción de las dimensiones de la sección de los miembros a un mínimo, lográndose ahorros significativos en carga muerta siendo posible que grandes claros resulten técnica y económicamente posibles.

El concreto que se usa en construcción preesforzada se caracteriza por una mayor resistencia que aquel que se emplea en concreto reforzado ordinario. Se le somete a fuerzas más altas, y por lo tanto un aumento de su calidad generalmente conduce a resultados más económicos.

Las objetables deflexiones y el agrietamiento, que de otra manera estarían asociados con el empleo de miembros esbeltos sujetos a

elevados esfuerzos, puede controlarse con facilidad mediante el preesfuerzo. La práctica actual pide una resistencia de 350 a 500kg/cm<sup>2</sup> para el concreto preesforzado, mientras el valor correspondiente para el concreto reforzado es de 200 a 250kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente.

El concreto de alta resistencia tiene un módulo de elasticidad más alto que el concreto de baja resistencia, de tal manera que se reduce cualquier pérdida de la fuerza pretensora debido al acortamiento elástico del concreto. Las pérdidas por flujo plástico, que son aproximadamente proporcionales a las pérdidas elásticas, son también menores. La alta resistencia en el concreto preesforzado es necesaria por varias razones:

- Permite una mayor rotación de encofrados y menos tiempo de uso
- Se puede diseñar menos secciones estructurales, con ahorro en áreas de construcción
- Mayor rendimiento en ejecución de obras
- Permite disminuir cuantías de refuerzo en los diseños
- Permite la reducción de las cantidades de acero de refuerzo en columnas
- Mejora la protección contra la corrosión del acero de refuerzo
- Ideal para sistemas industrializados
- Mayor resistencia a la erosión
- La estructura tiene un menor costo versus otros diseños en acero
- Su consistencia permite bombearlo a grandes alturas
- Su alta fluidez permite su colocación aun en zonas congestionadas de acero de refuerzo

Se puede diseñar menores secciones estructurales, con ahorro en áreas de construcción.

- Los anclajes comerciales son diseñados en base al concreto de alta resistencia para minimizar su costo.
- De aquí que el concreto de menor resistencia requiere anclajes especiales o puede fallar mediante la aplicación del preesfuerzo.

Tales fallas pueden tomar lugar en los apoyos o en la adherencia entre el acero y el concreto, o en la tensión cerca de los anclajes.

- El concreto de alta resistencia a la compresión ofrece una mayor resistencia a la tensión y cortante, así como a la adherencia y al empuje, y es deseable para estructuras de concreto preesforzado ordinario.
- Otro factor es que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación del preesfuerzo.
- Para obtener una resistencia de 350kg/cm<sup>2</sup> es necesario usar una relación agua/cemento no mucho mayor de 0.45 en peso. Con el objeto de facilitar el vaciado, se necesitaría un asentamiento de 5 a 10 cm a menos que se fuera a aplicar el vibrador más tiempo de lo ordinario.
- Se usa en todas las estructuras donde se requiera obtener alta resistencia a 28 días o resistencias iniciales (Rivva-2014).

### **2.2.2.3) TIPOS:**

Existen dos tipos de Concreto De Alta Resistencia:

- A) Concreto de alta resistencia Final**, cuando se necesita una resistencia a la compresión, medida en probetas cúbicas o cilíndricas normalizadas, de acuerdo a normas correspondientes a cada país, ensayadas a 28 días, superior a 500 kg/cm<sup>2</sup>.
- B) Concreto de alta resistencia Inicial**, cuando se necesita una resistencia temprana mayor a la normal, en edades inferiores a 28 días (Rivva-2014).

### **2.2.3 EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

Existen diferentes métodos de Diseños de Mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

En oportunidades no es necesario tener exactitud en cuanto a las proporciones de los componentes del concreto, en estas situaciones se frecuenta el uso de reglas generales, lo que permite establecer las dosis correctas a través de recetas que permiten contar con un diseño de mezcla apropiado para estos casos.

#### **A) PARÁMETROS BÁSICOS:**

##### **a) El principio de los volúmenes absolutos.-**

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

En consecuencia, se trabaja en los cálculos con el peso específico de los sólidos, también llamado gravedad específica o peso específico de masa, sea en condición seca o saturada superficialmente seca, para obtener los volúmenes sólidos de los componentes de modo de dosificarlos adecuadamente para lograr la unidad volumétrica de medida.

##### **b) La resistencia en compresión y la relación agua/cemento**

Dado que por lo general la resistencia en compresión es un requisito fundamental que emana del proyecto estructural, o en algunas ocasiones el proyectista exige consideraciones especiales de durabilidad, se deriva entonces que un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación Agua/Cemento, pues como ya hemos visto al evaluar los

conceptos sobre los materiales en el concreto, este parámetro regula dicho comportamiento.

En ciertas ocasiones, las condiciones de durabilidad de las estructuras de concreto por circunstancias de exposición y agresividad extrema al medio ambiente y las características de operatividad o uso, motivan que independientemente del  $f'_{cR}$  que ya conocemos, se deba asumir una relación Agua/Cemento muy baja que optimice la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión y el desgaste, la resistencia a la agresión química etc. y que estará asociada consecuentemente a una resistencia en compresión generalmente superior a la necesaria por requerimientos estructurales.

Siendo el tema de la durabilidad bastante amplio, se trata en profundidad y se establecen una serie de criterios para elegir la relación Agua/Cemento más recomendable para cada caso particular, y así tener alternativas de decisión al respecto cuando las condiciones particulares así lo exijan.

### **c) La granulometría de los agregados y el tamaño máximo de la piedra.-**

Está generalizado mundialmente el criterio de utilizar las granulometrías o gradaciones de agregados que provean el mejor acomodo entre las partículas creando una estructura muy densa, resistente e impermeable y favoreciendo la trabajabilidad.

En este sentido existen una gran variedad de opciones en cuanto a cómo evaluar dichas gradaciones y como combinarlas, que dependen de la mayor o menor confiabilidad que se le asigne al sustento técnico de cada una, por lo que esta etapa es la que diferencia un método de diseño de otro.

Dentro de la granulometría, un factor importante, es el Tamaño Máximo del agregado y su forma. Está justificado experimentalmente que este factor influya en la cantidad de agua que requiere la mezcla para

satisfacer condiciones de trabajabilidad, y así cuanto mayor sea el Tamaño del agregado y más redondeado, menor será el requerimiento de agua.

Cuanto más fino y anguloso es el agregado supone mayor cantidad de partículas y una mayor área a ser cubierta por el agua para fines de trabajabilidad, y cuanto más grueso y redondeado, se reduce consecuentemente la cantidad de partículas y el área involucrada.

No obstante, como bien lo menciona Enrique Riva en su libro sobre diseño de mezclas de concreto y el Comité ACI-211(91) está confirmado científicamente que el criterio tradicional referido a que las mezclas con el mayor tamaño máximo de agregado grueso, producían los diseños más resistentes, sólo es válido para mezclas de resistencia media y tamaños máximos entre 3/4" a 1 1/2", pero para mezclas ricas, las mayores resistencias se logran con tamaños máximos del orden de 1/2" a 3/8", concluyéndose en que el agregado grueso mayor de 1 1/2" únicamente contribuiría a mejorar resistencias cuando se trata de mezclas pobres.

No es usual en nuestro medio el requerir resistencias superiores a 350 Kg/cm<sup>2</sup> y excepcionalmente 420 Kg/cm<sup>2</sup> para los proyectos convencionales, por lo que estos conceptos referentes al tamaño máximo y las mayores resistencias rara vez se someten a experimentación en nuestro país con los agregados disponibles, salvo a nivel académico y en forma limitada, por lo que sería sumamente importante profundizar en este aspecto con los materiales locales para determinar las posibilidades existentes.

El tamaño máximo está además muy relacionado con la disposición y facilidades de colocación del concreto en los encofrados así como el tipo de estructura, por lo que se recomienda usualmente que no sea más de 1/3 del espesor de las losas, 1/5 de la mínima dimensión de los encofrados, ni más de 3/4 del espacio mínimo en el acero de refuerzo,

pero esto no es limitativo si se puede demostrar en obra la eficiencia de diseños con tamaño mayor.

#### **d) La trabajabilidad y su trascendencia**

La trabajabilidad constituye el parámetro más manejado por los que diseñan, producen y colocan concreto, sin embargo es el más difícil de definir, evaluar y cuantificar en términos absolutos.

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

Usualmente recurrimos al slump como evaluación de esta característica, pero la experiencia demuestra que es una manera sumamente limitada de evaluarla pues sólo resulta un indicador de la cantidad de agua en la mezcla.

#### **e) Información requerida para el diseño de mezclas**

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de lo agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.



## **B) PASOS PARA EL PROPORCIONAMIENTO**

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- a) Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
- b) Elección de la resistencia promedio ( $f_{cr}$ ).
- c) Elección del Asentamiento (Slump).
- d) Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- e) Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- f) Selección de la relación agua/cemento ( $a/c$ ).
- g) Cálculo del contenido de cemento.
- h) Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- i) Ajustes por humedad y absorción.
- j) Cálculo de proporciones en peso.
- k) Cálculo de proporciones en volumen.
- l) Cálculo de cantidades por tanda.

### **a.) Especificaciones técnicas**

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

### **b.) Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ )**

#### **Cálculo de la desviación estándar**

##### **Método 1**

Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

- Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño  $f'c$  que este dentro del rango de  $\pm 70$  kg/cm de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots(15)$$

Dónde:

$s$  = Desviación estándar, en Kg/ cm<sup>2</sup>

$x_i$  = Resistencia de la probeta de concreto, en Kg/ cm<sup>2</sup>

$\bar{x}$  = Resistencia promedio de  $n$  probetas, en Kg/ cm<sup>2</sup>

$n$  = Número de ensayos consecutivos de resistencia.

- Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{\sum(n_1-1)(s_1)^2 + \sum(n_2-1)(s_2)^2}{n_1+n_2-2}} \dots\dots(16)$$

Dónde:

$\bar{s}$  = Desviación estándar promedio en kg/cm<sup>2</sup>.

$s_1$  y  $s_2$  = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg/cm<sup>2</sup>.

$n_1$  y  $n_2$  = Número de ensayos en cada grupos, respectivamente.

## **Método 2**

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculara la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicara por el factor de corrección indicado en la tabla 0.7 para obtener el nuevo valor de “s”.

El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario.(ver Anexo Tabla N° 05).

### **Cálculo de la resistencia promedio requerida**

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida  $f'_{cr}$  se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35 Kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ .

a) Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots \dots \dots (17)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \dots \dots \dots (18)$$

Dónde:

s = Desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

- b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla siguiente para la determinación de la resistencia promedio requerida (ver AnexoTabla N° 06)

**c.) Elección del Asentamiento (Slump).**

- ❖ Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥ 5" (125mm)

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla siguiente podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente. **(Ver Anexo Tabla N° 07)**

**d.) Selección del tamaño máximo del agregado grueso.**

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a)  $1/5$  de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- b)  $1/3$  del peralte de la losa; o
- c)  $3/4$  del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm ( $1\frac{1}{2}$ " ). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

#### **e.) Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.**

La tabla siguiente, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado. **(Ver Anexo. Tabla N° 08)**

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm ( $1\frac{1}{2}$ " ) se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm ( $1\frac{1}{2}$ " ) por tamizado húmedo.

Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o NTP 400.037).

\* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm ( $1\frac{1}{2}$ " ) antes de evaluar el contenido

de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1½") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1½"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

\*\* Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

Como se observa, la tabla anterior no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Al mismo tiempo, podemos usar la tabla 10 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la tabla siguiente corresponden a mezclas sin aire incorporado. (Ver Anexo Tabla N° 09)

**f.) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

### **Por resistencia**

Para concretos preparados con cemento Pórtland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla siguiente. (Ver Anexo Tabla N° 10)

Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 5.1. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

### **Por durabilidad**

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla siguiente. (Ver Anexo Tabla N° 11)

### **METODO DE FÜLLER:**

Este método es general y se aplica cuando los agregados no cumplan con la Norma ASTM C 33. Asimismo se debe usar para dosificaciones con más de 300 kg de cemento por metro cúbico de concreto y para tamaños máximos del agregado grueso comprendido entre 20mm (3/4") y 50mm (2").

$$\text{Relacion: } \frac{a}{c} = \frac{1}{Z} ; Z = K_1 \cdot R_m + 0.5 \dots\dots(19)$$

Dónde:

$K_1$ : Factor que depende de la forma del agregado. De 0.0030 a 0.0045 para piedra chancada y de 0.0045 a 0.0070 para piedra redondeada.

$R_m$ : Resistencia promedio requerida.

### g.) Cálculo del contenido de cemento.

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

$$\text{Contenido de cemento } \left( \frac{Kg}{m^3} \right) = \frac{\text{contenido de agua de mezclado } \left( \frac{L}{m^3} \right)}{\text{Relación a/c}} \dots\dots(20)$$

### h.) Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.

#### METODO DE FÜLLER:

$$\text{Ley de Füller: } 100 \sqrt{\frac{d}{D}} \dots\dots(21)$$

Dónde:

$P_d$ : % que pasa por la malla  $d$ .

$d$  : Abertura de la malla de referencia.

$D$ : Tamaño máximo del agregado grueso.

La relación arena/agregado, el volumen absoluto, se determina gráficamente:

- Se dibujan las curvas granulométricas de los 2 agregados.
- En el mismo papel, se dibuja la parábola de Füller (Ley de Füller).
- Por la malla N° 4 trazamos una vertical la cual determinará en las curvas trazadas 3 puntos.



A= % Agregado fino que pasa por la malla N° 4.  
 B= % Agregado grueso que pasa por la malla N° 4.  
 C= % Agregado ideal que pasa por la malla N° 4.  
 Si llamamos:

$\alpha$  : % en volumen absoluto del agregado fino dentro de la mezcla de agregados.

$\beta$  : % en volumen absoluto del agregado grueso dentro de la mezcla de agregados.

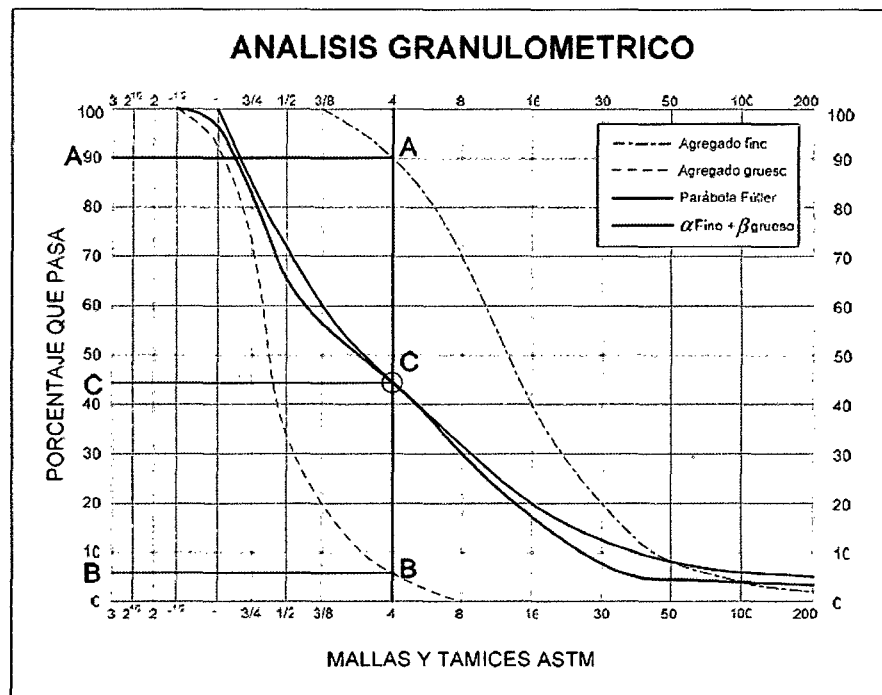


Fig 03. Determinación de las proporciones de agregado fino y agregado grueso en relación al volumen total de agregados

La figura anterior muestra un ejemplo de la determinación de las proporciones de agregado fino y agregado grueso en relación al volumen total de agregados por metro cúbico de concreto.

Entonces:

$$\alpha = \frac{C-B}{A-B} \cdot 100 \dots \dots (22)$$

$$\beta = 100 - \alpha \dots (23)$$

Teniendo los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  podemos calcular el volumen de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Vol. total de agregados} &= \\ 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire.} + \text{Vol. cemento.}) & \\ \dots\dots(24) \end{aligned}$$

$$\text{Vol. agregado grueso} = \frac{\alpha}{100} (\text{Vol. total de agregados}) \dots (25)$$

$$\text{Vol. agregado fino} = \frac{\beta}{100} (\text{Vol. total de agregados}) \dots (26)$$

Obtenidos los volúmenes de agregado fino y grueso dentro de un metro cúbico de concreto, calculamos los pesos de agregado fino y grueso para un metro cúbico de concreto:

$$\begin{aligned} \text{Peso agregado fino} &= \\ (\text{Vol agregado fino})(\text{Peso específico del ag fino}) \dots (27) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso agregado grueso} &= \\ (\text{Vol agregado grueso})(\text{Peso específico del ag grueso}) \dots (28) \end{aligned}$$

**METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI:**

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla 13, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla 7.1 permite obtener un coeficiente  $f/b$  resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en  $\text{kg/m}^3$  (Ver Anexo Tabla N° 12).

\* Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29.

Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales.

Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aprox. Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

Obtenido  $b/b_0$  procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{Peso seco del A grueso} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{b}{b_0} (\text{Pesounitario compactado del A grueso}) \dots (29)$$

Entonces los volúmenes de los agregados grueso y fino serán:

$$\text{Vol agregado grueso} = \frac{\text{peso seco del agregado grueso}}{\text{Peso específico del agregado grueso}} \dots (30)$$

$$\text{Vol. A. fino} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire.} + \text{Vol. cemento.} + \text{Vol. A. grueso}) \dots (31)$$

### **METODO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS:**

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias, si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la tabla siguiente (Ver Anexo Tabla N° 13).

\* Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

\*\* Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

De la tabla anterior obtenemos el módulo de fineza de la combinación de agregados ( $m_c$ ), al mismo tiempo contamos, previamente, con valores de los módulos de fineza del agregado fino ( $m_f$ ) y del agregado grueso ( $m_g$ ), de los cuales haremos uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100 \dots (32)$$

Dónde:

$r_f$  : Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados.

Entonces los volúmenes de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto son:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire.} + \text{Vol. cemento.}) \dots (33)$$

$$\text{Vol. Agregado fino} = \frac{r_f}{100} (\text{Vol. total Agregados}) \dots (34)$$

$$\text{Vol. Agragado grueso} = \text{Vol. total Agregados} - \text{Vol. Agragado fino ...}(35)$$

#### **METODO DE WALKER:**

La tabla siguiente, elaborado por Walter, permite determinar el porcentaje aproximado de agregado fino en relación al volumen total de agregados, en función del módulo de fineza del agregado fino, el tamaño máximo nominal del agregado grueso, el perfil del mismo y el contenido de cemento en la unidad cúbica de concreto (Ver Anexo Tabla N° 14).

De la tabla obtenemos el valor de  $\alpha$  (porcentaje de agregado fino), con el cual procedemos de la siguiente manera:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento})... (37)$$

$$\text{Vol. agregado grueso} = \frac{\alpha}{100} (\text{Vol. total de agregados})... (38)$$

#### **i.) Ajustes por humedad y absorción.**

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectada por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta aumentando la relación a/c, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión. Por lo tanto estos efectos deben ser tomados estimados y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta.

Por lo tanto:

Si:

$$\text{Agregado grueso} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{Absorción} = \%a_g \end{array} \right. \dots (39)$$

$$\text{Agregado fino} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{Absorción} = \%a_f \end{array} \right. \dots (40)$$

### **Pesos de agregados húmedos**

$$\text{Peso A. grueso húmedo} = (\text{peso. A. grueso seco}) \times \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right) \dots (41)$$

$$\text{Peso A. fino húmedo} = (\text{peso. A. fino seco}) \times \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right) \dots (42)$$

### **Agua Efectiva:**

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{peso. A. grueso seco}) \times \left(\frac{\%W_g - \%a_g}{100}\right) = X \dots (43)$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{peso. A. fino seco}) \times \left(\frac{\%W_f - \%a_f}{100}\right) = Y \dots (44)$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - (X + Y) \dots (45)$$

### **j.) Cálculo de proporciones en peso.**

Cemento:      Agregado fino      :      Agregado grueso      / Agua

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} \quad \frac{\text{Peso A. Fino Húmedo}}{\text{Peso cemento}} \quad \frac{\text{Peso A. Grueso Húmedo}}{\text{Peso cemento}} \quad \frac{\text{Peso Agua Efectiva}}{\text{Peso cemento}} \dots (46)$$

**k.) Cálculo de proporciones en volumen.**

Cemento:	Agregado fino	:	Agregado grueso	/	Agua
$\frac{\text{Volumen cemento}}{\text{Volumen cemento}}$	$\frac{\text{Volumen A.Fino Humedo}}{\text{Volumen cemento}}$		$\frac{\text{Volumen A.Grueso Humedo}}{\text{Volumen cemento}}$		$\frac{\text{Volumen Agua.Efectiva}}{\text{Volumen cemento}}$
C	F		G	/	A

.....(47)

**l.) Cálculo de cantidades por tanda.**

**Datos necesarios:**

- Capacidad de la mezcladora.
- Proporciones en volumen.

**Cantidad de bolsas de cemento requerido:**

$$\text{Cant. de bolsas requeridas} = \frac{(\text{capacidad mezcladora}(\text{pie}^3)(0.0283\text{m}^3)(\text{Peso cemento}(\text{Kg}))}{\text{Peso de cemento por bolsa}(42.5\text{Kg})} \dots\dots(48)$$

**Eficiencia de la mezcladora:**

Debido a que la mezcladora debe ser abastecida por un número entero de bolsas de cemento, la cantidad de bolsas de cemento por tanda será igual a un número entero menor a la cantidad de bolsas requerida por la mezcladora.

$$\text{Eficiencia}(\%) = \frac{\text{cantidad de bolsas de cemento por tanda}}{\text{cantidad de bolsas requerido}} \times 100 \dots\dots(49)$$

**Volumen de concreto por tanda:**

$$\text{Vol. de c}^\circ \text{ por tanda} = \text{capacidad mezcladora}(\text{pie}^3)(0.0283\text{m}^3) \left( \frac{\text{Eficiencia}(\%)}{100} \right) \dots\dots(50)$$

### **Cantidades de materiales por tanda:**

Teniendo las proporciones en volumen (C: F: G/A), calculamos las cantidades de materiales por tanda:

- ❖ Cemento :  $1x2 = 2$  bolsas
- ❖ Agregado fino :  $Fx2 =$  Cantidad de A. fino en m<sup>3</sup>
- ❖ Agregado grueso :  $Gx2 =$  Cantidad de A. grueso en m<sup>3</sup>
- ❖ Agua efectiva :  $Ax2 =$  Cantidad de agua en L



## CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos que se han utilizado en esta investigación están divididas en: Tipo de Investigación, Cantera, Determinación de las características físicas y mecánicas de los agregados, Diseño de mezclas, Elaboración de los especímenes, Curado de los especímenes elaborados y Prueba de los especímenes a compresión; en cada ítem se describen tanto los materiales, equipo y metodología (método de experimentación y procedimiento); para la obtención de los datos necesarios para el procesamiento de resultados.

### 3.1) TIPO DE INVESTIGACIÓN Y DE ANALISIS

#### 3.1.1 Tipo De Investigación

Tabla N° 15: Tipo de Investigación

<b>Criterio</b>	<b>Tipo de investigación</b>
<b>Finalidad</b>	Aplicada
<b>Estrategia o enfoque teórico metodológico</b>	Cuantitativa
<b>Objetivos (alcances)</b>	Explicativa
<b>Fuente de datos</b>	Primaria
<b>Control en el diseño de la prueba</b>	Experimental
<b>Temporalidad</b>	Transversal (sincrónica)
<b>Contexto donde sucede</b>	laboratorio, gabinete
<b>Intervención disciplinaria</b>	Unidisciplinaria

#### 3.1.2 Localización

La presente tesis se desarrollará en la ciudad de Cajamarca.

Tabla N° 16: Localización de la Investigación

<b>COORD. UTM:</b>	
<b>ZONA:</b> 17M	<b>DATUM:</b> WGS84
<b>Latitud sur:</b>	<b>7°09'00"</b>
<b>Longitud oeste:</b>	Entre meridianos 78°42'27" y 77°44'20".
<b>Densidad demográfica:</b>	43,7 habitantes/km <sup>2</sup> .
<b>Altura de la capital:</b>	2.720 msnm.
<b>Número de provincias:</b>	de 13
<b>Número de distritos:</b>	127.

### 3.1.3 Población y muestra

- **POBLACION**

No aplicable

- **MUESTRA**

La muestra se elegirá por juicio o conveniencia (utilizando la metodología dada en las normas ASTM C39, NTP 339.034), se tomará como muestra a 72 especímenes de concreto de alta resistencia diseñados los cuales se someterán a ensayos de compresión.

### 3.1.4 Unidad de Análisis

Especímen de concreto de alta resistencia con adición de nanosílice,

### 3.1.5 Diseño y Nivel De Investigación

Se realizará el diseño de especímenes con superplastificante (SIKAMENT 290N) que será la base o patrón al cual se irá incorporando el aditivo nanosílice.(GAIA).

Tabla17a: Matriz experimental de diseño y niveles de la variable de estudio

Variable(factor)	Niveles	Tratamientos	Código
Mezcla	Mezcla1	Mezcla1+Dosis1	A11
	Mezcla2	Mezcla2+Dosis1	A21
	Mezcla3	Mezcla3+Dosis1	A31
	Mezcla4	Mezcla4+Dosis1	A41
	Mezcla5	Mezcla5+Dosis1	A51
	Mezcla6	Mezcla6+Dosis1	A61
Aditivo	Dosis1	Mezcla1+Dosis2	A12
	Dosis2	Mezcla2+Dosis2	A22
	Dosis3	Mezcla3+Dosis2	A32
	Dosis4	Mezcla4+Dosis2	A42
		Mezcla5+Dosis2	A52
		Mezcla6+Dosis2	A62
		Mezcla1+Dosis3	A13
		Mezcla2+Dosis3	A23
		Mezcla3+Dosis3	A33
		Mezcla4+Dosis3	A43
		Mezcla5+Dosis3	A53
		Mezcla6+Dosis3	A63
		Mezcla1+Dosis4	A14
		Mezcla2+Dosis4	A24
		Mezcla3+Dosis4	A34
		Mezcla4+Dosis4	A44
		Mezcla5+Dosis4	A54
		Mezcla6+Dosis4	A64

Tabla17b: Matriz experimental de diseño y niveles de la variable de estudio

RESULTADOS		FACTOR "A": NANOSÍLICE			
		0 %	0.5%	1.5%	3%
RESISTENCIA MECÁNICA A COMPRESIÓN	7 días	A11	A12	A13	A14
		A21	A22	A23	A24
		A31	A32	A33	A34
		A41	A42	A43	A44
		A51	A52	A53	A54
		A61	A62	A63	A64
	14 días	A11	A12	A13	A14
		A21	A22	A23	A24
		A31	A32	A33	A34
		A41	A42	A43	A44
		A51	A52	A53	A54
		A61	A62	A63	A64

		A61	A62	A63	A64
		A11	A12	A13	A14
		A21	A22	A23	A24
	<b>28 días</b>	A31	A32	A33	A34
		A41	A42	A43	A44
		A51	A52	A53	A54
		A61	A62	A63	A64

Número total de pruebas que se realizarán: Variable dependiente (resistencia a la compresión) \* Número de Niveles de estudio \* Número de réplicas.

$3 \times 4 \times 6 = 72$  ensayos en estado endurecido de concreto de alta resistencia.

### 3.2) CANTERA

#### 3.2.1) Elección De Cantera.

Teniendo en cuenta las Normas técnicas peruanas, el material utilizado para elaborar los especímenes son de origen pluvial, tanto el agregado fino (arena) como el agregado grueso (piedra), proveniente de la cantera del río Chonta (La Victoria).

#### 3.2.2) Ubicación.

la cantera está ubicada en la zona La Victoria-Cajamarca a 10 min de distancia en vehículo de Cajamarca camino al distrito de Jesús. La cantera es de origen pluvial río Cajamarquino de nombre: "Rumicucho S.R.L" de Coordenadas UTM 7.186592N , 78.451724 E

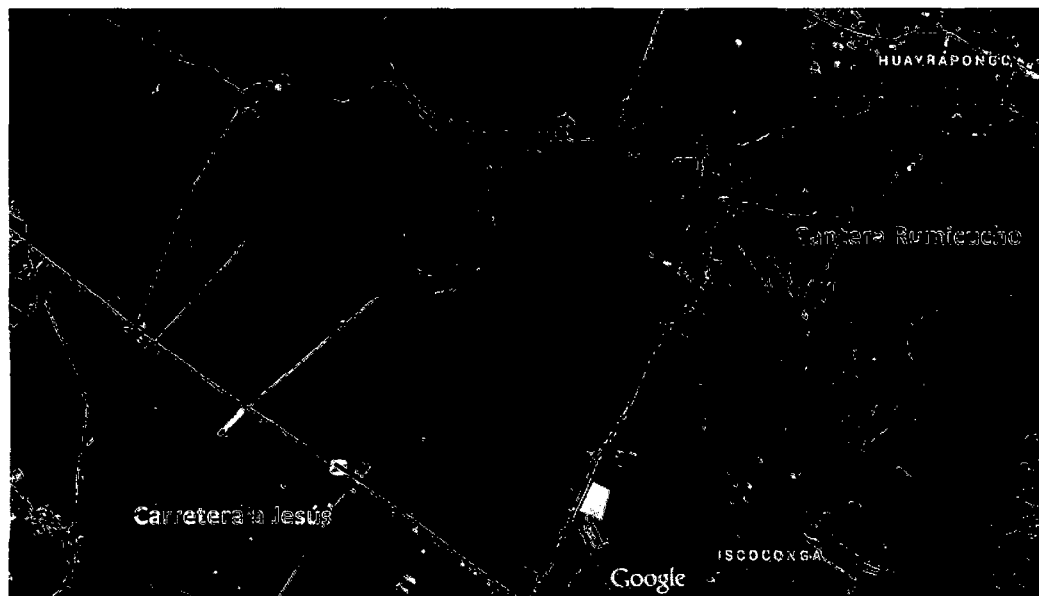


Figura 04. Ubicación de la cantera de la cual se extrajeron los materiales.

### 3.3) DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### 3.3.1) MATERIALES

- Agregado fino e la cantera del río Cajamarquino (La Victoria).
- Agregado Grueso de la cantera del río Cajamarquino (La Victoria).
- Agua potable (Ciudad Universitaria UNC).

#### 3.3.2) EQUIPO

- Juego de tamices conformados por: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2" y 4".
- Estufa a temperatura constante de 110°C±5°C.
- Balanza con sensibilidad de 0.5gr y capacidad no menor de 5kg.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm.
- Deposito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.
- Termómetro con aproximación de 0.5°C.
- La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7 cm. De diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 g.

- Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 60cm de largo con un extremo redondeado.
- Recipiente cilíndrico y de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.
- La Máquina de Los Ángeles.

### **3.3.3) METODOLOGÍA**

Cada ensayo realizado para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, siguieron el procedimiento dado en las especificaciones dadas en las siguientes normas.

NTP 400.037-ASTM C136: Granulometría

NTP 400.021-ASTM C127: Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

NTP 400.022-ASTM C128: Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

NTP 339.185-ASTM C566: Contenido de Humedad

NTP 400.017-ASTM C29 : Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

NTP 400.018-ASTM C117: Material más fino que pasan por el tamiz normalizado 75um (N° 200) por lavado en agregados.

NTP 400.019-400.020 ASTM C131: Resistencia a la Abrasión

### **3.4) DISEÑO DE MEZCLAS.**

#### **3.4.1) Método de experimentación**

##### **- Objetivo**

Realizar el diseño de mezclas, para un  $f'c$  de 600kg/cm<sup>2</sup>, con un superplastificante como concreto patrón y adicionar diferentes dosis de nanosílice.

#### **3.4.2) Procedimiento**

Este diseño se realizó por el método de Combinación de Agregados.

#### **3.4.3) Elección De La Dosificación Óptima Del Aditivo**

En la ficha técnica del aditivo superplastificante (Ver Anexo I: Hojas Técnicas) se especifica la dosificación mínima y máxima; la variación de la resistencia a la compresión no varía radicalmente, por ello y por consejo del asesor de la tesis se optó por realizar la dosificación de las muestras con una dosis del 1.0% del peso del cemento que se utiliza como concreto patrón al cual se le adiciona diferentes dosis de Nanosílice (0%, 0.5%, 1.5%, 3%) según ficha técnica de GAIA Nanosílice.

### **3.5) ELABORACIÓN DE ESPECIMENES.**

#### **3.5.1) MATERIALES**

- Cemento Pacasmayo Tipo I. (ASTM C - 150)
- Agregado Fino de la Cantera del río Cajamarquino (La Victoria).
- Agregado Grueso de la Cantera del río Cajamarquino (La Victoria).
- Agua Potable (Ciudad Universitaria UNC)
- Aditivo Tipo G; SIKAMENT 290N (ASTM 494)
- GAIA Nanosílice.

#### **3.5.2) EQUIPO**

- Balanza con capacidad apropiada 30 kg.

- Recipiente para pesar los materiales
- Probeta graduada 1000 cm<sup>3</sup>
- Herramientas: palanas, badilejo, baldes, cucharón, enrasador.
- Cono de Abrahams.
- Varilla de Acero Lizo de 60 cm. de largo y 5/8" de diámetro, semi-redondeado.
- Aceite para moldes.
- Mezcladora de 2.5 pie<sup>3</sup>
- Comba de goma
- Recipiente para determinar el Peso Unitario Del Hormigón Fresco.

### **3.5.3) METODOLOGÍA**

Cada ensayo que se realizó para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, siguieron el procedimiento dado en las especificaciones dadas en las siguientes normas.

NTP 339.035-ASTM C143	Asentamiento de concreto fresco con el cono de Abrams.
NTP 339.046-ASTM C138	Peso Unitario Y Rendimiento
NTP 339.183-ASTM C31	Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra.

## **3.6) CURADO DE ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO.**

### **3.6.1) EQUIPO**

- Pozo del Laboratorio

### **3.6.2) METODOLOGÍA**

Para realizar el curado de los especímenes, se siguieron las especificaciones dadas en las siguientes normas.



NTP 339.183  
Concreto.

Curado de Probetas de

### **3.7) PRUEBA DE ESPECIMENES A COMPRESIÓN**

#### **3.7.1) EQUIPO**

- Prensa Hidráulica de 200 Tn
- Deformímetro.

#### **3.7.2) METODOLOGÍA**

Para realizar la prueba en especímenes de concreto de las diferentes muestras elaboradas, se procedió a seguir las especificaciones dadas en las normas NTP 339.034 – ASTM C39.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1) RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

- **AGREGADO FINO**

Tabla N°18: Resumen de las Propiedades Físicas del Agregado Fino

a. Peso específico de masa $P_e=A/(B-C)$	2.60
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca $P_{ess}=B/(B-C)$	2.63
c. Peso específico aparente $P_{ea}=A/(A-C)$	2.71
d. Absorción $Abs=((B-A)/A)*100$ (%)	2.42
e. Contenido de humedad (%)	4.54
f. Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1690.71
g. . Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1805.88
h. Módulo de finura promedio	3.07

i. Granulometría del agregado fino

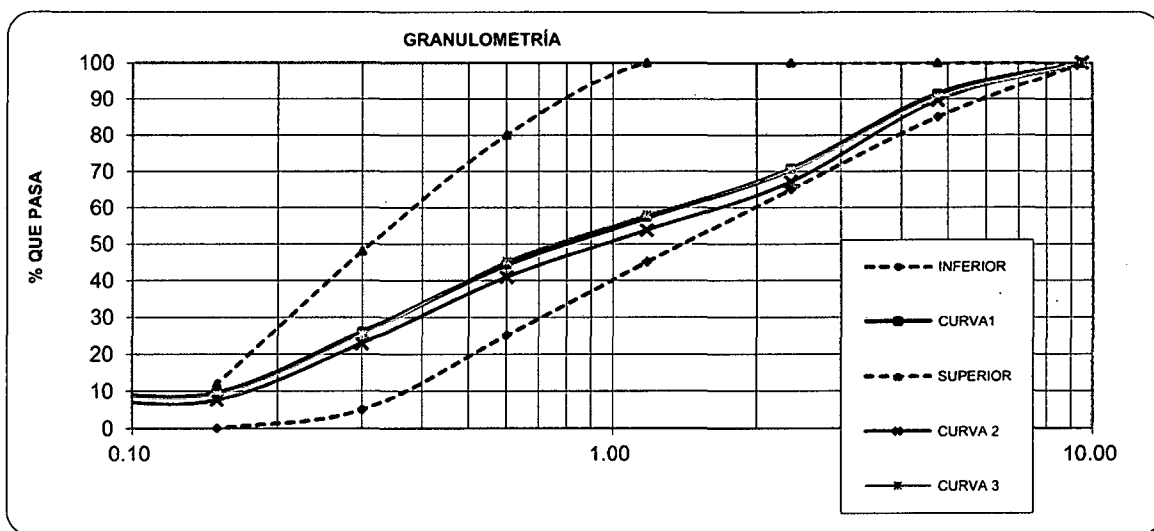


Figura 05. Resumen Gráfico de ensayos de Granulometría del Agregado Fino

- **AGREGADO GRUESO**

Tabla N°19: Resumen de las Propiedades Físicas del Agregado Grueso

a. Peso específico de masa $P_{e=A/(B-C)}$	2.57
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca $P_{e_{SSS}=B/(B-C)}$	2.61
c. Peso específico aparente $P_{eA=A/(A-C)}$	2.67
d. Absorsion $Abs=((B-A)/A)*100$ (%)	1.53
e. Contenido de humedad (%)	0.31
f. Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1384.75
g. . Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1546.20
h. Abrasión %	35.51
i. Módulo de finura promedio	6.80

- **j. Granulometría del agregado grueso**

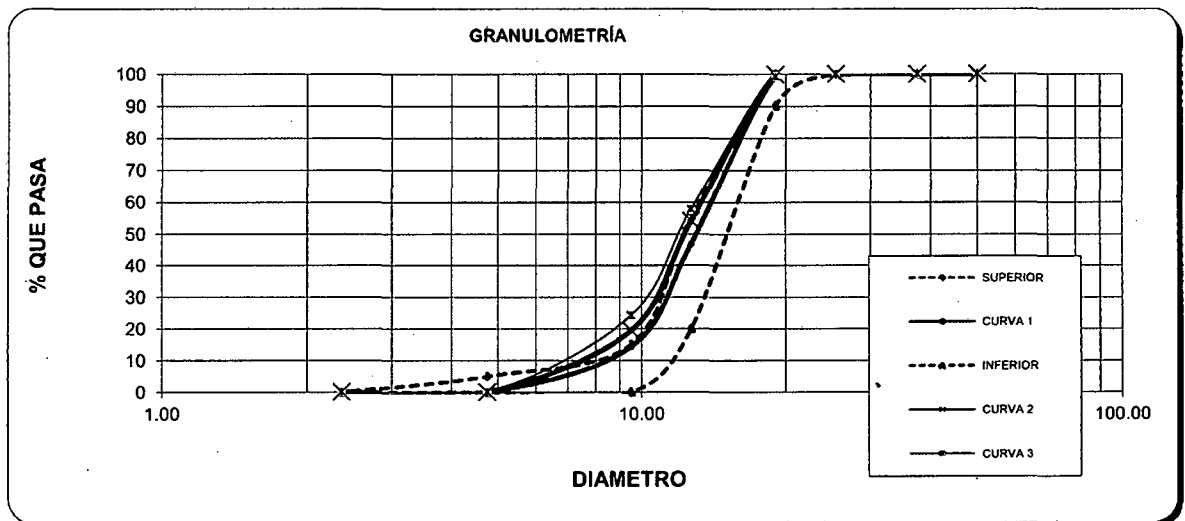


Figura 06. Resumen Gráfico de ensayos de Granulometría del Agregado Grueso.

- **DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS AGREGADOS**

- El agregado fino proviene de la cantera "Rumicucho" – La Victoria.

- El peso específico puede variar entre los intervalos de 1.2 a 2.2 gr/cm<sup>3</sup> para concretos ligeros; 2.3 a 2.9 gr/cm<sup>3</sup> para concretos normales y 3.00 a 5.00 gr/cm<sup>3</sup> para concretos pesados (Lezama 1996).
- En los agregados de Cajamarca el peso específico varía de 2.45 a 2.71 gr/cm<sup>3</sup>, por lo cual nuestros agregados si cumplen.
- El porcentaje de absorción de los agregados comúnmente se halla en el intervalo de 0.20% - 3.5%, Pero en Cajamarca varía entre 0.87% y 2.75% (Lezama 1996); por lo cual los agregados estudiados se encuentran dentro de los límites.
- En cuanto a la granulometría del agregado fino el 70% de porcentaje retenido en la malla N° 4 tuvo que ser eliminado para cumplir con los requerimientos de la NTP 400.012.
- La granulometría del agregado grueso cumple con el huso granulométrico 67 de la NTP 400.012
- El peso unitario suelto obtenido del agregado fino es 1690.71 kg/m<sup>3</sup> que se encuentra en el límite de los pesos unitarios sueltos de la ciudad de Cajamarca que varía entre 1400 kg/m<sup>3</sup> a 1700kg/m<sup>3</sup> (Lezama 1996).
- Para los agregados gruesos en Cajamarca el peso unitario suelto varía entre 1350 kg/m<sup>3</sup> a 1680 kg/m<sup>3</sup> (Lezama 1996); por lo cual nuestro agregado grueso está cumpliendo con ese rango.
- El agregado fino posee un módulo de finura igual a 3.07, según el ACI 363R un valor del módulo de finura para el agregado fino alrededor de 3 y un tamaño máximo del agregado grueso de 1/2", garantizan la obtención de un concreto de alta resistencia.

#### 4.2) DISEÑO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PATRON.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO			
Cantera de donde se extraen los materiales:		RIO CAJAMARQUINO	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa (kg/m <sup>3</sup> ):	2.60	Tamaño máximo nominal ( Pulg. ) :	1/2 "
Absorción ( % ) :	2.42	Peso seco compactado ( kg / m <sup>3</sup> ) :	1546.20
Contenido de Humedad ( %):	4.54	Peso específico de masa (kg/m <sup>3</sup> )	2.57
Módulo de Finura :	3.07	Absorción ( % ) :	1.53
Peso Unitario suelto seco :	1690.71	Peso Unitario suelto seco:	1384.75
<b>AGUA:</b>	Potable	Contenido de Humedad ( % ):	0.31
<b>CEMENTO</b>		Perfil del Agregado :	Angular
Tipo de Cemento Portland a usar :	ASTM Tipo1 -Pacasmayo	Módulo de Finura:	6.80
Peso Específico :	3.11		

#### DISEÑO DE CONCRETO PATRON

##### I) SELECCIÓN DEL $f'_{cr}$ :

$f'_c =$	600	kg/cm <sup>2</sup>
----------	-----	--------------------

$$F'_{cr} = k * F'_c \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 1.2 * 600 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 720 \quad \text{kg/cm}^2$$

Control en obra	k
Bueno	1.2
Mediano	1.3
Malo	1.4
No Control	1.5

##### II) SELECCIÓN DE LA CONSISTENCIA

fluida >5"

### III) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL

T.M.N= 1/2 "

### IV) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (TABLA 10.2.2)

V.U.A= 238 l/m<sup>3</sup>

Aditivo reduce agua hasta 25%:  
18%\*V.U.A = 195.16 m<sup>3</sup>

### V) SELECCIÓN DEL AIRE ATRAPADO (TABLA 11.2.1)

PARA T.M.N DE 1/2 " = 2.5 %

### VI) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO

POR RESISTENCIA: (TABLA 12.2.2)

(Extrapolando)

400	=	0.43
450	=	0.38
720	=	x

x= 0.11 ==> muy bajo

POR DURABILIDAD:

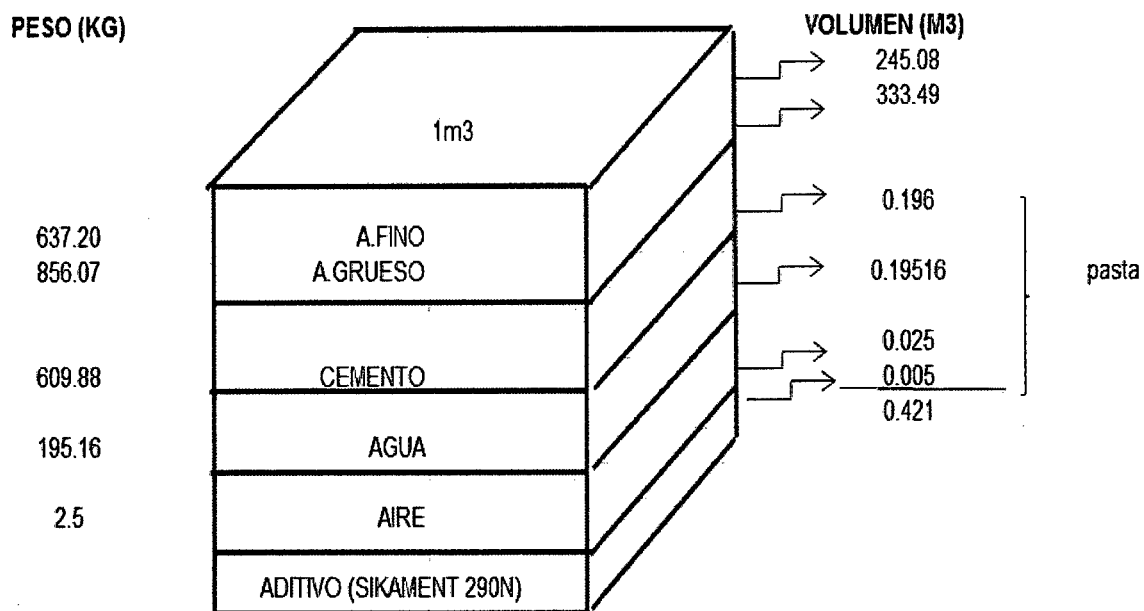
(No aplica)

**.=> POR SER CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA NO SE APLICA LAS TABLAS PARA CONCRETOS NORMALES LA RELACIÓN AGUA CEMENTO SE SELECCIONA A BASE DE ESTUDIOS ANTERIORES Y DE LA EXPERIENCIA EN LABORATORIO, CONSIDERAMOS:**

a/c = 0.32

### VII) SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

a/c= 0.32  
c= 609.88 kg 14.4 bolsas



**VIII) VOLUMEN DE LA PASTA**

C= 0.196 m3  
 AGUA= 0.195 m3  
 AIRE= 0.025 m3

**IX) VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GLOBAL**

V.ABS.AGREGADO.  
 GLOBAL= 0.579 m3

**X) CÁLCULO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS (mc)**

De los ensayos obtenidos en el laboratorio tenemos:

mf= 3.07  
 mg= 6.8  
 mc= 5.2

TAMIZ	GRAVA	ARENA	TANTEOS		
	X	Y	GRAVA	ARENA	SUMATORIA
	%Ret.Acum.	%Ret.Acum.	0.51	0.49	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	0.49	0.00	0.25	0.00	0.25
1/2"	47.01	0.00	23.98	0.00	23.98
3/8"	80.68	0.00	41.15	0.00	41.15
#4	99.92	9.59	50.96	4.70	55.66
#8	100.00	30.60	51.00	15.00	66.00
#16	100.00	43.64	51.00	21.38	72.38
#30	100.00	56.50	51.00	27.69	78.69
#50	100.00	75.27	51.00	36.88	87.88
#100	100.00	91.25	51.00	44.71	95.71

M.F.I	
=	5.22

Cálculo del porcentaje del agregado fino con relación al volumen absoluto total del agregado:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100 = 42.359 \% = 0.424$$

Cálculo de los pesos secos de los agregados:

$$\text{Agregado Fino} = \frac{\text{Vol. Abs. Agregados} \times \text{Porcentaje de A.Fino}}{100}$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{0.588 \times 42.51}{100} = 0.245 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 0.245 \times 2.60 \times 1000 = 637.20 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = \text{Volumen Absoluto de Agregados} - \text{Agregado Fino}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.588 - 0.245 = 0.333 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.333 \times 2.567 \times 1000 = 856.075 \text{ kg/m}^3$$



**Valores de diseño, de las cantidades de materiales calculados por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados:**

Cemento	=	<b>609.88</b>	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino seco	=	<b>637.20</b>	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	=	<b>856.07</b>	kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	=	<b>195.16</b>	lt/m <sup>3</sup>

Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de cemento:

Cemento	=	<b>42.5</b>	kg/saco
Agregado Fino seco	=	<b>44.40</b>	kg/saco
Agregado Grueso Seco	=	<b>59.66</b>	kg/saco
Agua de Diseño	=	<b>13.6</b>	lt/saco

Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad

Cemento	=	<b>1</b>
Agregado Fino seco	=	<b>1.04</b>
Agregado Grueso Seco	=	<b>1.40</b>
Agua de Diseño	=	<b>13.6</b>

**Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño:**

**Contenido de humedad de los agregados:**

Agregado Fino =	4.54	%
Agregado Grueso =	0.31	%

**Peso Húmedo de los Agregados:**

Agregado Fino =	637.20	*	1.045	=	<b>666.13</b>	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso =	856.07	*	1.003	=	<b>858.73</b>	kg/m <sup>3</sup>

**Humedad Superficial de los Agregados:**

		<b>(w%-abs%)</b>			
Agregado Fino =	4.54	-	2.42	=	<b>2.12</b> %
Agregado Grueso =	0.31	-	1.53	=	<b>-1.22</b> %

**Aporte de humedad de los agregados:**

Agregado Fino =	$(2.12/100)*650.21 =$	13.5
Agregado Grueso =	$(1.22/100)*868.05 =$	-10.4

**Aporte Total=** 3.1 lt/m<sup>3</sup>

**Agua Efectiva:**

Agua Efectiva= 195.16 - 3.1  
192.1 lt/m<sup>3</sup>

**Los pesos de los materiales ya corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en la mezcla, serán:**

Cemento	=	609.88 kg
Agregado Fino hum	=	666.13 kg
Agregado Grueso hum	=	858.73 kg
Agua de Diseño	=	192.1 lt
Aditivo SIKAMENT 290N	=	5.17 lt

Cantidad de materiales, ya corregidos por humedad se necesitan en una tanda de un saco de cemento

Cemento	=	42.5 kg/saco
Agregado Fino seco	=	46.42 kg/saco
Agregado Grueso Seco	=	59.84 kg/saco
Agua de Diseño	=	13.4 lt/saco

**Relación Agua/Cemento**

RelaciónA/C de Diseño=	195.16/609.88=	0.32
RelaciónA/C Efectiva=	192.1/609.88=	0.31

**Proporción en peso de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado:**

Cemento	=	1
Agregado Fino seco	=	1.09
Agregado Grueso Seco	=	1.41
Agua de Diseño	=	13.4 lt/saco

**Proporcionamiento para 3 especímenes**

Cemento	=	12.2 kg
Agregado Fino seco	=	13.3 kg
Agregado Grueso Seco	=	17.2 kg
Agua de Diseño	=	3.8 lt
sika	=	0.10 lt

#### **Dosis de Aditivo SIKAMENT 290 N**

densidad=	1.18	kg/L
Consumo. 1% Peso de cemento=		0.041
Volm Aditivo =	0.0345	L

**POR PESO**

$$P_p = \frac{609.88}{609.88} : \frac{P_{af}}{609.88} : \frac{P_{ag}}{609.88}$$

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 666.1319 \quad : \text{Peso húmedo del agregado Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 858.7284 \quad : \text{Peso húmedo del agregado Grueso}$$

$$P_p = \frac{609.88}{609.88} : \frac{666.13}{609.88} : \frac{858.73}{609.88}$$

$$1 : 1.09 : 1.41 \quad / \quad 13.39 \text{lt/mezcla}$$

**POR VOLUMEN**

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}}$$

$$P_{ush} = (P_{uss}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

1 pie<sup>3</sup> cemento = 42.5kg

1m<sup>3</sup> = 35.51 pie<sup>3</sup>

$$\text{Push} = 1767.4682 \quad \text{kg/m}^3$$

$$\text{Push} = 1389.0427 \quad \text{kg/m}^3$$

$$14.35 : 13.31 : 21.83 : 13.39$$

Proporción:

$$1 : 0.93 : 1.52 : 13.39$$

**Ajuste por Powerls:**

**datos**

resistencia en laboratorio	704.00
resistencia de diseño	600.00
a/c de diseño	0.3

Para  $f'c=704$ ,  $a/c=0.3$  y  $704=2380 x^3$

$$x = 0.66629$$

$$\alpha = 46.01\%$$

Para  $f'c=600$ ,  $\alpha=0.46$  y  $600=2380 x^3$

$$x = 0.632$$

$$a/c = 0.324$$

#### 4.3) PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

- **Consistencia:**

Se determinó el asentamiento de las mezclas de concreto según NTP 339.035, así como también su extensibilidad según NTP 339.219. Los valores de las mezclas del concreto se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla N°20: Valores de Consistencia*

Mezcla	Asentamiento(cm)	Extensibilidad(cm)
CP	21.90	70.0
CP+0.5%N	24.13	72.0
CP+1.5%N	24.89	74.5
CP+3.0%N	25.40	77.0

El concreto patrón posee un asentamiento = 8" debido a que posee un aditivo superplastificante SIKAMENT 290N con una relación A/MC= 0.32, para las demás muestras los asentamientos son superiores a 9" y las extensibilidades superiores a 70 cm, mostrando una consistencia fluida de excelente trabajabilidad (concretos autocompactados), la adición de nanosílice a la mezcla de concreto proporciona mayor cohesión, aumentando su resistencia a la segregación

- **Peso Unitario:**

Se determinó el peso unitario de las mezclas de concreto según NTP 339.046. los valores del peso unitario se clasificaron como concretos de peso normal (1700-2500 kg/m<sup>3</sup>). Los resultados se muestran a continuación:

Tabla N°21 :Valores de peso unitario para concreto fresco

Mezcla	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
CP	2337.03
CP+0.5%N	2412.50
CP+1.5%N	2413.49
CP+3.0%N	2415.47

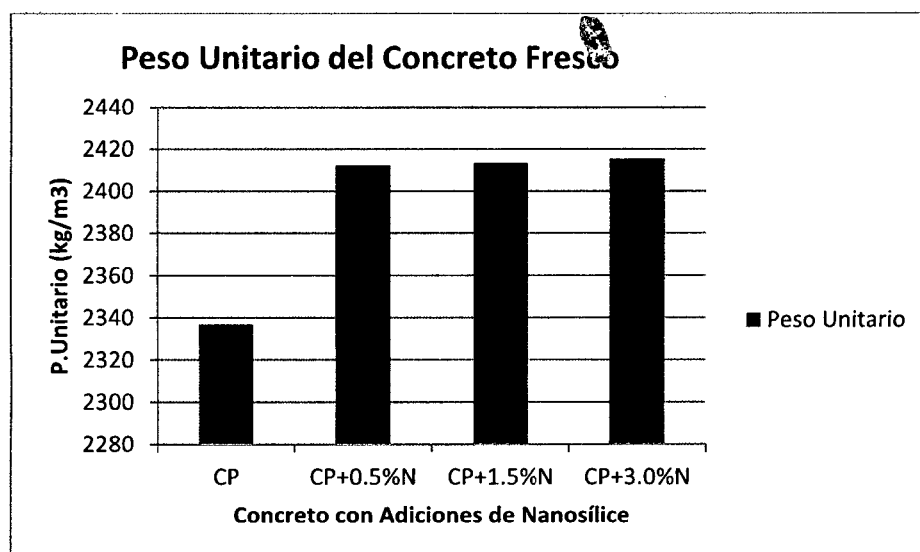


Figura 07. Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco.

Las mezclas de concreto con adición de nanosílice poseen un peso unitario superior al concreto patrón en todos los casos.

#### 4.4) PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

- **Resistencia a la compresión**

Se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a compresión. En la mayoría de los casos los requerimientos de resistencia a compresión se alcanzan a los 28 días y en caso de los concretos de alta resistencia a los 90 días o posterior. La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección transversal, los ensayos a compresión se realizaron en especímenes cilíndricos de 6"x12" curados bajo agua y ensayados a edades de 7, 14 y 28 días. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla N°22: Valores de la Resistencia obtenidos por cada adición de Nanosílice y según la edad del concreto.

CONCRETO CON ADICIONES DE NANOSÍLICE					
RESISTENCIA MECANICA A COMPRESIÓN (kg/cm2)	7 días	0%	0.50%	1.50%	3%
		471.18	454.65	606.19	482.20
		449.13	454.65	600.68	479.44
		471.18	460.16	608.95	498.73
		473.93	462.92	617.22	495.98
		476.69	473.94	619.97	473.93
	484.96	468.43	617.22	471.18	
	14 días	581.40	520.78	683.35	592.42
		584.15	542.82	688.86	589.66
		573.13	540.06	691.61	586.91
		575.88	531.8	683.35	581.40
		573.13	529.04	699.88	586.91
		578.64	534.55	694.37	584.15
	28 días	675.08	596.69	774.28	688.86
		661.30	607.73	768.76	675.08
		675.08	602.21	774.28	680.59
		672.32	607.73	<b>785.30</b>	677.84
		677.84	596.69	777.03	702.63
		666.81	621.55	771.52	705.39

Tabla N°23: Resumen de los promedios de la Resistencia a Compresión según la edad del Concreto.

	0%	0.50%	1.50%	3%
7	471.18	462.46	611.71	483.58
14	577.72	533.18	690.23	586.91
28	671.41	605.43	775.19	688.40

Tabla N°24: Parámetros estadísticos de los resultados a Compresión del Concreto.

Edad (días)	Parámetro	CP	A-1	A-1.5	A-2
		0 %	0 %	1.5 %	3.0=%
7	Media ( $\bar{X}$ )	471.18	462.46	611.71	483.58
	Varianza ( $S^2$ )	142.80	58.99	57.74	129.84
	Desv. Estandar (S)	11.95	7.68	7.60	11.39
	Coef Variacion ( $S/\bar{X}$ )	0.03	0.02	0.01	0.02
	Xmax	484.96	473.94	619.97	498.73
	Xmin	449.13	454.65	600.68	471.18
	14	Media ( $\bar{X}$ )	577.72	533.18	690.24
Varianza ( $S^2$ )		20.25	62.99	41.74	15.18
Desv. Estandar (S)		4.50	7.94	6.46	3.90
Coef Variacion ( $S/\bar{X}$ )		0.01	0.01	0.01	0.01
Xmax		584.15	542.82	699.88	592.42
Xmin		573.13	520.78	683.35	581.40
28		Media ( $\bar{X}$ )	671.41	605.43	775.20
	Varianza ( $S^2$ )	38.50	86.72	32.41	168.26
	Desv. Estandar (S)	6.20	9.31	5.69	12.97
	Coef Variacion ( $S/\bar{X}$ )	0.01	0.02	0.01	0.02
	Xmax	677.84	621.55	785.30	705.39
	Xmin	661.30	596.69	768.76	675.08

- Los resultados de los especímenes de concreto que se obtuvieron en el laboratorio nos indica, que la resistencia a la compresión alcanzada por el Concreto Patrón a la edad de 28 días es de 671kg/cm<sup>2</sup>.
- Los especímenes con adición de 0.5% de Nanosilíce no aumentó la resistencia del Concreto Patrón y el resultado promedio es de 605kg/cm<sup>2</sup>.

- Los especímenes con adición de 1.5% de Nanosílice alcanzaron la resistencia de diseño a la edad de 7 días y siguió incrementándose en un 15% mayor en base al concreto Patrón a la edad de 28 días.
- Los especímenes con adición de 3.0% de Nanosílice aumentaron significativamente en 3% mayor en base al concreto patrón y un 15% mayor en base al  $f'c=600\text{kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, esto se debe a que al ser la dosis máxima según ficha técnica y el concreto muy fluido hubo muestras de segregación.

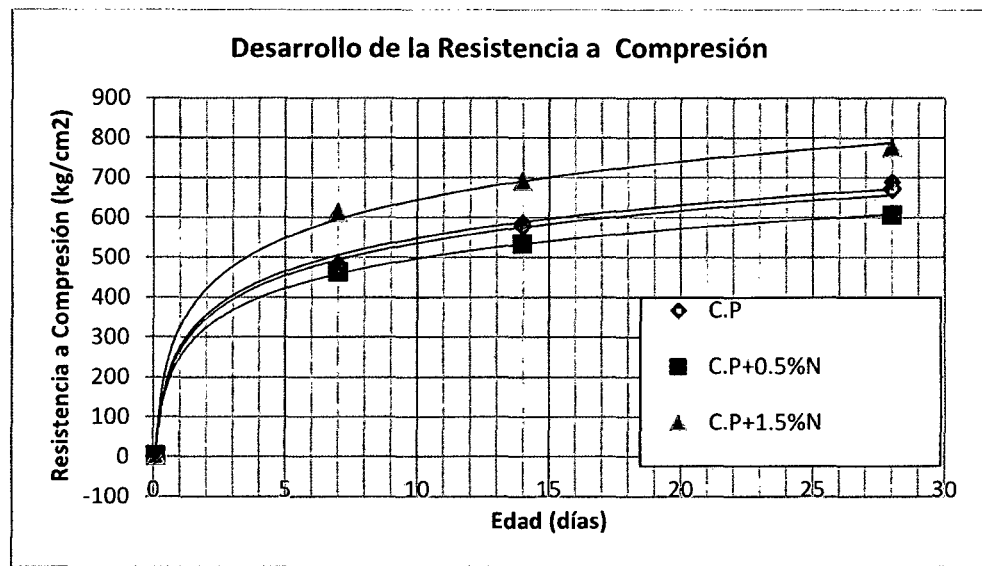


Figura 08. Resumen de la Resistencia a la Compresión según edades del Concreto

De la figura anterior se observa el incremento de la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de concreto hasta la edad de 28 días.

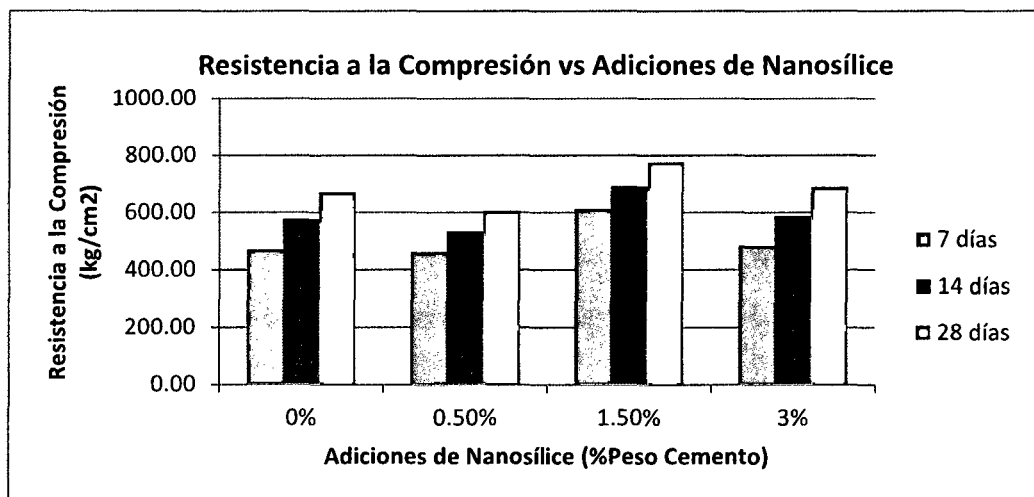




Figura 09. Resumen de la Resistencia a la Compresión de las diferentes Adiciones de Nanosilíce.

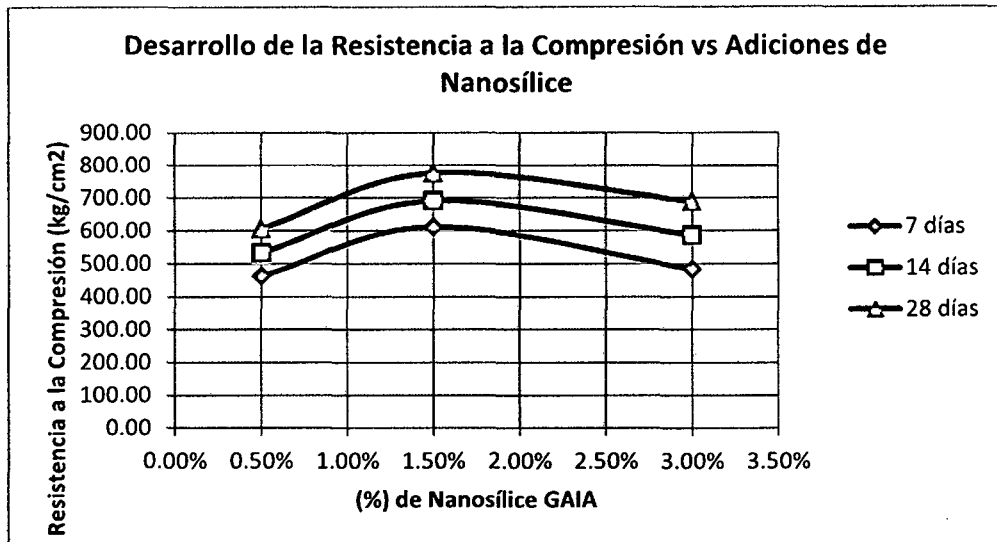


Figura 10. Resumen de la Resistencia a la Compresión de las diferentes Adiciones de Nanosilíce al Concreto según sus edades.

De la figura anterior se aprecia que la dosis óptima de Nanosilíce encontrada es de 1.5% en las diferentes edades del concreto.

- **Módulo de Elasticidad:**

Para las muestras ensayadas el módulo elástico se muestran a continuación:

Tabla N°25: Módulo de Elasticidad obtenida de las gráficas de Esfuerzo-Deformación Unitaria

MÓDULO DE ELASTICIDAD(kg/cm²)				
	0%	0.50%	1.50%	3%
<b>28 días</b>	334092.598	324595.58	349850.62	337846.88
	333146.624	326586.32	344744.91	337143.41
	331843.165	326742.91	348015.80	334717.96
	339777.427	328442.86	356946.59	338041.94
	338929.854	328747.12	347237.28	337986.56
	333353.087	329499.09	351379.33	338321.67

Tabla N°26: Módulo de Elasticidad obtenida del Reglamento del Concreto del Distrito Federal de México-2004 para concretos de Alta Resistencia.

MÓDULO DE ELASTICIDAD(kg/cm <sup>2</sup> ) SEGÚN RCDF-2004: $8500 * \sqrt{f'_c} + 110000$				
	0%	0.50%	1.50%	3%
<b>28 días</b>	330849.549	320227.711	343980.58	333091.73
	328584.366	319278.597	343128.19	330849.55
	330849.549	321172.559	345253.38	331749.14
	330398.375	320700.665	346098.10	331299.80
	331299.803	318802.422	346939.81	335311.61
	329493.244	321643.402	346098.10	335752.96

Tabla N°27: Módulo de Elasticidad obtenida del Reglamento ACI318-05 para todo tipo de concretos.

MÓDULO DE ELASTICIDAD(kg/cm <sup>2</sup> ) SEGÚN ACI318-05: $15100 * \sqrt{f'_c}$				
	0%	0.50%	1.50%	3%
<b>28 días</b>	392332.728	373463.346	415659.63	396315.90
	388308.697	371777.272	414145.38	392332.73
	392332.728	375141.841	417920.71	393930.83
	391531.231	374303.534	419421.33	393132.59
	393132.592	370931.362	420916.60	400259.44
	389923.293	375978.279	419421.33	401043.50

En los cuadros anteriores se resume el módulo de elasticidad obtenida de los diferentes tratamientos del concreto según las diferentes Normas o Reglamentos consultados, siendo el módulo de elasticidad según ASTM C-150 obtenida de las curvas de Esfuerzo vs Deformación Unitaria.

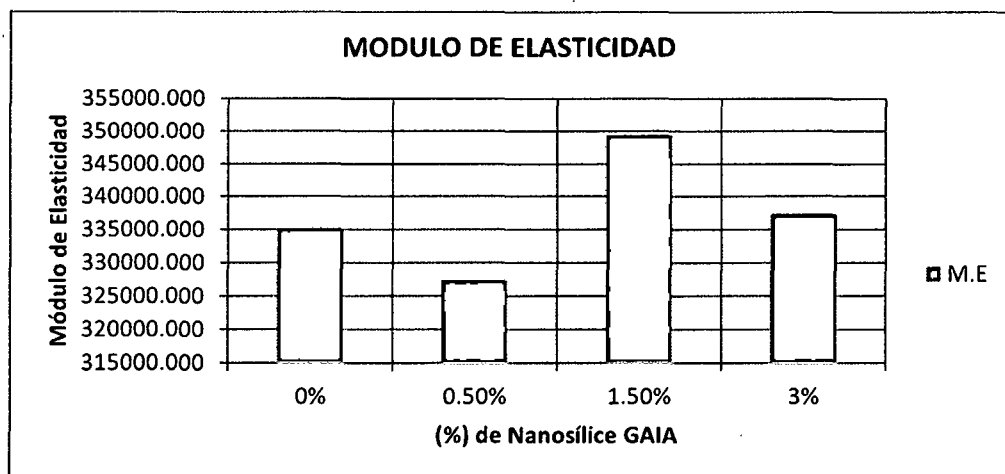


Figura 11. Resumen del Módulo de Elasticidad de las diferentes Adiciones de Nanosilice en el Concreto.

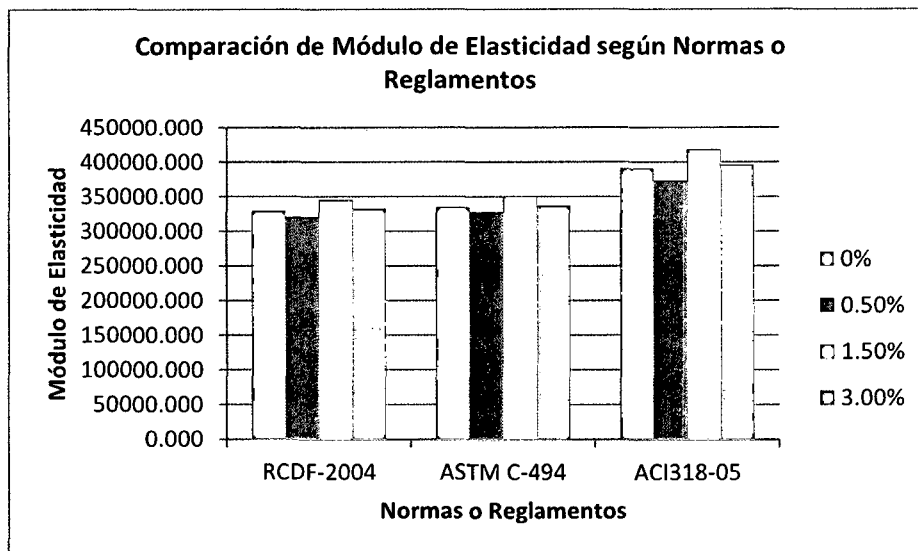


Figura 12. Comparación del Módulo de Elasticidad de las diferentes Adiciones de Nanosilíce en el Concreto.

De la figura anterior se observa una comparación de los diferentes reglamentos consultados siendo el Módulo de Elasticidad del Reglamento del Concreto del Distrito Federal de México-2004 para concretos de alta resistencia y las normas ASTM C-494 de la curva de Esfuerzo-Deformación Unitaria las que más se aproximan.

#### CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS:

- ✓ Con adición del 0.5% (en peso del cemento) de Nanosilíce al Concreto Patrón, la resistencia a la compresión aumentó en 0% a los 28 días de edad, Hipótesis Nula.
- ✓ Con adición del 1.5% (en peso del cemento) de Nanosilíce al Concreto Patrón, la resistencia a la compresión aumentó en 15% a los 28 días de edad, Hipótesis Nula.
- ✓ Con adición del 3.0% (en peso del cemento) de Nanosilíce al concreto Patrón la resistencia a la compresión aumentó en 5% a los 28 día de edad; Hipótesis Nula.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES:**

- Se logró un diseño del Concreto Patrón (C.P) con un superplastificante SIKAMENT 290N, en una dosis del 1% en peso de cemento y con una reducción de agua del 18%, llegando a una resistencia promedio de 671.41kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.
- La dosis óptima de Nanosílice encontrada es de 1.5% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 785.30kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.
- Se obtuvo concretos de alta resistencia a la compresión con un valor de 785.30 kg/cm<sup>2</sup> con adición de nanosílice en 1.5% del peso del cemento, a la edad de 28 días con la propiedad tiene la propiedad de ser un concreto autocompactante.
- El incremento de la resistencia a la compresión encontrado es de un 15% mayor en base al Concreto Patrón, a la edad de 28 días, lo cual se asume seguirá incrementándose hasta los 90 días por ser concreto de alta resistencia.
- La Nanosílice mejora las características tanto al estado fresco como endurecido del concreto en comparación al Concreto Patrón, esto es beneficioso ya que al encontrarse en estado líquido su impacto ambiental es nulo.

### **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda no usar el aditivo del proyecto (GAIA Nanosílice de Ulmen Perú) conjuntamente con el superplastificante (SIKAMENT 290N), ya que no reacciona favorablemente para el incremento de la resistencia a compresión, generando un aumento del número de bolsas de cemento.
- Se debe mantener el curado bajo agua a una misma temperatura (23 °C±2) hasta la fecha de ensayo (NTP 339.183), los concretos de alta resistencia son muy susceptibles a cambios de temperatura.

- Se recomienda realizar los ensayos a compresión del concreto de alta resistencia a la edad de 90 días, que es cuando alcanza su máxima resistencia.
- Investigar el comportamiento del concreto con otros aditivos de Nanosílice y Plastificantes.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

### *Artículos Científicos:*

- Wan, JB; Hyun, KC; ho, TG; Bin, PJ. 2007. Characteristics of cement mortar with nano-SiO<sub>2</sub> particles. *Construction and Building Materials* (21):1351-1355.

### *Libros:*

- Rivva López, E. 2014. *Concreto de Alta Resistencia*. ICG. 3 ed. Lima. P.127p
- Riva López (2010). *Concreto Tomo 2 Diseño de Mezclas*. Fondo Editorial ICG.192p.
- Flavio Abanto Castillo. *Tecnología Del Concreto*. Editorial San Marcos. 239p.
- Lezama Leiva, J.1996. *Tecnología del Concreto*.Cajamarca.82p.

### *Tesis:*

- Vilca Malaver, ME. 2011. "Incidencia Del Porcentaje De Microsílice En Un Concreto Autocompactante". Tesis Profesional. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Huincho Salvatierra, E. 2011. "Concreto De Alta Resistencia Usando Aditivo Superplastificante, Microsílice Y Nanosílice Con Cemento Portland Tipo I". Tesis Profesional. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Aguilar Mundaca,RP. 2007. "Determinación De La Influencia De Las Nanomoléculas De Sílice En El Concreto Frente A Un Factor Que Afecta Su Durabilidad". Tesis Profesional. Valdivia-Chile. Universidad Austral de Chile. p.15

- Laínez, CPE ; Martínez, DME; Velásquez, AGE 2012. "Influencia Del Uso De Microsilíce En Las Propiedades En Estado Fresco Y Endurecido En Concreto De Alta Resistencia". Tesis profesional. San salvador-el salvador. Universidad de el salvador. P.10

## ANEXOS

### A) Propiedades Físicas de los agregados:

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</b> <i>ASTM C 29, NTP 400.017</i>
---

Calculo del peso especifico del agua			
Peso de fiola+agua (gr)	710.70		
Peso de fiola (gr)	212.80		
Peso de agua (gr)	497.90		
Volumen fiola (cm3)	500.00		
Peso especifico=W/V (gr/cm3)	0.9958		
P.e en (kg/m3)	995.80		
Calculo del factor f			
Peso especifico del agua (kg/m3)	995.80		
Peso del Cilindro+vidrio (kg)	4.760		
Peso del Cilindro+vidrio+Agua (kg)	7.700		
Peso Agua (Pagua)=	2.940		
>>> f (1/m3) =	338.707		
ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	8.86	8.89	8.88
Peso de muestra (kg)	4.98	5.01	5.00
f	338.71	338.71	338.71
PUS kg/m3	1685.07	1695.23	1691.84
Peso Unitario Suelto promedio	1690.71		

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	9.22	9.21	9.22
Peso de muestra (kg)	5.34	5.33	5.34
f	338.71	338.71	338.71
PUC kg/m3	1807.00	1803.62	1807.00
Peso Unitario Compactado promedio	1805.88		

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
<i>ASTM C70 / MTC 203-2000</i>			
PESO DE TARA	27.00	25.80	27.70
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA	227.30	208.30	211.50
PESO DE TARA + MUESTRA SECA	218.60	200.30	203.60
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.54	4.58	4.49
<b>PROMEDIO</b>	<b>W%</b>	<b>4.54</b>	

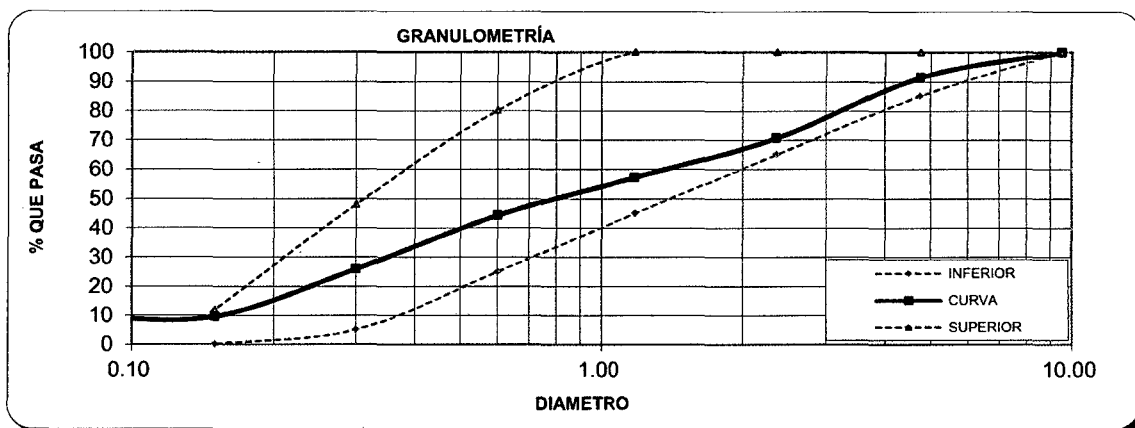


## GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO Y MÓDULO DE FINURA

ASTM C136 / MTC E 204-2000

### ENSAYO N° 1

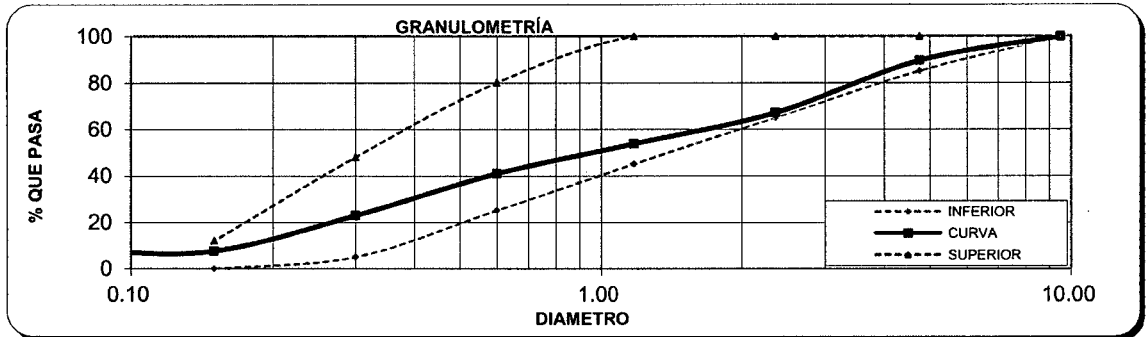
TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA	HUSO GRANULOMÉTRICO	
N°	ABER. (mm)						
3/8	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.76	67.41	8.68	8.68	91.32	85	100
N° 8	2.36	160.60	20.68	29.36	70.64	65	100
N° 16	1.18	103.90	13.38	42.73	57.27	45	100
N° 30	0.6	100.80	12.98	55.71	44.29	25	80
N° 50	0.30	142.50	18.35	74.06	25.94	5	48
N° 100	0.15	127.20	16.38	90.43	9.57	0	12
N° 200	0.08	0.00	0.00	90.43	9.57	MÓDULO DE FINURA 3.01	
CAZOL.		74.30	9.57	100.00	0.00		
TOTAL		776.71					



### ENSAYO N° 2

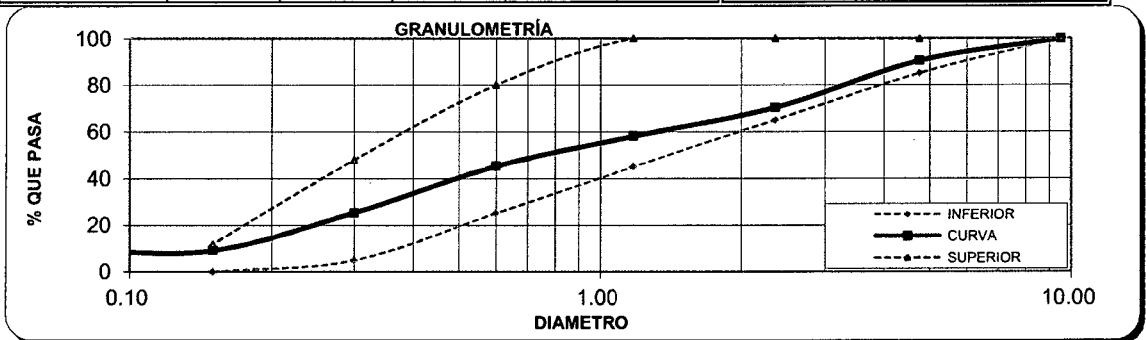
TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA	HUSO GRANULOMÉTRICO	
N°	ABER. (mm)						
3/8	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.76	80.37	10.44	10.44	89.56	85	100
N° 8	2.36	172.30	22.38	32.82	67.18	65	100
N° 16	1.18	103.20	13.41	46.23	53.77	45	100

N° 30	0.6	98.80	12.84	59.07	40.93	25	80	
N° 50	0.30	138.70	18.02	77.08	22.92	5	48	
N° 100	0.15	117.80	15.30	92.39	7.61	0	12	
N° 200	0.08	0.00	0.00	92.39	7.61	MODULO DE FINURA		
CAZOL.		58.60	7.61	100.00	0.00			
TOTAL	769.77						3.18	



**ENSAYO N° 3**

TAMIZ N°	ABER. (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA	HUSO GRANULOMÉTRICO	
3/8	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.76	73.53	9.66	9.66	90.34	85	100
N° 8	2.36	152.00	19.97	29.63	70.37	65	100
N° 16	1.18	93.70	12.31	41.94	58.06	45	100
N° 30	0.6	97.20	12.77	54.71	45.29	25	80
N° 50	0.30	152.00	19.97	74.68	25.32	5	48
N° 100	0.15	123.60	16.24	90.92	9.08	0	12
N° 200	0.08	0.00	0.00	90.92	9.08	MODULO DE FINURA	
CAZOL.		69.10	9.08	100.00	0.00		
TOTAL		761.13				3.02	



<b>MODULO DE FINURA PROMEDIO=</b>	<b>3.07</b>
-----------------------------------	-------------

\*\*\*Para que el módulo de finura se encuentre en los límites requeridos de 2.8 -3.1 se tuvo que eliminar el 70% de agregado retenido en la malla N°4

### A) Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</b> <b>ASTM C 29, NTP 400.017</b>
---

<b>Calculo del peso especifico del agua</b>	
Peso de fiola+agua (gr)	710.70
Peso de fiola (gr)	212.80
Peso de agua (gr)	497.90
Volumen fiola (cm3)	500.00
Peso especifico=W/V (gr/cm3)	0.9958
P.e en (kg/m3)	995.80

<b>Calculo del factor f</b>	
Peso especifico del agua (kg/m3)	995.80
Peso del Cilindro+vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro+vidrio+Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
>>> f (1/m3) =	338.707

<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	8.86	8.89	8.88
Peso de muestra (kg)	4.98	5.01	5.00
f	338.71	338.71	338.71
PUS kg/cm2	1685.07	1695.23	1691.84
Peso Unitario Suelto promedio	1690.71		

<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	9.22	9.21	9.22
Peso de muestra (kg)	5.34	5.33	5.34
f	338.71	338.71	338.71
PUC kg/cm2	1807.00	1803.62	1807.00
Peso Unitario Compactado promedio	1805.88		

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS**

*ASTM C128 / MTC E 206-2000*

<b>DATOS</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	
B=W <sub>grava S.S.S.</sub> (gr)	5234.20	5234.20	5234.20	
W <sub>Malla + grava sumergida</sub> (gr)	5364.80	5364.80	5364.80	
W <sub>Malla Sumergida</sub> (gr)	2138.80	2138.80	2138.80	
C=W <sub>Grava Sumergida</sub> (gr)	3226.00	3226.00	3226.00	
W <sub>Grava Seca</sub> (gr) + tara	5384.00	5384.00	5384.00	
W <sub>tara</sub>	228.80	228.80	228.80	
A=W <sub>Grava Seca</sub> (gr) sin tara	5155.20	5155.20	5155.20	
<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>PROMEDIO</b>
A=Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	5155.20	5155.20	5155.20	5155.20
B=Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	5234.20	5234.20	5234.20	5234.20
C=Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	3226.00	3226.00	3226.00	3226.00
a. Peso especifico de masa $P_e=A/(B-C)$	2.567	2.57	2.57	2.57
b. Peso especifico de masa saturada con superficie seca $P_{esss}=B/(B-C)$	2.61	2.61	2.61	2.61
c. Peso especifico aparente $P_{ea}=A/(A-C)$	2.67	2.67	2.67	2.67
d. Absorsion $Abs=((B-A)/A)*100$	1.53	1.53	1.53	1.53

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

*ASTM C71 / MTC E 203-2000*

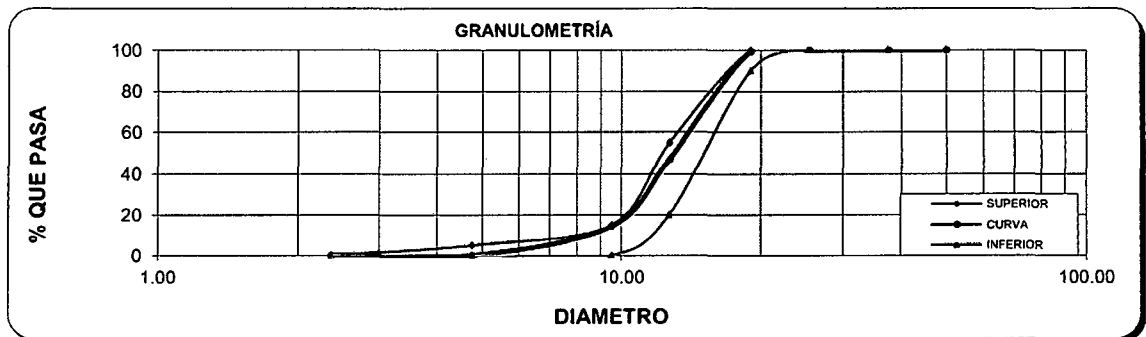
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DE TARA	39.00	39.90	39.50
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA	279.70	268.10	277.20
PESO DE TARA + MUESTRA SECA	278.90	267.20	276.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.33	0.40	0.21
<b>PROMEDIO W%</b>	<b>0.31</b>		

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO Y MÓDULO DE FINURA**

*ASTM C136 / MTC E 204-2000*

**ENSAYO N° 1**

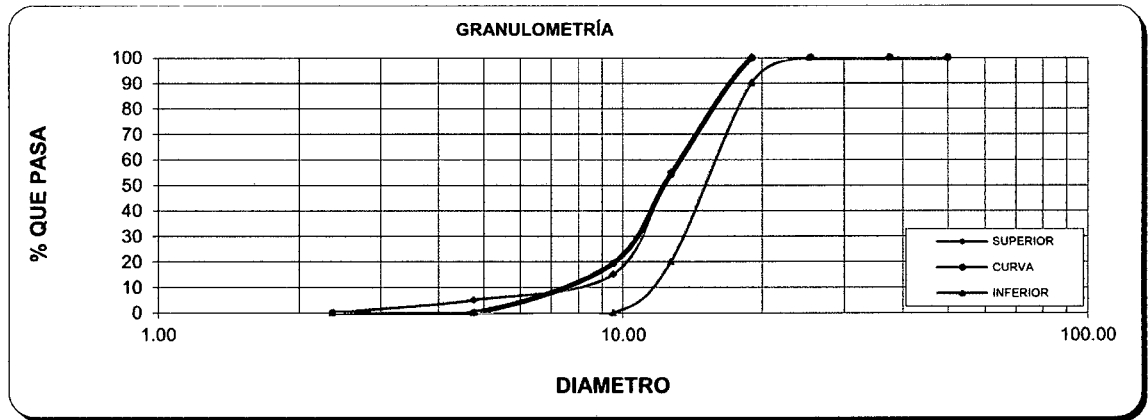
TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA	HUSO GRANULOMÉTRICO 67	
N°	ABER. (mm)					100	100
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
1/2	12.70	2094.00	52.35	53.00	47.00	20	55
3/8	9.51	1307.90	32.70	85.70	14.30	0	15
N° 4	4.76	568.50	14.21	99.91	0.09	0	5
N° 8	2.36	0.00	0.00	99.91	0.09	0	0
CAZOL.		3.50	0.09	100.00	0.00	MÓDULO DE FINURA	
TOTAL		3973.90				6.8552	



**ENSAYO N° 2**

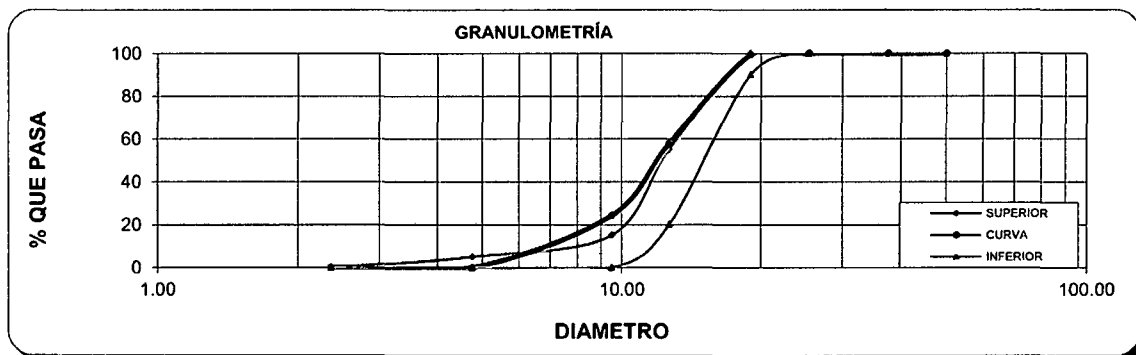
TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA	HUSO GRANULOMÉTRICO 67	
N°	ABER. (mm)					100	100
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
1/2	12.70	1825.00	45.63	45.81	54.19	20	55

3/8	9.51	1390.00	34.75	80.56	19.44	0	_____	15
Nº 4	4.76	775.00	19.38	99.93	0.07	0	_____	5
Nº 8	2.36	0.00	0.00	99.93	0.07	0	_____	0
CAZOL.		2.70	0.07	100.00	0.00	MODULO DE FINURA		
TOTAL		3992.70				6.8045		



**ENSAYO Nº 3**

TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA	HUSO GRANULOMÉTRICO	
Nº	ABER. (mm)					67	
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	_____ 100
1 1/2	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	_____ 100
1	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	_____ 100
3/4	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	_____ 100
1/2	12.70	1640.00	41.53	42.17	57.83	20	_____ 55
3/8	9.51	1325.00	33.56	75.72	24.28	0	_____ 15
Nº 4	4.76	955.00	24.19	99.91	0.09	0	_____ 5
Nº 8	2.36	0.00	0.00	99.91	0.09	0	_____ 0
CAZOL.		3.50	0.09	100.00	0.00	MODULO DE FINURA	
TOTAL		3923.50				6.7548	



<b>MODULO DE FINURA PROMEDIO=</b>	<b>6.80</b>
-----------------------------------	-------------

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO</b> <b>ASTM C 29, NTP 400.017</b>
---

<b>Calculo del peso especifico del agua</b>	
Peso de fiola+agua (gr)	710.70
Peso de fiola (gr)	212.80
Peso de agua (gr)	497.90
Volumen fiola (cm3)	500.00
Peso especifico=W/V (gr/cm3)	0.9958
P.e en (kg/m3)	995.80

<b>Calculo del factor f</b>	
Peso especifico del agua (kg/m3)	995.80
Peso del Cilindro+vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro+vidrio+Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
>>> f (1/m3) =	338.707

<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	7.98	7.97	7.98
Peso de muestra (kg)	4.09	4.09	4.09
F	338.71	338.71	338.71
PUS kg/m3	1385.31	1383.62	1385.31
Peso Unitario Suelto promedio	1384.75		

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	8.45	8.45	8.45
Peso de muestra (kg)	4.57	4.57	4.57
F	338.71	338.71	338.71
PUC kg/m3	1546.20	1546.20	1546.20
Peso Unitario Compactado promedio	1546.20		

### ENSAYO ABRASIÓN

TAMIZ		RETENIDO EN		ENSAYO		
#	(mm)	#	(mm)	1°	2°	3°
1 1/2"	37.50	1"	25.40	0.00	0.00	0.00
1"	25.40	3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	19.00	1/2"	12.70	2500.00	2500.00	2500.00
1/2"	12.70	3/8"	9.51	2500.00	2500.00	2500.00
3/8"	9.51	1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00
1/4"	6.35	N° 4	4.76	0.00	0.00	0.00
N° 4	4.76	N° 8	2.36	0.00	0.00	0.00
<b>SUMATORIA</b>				5000.00	5000.00	5000.00

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso de muestra Seca (gr)	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Wo=Peso de muestra Seca + recipiente (gr)	3535.00	3525.00	3530.00	3530.00
Recipiente (gr)	305.50	305.50	305.50	305.50
Wf=Peso de muestra seca final (gr)	3229.50	3219.50	3224.50	3224.50
ABRASIÓN (%) = (Wo-Wf)/Wo*100	35.41	35.61	35.51	35.51

>>> Resistencia a la abrasión promedio= 35.51 %



## B) Tablas

Tabla N° 01: Husos Granulométricos del Agregado Grueso

Tamaño o max nomin al	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
	100	90m	75	63m	50m	37,5	25m	19m	12,5	9,5m	4,75	2,36	1,18	300
	mm	m	mm	m	m	mm	m	m	mm	m	mm	mm	mm	um
	4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30
1 3 1/2"- 1 1/2"	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2 2 1/2"- 1 1/2"	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3 2"-1"	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
35 2"-N°4 7	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4 1 1/2"- 3/4"	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
46 1 1/2"- 7 N°4	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5 1"-1/2"	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56 1"-3/8"	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57 1"-N°4 3/4"- 3/8"	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
67 3/4"- N°4	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7 1/2"- N°4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8 3/8"- N°8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89 3/8"- N°16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5

*Tabla N° 02. Husos granulométricos del agregado fino*

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.50 mm 3/8"	100
4.75 mm N°4	95 – 100
2.36 mm N°8	80 – 100
1.18 mm N°16	50 – 85
0.60 mm N°30	25 – 60
0.30 mm N°50	05 – 30
0.15 mm N°100	0 – 10

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

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33

*TABLA N° 03. Tipo de gradación según peso retenido para determinar el número de esferas*

TAMAÑO DE LOS TAMICES		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1 1/2")	25.40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19.00 mm (3/4")	12.70 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12.70 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6.35 mm (1/4")	4.76 mm (N° 4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4.76 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	-----	-----	-----	5000 ± 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.019

*TABLA N° 04. Número de esferas según tipo de gradación del material*

GRADACIÓN	NÚMEROS DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (grs)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.019

Tabla N°05. Factor de corrección para desviación estándar.

MUESTRAS	FACTOR DE CORRECCION
menos de 15	Usar tabla siguiente
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Tabla N° 06. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f_c \leq 21$	$f_{cr} = f_c + 7.0$
$21 < f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8.5$
$f_c > 35$	$f_{cr} = 1.1 f_c - 5.0$

Puentes Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) [6]

Tabla N°07. Revenimiento según los tipos de construcción

TIPOS DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
- Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
- Vigas y muros reforzados	10	2
- Columnas	10	2
- Pavimentos y losas	8	2
- Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Tabla N°08. Agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en $lt/m^3$ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.								
	10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1½")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")	
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125	
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140	
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	---	
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
<b>CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50 (1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120	
80 a 100 (3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135	
150 a 180 (6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	---	
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

Tabla N° 09: Agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en $lt/m^3$ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1½"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Tabla N°10. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS ( $f'_{cr}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Tabla N°11. Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición.

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

(\*) La resistencia  $f'c$  no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

Tabla N°12. Contenido de agregado grueso mediante, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MODULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla N° 13. Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
mm.	Pulg.	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Tabla N° 14. Porcentaje de agregado fino.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Agregado Redondeado				Agregado Angular			
		Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
mm.	Pulg.	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4									
10	3/8	60	57	54	51	69	65	61	58
12.5	1/2	49	46	43	40	57	54	51	48
20	3/4	41	38	35	33	48	45	43	41
25	1	40	37	34	32	47	44	42	40
40	1 1/2	37	34	32	30	44	41	39	37
50	2	36	33	31	29	43	40	38	36
70	3	34	32	30	28	41	38	36	34
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7									
10	3/8	66	62	59	56	75	71	67	64
12.5	1/2	53	50	47	44	61	58	55	53
20	3/4	44	41	38	36	51	48	46	44
25	1	42	39	37	35	49	46	44	42
40	1 1/2	40	37	35	33	47	44	42	40
50	2	37	35	33	32	45	42	40	38
70	3	35	33	31	30	43	40	38	36
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 3.0 a 3.1									
10	3/8	74	70	66	62	84	80	76	73
12.5	1/2	59	56	53	50	70	66	62	59
20	3/4	49	46	43	40	57	54	51	48
25	1	47	44	41	38	55	52	49	46
40	1 1/2	44	41	38	36	52	49	46	44
50	2	42	38	36	34	49	46	44	42
70	3	39	36	34	32	46	43	41	39

\* Los valores de la Tabla corresponden a porcentajes del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

\*\* Los valores corresponden a agregado grueso angular en concretos de peso normal sin aire incorporado.



**C) DISEÑO DE CONCRETO CON ADICIONES DE NANOSÍLICE:**

**DISEÑO DE MEZCLA CON 0.5% DE NANOSÍLICE**

**I) SELECCIÓN DEL  $f'_{cr}$  :**

$f'_c =$	600	kg/cm <sup>2</sup>
----------	-----	--------------------

$$F'_{cr} = k \cdot F'_c \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 1.2 \cdot 600 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 720 \quad \text{kg/cm}^2$$

Control en obra	$k$
Bueno	1.2
Mediano	1.3
Malo	1.4
No Control	1.5

**II) SELECCIÓN DE LA CONSISTENCIA**

fluida                      >5"

**III) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL**

$$T.M.N = 1/2 \text{ "}$$

**IV) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (TABLA 10.2.2)**

$$V.U.A = 238 \quad \text{lt/m}^3$$

Aditivo reduce agua hasta 25%:

$$18\% \cdot V.U.A = 195.16 \quad \text{lt/m}^3$$

**V) SELECCIÓN DEL AIRE ATRAPADO (TABLA 11.2.1)**

$$\text{PARA T.M.N DE } 1/2 \text{ " } = 2.5 \quad \%$$

**VI) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO**

POR RESISTENCIA: (TABLA 12.2.2)

(Extrapolando)

400	=	0.43
450	=	0.38
720	=	x

$$x = 0.11 \quad \text{.==> muy bajo}$$

POR DURABILIDAD:

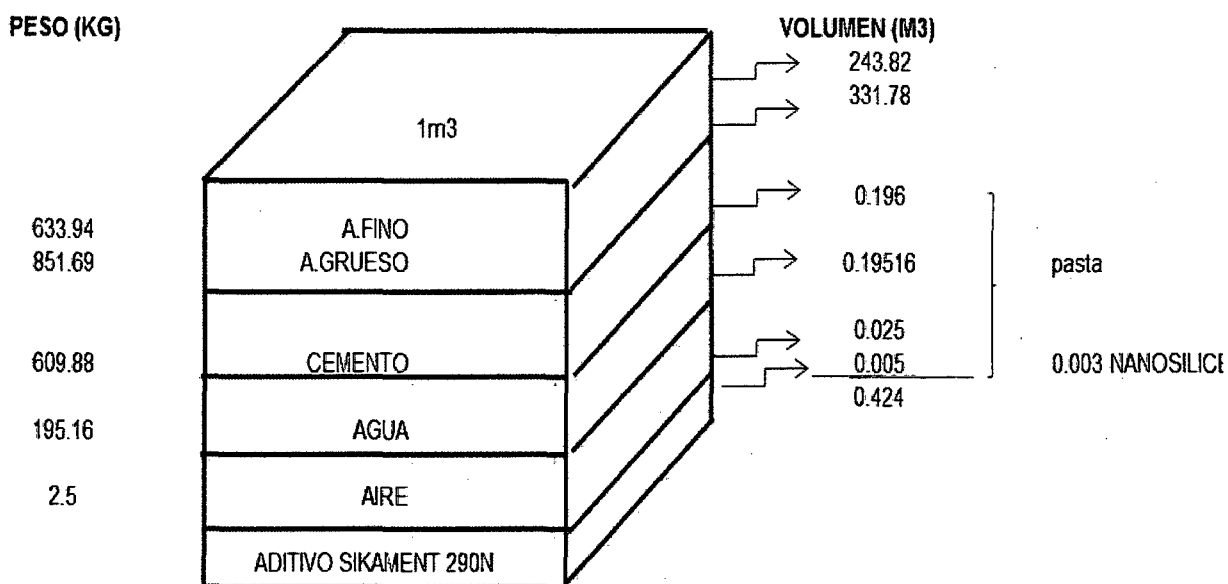
(No aplica)

.=> . **POR SER CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA NO SE APLICA LAS TABLAS PARA CONCRETOS NORMALES LA RELACIÓN AGUA CEMENTO SE SELECCIONA A BASE DE ESTUDIOS ANTERIORES Y DE LA EXPERIENCIA EN LABORATOTIO, CONSIDERAMOS:**

$$a/c = 0.32$$

### VII) SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$\begin{array}{l} a/c= 0.32 \\ c= 609.88 \text{ kg} \end{array} \qquad 14.4 \text{ bolsas}$$



### VIII) VOLUMEN DE LA PASTA

$$\begin{array}{l} C= 0.196 \text{ m}^3 \\ \text{AGUA}= 0.195 \text{ m}^3 \\ \text{AIRE}= 0.025 \text{ m}^3 \end{array}$$

### IX) VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GLOBAL

V.ABS.AGREGAD  
O.GLOBAL= 0.576 m3

**X) CÁLCULO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS (mc)**

De los ensayos obtenidos en el laboratorio tenemos:

mf= 3.07  
mg= 6.8  
  
mc= 5.2

**MODULO DE FINURA DEL AGREGADO INTEGRAL**

TAMIZ	GRAVA	ARENA	TANTEOS		
	X	Y	GRAVA	AREN A	SUMAT ORIA
	%Ret.Acum.	%Ret.Ac um.	0.51	0.49	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	0.49	0.00	0.25	0.00	0.25
1/2"	47.01	0.00	23.98	0.00	23.98
3/8"	80.68	0.00	41.15	0.00	41.15
#4	99.92	9.59	50.96	4.70	55.66
#8	100.00	30.60	51.00	15.00	66.00
#16	100.00	43.64	51.00	21.38	72.38
#30	100.00	56.50	51.00	27.69	78.69
#50	100.00	75.27	51.00	36.88	87.88
#100	100.00	91.25	51.00	44.71	95.71

M.F.I	
=	5.22

Cálculo del porcentaje del agregado fino con relación al volumen absoluto total del agregado:

$$F_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100 = 42.359 \% = 0.424$$

Cálculo de los pesos secos de los agregados:

$$\text{Agregado Fino} = \frac{\text{Vol. Abs. Agregados} * \text{Porcentaje de A.Fino}}{100}$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{0.576 * 42.5}{100} = 0.244 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{0.244 * 2.60 * 1000}{1000} = 633.94 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = \text{Volumen Absoluto de Agregados} - \text{Agregado Fino}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.576 - 0.244 = 0.332 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{0.332 * 2.567 * 1000}{1000} = 851.686 \text{ kg/m}^3$$

**Valores de diseño, de las cantidades de materiales calculados por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados:**

Cemento	=	<b>609.88</b> kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino seco	=	<b>633.94</b> kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	=	<b>851.69</b> kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	=	<b>195.16</b> lt/m <sup>3</sup>

Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad

Cemento	=	<b>1</b>
Agregado Fino seco	=	<b>1.04</b>
Agregado Grueso Seco	=	<b>1.40</b>
Agua de Diseño	=	<b>13.6</b> lt/saco

**Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño:**

**Contenido de humedad de los agregados:**

$$\text{Agregado Fino} = 4.54 \%$$

Agregado Grueso = 0.31 %

**Peso Húmedo de los Agregados:**

Agregado Fino =	633.94	*	1.045	<u>662.72</u> kg/m3
Agregado Grueso =	851.69	*	1.003	<u>854.33</u> kg/m3

**Humedad Superficial de los Agregados:**

		(w%-abs%)		=
Agregado Fino =	4.54	-	2.42	2.12 %
Agregado Grueso =	0.31	-	1.53	-1.22 %

**Aporte de humedad de los agregados:**

Agregado Fino =  $(2.12/100)*64$   
7.01 = 13.4

Agregado Grueso =  $(1.22/100)*86$   
3.78 = -10.4

**Aporte Total=** 3.0 lt/m3

**Agua Efectiva:**

Agua Efectiva= 195.16 - 3.0  
**192.1 lt/m3**

Cemento	=	<b>609.88 kg</b>
Agregado Fino hum	=	<b>662.72 kg</b>
Agregado Grueso hum	=	<b>854.33 kg</b>
Agua de Diseño	=	<b>192.1 lt</b>
Aditivo SIKAMENT 290N	=	<b>5.17 lt</b>
NANO	=	<b>2.97 lt</b>

Cantidad de materiales, ya corregidos por humedad se necesitan en una tanda de un saco de cemento

Cemento = **42.5 kg/saco**

Agregado Fino seco	=	46.18 kg/saco
Agregado Grueso Seco	=	59.53 kg/saco
Agua de Diseño	=	13.4 lt/saco
Aditivo SIKAMENT 290N	=	0.4 lt/saco
NANO	=	0.3 lt/saco

**Relación Agua/Cemento**

Relación A/C de Diseño =	195.16/609.8	8 =	0.32
Relación A/C Efectiva =	192.1/609.88	=	0.32

Proporción en peso de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado:

Cemento	=	1
Agregado Fino seco	=	1.09
Agregado Grueso Seco	=	1.40
Agua de Diseño	=	13.4 lt/saco

Proporcionamiento para 3 especímenes

Cemento	=	12.198 kg
Agregado Fino seco	=	13.25 kg
Agregado Grueso Seco	=	17.09 kg
Agua de Diseño	=	3.8 lt
sika	=	0.103 lt
nano	=	0.059 lt

**Proporciones en peso:**

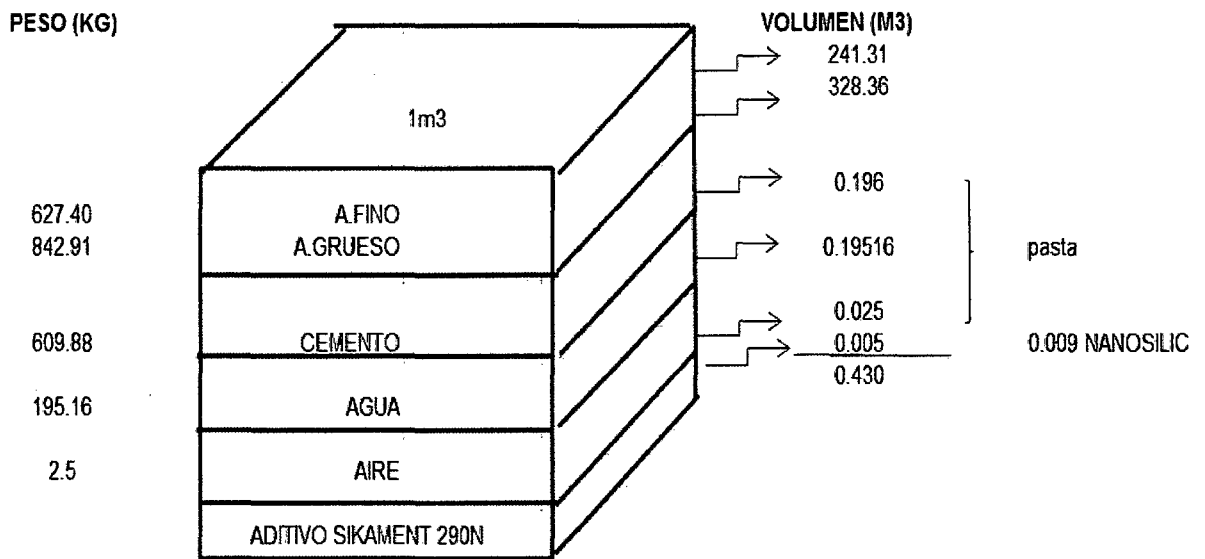
Pp =	609.88	:	:
	609.88	Paf	Pag
		609.88	609.88

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 52.7166 \quad \text{: Peso húmedo del agregado Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 854.3258 \quad \text{: Peso húmedo del agregado Grueso}$$





**Proporciones en peso:**

$$P_p = \frac{609.88}{609.88} : \frac{P_{af}}{609.88} : \frac{P_{ag}}{609.88}$$

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 655.8861 \quad \text{: Peso húmedo del agregado Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 845.5204 \quad \text{: Peso húmedo del agregado Grueso}$$

$$P_p = \frac{609.88}{609.88} : \frac{655.89}{609.88} : \frac{845.52}{609.88}$$

$$1 : 1.08 : 1.39 \quad \text{---} \quad 189.3 \quad \text{lt mezcla}$$

**Proporciones en volumen**

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}}$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

$$P_{ush} = (P_{uss}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

Puss = 1009.0421 kg/m³

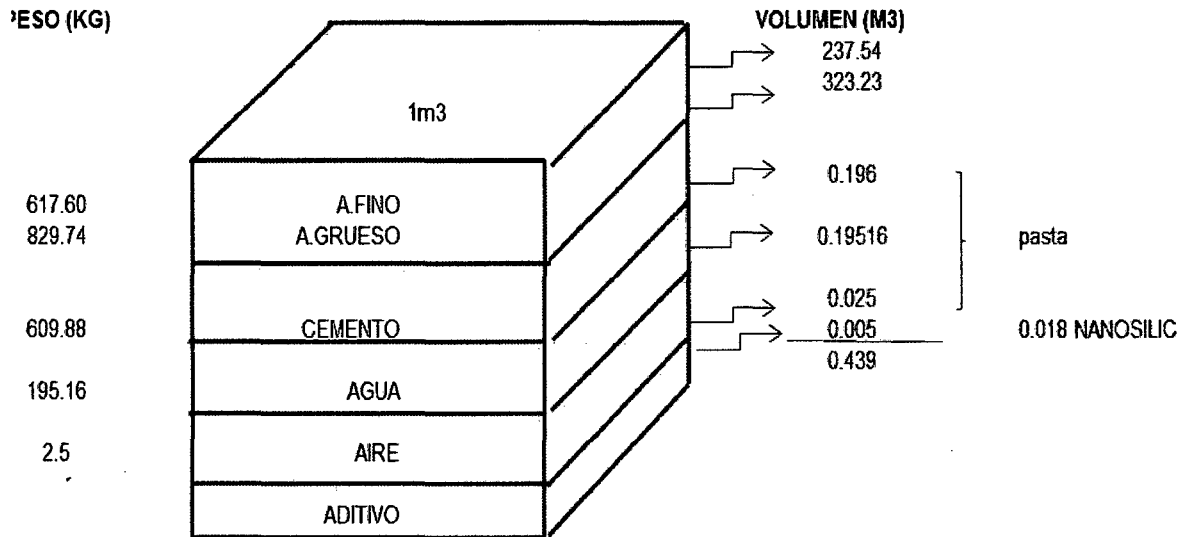
$$14.35 : 12.30 : 21.49 : 13.19$$



Proporción:

1 : 0.86 : 1.50 : 13.19

**PROPORCIÓN EN PESO Y VOLUMEN PARA EL CONCRETO PATRON CON 3.0% DE NANOSILICE:**



**Proporciones en peso:**

Pp= 609.88 : Paf : Pag  
609.88 609.88 609.88

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 345.6404 \quad \text{: Peso húmedo del agregado Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 332.3123 \quad \text{: Peso húmedo del agregado Grueso}$$

Pp= 609.88 : 645.64 : 832.31  
609.88 609.88 609.88

1 : 1.06 : 1.36

189.3 It mezcla

**Proporciones en volumen**

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}}$$

$$P_{ush} = (P_{uss}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

Push= 1883.1330 kg/m3

Push= 1389.0427 kg/m3

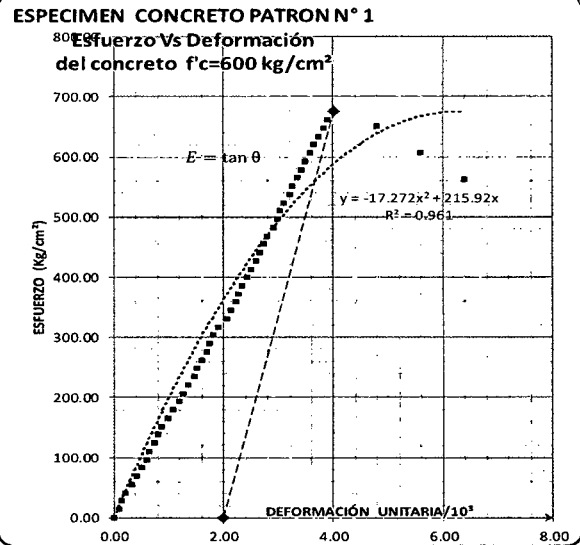
14.35 : 12.11 : 21.16 : 13.20

Proporción:

1 : 0.84 : 1.47 : 13.20

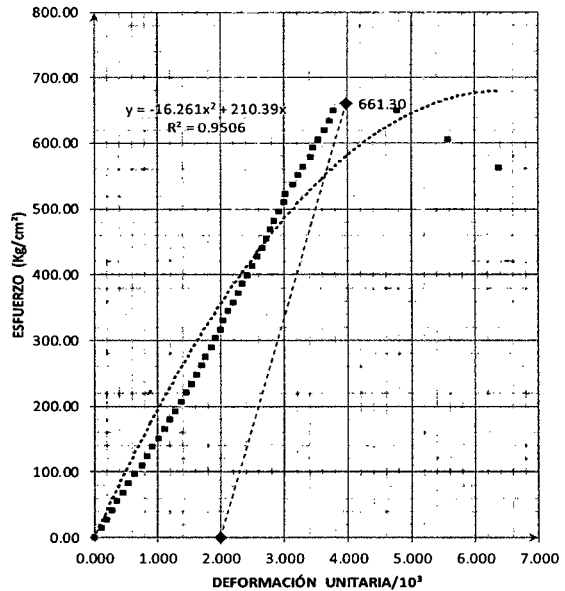
## D) Gráficas de Esfuerzo Deformación Unitaria del Concreto

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	24/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.10	13.78	21.08
5000	0.04	0.14	27.55	30.89
7500	0.07	0.23	41.33	47.74
10000	0.10	0.32	55.11	67.66
12500	0.13	0.42	68.89	87.27
15000	0.16	0.51	82.66	106.55
17500	0.18	0.60	96.44	122.37
20000	0.20	0.66	110.22	134.86
22500	0.23	0.74	123.99	150.28
25000	0.25	0.82	137.77	165.48
27500	0.27	0.88	151.55	177.48
30000	0.30	0.98	165.33	195.20
32500	0.33	1.09	179.10	215.48
35000	0.37	1.21	192.88	235.31
37500	0.39	1.27	206.66	246.45
40000	0.42	1.37	220.43	262.89
42500	0.45	1.46	234.21	279.01
45000	0.47	1.53	247.99	289.57
47500	0.49	1.61	261.77	302.58
50000	0.52	1.70	275.54	317.89
52500	0.53	1.75	289.32	325.43
55000	0.55	1.82	303.10	335.35
57500	0.58	1.91	316.87	349.97
60000	0.63	2.06	330.65	371.29
62500	0.65	2.14	344.43	382.82
65000	0.68	2.22	358.21	394.13
67500	0.69	2.27	371.98	400.81
70000	0.71	2.33	385.76	409.59
72500	0.74	2.43	399.54	422.49
75000	0.76	2.49	413.31	430.92
77500	0.79	2.59	427.09	443.28
80000	0.81	2.65	440.87	451.35
82500	0.83	2.73	454.65	461.23
85000	0.85	2.80	468.42	468.97
87500	0.89	2.91	482.20	482.17
90000	0.91	2.98	495.98	489.52
92500	0.93	3.04	509.75	496.73
95000	0.95	3.10	523.53	503.80
97500	0.98	3.20	537.31	514.12
100000	1.00	3.26	551.09	520.83
102500	1.02	3.35	564.86	529.01
105000	1.04	3.41	578.64	535.40
107500	1.06	3.49	592.42	543.18
110000	1.09	3.57	606.19	550.73
112500	1.11	3.63	619.97	556.62
115000	1.14	3.73	633.75	565.18
117500	1.17	3.83	647.53	573.42
120000	1.19	3.91	661.30	580.03
122500	1.23	4.02	675.08	588.93
118000	1.46	4.79	650.28	638.10
110000	1.71	5.60	606.19	667.43
102000	1.95	6.40	562.11	674.42
Coef. de c	R <sup>2</sup> = 0.961			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	675.08			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	334092.60			
Ecuación Corregida	y = -17.272x <sup>2</sup> + 215.92x			



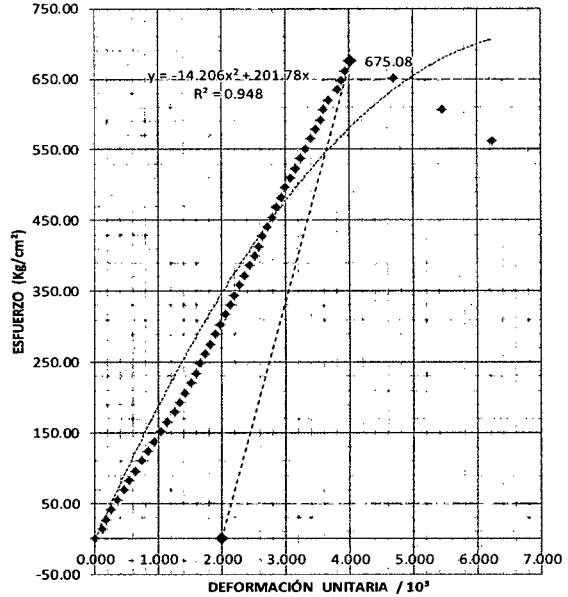
ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	24/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.000	0.00	0.00
2500	0.03	0.112	13.78	23.37
5000	0.06	0.192	27.55	39.81
7500	0.09	0.288	41.33	59.26
10000	0.11	0.368	55.11	75.24
12500	0.14	0.464	68.89	94.14
15000	0.17	0.544	82.66	109.67
17500	0.20	0.640	96.44	128.02
20000	0.23	0.752	110.22	149.05
22500	0.26	0.848	123.99	166.76
25000	0.28	0.928	137.77	181.28
27500	0.31	1.024	151.55	198.43
30000	0.34	1.120	165.33	215.29
32500	0.37	1.200	179.10	229.10
35000	0.39	1.280	192.88	242.71
37500	0.42	1.376	206.66	258.77
40000	0.44	1.456	220.43	271.92
42500	0.47	1.536	234.21	284.86
45000	0.49	1.616	247.99	297.59
47500	0.52	1.696	261.77	310.12
50000	0.54	1.760	275.54	319.99
52500	0.57	1.856	289.32	334.54
55000	0.59	1.920	303.10	344.08
57500	0.61	2.001	316.87	355.81
60000	0.62	2.049	330.65	362.75
62500	0.65	2.129	344.43	374.15
65000	0.67	2.209	358.21	385.34
67500	0.70	2.289	371.98	396.33
70000	0.72	2.353	385.76	404.96
72500	0.74	2.417	399.54	413.47
75000	0.76	2.497	413.31	423.91
77500	0.79	2.577	427.09	434.14
80000	0.81	2.657	440.87	444.17
82500	0.83	2.721	454.65	452.04
85000	0.85	2.785	468.42	459.78
87500	0.87	2.849	482.20	467.38
90000	0.89	2.929	495.98	476.70
92500	0.92	3.009	509.75	485.81
95000	0.92	3.025	523.53	487.61
97500	0.96	3.153	537.31	501.68
100000	0.98	3.217	551.09	508.52
102500	1.00	3.297	564.86	516.88
105000	1.04	3.425	578.64	529.82
107500	1.05	3.457	592.42	532.97
110000	1.08	3.537	606.19	540.71
112500	1.11	3.649	619.97	551.19
115000	1.14	3.729	633.75	558.42
118000	1.16	3.793	650.28	564.06
<b>120000</b>	<b>1.21</b>	<b>3.985</b>	<b>661.30</b>	<b>580.18</b>
118000	1.46	4.785	650.28	634.41
110000	1.70	5.585	606.19	667.82
102000	1.95	6.386	562.11	680.41
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9506			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	661.30			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	333146.62			
Ecuación Corregida	$y = -16.261x^2 + 210.39x$			

ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 2 Esfuerzo Vs Deformación del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	24/11/2014			
Tipo de falla:	V/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.000	0.00	0.00
2500	0.04	0.126	13.78	25.12
5000	0.06	0.188	27.55	37.51
7500	0.08	0.267	41.33	52.84
10000	0.11	0.361	55.11	71.00
12500	0.14	0.455	68.89	88.91
15000	0.17	0.549	82.66	106.57
17500	0.20	0.644	96.44	123.98
20000	0.22	0.738	110.22	141.14
22500	0.26	0.848	123.99	160.84
25000	0.29	0.942	137.77	177.45
27500	0.32	1.036	151.55	193.81
30000	0.35	1.146	165.33	212.57
32500	0.38	1.256	179.10	231.00
35000	0.41	1.350	192.88	246.51
37500	0.44	1.428	206.66	259.25
40000	0.46	1.523	220.43	274.31
42500	0.49	1.601	234.21	286.66
45000	0.51	1.664	247.99	296.42
47500	0.53	1.742	261.77	308.46
50000	0.56	1.821	275.54	320.33
52500	0.58	1.899	289.32	332.01
55000	0.60	1.978	303.10	343.53
57500	0.63	2.056	316.87	354.87
60000	0.65	2.135	330.65	366.03
62500	0.67	2.198	344.43	374.84
65000	0.70	2.292	358.21	387.84
67500	0.72	2.355	371.98	396.36
70000	0.75	2.449	385.76	408.94
72500	0.77	2.527	399.54	419.23
75000	0.79	2.590	413.31	427.33
77500	0.80	2.637	427.09	433.34
80000	0.83	2.716	440.87	443.21
82500	0.86	2.810	454.65	454.82
85000	0.87	2.857	468.42	460.53
87500	0.90	2.951	482.20	471.76
90000	0.91	2.998	495.98	477.29
92500	0.94	3.092	509.75	488.14
95000	0.97	3.171	523.53	496.99
97500	0.99	3.249	537.31	505.67
100000	1.01	3.328	551.09	514.18
102500	1.04	3.406	564.86	522.51
105000	1.06	3.485	578.64	530.66
107500	1.09	3.563	592.42	538.64
110000	1.10	3.610	606.19	543.34
112500	1.12	3.689	619.97	551.04
115000	1.16	3.815	633.75	562.99
117500	1.18	3.877	647.53	568.80
120000	1.20	3.940	661.30	574.50
<b>122500</b>	<b>1.23</b>	<b>4.034</b>	<b>675.08</b>	<b>582.83</b>
118000	1.44	4.709	650.28	635.19
110000	1.67	5.463	606.19	678.35
102000	1.90	6.248	562.11	706.15
Ecuación de la recta	Esf. = -14.453x <sup>2</sup> + 105.21x - 0.1323			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.948			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	675.08			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	331843.16			
Ecuación Corregida	y = -14.206x <sup>2</sup> + 201.78x			

**ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 3 Esfuerzo Vs Deformación del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ**

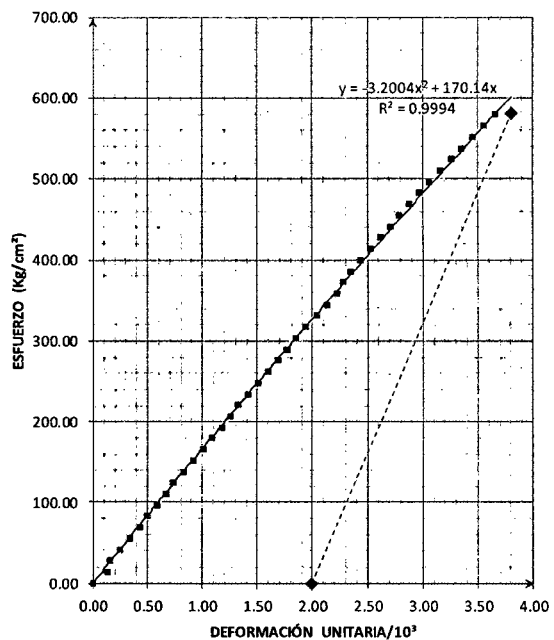


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	10/11/2014			
Tipo de falla:	V/ súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.04	0.13	13.78	22.27
5000	0.05	0.16	27.55	27.57
7500	0.08	0.25	41.33	42.54
10000	0.10	0.34	55.11	57.46
12500	0.13	0.43	68.89	72.33
15000	0.15	0.50	82.66	84.68
17500	0.18	0.59	96.44	99.46
20000	0.20	0.67	110.22	111.73
22500	0.23	0.74	123.99	123.97
25000	0.25	0.83	137.77	138.62
27500	0.28	0.92	151.55	153.21
30000	0.31	1.00	165.33	167.75
32500	0.33	1.09	179.10	182.24
35000	0.36	1.18	192.88	196.68
37500	0.38	1.26	206.66	208.68
40000	0.41	1.33	220.43	220.64
42500	0.43	1.42	234.21	234.94
45000	0.46	1.51	247.99	249.20
47500	0.49	1.60	261.77	263.40
50000	0.51	1.68	275.54	277.56
52500	0.54	1.77	289.32	291.67
55000	0.56	1.85	303.10	303.38
57500	0.59	1.94	316.87	317.39
60000	0.62	2.04	330.65	333.68
62500	0.65	2.13	344.43	347.58
65000	0.68	2.22	358.21	361.44
67500	0.69	2.28	371.98	370.64
70000	0.72	2.35	385.76	382.12
72500	0.74	2.44	399.54	395.85
75000	0.77	2.53	413.31	409.53
77500	0.80	2.62	427.09	423.15
80000	0.82	2.70	440.87	436.73
82500	0.85	2.79	454.65	450.26
85000	0.88	2.88	468.42	463.73
87500	0.91	2.97	482.20	477.16
90000	0.93	3.06	495.98	490.53
92500	0.96	3.16	509.75	506.08
95000	1.00	3.27	523.53	521.55
97500	1.02	3.35	537.31	534.76
100000	1.05	3.46	551.09	550.10
102500	1.09	3.56	564.86	565.38
105000	1.12	3.67	578.64	580.59
105500	1.16	3.80	581.40	600.73
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9994			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	581.40			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	322497.24			
Ecuación Corregida	Esf. = -3.2004x <sup>2</sup> + 170.14x			

### ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 1

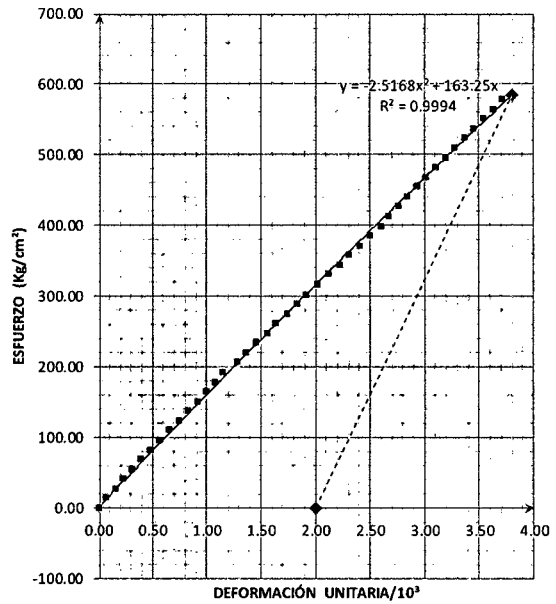
Esfuerzo Vs Deformación  
del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup>

$$E = \tan \theta$$



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN SIN NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	05/02/2013			
Fecha de rotura:	12/02/2013			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.02	0.07	13.78	11.84
5000	0.05	0.16	27.55	26.00
7500	0.07	0.23	41.33	37.78
10000	0.09	0.30	55.11	49.53
12500	0.12	0.39	68.89	63.60
15000	0.15	0.48	82.66	77.63
17500	0.17	0.57	96.44	91.62
20000	0.20	0.65	110.22	105.57
22500	0.23	0.74	123.99	119.49
25000	0.25	0.83	137.77	133.36
27500	0.28	0.91	151.55	147.20
30000	0.31	1.00	165.33	161.00
32500	0.33	1.07	179.10	172.47
35000	0.35	1.15	192.88	183.91
37500	0.39	1.28	206.66	204.44
40000	0.42	1.36	220.43	218.08
42500	0.44	1.45	234.21	231.69
45000	0.47	1.55	247.99	247.51
47500	0.50	1.64	261.77	261.03
50000	0.53	1.74	275.54	276.75
52500	0.56	1.83	289.32	290.19
55000	0.58	1.92	303.10	303.58
57500	0.62	2.02	316.87	319.17
60000	0.65	2.12	330.65	334.70
62500	0.68	2.22	344.43	350.18
65000	0.70	2.31	358.21	363.40
67500	0.73	2.41	371.98	378.79
70000	0.76	2.50	385.76	391.93
72500	0.79	2.60	399.54	407.22
75000	0.81	2.67	413.31	418.10
77500	0.84	2.76	427.09	431.13
80000	0.87	2.85	440.87	444.12
82500	0.89	2.93	454.65	457.08
85000	0.92	3.02	468.42	469.99
87500	0.95	3.11	482.20	482.87
90000	0.97	3.19	495.98	495.71
92500	1.00	3.28	509.75	508.51
95000	1.03	3.37	523.53	521.27
97500	1.05	3.46	537.31	533.99
100000	1.08	3.54	551.09	546.68
102500	1.11	3.63	564.86	559.32
105000	1.13	3.72	578.64	571.93
106000	1.16	3.80	584.15	584.50
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9994			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	584.15			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	323907.11			
Ecuación C	Esf. = -2.5168x <sup>2</sup> + 163.25x			

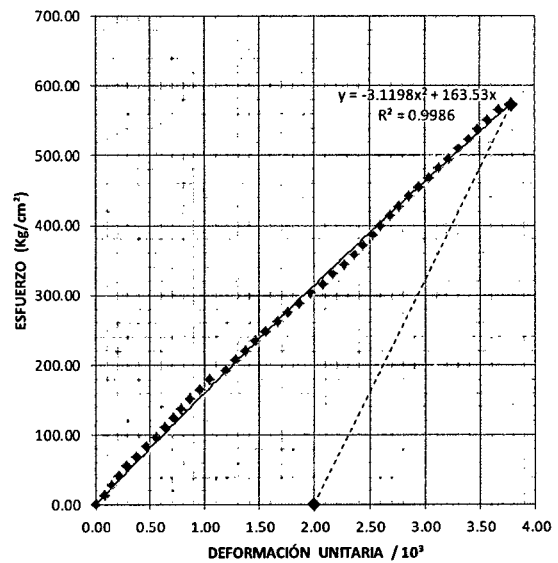
ESPECIMEN SIN NANOSÍLICE N° 2 Esfuerzo Vs Deformación del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	10/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm²):	600			
Area de la probeta (cm²):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.02	0.08	13.78	12.34
5000	0.05	0.15	27.55	24.65
7500	0.06	0.21	41.33	34.47
10000	0.09	0.29	55.11	46.72
12500	0.12	0.38	68.89	61.36
15000	0.14	0.47	82.66	75.96
17500	0.17	0.56	96.44	90.50
20000	0.19	0.64	110.22	102.58
22500	0.22	0.71	123.99	114.63
25000	0.24	0.79	137.77	126.64
27500	0.26	0.86	151.55	138.61
30000	0.29	0.95	165.33	152.93
32500	0.32	1.04	179.10	167.20
35000	0.36	1.19	192.88	190.87
37500	0.39	1.29	206.66	205.00
40000	0.42	1.38	220.43	219.08
42500	0.45	1.47	234.21	233.12
45000	0.47	1.56	247.99	247.09
47500	0.51	1.66	261.77	263.34
50000	0.53	1.75	275.54	277.20
52500	0.57	1.86	289.32	293.32
55000	0.60	1.97	303.10	309.36
57500	0.63	2.07	316.87	325.34
60000	0.66	2.16	330.65	338.97
62500	0.69	2.27	344.43	354.82
65000	0.72	2.36	358.21	368.34
67500	0.74	2.43	371.98	379.57
70000	0.77	2.52	385.76	393.01
72500	0.79	2.60	399.54	404.16
75000	0.82	2.69	413.31	417.50
77500	0.84	2.77	427.09	428.57
80000	0.87	2.86	440.87	441.81
82500	0.90	2.95	454.65	455.01
85000	0.93	3.04	468.42	468.15
87500	0.95	3.13	482.20	481.23
90000	0.98	3.22	495.98	494.27
92500	1.01	3.31	509.75	507.26
95000	1.04	3.40	523.53	520.19
97500	1.06	3.48	537.31	530.93
100000	1.09	3.57	551.09	543.77
102500	1.12	3.67	564.86	558.69
104000	1.15	3.78	573.13	573.53
Coef. de correlación	R² = 0.9986			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	573.13			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	322024.33			
Ecuación C	Esf. = -3.1198x² + 163.53x			

### ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 3

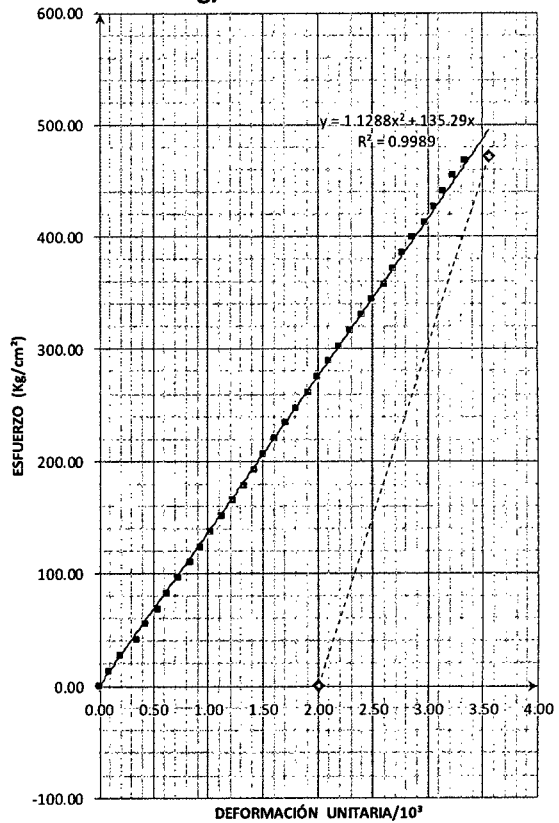
Esfuerzo Vs Deformación  $E = \tan \theta$   
del concreto  $f'c=600 \text{ kg/cm}^2$





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	03/11/2014			
Tipo de falla:	V/ súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.10	13.78	12.96
5000	0.06	0.19	27.55	25.93
7500	0.10	0.34	41.33	46.37
10000	0.13	0.42	55.11	57.54
12500	0.16	0.53	68.89	72.45
15000	0.19	0.62	82.66	83.65
17500	0.22	0.72	96.44	98.61
20000	0.25	0.83	110.22	113.60
22500	0.28	0.93	123.99	126.74
25000	0.31	1.03	137.77	139.89
27500	0.34	1.12	151.55	153.07
30000	0.38	1.23	165.33	168.16
32500	0.40	1.33	179.10	181.38
35000	0.43	1.42	192.88	194.62
37500	0.46	1.50	206.66	205.99
40000	0.49	1.60	220.43	219.27
42500	0.52	1.71	234.21	234.48
45000	0.55	1.80	247.99	247.80
47500	0.58	1.91	261.77	263.06
50000	0.61	2.00	275.54	274.51
52500	0.64	2.09	289.32	287.90
55000	0.67	2.19	303.10	301.31
57500	0.70	2.30	316.87	316.66
60000	0.73	2.39	330.65	330.11
62500	0.76	2.49	344.43	343.58
65000	0.79	2.60	358.21	359.01
67500	0.82	2.68	371.98	370.59
70000	0.84	2.76	385.76	382.19
72500	0.87	2.86	399.54	395.75
75000	0.90	2.97	413.31	411.26
77500	0.93	3.05	427.09	422.91
80000	0.95	3.13	440.87	434.58
82500	0.98	3.23	454.65	448.22
85000	1.02	3.34	468.42	463.82
85500	1.08	3.55	471.18	495.11
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9989			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	261.77			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	303156.04			
Ecuación Corregida	Esf = 1.1288x <sup>2</sup> + 135.29x			

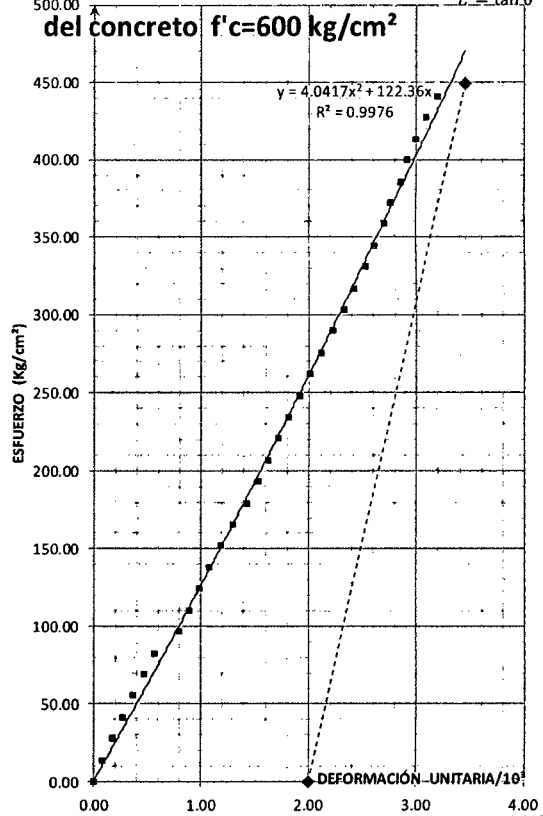
**ESPECIMEN CONCRETO PATRON N°1**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600**  
**kg/cm<sup>2</sup>** E = tan θ



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CONCRETO PATRON N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	03/11/2014			
Tipo de falla:	V/ súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	10.93
5000	0.05	0.18	27.55	21.92
7500	0.08	0.27	41.33	32.98
10000	0.11	0.37	55.11	45.97
12500	0.14	0.48	68.89	59.03
15000	0.17	0.56	82.66	70.31
17500	0.24	0.80	96.44	100.68
20000	0.27	0.89	110.22	112.19
22500	0.30	0.98	123.99	123.76
25000	0.33	1.08	137.77	137.34
27500	0.36	1.19	151.55	151.01
30000	0.40	1.31	165.33	166.74
32500	0.43	1.43	179.10	182.58
35000	0.47	1.53	192.88	196.53
37500	0.50	1.63	206.66	210.58
40000	0.52	1.72	220.43	222.68
42500	0.55	1.81	234.21	234.85
45000	0.58	1.92	247.99	249.13
47500	0.62	2.02	261.77	263.50
50000	0.65	2.12	275.54	277.95
52500	0.68	2.23	289.32	292.49
55000	0.71	2.33	303.10	307.12
57500	0.74	2.42	316.87	319.73
60000	0.77	2.52	330.65	334.52
62500	0.80	2.61	344.43	347.27
65000	0.82	2.70	358.21	360.08
67500	0.84	2.76	371.98	368.65
70000	0.87	2.85	385.76	381.57
72500	0.89	2.91	399.54	390.22
75000	0.91	3.00	413.31	403.25
77500	0.94	3.09	427.09	416.34
80000	0.97	3.19	440.87	431.69
81500	1.05	3.45	449.13	470.51
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9976			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	247.99			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	309332.25			
Ecuación C	Esf. = 4.0417x <sup>2</sup> + 122.36x			

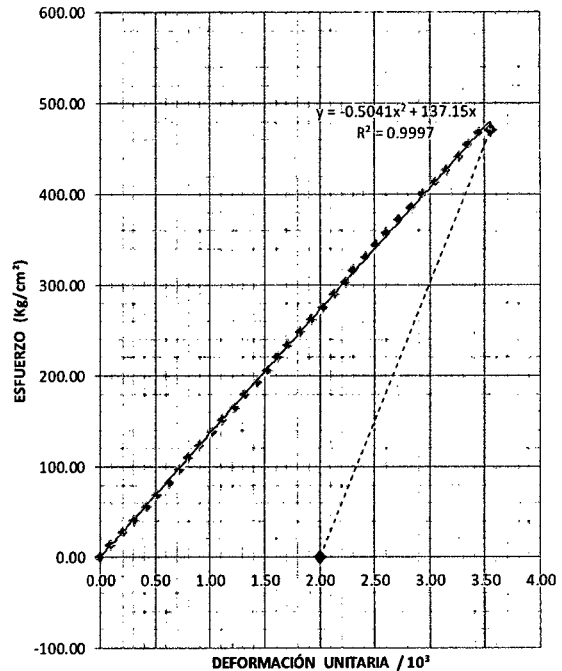
### ESPECIMEN CONCRETO PATRON N°2

#### Esfuerzo Vs Deformación



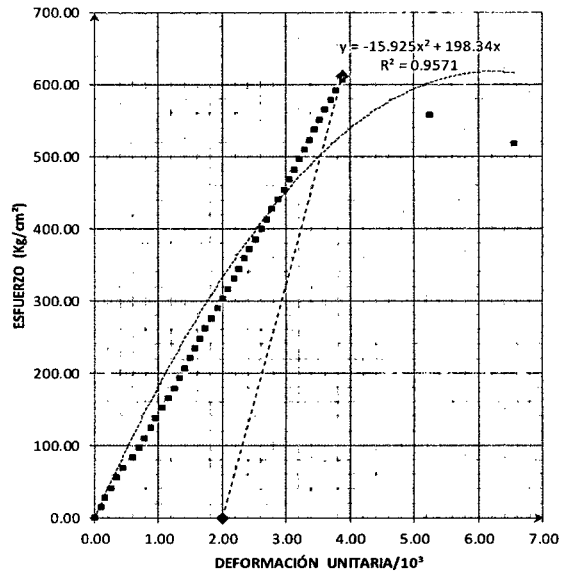
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN SIN NANOSÍLICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 dias			
Fecha de elaboración:	27/10/2014			
Fecha de rotura:	03/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	12.91
5000	0.06	0.20	27.55	27.97
7500	0.10	0.31	41.33	43.01
10000	0.13	0.42	55.11	58.04
12500	0.16	0.52	68.89	70.91
15000	0.19	0.63	82.66	85.92
17500	0.22	0.72	96.44	98.77
20000	0.24	0.80	110.22	109.48
22500	0.28	0.91	123.99	124.45
25000	0.31	1.02	137.77	139.42
27500	0.34	1.11	151.55	152.23
30000	0.37	1.22	165.33	167.17
32500	0.40	1.32	179.10	179.97
35000	0.44	1.43	192.88	194.89
37500	0.46	1.52	206.66	207.67
40000	0.49	1.62	220.43	220.44
42500	0.52	1.71	234.21	233.20
45000	0.56	1.82	247.99	248.07
47500	0.59	1.93	261.77	262.93
50000	0.62	2.03	275.54	275.66
52500	0.65	2.13	289.32	290.50
55000	0.68	2.23	303.10	303.21
57500	0.70	2.31	316.87	313.80
60000	0.74	2.42	330.65	328.61
62500	0.77	2.51	344.43	341.29
65000	0.79	2.61	358.21	353.97
67500	0.83	2.72	371.98	368.74
70000	0.86	2.83	385.76	383.51
72500	0.89	2.94	399.54	398.26
75000	0.93	3.05	413.31	413.00
77500	0.96	3.16	427.09	427.72
80000	1.00	3.27	440.87	442.44
82500	1.02	3.34	454.65	452.94
85000	1.05	3.45	468.42	467.64
85500	1.08	3.55	471.18	480.22
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9997			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	471.18			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	304437.21			
Ecuación Corregida	Esf = -0.5041y <sup>2</sup> + 137.15x			

**ESPECIMEN SIN NANOSÍLICE N° 3**  $E = \tan \theta$   
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup>**



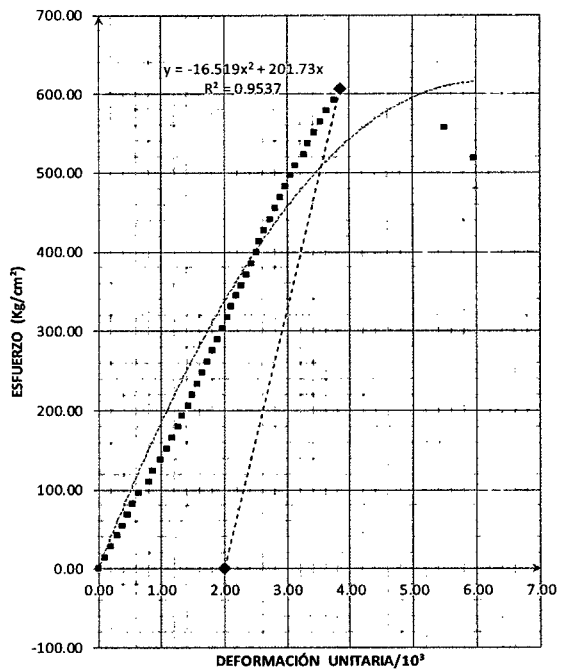
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	28/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.10	13.78	19.37
5000	0.05	0.16	27.55	32.11
7500	0.08	0.25	41.33	48.46
10000	0.10	0.34	55.11	65.82
12500	0.13	0.43	68.89	82.91
15000	0.18	0.60	82.66	113.93
17500	0.21	0.70	96.44	130.25
20000	0.24	0.77	110.22	144.02
22500	0.26	0.87	123.99	159.84
25000	0.29	0.96	137.77	175.40
27500	0.32	1.05	151.55	190.68
30000	0.35	1.15	165.33	207.82
32500	0.38	1.25	179.10	222.52
35000	0.40	1.33	192.88	234.91
37500	0.43	1.42	206.66	249.12
40000	0.46	1.50	220.43	261.09
42500	0.48	1.57	234.21	272.85
45000	0.50	1.65	247.99	284.42
47500	0.53	1.73	261.77	295.79
50000	0.56	1.82	275.54	308.81
52500	0.58	1.92	289.32	321.56
55000	0.61	1.99	303.10	332.27
57500	0.63	2.07	316.87	342.79
60000	0.66	2.18	330.65	356.50
62500	0.69	2.27	344.43	368.21
65000	0.72	2.35	358.21	378.04
67500	0.74	2.43	371.98	387.67
70000	0.77	2.52	385.76	398.65
72500	0.80	2.61	399.54	409.36
75000	0.82	2.69	413.31	418.33
77500	0.85	2.78	427.09	428.55
80000	0.88	2.87	440.87	438.49
82500	0.90	2.97	454.65	448.17
85000	0.93	3.04	468.42	456.25
87500	0.96	3.14	482.20	465.43
90000	0.98	3.22	495.98	473.08
92500	1.00	3.29	509.75	480.54
95000	1.03	3.37	523.53	487.79
97500	1.05	3.45	537.31	494.85
100000	1.08	3.53	551.09	501.72
102500	1.10	3.61	564.86	508.38
105000	1.13	3.70	578.64	515.91
107500	1.16	3.79	592.42	523.17
110000	1.18	3.88	606.19	530.16
111000	1.18	3.88	611.71	530.16
101000	1.60	5.25	556.60	602.33
94000	2.00	6.56	518.02	615.78
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9571			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	606.19			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	324595.58			
Ecuación C	Esf. = -15.925x <sup>2</sup> + 198.34x			

**ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600**       $E = \tan \theta$   
**kg/cm<sup>2</sup>**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	28/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	1.20
5000	0.06	0.20	27.55	2.71
7500	0.09	0.30	41.33	4.10
10000	0.11	0.37	55.11	5.33
12500	0.14	0.45	68.89	6.62
15000	0.17	0.54	82.66	8.25
17500	0.19	0.64	96.44	9.97
20000	0.24	0.79	110.22	13.04
22500	0.27	0.87	123.99	14.67
25000	0.30	0.98	137.77	17.05
27500	0.33	1.09	151.55	19.56
30000	0.36	1.17	165.33	21.42
32500	0.38	1.26	179.10	23.74
35000	0.40	1.32	192.88	25.34
37500	0.43	1.41	206.66	27.81
40000	0.45	1.49	220.43	29.94
42500	0.48	1.57	234.21	32.13
45000	0.50	1.65	247.99	34.38
47500	0.53	1.73	261.77	36.70
50000	0.55	1.80	275.54	39.07
52500	0.57	1.88	289.32	41.51
55000	0.60	1.96	303.10	44.02
57500	0.62	2.04	316.87	46.58
60000	0.64	2.11	330.65	49.21
62500	0.67	2.19	344.43	51.90
65000	0.69	2.27	358.21	54.65
67500	0.72	2.35	371.98	57.47
70000	0.74	2.43	385.76	60.34
72500	0.76	2.50	399.54	63.28
75000	0.78	2.55	413.31	65.08
77500	0.80	2.63	427.09	68.12
80000	0.83	2.72	440.87	71.85
82500	0.85	2.80	454.65	75.02
85000	0.88	2.89	468.42	78.92
87500	0.91	2.97	482.20	82.23
90000	0.93	3.05	495.98	85.61
92500	0.95	3.13	509.75	89.05
95000	1.00	3.27	523.53	95.40
97500	1.01	3.33	537.31	98.28
100000	1.05	3.44	551.09	103.43
102500	1.08	3.53	564.86	107.94
105000	1.11	3.64	578.64	113.31
107500	1.14	3.75	592.42	118.81
110000	1.18	3.86	606.19	124.43
101000	1.67	5.49	556.60	223.41
94000	1.82	5.96	518.02	256.75
Ecuación de la recta	Esf. = -15.88x <sup>2</sup> + 109.56x - 4.8889			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9818			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	606.19			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	326586.32			
Ecuación C	Esf. = -15.88x <sup>2</sup> + 108.14x 6.423*10 <sup>-5</sup>			

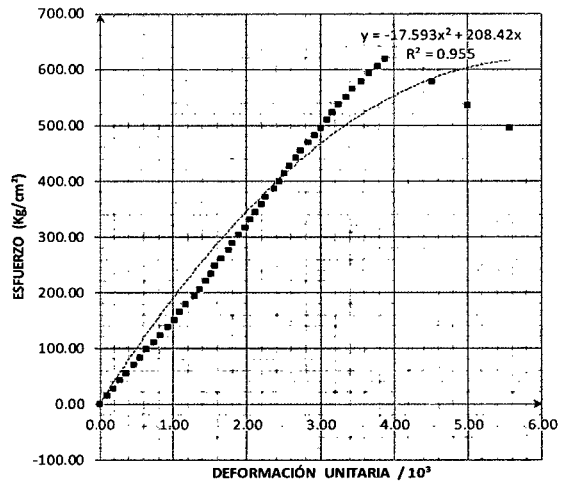
**ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 2**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	28/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.10	13.78	19.94
5000	0.06	0.19	27.55	39.38
7500	0.08	0.27	41.33	55.40
10000	0.11	0.35	55.11	71.20
12500	0.14	0.46	68.89	92.94
15000	0.17	0.54	82.66	108.20
17500	0.20	0.64	96.44	126.21
20000	0.22	0.74	110.22	143.90
22500	0.25	0.83	123.99	161.27
25000	0.28	0.93	137.77	178.30
27500	0.31	1.01	151.55	192.26
30000	0.33	1.09	165.33	205.98
32500	0.36	1.17	179.10	219.48
35000	0.39	1.28	192.88	238.01
37500	0.41	1.36	206.66	250.97
40000	0.44	1.44	220.43	263.70
42500	0.46	1.50	234.21	273.73
45000	0.48	1.57	247.99	283.61
47500	0.50	1.65	261.77	295.76
50000	0.53	1.74	275.54	310.04
52500	0.55	1.81	289.32	319.38
55000	0.58	1.89	303.10	330.85
57500	0.60	1.97	316.87	342.10
60000	0.62	2.05	330.65	353.13
62500	0.64	2.11	344.43	361.78
65000	0.67	2.19	358.21	372.40
67500	0.69	2.26	371.98	380.73
70000	0.72	2.37	385.76	394.96
72500	0.74	2.43	399.54	402.90
75000	0.77	2.51	413.31	412.61
77500	0.79	2.58	427.09	420.22
80000	0.81	2.66	440.87	429.53
82500	0.83	2.74	454.65	438.62
85000	0.86	2.83	468.42	449.22
87500	0.89	2.93	482.20	459.50
90000	0.92	3.01	495.98	467.82
92500	0.94	3.09	509.75	475.92
95000	0.97	3.17	523.53	483.79
97500	0.99	3.25	537.31	491.43
100000	1.02	3.34	551.09	500.30
102500	1.05	3.44	564.86	508.85
105000	1.08	3.55	578.64	518.42
107500	1.12	3.66	592.42	527.54
110000	1.15	3.78	606.19	536.22
112000	1.19	3.89	617.22	544.46
105000	1.38	4.53	578.64	583.08
97000	1.53	5.01	534.55	602.58
90000	1.70	5.57	495.98	615.07
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.955			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	617.22			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	326742.91			
Ecuación Corregida	Esf. = -17.593x <sup>2</sup> + 208.42x			

### ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 3

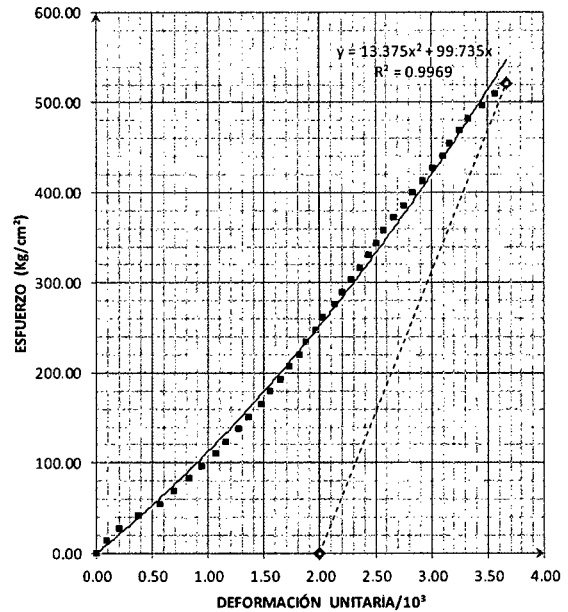
Esfuerzo Vs Deformación  $E = \tan \theta$   
del concreto  $f'c=600 \text{ kg/cm}^2$



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSILICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	14/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	9.07
5000	0.06	0.21	27.55	21.51
7500	0.11	0.37	41.33	39.23
10000	0.17	0.57	55.11	61.11
12500	0.21	0.69	68.89	75.08
15000	0.25	0.82	82.66	91.26
17500	0.29	0.94	96.44	106.04
20000	0.32	1.06	110.22	121.22
22500	0.35	1.15	123.99	132.85
25000	0.39	1.27	137.77	148.69
27500	0.42	1.36	151.55	160.82
30000	0.45	1.47	165.33	175.25
32500	0.47	1.56	179.10	187.86
35000	0.50	1.65	192.88	200.68
37500	0.53	1.72	206.66	211.52
40000	0.55	1.81	220.43	224.74
42500	0.57	1.87	234.21	233.67
45000	0.60	1.96	247.99	247.24
47500	0.62	2.02	261.77	256.41
50000	0.65	2.13	275.54	272.69
52500	0.67	2.20	289.32	284.50
55000	0.69	2.28	303.10	296.46
57500	0.72	2.35	316.87	308.57
60000	0.74	2.44	330.65	323.30
62500	0.76	2.50	344.43	333.24
65000	0.79	2.58	358.21	345.79
67500	0.81	2.67	371.98	361.06
70000	0.84	2.76	385.76	376.55
72500	0.86	2.83	399.54	389.62
75000	0.89	2.92	413.31	405.50
77500	0.92	3.01	427.09	421.59
80000	0.95	3.10	440.87	437.91
82500	0.96	3.16	454.65	448.90
85000	0.99	3.25	468.42	465.58
87500	1.01	3.33	482.20	479.64
90000	1.05	3.46	495.98	505.32
92500	1.09	3.57	509.75	525.63
94500	1.12	3.67	520.78	546.24
Ecuación de la recta	Esf. = -13.305x <sup>2</sup> + 101.3x + 1.9009			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9969			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	520.78			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	311777.28			
Ecuación C	Esf. =13.375x <sup>2</sup> + 99.735x			

**ESPECIMEN CON 0.5% NANOSILICE**

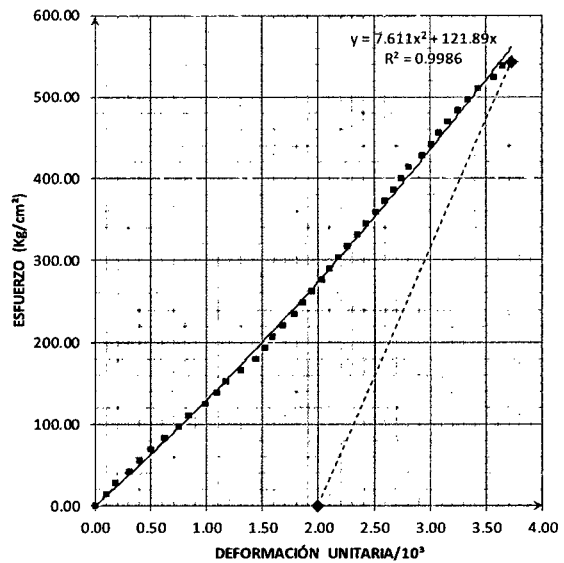
**Esfuerzo Vs Deformación**  $E = \tan \theta$   
**del concreto f'c=600**  
**kg/cm<sup>2</sup>**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	14/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.10	13.78	12.32
5000	0.06	0.18	27.55	22.70
7500	0.09	0.30	41.33	37.42
10000	0.12	0.40	55.11	50.20
12500	0.15	0.50	68.89	63.13
15000	0.19	0.62	82.66	78.41
17500	0.23	0.75	96.44	96.13
20000	0.26	0.84	110.22	107.35
22500	0.30	0.99	123.99	127.80
25000	0.33	1.09	137.77	141.63
27500	0.36	1.17	151.55	153.27
30000	0.40	1.31	165.33	172.12
32500	0.44	1.44	179.10	191.24
35000	0.46	1.52	192.88	203.33
37500	0.48	1.59	206.66	213.08
40000	0.51	1.67	220.43	225.36
42500	0.54	1.77	234.21	240.23
45000	0.57	1.86	247.99	252.75
47500	0.59	1.94	261.77	265.37
50000	0.62	2.03	275.54	278.10
52500	0.64	2.09	289.32	288.36
55000	0.66	2.18	303.10	301.28
57500	0.69	2.26	316.87	314.31
60000	0.71	2.34	330.65	327.44
62500	0.74	2.43	344.43	340.68
65000	0.77	2.51	358.21	354.03
67500	0.79	2.59	371.98	367.48
70000	0.82	2.68	385.76	381.04
72500	0.84	2.75	399.54	391.97
75000	0.86	2.81	413.31	402.96
77500	0.89	2.93	427.09	422.36
80000	0.92	3.01	440.87	436.35
82500	0.94	3.08	454.65	447.62
85000	0.96	3.16	468.42	461.80
87500	0.99	3.25	482.20	476.08
90000	1.02	3.35	495.98	493.36
92500	1.05	3.43	509.75	507.88
95000	1.09	3.57	523.53	531.34
97500	1.11	3.65	537.31	546.14
98500	1.14	3.73	542.82	561.04
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9986			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	542.82			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	313262.79			
Ecuación C	Esf. =7.611x2 + 121.89x			

### ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 2

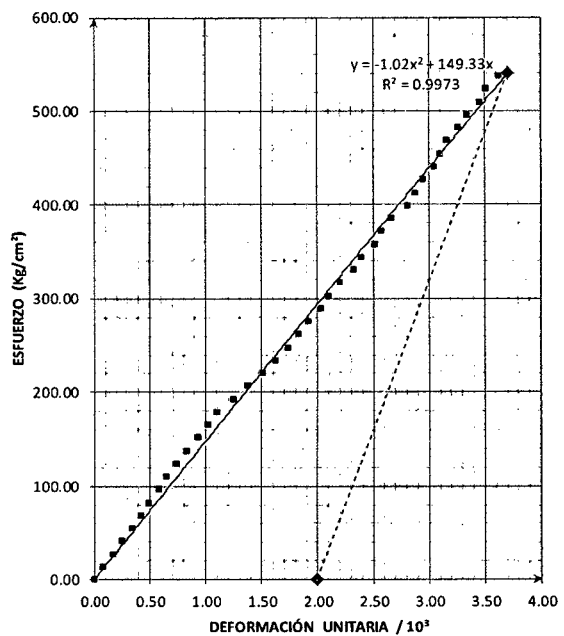
Esfuerzo Vs Deformación del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	14/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.08	13.78	12.37
5000	0.05	0.17	27.55	24.73
7500	0.08	0.25	41.33	37.08
10000	0.10	0.34	55.11	51.17
12500	0.13	0.41	68.89	61.73
15000	0.15	0.49	82.66	72.28
17500	0.18	0.58	96.44	86.32
20000	0.20	0.65	110.22	96.85
22500	0.22	0.73	123.99	109.11
25000	0.25	0.83	137.77	123.11
27500	0.28	0.92	151.55	137.09
30000	0.31	1.02	165.33	151.05
32500	0.34	1.10	179.10	163.25
35000	0.38	1.24	192.88	184.14
37500	0.42	1.37	206.66	203.24
40000	0.46	1.50	220.43	222.32
42500	0.49	1.62	234.21	239.63
45000	0.53	1.73	247.99	255.18
47500	0.56	1.82	261.77	268.99
50000	0.58	1.92	275.54	282.77
52500	0.62	2.03	289.32	298.26
55000	0.64	2.10	303.10	308.58
57500	0.67	2.20	316.87	324.03
60000	0.71	2.32	330.65	341.17
62500	0.73	2.39	344.43	351.44
65000	0.77	2.51	358.21	368.53
67500	0.78	2.57	371.98	377.07
70000	0.81	2.66	385.76	390.71
72500	0.86	2.81	399.54	411.14
75000	0.88	2.88	413.31	421.34
77500	0.90	2.95	427.09	431.53
80000	0.93	3.04	440.87	445.10
82500	0.95	3.10	454.65	453.58
85000	0.96	3.16	468.42	462.04
87500	1.00	3.27	482.20	477.26
90000	1.02	3.34	495.98	487.39
92500	1.05	3.46	509.75	504.26
95000	1.07	3.52	523.53	512.68
97500	1.10	3.62	537.31	527.82
98000	1.13	3.71	540.06	539.58
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9973			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	261.77			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	316339.17			
Ecuación C	Esf. = -1.02x <sup>2</sup> + 149.33x			

**ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 3**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	07/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.04	0.12	13.78	16.67
5000	0.07	0.23	27.55	33.24
7500	0.10	0.34	41.33	47.36
10000	0.13	0.42	55.11	59.08
12500	0.16	0.52	68.89	73.07
15000	0.18	0.60	82.66	84.67
17500	0.21	0.70	96.44	98.53
20000	0.24	0.79	110.22	110.02
22500	0.27	0.89	123.99	123.74
25000	0.30	0.99	137.77	137.39
27500	0.33	1.09	151.55	150.97
30000	0.36	1.19	165.33	164.47
32500	0.39	1.29	179.10	177.90
35000	0.42	1.39	192.88	191.26
37500	0.45	1.48	206.66	202.33
40000	0.49	1.59	220.43	217.75
42500	0.52	1.71	234.21	233.08
45000	0.55	1.81	247.99	246.13
47500	0.59	1.93	261.77	261.27
50000	0.62	2.03	275.54	274.16
52500	0.65	2.15	289.32	289.12
55000	0.69	2.27	303.10	303.97
57500	0.73	2.38	316.87	318.73
60000	0.76	2.50	330.65	333.38
62500	0.80	2.62	344.43	347.94
65000	0.82	2.70	358.21	358.27
67500	0.86	2.82	371.98	372.66
70000	0.89	2.92	385.76	384.91
72500	0.93	3.04	399.54	399.11
75000	0.96	3.14	413.31	411.21
77500	1.00	3.27	427.09	427.22
80000	1.03	3.39	440.87	441.12
82500	1.07	3.51	454.65	454.93
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9997			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	454.65			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	301610.35			
Ecuación Corregida	Esf. = -3.5968x <sup>2</sup> + 142.32x			

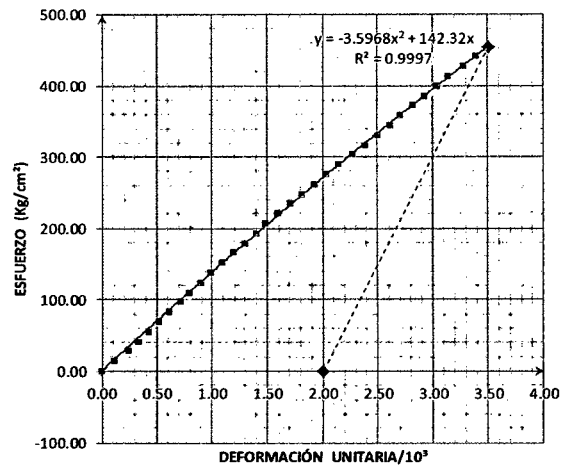
**ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 1**

**Esfuerzo Vs Deformación**

del concreto  $f'_c=600$

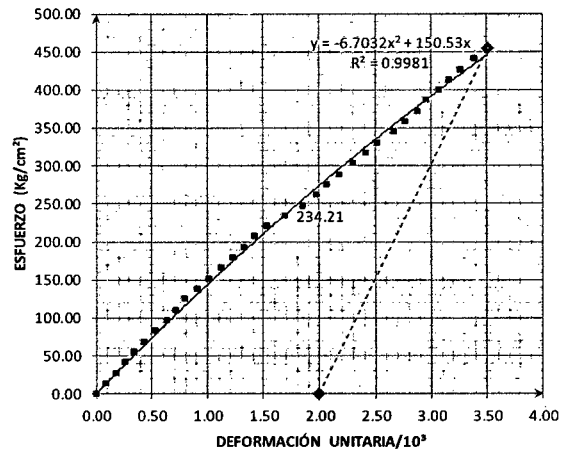
kg/cm<sup>2</sup>

$E = \tan \theta$



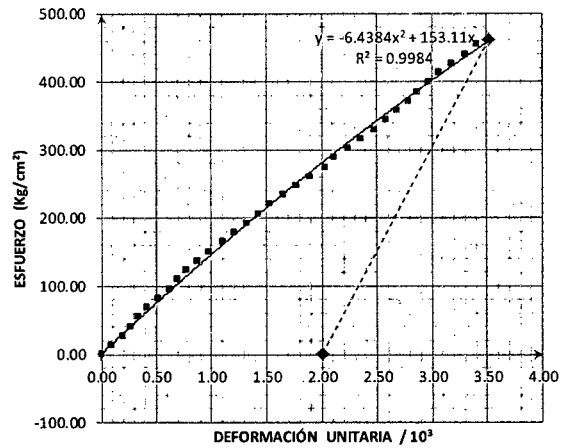
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	31/10/2014			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	14/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	13.29
5000	0.05	0.18	27.55	26.48
7500	0.08	0.27	41.33	39.57
10000	0.10	0.34	55.11	49.96
12500	0.13	0.43	68.89	62.85
15000	0.16	0.53	82.66	78.19
17500	0.19	0.64	96.44	93.37
20000	0.22	0.71	110.22	103.41
22500	0.24	0.80	123.99	115.86
25000	0.28	0.90	137.77	130.66
27500	0.31	1.01	151.55	145.31
30000	0.34	1.12	165.33	159.81
32500	0.37	1.22	179.10	174.16
35000	0.41	1.33	192.88	188.36
37500	0.43	1.42	206.66	200.07
40000	0.46	1.53	220.43	213.99
42500	0.51	1.68	234.21	234.58
45000	0.56	1.84	247.99	254.83
47500	0.60	1.97	261.77	270.34
50000	0.63	2.06	275.54	281.30
52500	0.66	2.18	289.32	296.46
55000	0.70	2.31	303.10	311.41
57500	0.74	2.41	316.87	324.06
60000	0.77	2.52	330.65	336.57
62500	0.81	2.66	344.43	353.00
65000	0.84	2.77	358.21	365.14
67500	0.88	2.87	371.98	377.14
70000	0.90	2.96	385.76	387.02
72500	0.94	3.07	399.54	398.73
75000	0.96	3.16	413.31	408.38
77500	0.99	3.26	427.09	419.82
80000	1.03	3.39	440.87	432.97
82500	1.07	3.51	454.65	445.92
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9981			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	454.65			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	300813.84			
Ecuación C	Esf. = -6.7032x <sup>2</sup> + 150.53x			

**ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 2**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ**

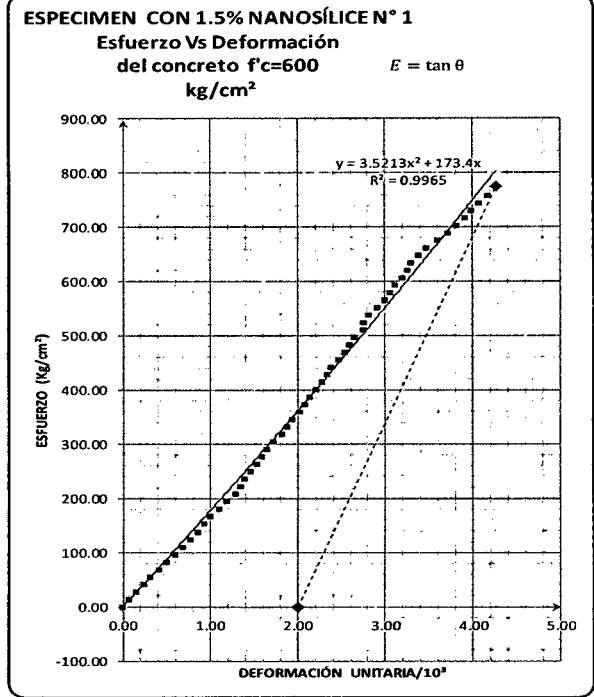


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 0.5% NANOSILICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	31/10/2014			
Fecha de rotura:	07/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	13.10
5000	0.06	0.19	27.55	28.70
7500	0.08	0.26	41.33	39.02
10000	0.10	0.33	55.11	49.28
12500	0.13	0.41	68.89	62.03
15000	0.16	0.52	82.66	77.19
17500	0.19	0.62	96.44	92.22
20000	0.21	0.69	110.22	102.16
22500	0.24	0.77	123.99	114.50
25000	0.27	0.88	137.77	129.19
27500	0.30	0.98	151.55	143.74
30000	0.34	1.10	165.33	160.54
32500	0.37	1.20	179.10	174.79
35000	0.40	1.32	192.88	191.25
37500	0.43	1.43	206.66	205.20
40000	0.47	1.53	220.43	219.02
42500	0.50	1.65	234.21	234.97
45000	0.54	1.77	247.99	250.74
47500	0.58	1.89	261.77	266.31
50000	0.62	2.03	275.54	283.89
52500	0.64	2.11	289.32	294.75
55000	0.68	2.23	303.10	309.79
57500	0.72	2.35	316.87	324.65
60000	0.75	2.47	330.65	339.33
62500	0.79	2.58	344.43	351.76
65000	0.82	2.68	358.21	364.05
67500	0.85	2.78	371.98	376.20
70000	0.87	2.87	385.76	386.23
72500	0.91	2.97	399.54	398.13
75000	0.93	3.06	413.31	407.95
77500	0.97	3.18	427.09	421.53
80000	1.01	3.30	440.87	434.93
82500	1.04	3.40	454.65	446.26
83500	1.07	3.52	460.16	459.32
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9984			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	460.16			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	302471.81			
Ecuación Corregida	Esf. = y = -6.4384x <sup>2</sup> + 153.11x			

**ESPECIMEN CON 0.5% NANOSÍLICE N° 3**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup>**  $E = \tan \theta$

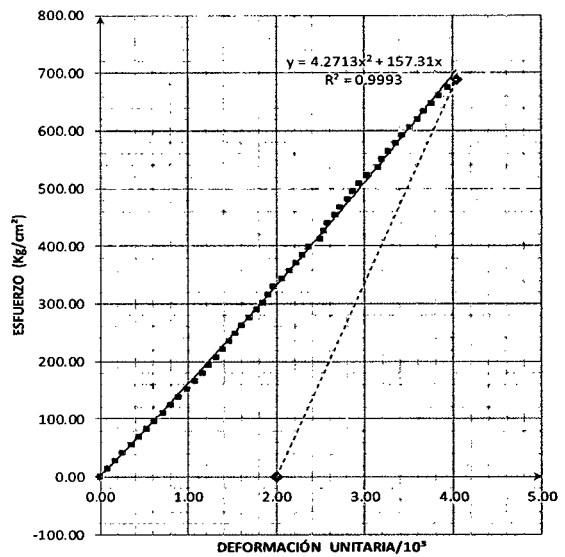


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	30/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.02	0.08	13.78	13.12
5000	0.05	0.15	27.55	26.28
7500	0.07	0.24	41.33	42.15
10000	0.10	0.32	55.11	55.42
12500	0.13	0.41	68.89	71.42
15000	0.15	0.50	82.66	87.48
17500	0.18	0.60	96.44	103.62
20000	0.21	0.69	110.22	119.83
22500	0.24	0.78	123.99	136.11
25000	0.26	0.85	137.77	149.73
27500	0.28	0.93	151.55	163.40
30000	0.31	1.01	165.33	177.12
32500	0.33	1.10	179.10	193.65
35000	0.36	1.19	192.88	210.25
37500	0.39	1.28	206.66	226.92
40000	0.41	1.34	220.43	238.08
42500	0.42	1.39	234.21	246.46
45000	0.45	1.46	247.99	260.48
47500	0.47	1.53	261.77	271.73
50000	0.48	1.59	275.54	283.01
52500	0.50	1.65	289.32	294.32
55000	0.53	1.72	303.10	308.50
57500	0.55	1.82	316.87	325.59
60000	0.57	1.88	330.65	337.02
62500	0.59	1.94	344.43	348.48
65000	0.61	2.01	358.21	362.86
67500	0.63	2.08	371.98	374.39
70000	0.65	2.14	385.76	385.95
72500	0.67	2.21	399.54	400.46
75000	0.69	2.27	413.31	412.09
77500	0.71	2.33	427.09	423.76
80000	0.73	2.38	440.87	432.53
82500	0.75	2.46	454.65	447.19
85000	0.77	2.53	468.42	461.90
87500	0.79	2.59	482.20	473.70
90000	0.81	2.66	495.98	485.54
92500	0.84	2.75	509.75	503.35
95000	0.84	2.75	523.53	503.35
97500	0.86	2.81	537.31	515.26
100000	0.89	2.91	551.09	536.18
102500	0.91	2.99	564.86	551.19
105000	0.93	3.05	578.64	563.23
107500	0.95	3.11	592.42	575.30
110000	0.97	3.19	606.19	590.43
112500	0.99	3.25	619.97	602.57
115000	1.00	3.30	633.75	611.70
117500	1.03	3.39	647.53	630.01
120000	1.06	3.46	661.30	645.32
122500	1.10	3.60	675.08	673.01
125000	1.13	3.71	688.86	694.65
127500	1.16	3.81	702.63	716.39
130000	1.19	3.91	716.41	735.10
132500	1.21	3.98	730.19	750.75
135000	1.24	4.07	743.97	769.59
137500	1.27	4.17	757.74	788.66
140500	1.30	4.27	774.28	809.08
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9967			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	774.28			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	341829.55			
Ecuación Corregida	Esf. =4.2455x2 + 171.59x			



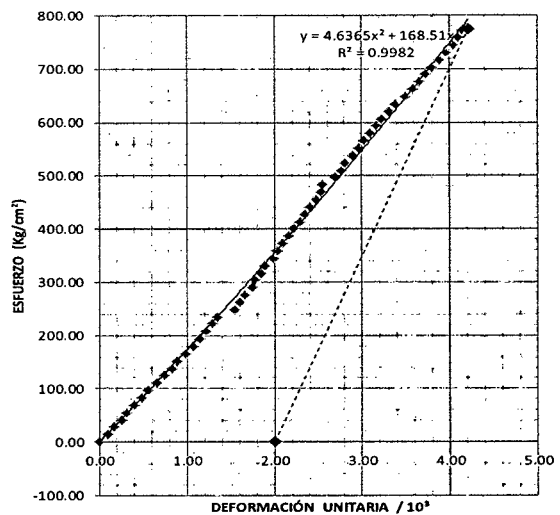
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	16/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	13.49
5000	0.05	0.17	27.55	27.05
7500	0.08	0.26	41.33	40.67
10000	0.11	0.36	55.11	56.64
12500	0.13	0.44	68.89	70.40
15000	0.16	0.53	82.66	84.22
17500	0.19	0.61	96.44	98.10
20000	0.22	0.71	110.22	114.37
22500	0.24	0.80	123.99	128.39
25000	0.27	0.88	137.77	142.47
27500	0.30	0.98	151.55	158.97
30000	0.33	1.07	165.33	173.19
32500	0.35	1.16	179.10	187.46
35000	0.37	1.23	192.88	199.41
37500	0.40	1.31	206.66	213.80
40000	0.42	1.38	220.43	225.84
42500	0.44	1.45	234.21	237.93
45000	0.47	1.53	247.99	250.05
47500	0.49	1.60	261.77	262.22
50000	0.51	1.68	275.54	276.89
52500	0.54	1.77	289.32	291.61
55000	0.57	1.85	303.10	306.40
57500	0.58	1.91	316.87	316.30
60000	0.60	1.97	330.65	326.22
62500	0.63	2.07	344.43	343.65
65000	0.66	2.15	358.21	358.65
67500	0.68	2.23	371.98	371.21
70000	0.70	2.30	385.76	383.80
72500	0.72	2.37	399.54	396.45
75000	0.76	2.50	413.31	419.31
77500	0.77	2.54	427.09	426.96
80000	0.79	2.58	440.87	434.63
82500	0.81	2.67	454.65	450.01
85000	0.83	2.72	468.42	460.30
87500	0.86	2.81	482.20	475.79
90000	0.87	2.87	495.98	486.15
92500	0.90	2.94	509.75	499.14
95000	0.92	3.02	523.53	514.78
97500	0.96	3.15	537.31	538.36
100000	0.97	3.20	551.09	546.25
102500	1.00	3.27	564.86	559.44
105000	1.02	3.35	578.64	575.33
107500	1.04	3.42	592.42	588.61
110000	1.07	3.51	606.19	604.61
112500	1.10	3.59	619.97	620.67
115000	1.12	3.67	633.75	634.10
117500	1.14	3.75	647.53	650.27
120000	1.17	3.84	661.30	666.51
122500	1.20	3.94	675.08	685.54
125000	1.230	4.04	688.86	704.64
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9963			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	688.86			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	338195.66			
Ecuación C	Esf. =4.2713x2 + 157.31x			

**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 2**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
 del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ



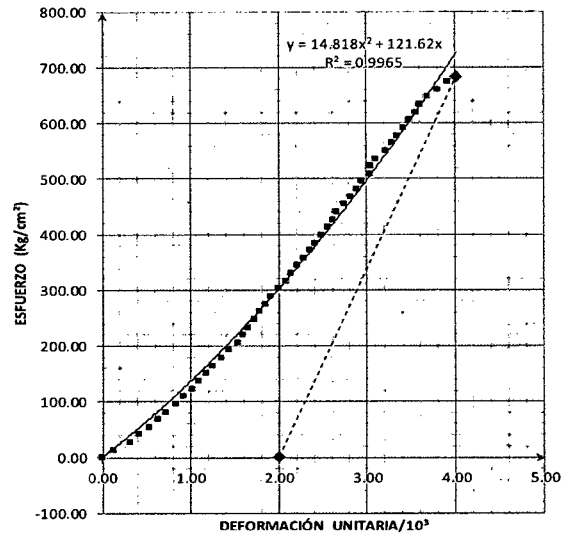
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSILICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	30/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	15.80
5000	0.05	0.17	27.55	29.40
7500	0.08	0.25	41.33	43.06
10000	0.10	0.32	55.11	54.49
12500	0.12	0.40	68.89	68.26
15000	0.15	0.48	82.66	82.08
17500	0.17	0.56	96.44	95.97
20000	0.20	0.65	110.22	112.24
22500	0.23	0.75	123.99	128.59
25000	0.25	0.83	137.77	142.66
27500	0.27	0.89	151.55	154.44
30000	0.30	0.99	165.33	170.99
32500	0.33	1.08	179.10	187.62
35000	0.35	1.15	192.88	199.55
37500	0.37	1.21	206.66	211.52
40000	0.39	1.29	220.43	225.93
42500	0.41	1.35	234.21	235.57
45000	0.47	1.55	247.99	271.96
47500	0.49	1.60	261.77	281.72
50000	0.51	1.67	275.54	293.96
52500	0.53	1.75	289.32	308.71
55000	0.54	1.77	303.10	313.63
57500	0.57	1.85	316.87	328.45
60000	0.58	1.89	330.65	335.89
62500	0.61	1.99	344.43	353.28
65000	0.62	2.04	358.21	363.26
67500	0.64	2.09	371.98	373.26
70000	0.66	2.16	385.76	385.80
72500	0.68	2.23	399.54	398.38
75000	0.70	2.29	413.31	411.00
77500	0.72	2.35	427.09	421.12
80000	0.73	2.40	440.87	431.27
82500	0.76	2.48	454.65	446.55
85000	0.77	2.53	468.42	456.76
87500	0.78	2.55	482.20	459.32
90000	0.82	2.69	495.98	487.56
92500	0.84	2.76	509.75	500.46
95000	0.86	2.81	523.53	510.81
97500	0.88	2.89	537.31	526.39
100000	0.90	2.96	551.09	539.41
102500	0.92	3.03	564.86	552.47
105000	0.94	3.09	578.64	565.57
107500	0.96	3.16	592.42	578.72
110000	0.98	3.23	606.19	591.90
112500	1.01	3.31	619.97	607.77
115000	1.03	3.37	633.75	621.04
117500	1.07	3.49	647.53	645.03
120000	1.09	3.57	661.30	661.10
122500	1.11	3.65	675.08	677.22
125000	1.13	3.72	688.86	690.70
127500	1.16	3.80	702.63	706.93
130000	1.18	3.88	716.41	723.22
132500	1.21	3.96	730.19	739.57
135000	1.23	4.04	743.97	755.97
137500	1.25	4.10	757.74	768.31
140000	1.26	4.13	771.52	775.07
140500	1.28	4.21	774.28	791.34
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.998			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	774.28			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	349939.38			
Ecuación Corregida	Esf. = 4.5246x2 + 168.79x			

**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE**  
**N° 3 Esfuerzo Vs Deformación**  $E = \tan \theta$   
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup>**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSILICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	16/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.04	0.13	13.78	16.22
5000	0.10	0.31	27.55	39.45
7500	0.13	0.42	41.33	53.94
10000	0.16	0.53	55.11	68.78
12500	0.19	0.62	68.89	81.79
15000	0.22	0.72	82.66	95.06
17500	0.25	0.83	96.44	110.86
20000	0.28	0.92	110.22	124.69
22500	0.31	1.02	123.99	138.79
25000	0.33	1.09	137.77	150.73
27500	0.36	1.17	151.55	162.85
30000	0.38	1.25	165.33	175.15
32500	0.41	1.34	179.10	190.16
35000	0.44	1.44	192.88	205.42
37500	0.47	1.53	206.66	220.94
40000	0.49	1.59	220.43	231.44
42500	0.50	1.64	234.21	239.38
45000	0.52	1.72	247.99	252.77
47500	0.54	1.78	261.77	263.61
50000	0.56	1.84	275.54	274.57
52500	0.58	1.91	289.32	285.64
55000	0.60	1.98	303.10	299.64
57500	0.63	2.08	316.87	316.69
60000	0.65	2.14	330.65	328.19
62500	0.67	2.20	344.43	339.82
65000	0.70	2.28	358.21	354.51
67500	0.71	2.34	371.98	366.39
70000	0.73	2.41	385.76	378.39
72500	0.76	2.48	399.54	393.55
75000	0.78	2.55	413.31	405.81
77500	0.80	2.61	427.09	418.18
80000	0.81	2.66	440.87	427.54
82500	0.83	2.73	454.65	443.28
85000	0.86	2.81	468.42	459.20
87500	0.88	2.87	482.20	472.06
90000	0.90	2.94	495.98	485.05
92500	0.92	3.03	509.75	504.74
95000	0.92	3.03	523.53	504.74
97500	0.94	3.09	537.31	518.01
100000	0.98	3.20	551.09	541.51
102500	1.00	3.28	564.86	558.52
105000	1.02	3.34	578.64	572.25
107500	1.04	3.41	592.42	586.10
110000	1.06	3.48	606.19	603.58
112500	1.08	3.55	619.97	617.69
115000	1.10	3.59	633.75	628.34
117500	1.12	3.69	647.53	649.86
120000	1.16	3.80	661.30	675.28
122500	1.19	3.91	675.08	701.07
124000	1.22	4.02	683.35	727.20
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9965			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	683.35			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	339108.91			
Ecuación Corregida	Esf. =14.818x2 + 121.62x			

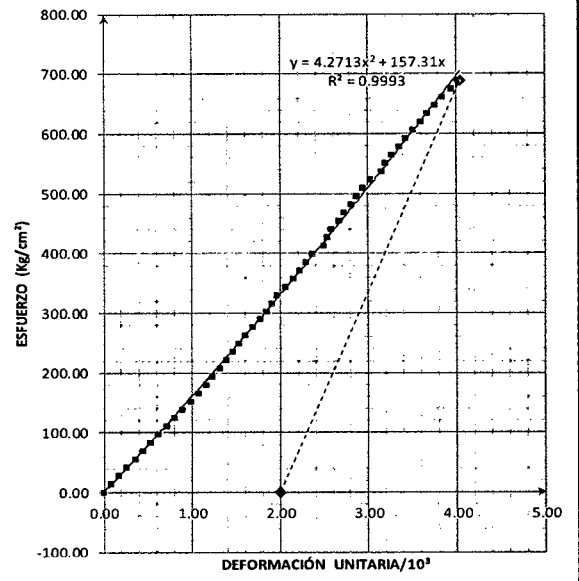
**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSILICE N° 1**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600**  $E = \tan \theta$   
**kg/cm<sup>2</sup>**





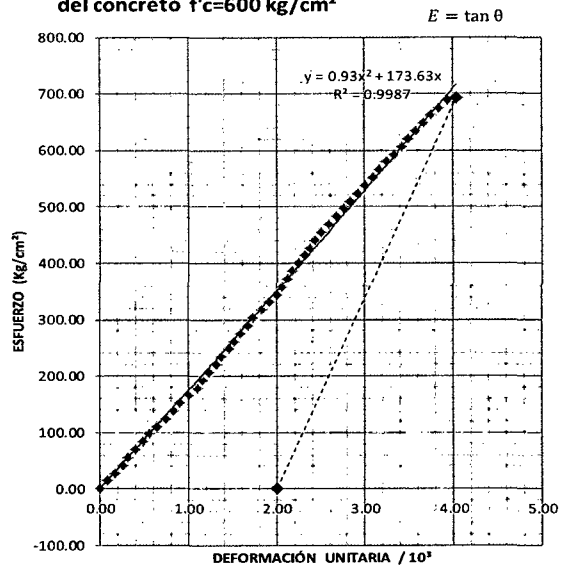
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	16/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.09	13.78	13.49
5000	0.05	0.17	27.55	27.05
7500	0.08	0.26	41.33	40.67
10000	0.11	0.36	55.11	56.64
12500	0.13	0.44	68.89	70.40
15000	0.16	0.53	82.66	84.22
17500	0.19	0.61	96.44	98.10
20000	0.22	0.71	110.22	114.37
22500	0.24	0.80	123.99	128.39
25000	0.27	0.88	137.77	142.47
27500	0.30	0.98	151.55	158.97
30000	0.33	1.07	165.33	173.19
32500	0.35	1.16	179.10	187.46
35000	0.37	1.23	192.88	199.41
37500	0.40	1.31	206.66	213.80
40000	0.42	1.38	220.43	225.84
42500	0.44	1.45	234.21	237.93
45000	0.47	1.53	247.99	250.05
47500	0.49	1.60	261.77	262.22
50000	0.51	1.68	275.54	276.89
52500	0.54	1.77	289.32	291.61
55000	0.57	1.85	303.10	306.40
57500	0.58	1.91	316.87	316.30
60000	0.60	1.97	330.65	326.22
62500	0.63	2.07	344.43	343.65
65000	0.66	2.15	358.21	358.65
67500	0.68	2.23	371.98	371.21
70000	0.70	2.30	385.76	383.80
72500	0.72	2.37	399.54	396.45
75000	0.76	2.50	413.31	419.31
77500	0.77	2.54	427.09	426.96
80000	0.79	2.58	440.87	434.63
82500	0.81	2.67	454.65	450.01
85000	0.83	2.72	468.42	460.30
87500	0.86	2.81	482.20	475.79
90000	0.87	2.87	495.98	486.15
92500	0.90	2.94	509.75	499.14
95000	0.92	3.02	523.53	514.78
97500	0.96	3.15	537.31	538.36
100000	0.97	3.20	551.09	546.25
102500	1.00	3.27	564.86	559.44
105000	1.02	3.35	578.64	575.33
107500	1.04	3.42	592.42	588.61
110000	1.07	3.51	606.19	604.61
112500	1.10	3.59	619.97	620.67
115000	1.12	3.67	633.75	634.10
117500	1.14	3.75	647.53	650.27
120000	1.17	3.84	661.30	666.51
122500	1.20	3.94	675.08	685.54
125000	1.230	4.04	688.86	704.64
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9963			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	688.86			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	338195.66			
Ecuación C	Esf. = 4.2713x <sup>2</sup> + 157.31x			

**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 2**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  $E = \tan \theta$   
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup>**



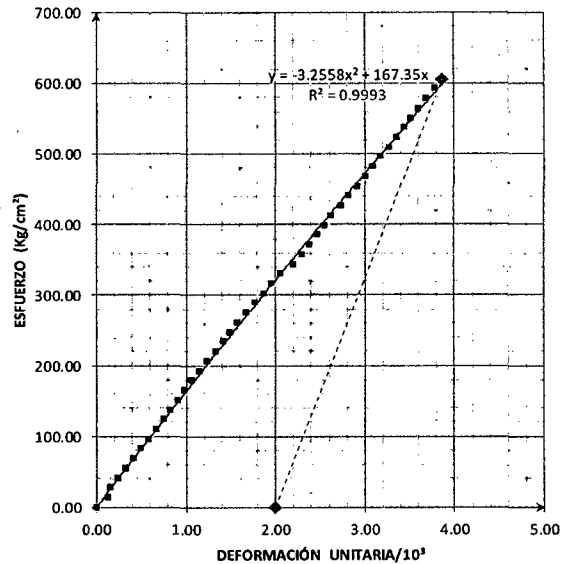
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	16/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.08	13.78	14.31
5000	0.05	0.16	27.55	28.63
7500	0.08	0.26	41.33	45.35
10000	0.10	0.32	55.11	54.91
12500	0.12	0.40	68.89	69.27
15000	0.15	0.48	82.66	83.64
17500	0.17	0.56	96.44	98.02
20000	0.20	0.65	110.22	112.41
22500	0.23	0.74	123.99	129.22
25000	0.25	0.82	137.77	143.64
27500	0.28	0.91	151.55	158.07
30000	0.31	1.00	165.33	174.93
32500	0.33	1.10	179.10	191.80
35000	0.36	1.17	192.88	203.86
37500	0.38	1.24	206.66	215.93
40000	0.40	1.32	220.43	230.43
42500	0.42	1.37	234.21	240.10
45000	0.44	1.46	247.99	254.62
47500	0.46	1.52	261.77	266.73
50000	0.49	1.59	275.54	278.84
52500	0.51	1.67	289.32	293.39
55000	0.53	1.73	303.10	303.10
57500	0.56	1.84	316.87	322.53
60000	0.59	1.92	330.65	337.12
62500	0.61	2.00	344.43	351.72
65000	0.63	2.06	358.21	361.47
67500	0.64	2.11	371.98	371.21
70000	0.67	2.18	385.76	383.40
72500	0.69	2.25	399.54	395.60
75000	0.71	2.32	413.31	407.81
77500	0.72	2.37	427.09	417.59
80000	0.74	2.43	440.87	427.37
82500	0.77	2.51	454.65	442.05
85000	0.79	2.59	468.42	456.74
87500	0.82	2.68	482.20	471.44
90000	0.84	2.76	495.98	486.16
92500	0.87	2.84	509.75	500.89
95000	0.89	2.92	523.53	515.63
97500	0.92	3.01	537.31	530.39
100000	0.94	3.09	551.09	545.16
102500	0.97	3.17	564.86	559.94
105000	0.99	3.25	578.64	574.73
107500	1.02	3.34	592.42	589.53
110000	1.04	3.42	606.19	604.35
112500	1.07	3.50	619.97	619.18
115000	1.09	3.58	633.75	634.03
117500	1.12	3.67	647.53	648.88
120000	1.14	3.75	661.30	663.75
122500	1.17	3.84	675.08	681.11
125000	1.20	3.94	688.86	698.49
125500	1.23	4.04	691.61	715.89
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9987			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	691.61			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	339717.67			
Ecuación Corregida	Esf. = 0.93x <sup>2</sup> + 173.63x			

**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 3**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup>**



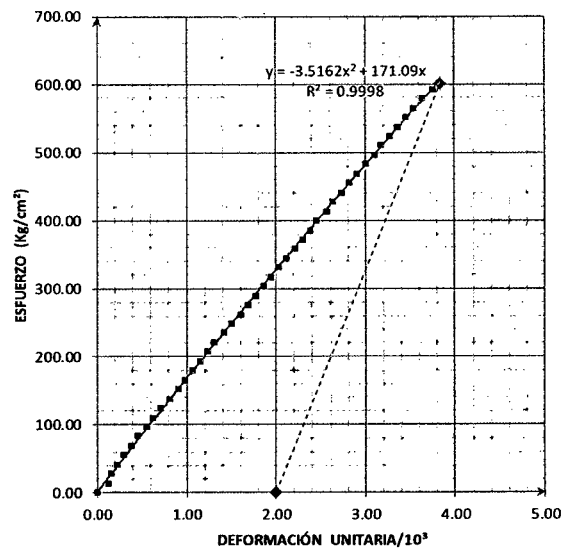
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	09/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.04	0.13	13.78	21.91
5000	0.05	0.16	27.55	26.27
7500	0.07	0.24	41.33	39.35
10000	0.10	0.33	55.11	54.55
12500	0.12	0.41	68.89	67.54
15000	0.15	0.50	82.66	82.65
17500	0.18	0.58	96.44	95.55
20000	0.20	0.67	110.22	110.55
22500	0.23	0.75	123.99	123.36
25000	0.25	0.83	137.77	136.13
27500	0.28	0.91	151.55	148.87
30000	0.30	0.97	165.33	159.45
32500	0.32	1.06	179.10	174.21
35000	0.35	1.14	192.88	186.82
37500	0.38	1.23	206.66	201.49
40000	0.40	1.33	220.43	216.10
42500	0.43	1.42	234.21	230.65
45000	0.45	1.48	247.99	241.01
47500	0.48	1.57	261.77	255.47
50000	0.51	1.67	275.54	269.87
52500	0.54	1.77	289.32	286.27
55000	0.57	1.86	303.10	300.55
57500	0.60	1.96	316.87	314.78
60000	0.63	2.06	330.65	330.98
62500	0.67	2.19	344.43	351.13
65000	0.70	2.30	358.21	367.16
67500	0.72	2.38	371.98	379.14
70000	0.75	2.47	385.76	393.07
72500	0.78	2.55	399.54	404.96
75000	0.80	2.62	413.31	416.81
77500	0.83	2.73	427.09	432.55
80000	0.86	2.82	440.87	446.26
82500	0.89	2.91	454.65	459.92
85000	0.92	3.01	468.42	473.52
87500	0.94	3.08	482.20	485.14
90000	0.97	3.18	495.98	498.64
92500	1.00	3.27	509.75	512.09
95000	1.02	3.36	523.53	525.48
97500	1.05	3.44	537.31	536.91
100000	1.07	3.52	551.09	548.31
102500	1.10	3.60	564.86	559.66
105000	1.12	3.69	578.64	572.86
107500	1.15	3.78	592.42	586.00
110000	1.180	3.87	606.19	599.08
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9993			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	606.19			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	323927.06			
Ecuación Corregida	Esf. = -3.2558x <sup>2</sup> + 167.35x			

**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 1**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600**  $E = \tan \theta$   
**kg/cm<sup>2</sup>**



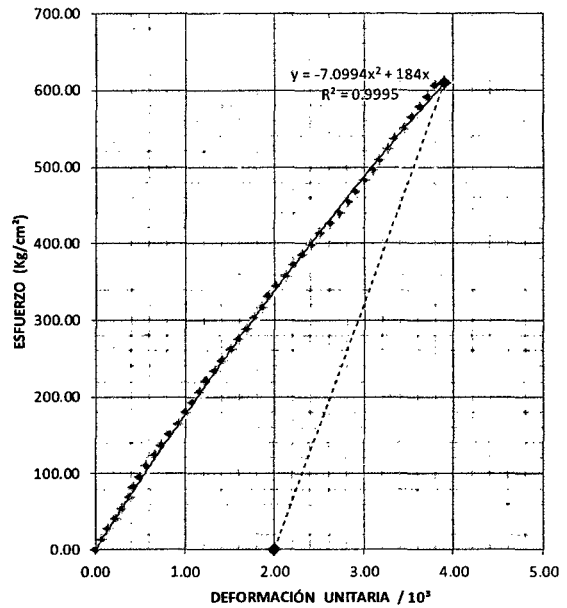
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 dias			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	09/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.04	0.13	13.78	22.39
5000	0.05	0.16	27.55	26.75
7500	0.07	0.22	41.33	37.84
10000	0.09	0.30	55.11	51.12
12500	0.12	0.38	68.89	64.35
15000	0.14	0.46	82.66	77.54
17500	0.17	0.55	96.44	92.87
20000	0.19	0.63	110.22	105.96
22500	0.22	0.71	123.99	119.01
25000	0.25	0.81	137.77	136.34
27500	0.27	0.90	151.55	151.45
30000	0.30	0.98	165.33	164.35
32500	0.32	1.06	179.10	177.20
35000	0.35	1.15	192.88	192.14
37500	0.37	1.23	206.66	204.91
40000	0.40	1.31	220.43	217.63
42500	0.43	1.41	234.21	234.52
45000	0.46	1.50	247.99	249.23
47500	0.49	1.59	261.77	263.89
50000	0.51	1.69	275.54	278.49
52500	0.54	1.76	289.32	290.96
55000	0.57	1.86	303.10	305.45
57500	0.59	1.95	316.87	319.88
60000	0.62	2.03	330.65	332.20
62500	0.65	2.12	344.43	346.52
65000	0.67	2.21	358.21	360.78
67500	0.70	2.30	371.98	374.99
70000	0.73	2.38	385.76	387.11
72500	0.75	2.46	399.54	399.20
75000	0.78	2.56	413.31	415.24
77500	0.80	2.64	427.09	427.23
80000	0.83	2.73	440.87	441.15
82500	0.86	2.82	454.65	455.02
85000	0.88	2.90	468.42	466.86
87500	0.92	3.01	482.20	482.58
90000	0.94	3.10	495.98	496.27
92500	0.97	3.18	509.75	507.95
95000	1.00	3.27	523.53	521.54
97500	1.02	3.36	537.31	535.06
100000	1.05	3.45	551.09	548.52
102500	1.08	3.54	564.86	561.93
105000	1.11	3.65	578.64	577.17
107500	1.14	3.75	592.42	592.34
109000	1.17	3.84	600.68	605.55
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9998			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	600.68			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	325945.31			
Ecuación Corregida	Esf. = -3.5162x <sup>2</sup> + 171.09x			

**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 2**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  $E = \tan \theta$   
**del concreto  $f'c=600 \text{ kg/cm}^2$**



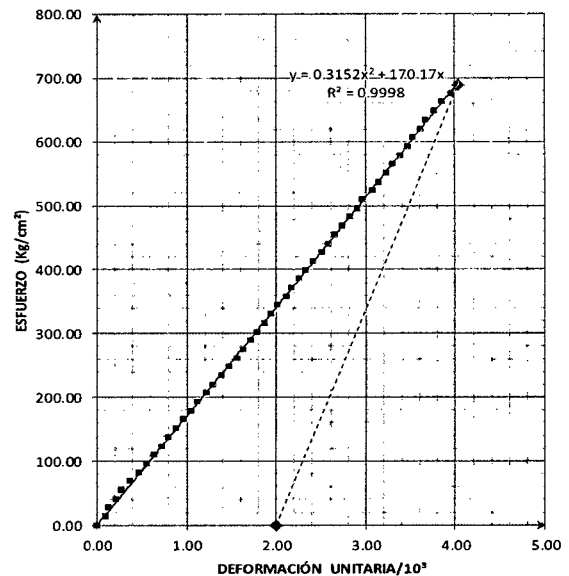
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	02/11/2014			
Fecha de rotura:	09/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.02	0.07	13.78	11.95
5000	0.04	0.14	27.55	26.21
7500	0.07	0.22	41.33	40.38
10000	0.09	0.30	55.11	54.46
12500	0.12	0.38	68.89	68.46
15000	0.13	0.43	82.66	77.74
17500	0.15	0.49	96.44	89.29
20000	0.17	0.57	110.22	103.07
22500	0.20	0.66	123.99	119.04
25000	0.23	0.74	137.77	132.64
27500	0.25	0.82	151.55	146.14
30000	0.28	0.92	165.33	164.02
32500	0.31	1.00	179.10	177.32
35000	0.33	1.08	192.88	190.54
37500	0.35	1.16	206.66	203.67
40000	0.38	1.24	220.43	216.72
42500	0.40	1.33	234.21	231.82
45000	0.43	1.42	247.99	246.82
47500	0.46	1.51	261.77	261.69
50000	0.49	1.60	275.54	276.45
52500	0.52	1.69	289.32	291.08
55000	0.54	1.77	303.10	303.54
57500	0.56	1.85	316.87	315.90
60000	0.59	1.93	330.65	328.18
62500	0.62	2.02	344.43	342.40
65000	0.65	2.12	358.21	358.50
67500	0.67	2.21	371.98	372.46
70000	0.70	2.30	385.76	386.31
72500	0.73	2.41	399.54	401.99
75000	0.77	2.51	413.31	417.51
77500	0.80	2.62	427.09	432.89
80000	0.83	2.72	440.87	448.10
82500	0.86	2.81	454.65	461.29
85000	0.88	2.90	468.42	474.36
87500	0.92	3.01	482.20	489.16
90000	0.94	3.10	495.98	501.97
92500	0.97	3.18	509.75	512.87
95000	1.00	3.27	523.53	525.47
97500	1.02	3.35	537.31	536.17
100000	1.05	3.45	551.09	550.31
102500	1.08	3.54	564.86	562.56
105000	1.10	3.62	578.64	572.96
107500	1.13	3.71	592.42	584.99
110000	1.16	3.80	606.19	596.89
110500	1.19	3.89	608.95	608.68
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9995			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	608.95			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	321728.71			
Ecuación Corregida	Esf. = -7.0994x <sup>2</sup> + 184x			

**ESPECIMEN CON 1.5% NANOSÍLICE**  
**N° 3 Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ**



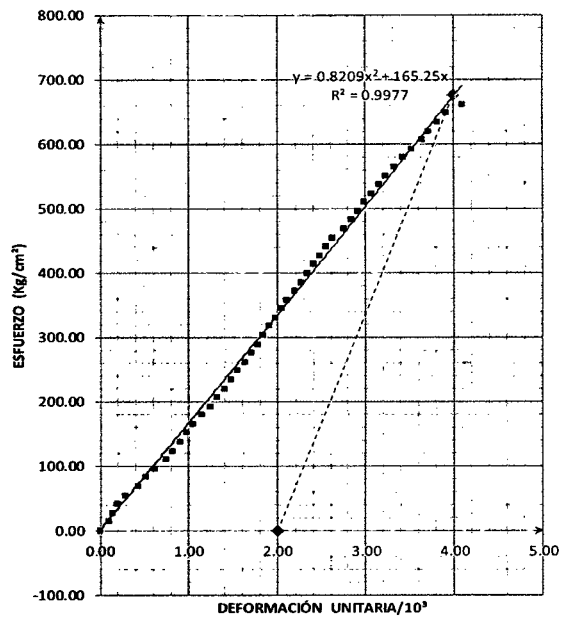
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	05/12/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.10	13.78	16.75
5000	0.04	0.13	27.55	22.25
7500	0.06	0.21	41.33	35.60
10000	0.08	0.27	55.11	46.73
12500	0.11	0.37	68.89	62.32
15000	0.14	0.47	82.66	80.14
17500	0.17	0.55	96.44	93.52
20000	0.20	0.64	110.22	109.12
22500	0.22	0.72	123.99	122.50
25000	0.24	0.80	137.77	135.88
27500	0.27	0.88	151.55	149.27
30000	0.29	0.97	165.33	164.89
32500	0.32	1.05	179.10	178.29
35000	0.34	1.12	192.88	191.69
37500	0.37	1.22	206.66	207.33
40000	0.39	1.29	220.43	220.73
42500	0.42	1.39	234.21	236.38
45000	0.45	1.48	247.99	252.03
47500	0.47	1.56	261.77	265.45
50000	0.50	1.63	275.54	278.88
52500	0.52	1.71	289.32	292.31
55000	0.55	1.79	303.10	305.74
57500	0.57	1.87	316.87	319.18
60000	0.59	1.93	330.65	330.38
62500	0.61	2.01	344.43	343.82
65000	0.64	2.10	358.21	359.51
67500	0.66	2.17	371.98	370.72
70000	0.69	2.25	385.76	384.17
72500	0.71	2.33	399.54	397.63
75000	0.73	2.41	413.31	411.10
77500	0.76	2.51	427.09	429.05
80000	0.78	2.58	440.87	440.28
82500	0.81	2.65	454.65	453.75
85000	0.83	2.73	468.42	467.23
87500	0.86	2.82	482.20	482.96
90000	0.88	2.90	495.98	496.45
92500	0.90	2.97	509.75	507.69
95000	0.94	3.07	523.53	525.69
97500	0.96	3.15	537.31	539.19
100000	0.98	3.23	551.09	552.69
102500	1.00	3.29	564.86	563.94
105000	1.03	3.39	578.64	579.71
107500	1.06	3.46	592.42	593.22
110000	1.08	3.53	606.19	604.49
112500	1.10	3.61	619.97	618.01
115000	1.12	3.67	633.75	629.28
117500	1.15	3.76	647.53	645.07
120000	1.18	3.86	661.30	660.86
122500	1.20	3.95	675.08	676.65
125000	1.23	4.04	688.86	692.45
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9998			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	688.86			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	337846.88			
Ecuación C	Esf. = 0.3152x <sup>2</sup> + 170.17x			

**ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 1**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600**       $E = \tan \theta$   
**kg/cm<sup>2</sup>**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	05/12/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.10	13.78	16.27
5000	0.04	0.14	27.55	22.51
7500	0.06	0.20	41.33	33.78
10000	0.09	0.29	55.11	47.31
12500	0.13	0.42	68.89	69.88
15000	0.16	0.52	82.66	85.71
17500	0.19	0.61	96.44	101.54
20000	0.23	0.75	110.22	124.19
22500	0.25	0.82	123.99	135.52
25000	0.27	0.90	137.77	149.14
27500	0.30	0.98	151.55	162.76
30000	0.32	1.05	165.33	174.12
32500	0.35	1.14	179.10	190.04
35000	0.38	1.24	192.88	205.98
37500	0.40	1.32	206.66	219.64
40000	0.43	1.40	220.43	233.33
42500	0.45	1.47	234.21	244.73
45000	0.47	1.55	247.99	258.43
47500	0.50	1.63	261.77	272.15
50000	0.52	1.70	275.54	283.58
52500	0.54	1.77	289.32	295.02
55000	0.56	1.84	303.10	306.47
57500	0.58	1.91	316.87	317.93
60000	0.60	1.97	330.65	329.39
62500	0.62	2.04	344.43	340.87
65000	0.64	2.11	358.21	352.35
67500	0.67	2.19	371.98	366.13
70000	0.69	2.26	385.76	377.63
72500	0.71	2.34	399.54	391.44
75000	0.73	2.41	413.31	402.95
77500	0.76	2.48	427.09	414.47
80000	0.78	2.55	440.87	426.00
82500	0.80	2.63	454.65	439.84
85000	0.84	2.75	468.42	460.63
87500	0.86	2.83	482.20	474.50
90000	0.89	2.91	495.98	488.39
92500	0.91	2.98	509.75	499.96
95000	0.93	3.06	523.53	513.87
97500	0.96	3.14	537.31	527.78
100000	0.98	3.23	551.09	541.71
102500	1.01	3.32	564.86	557.97
105000	1.04	3.42	578.64	574.24
107500	1.07	3.53	592.42	592.86
110000	1.11	3.63	606.19	611.49
112500	1.13	3.72	619.97	625.49
115000	1.16	3.81	633.75	641.82
117500	1.19	3.91	647.53	658.17
120000	1.25	4.10	661.30	690.92
122500	1.22	4.00	675.08	674.54
Coef. de correlación			R <sup>2</sup> = 0.9977	
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )			675.08	
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )			337143.41	
Ecuación C			Esf. = 0.8209x <sup>2</sup> + 165.25x	

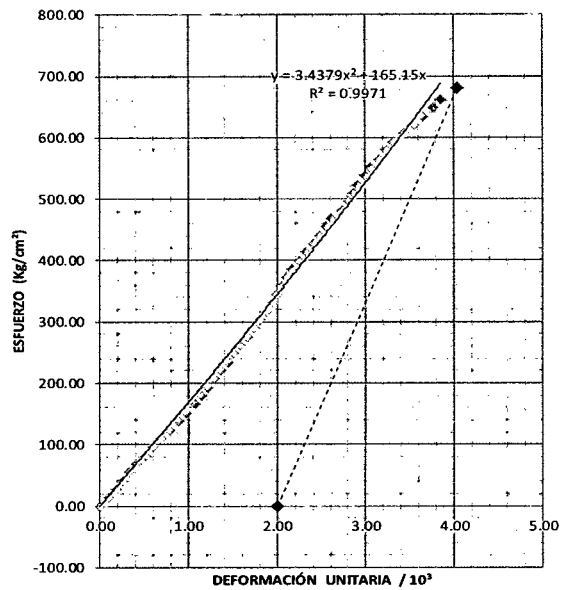
**ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 2**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
del concreto  $f'c=600 \text{ kg/cm}^2$   $E = \tan \theta$



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	28 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	05/12/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.11	13.78	17.44
5000	0.06	0.18	27.55	29.94
7500	0.08	0.26	41.33	42.48
10000	0.10	0.33	55.11	55.06
12500	0.13	0.42	68.89	70.20
15000	0.16	0.51	82.66	85.41
17500	0.18	0.60	96.44	100.66
20000	0.21	0.69	110.22	115.98
22500	0.24	0.78	123.99	131.35
25000	0.27	0.89	137.77	149.35
27500	0.30	0.98	151.55	164.84
30000	0.33	1.07	165.33	180.39
32500	0.35	1.14	179.10	193.39
35000	0.37	1.22	192.88	206.43
37500	0.39	1.29	206.66	219.51
40000	0.41	1.35	220.43	230.00
42500	0.44	1.44	234.21	245.78
45000	0.46	1.50	247.99	256.33
47500	0.48	1.58	261.77	269.56
50000	0.50	1.66	275.54	282.82
52500	0.53	1.73	289.32	296.13
55000	0.55	1.81	303.10	309.47
57500	0.57	1.88	316.87	322.85
60000	0.59	1.94	330.65	333.58
62500	0.61	1.99	344.43	341.65
65000	0.62	2.05	358.21	352.43
67500	0.64	2.11	371.98	363.23
70000	0.66	2.17	385.76	374.05
72500	0.68	2.24	399.54	387.62
75000	0.71	2.32	413.31	401.23
77500	0.73	2.41	427.09	417.61
80000	0.76	2.48	440.87	431.30
82500	0.78	2.54	454.65	442.28
85000	0.79	2.60	468.42	453.29
87500	0.83	2.74	482.20	478.15
90000	0.86	2.81	495.98	492.01
92500	0.87	2.86	509.75	500.35
95000	0.89	2.90	523.53	508.70
97500	0.91	2.99	537.31	525.44
100000	0.93	3.06	551.09	536.64
102500	0.96	3.15	564.86	553.47
105000	0.99	3.24	578.64	570.37
107500	1.01	3.31	592.42	584.49
110000	1.05	3.43	606.19	607.16
112500	1.08	3.55	619.97	629.94
115000	1.11	3.66	633.75	649.95
117500	1.15	3.76	647.53	670.03
120000	1.17	3.85	661.30	687.31
122500	1.20	3.94	675.08	704.64
123500	1.229	4.03	680.59	722.03
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9971			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	680.59			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	334717.96			
Ecuación C	Esf. = 3.4379x2 + 165.15x			

### ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE

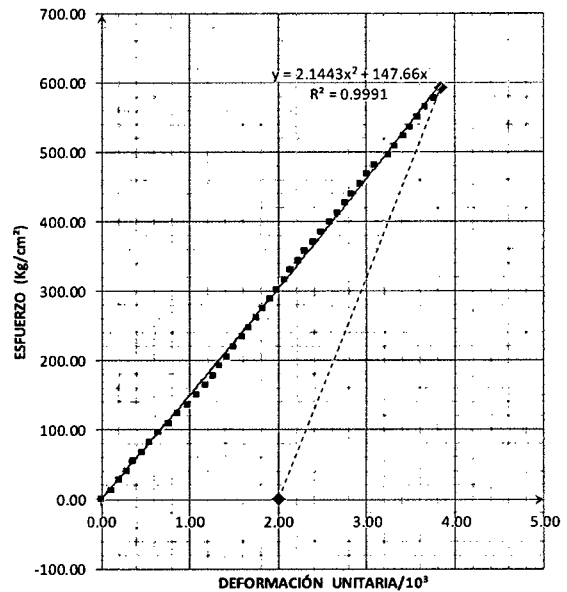
N° 3 Esfuerzo Vs Deformación del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup> E = tan θ



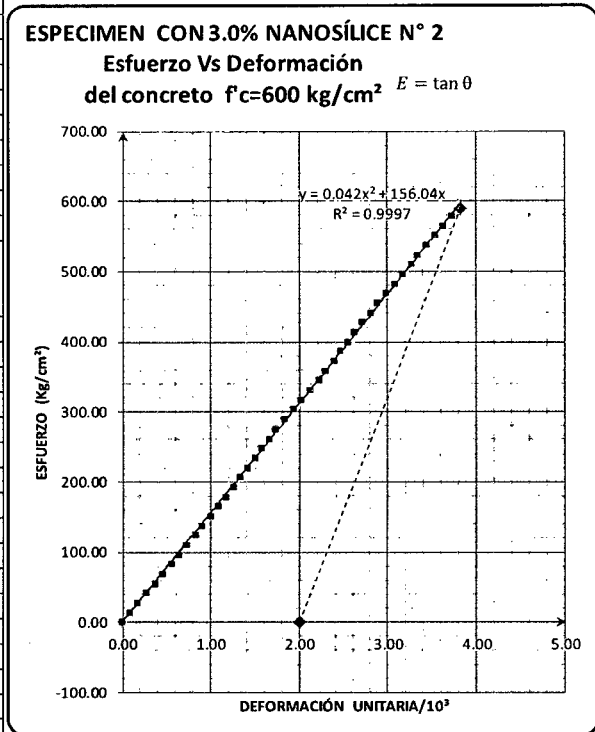


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSILICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	21/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.03	0.11	13.78	16.25
5000	0.06	0.20	27.55	30.22
7500	0.09	0.28	41.33	41.89
10000	0.11	0.36	55.11	53.59
12500	0.14	0.46	68.89	67.66
15000	0.17	0.55	82.66	81.78
17500	0.20	0.64	96.44	95.92
20000	0.23	0.75	110.22	112.48
22500	0.26	0.86	123.99	129.08
25000	0.30	0.97	137.77	145.74
27500	0.33	1.07	151.55	160.06
30000	0.36	1.18	165.33	176.82
32500	0.38	1.26	179.10	188.82
35000	0.41	1.33	192.88	200.84
37500	0.43	1.41	206.66	212.89
40000	0.45	1.49	220.43	224.97
42500	0.48	1.59	234.21	239.50
45000	0.51	1.66	247.99	251.64
47500	0.53	1.74	261.77	263.80
50000	0.56	1.82	275.54	275.99
52500	0.58	1.90	289.32	288.21
55000	0.60	1.98	303.10	300.45
57500	0.63	2.06	316.87	312.72
60000	0.65	2.13	330.65	325.01
62500	0.67	2.21	344.43	337.33
65000	0.70	2.29	358.21	349.68
67500	0.73	2.39	371.98	364.53
70000	0.76	2.48	385.76	379.43
72500	0.78	2.57	399.54	394.35
75000	0.81	2.67	413.31	409.32
77500	0.84	2.75	427.09	421.82
80000	0.86	2.83	440.87	434.35
82500	0.89	2.92	454.65	449.42
85000	0.91	3.00	468.42	462.00
87500	0.94	3.08	482.20	474.61
90000	0.99	3.23	495.98	499.92
92500	1.01	3.31	509.75	512.61
95000	1.04	3.41	523.53	527.87
97500	1.06	3.48	537.31	540.62
100000	1.09	3.56	551.09	553.40
102500	1.11	3.66	564.86	568.77
105000	1.14	3.75	578.64	584.17
107500	1.17	3.85	592.42	599.61
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9991			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	592.42			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	320926.16			
Ecuación Corregida	Esf. = 2.1443x2 + 147.66x			

**ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 1**  
**Esfuerzo Vs Deformación**  
**del concreto f'c=600**  $E = \tan \theta$   
**kg/cm<sup>2</sup>**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	21/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.02	0.08	13.78	12.43
5000	0.05	0.18	27.55	27.34
7500	0.08	0.27	41.33	42.25
10000	0.11	0.37	55.11	57.16
12500	0.14	0.46	68.89	72.08
15000	0.17	0.56	82.66	86.99
17500	0.19	0.64	96.44	99.42
20000	0.22	0.73	110.22	114.34
22500	0.25	0.83	123.99	129.26
25000	0.28	0.91	137.77	141.69
27500	0.31	1.00	151.55	156.61
30000	0.33	1.08	165.33	169.04
32500	0.36	1.18	179.10	183.96
35000	0.38	1.26	192.88	196.39
37500	0.41	1.34	206.66	208.83
40000	0.43	1.42	220.43	221.26
42500	0.46	1.50	234.21	233.70
45000	0.48	1.58	247.99	246.13
47500	0.50	1.66	261.77	258.57
50000	0.53	1.74	275.54	271.01
52500	0.56	1.83	289.32	285.93
55000	0.59	1.93	303.10	300.86
57500	0.62	2.02	316.87	315.79
60000	0.65	2.12	330.65	330.71
62500	0.67	2.21	344.43	345.64
65000	0.70	2.29	358.21	358.08
67500	0.73	2.39	371.98	373.01
70000	0.75	2.47	385.76	385.46
72500	0.78	2.55	399.54	397.90
75000	0.80	2.63	413.31	410.34
77500	0.83	2.71	427.09	422.78
80000	0.85	2.80	440.87	437.72
82500	0.88	2.88	454.65	450.16
85000	0.91	2.98	468.42	465.10
87500	0.94	3.07	482.20	480.03
90000	0.97	3.17	495.98	494.97
92500	1.00	3.26	509.75	509.90
95000	1.02	3.34	523.53	522.35
97500	1.05	3.44	537.31	537.29
100000	1.08	3.54	551.09	552.23
102500	1.11	3.63	564.86	567.17
105000	1.14	3.73	578.64	582.11
107000	1.17	3.82	589.66	597.05
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9997			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	589.66			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	323574.29			
Ecuación Corregida	Esf. = 0.042x <sup>2</sup> + 156.04x			

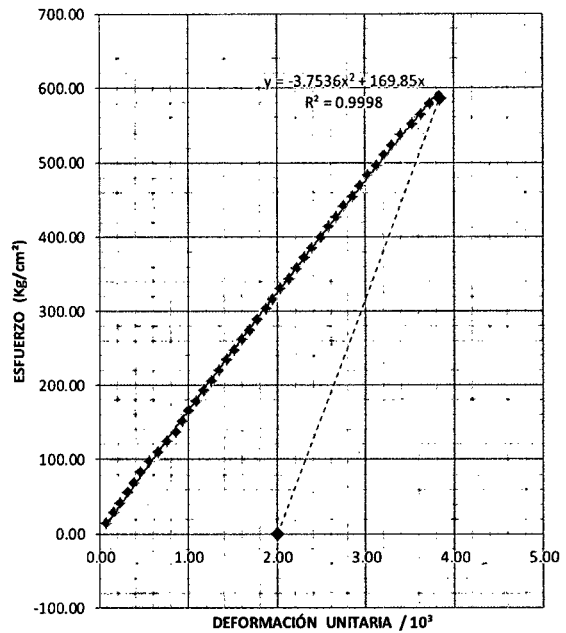


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	21/11/2014			
Tipo de falla:	v/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.02	0.07	13.78	12.70
5000	0.05	0.15	27.55	25.36
7500	0.07	0.22	41.33	37.98
10000	0.10	0.31	55.11	53.06
12500	0.12	0.39	68.89	65.59
15000	0.14	0.46	82.66	78.07
17500	0.17	0.55	96.44	92.99
20000	0.20	0.66	110.22	110.33
22500	0.23	0.76	123.99	127.58
25000	0.26	0.85	137.77	142.30
27500	0.28	0.93	151.55	154.52
30000	0.31	1.00	165.33	166.70
32500	0.33	1.09	179.10	181.26
35000	0.36	1.17	192.88	193.35
37500	0.38	1.26	206.66	207.80
40000	0.41	1.35	220.43	222.18
42500	0.44	1.44	234.21	236.51
45000	0.46	1.51	247.99	248.40
47500	0.49	1.60	261.77	262.62
50000	0.52	1.69	275.54	276.77
52500	0.54	1.78	289.32	290.87
55000	0.57	1.87	303.10	304.90
57500	0.59	1.95	316.87	316.55
60000	0.62	2.04	330.65	330.47
62500	0.65	2.13	344.43	344.34
65000	0.68	2.22	358.21	358.14
67500	0.70	2.31	371.98	371.88
70000	0.73	2.40	385.76	385.56
72500	0.76	2.49	399.54	399.18
75000	0.79	2.58	413.31	412.74
77500	0.81	2.67	427.09	426.23
80000	0.84	2.76	440.87	439.67
82500	0.87	2.85	454.65	453.05
85000	0.89	2.94	468.42	466.36
87500	0.92	3.03	482.20	479.62
90000	0.95	3.12	495.98	492.81
92500	0.98	3.21	509.75	505.95
95000	1.00	3.30	523.53	519.02
97500	1.04	3.40	537.31	534.20
100000	1.07	3.52	551.09	551.44
102500	1.11	3.63	564.86	566.44
105000	1.14	3.73	578.64	581.36
106500	1.17	3.84	586.91	596.19
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9998			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	586.91			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	319816.01			
Ecuación C	Esf. = -3.7536x <sup>2</sup> + 169.85x			

### ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE

N° 3 Esfuerzo Vs Deformación del concreto f'c=600 kg/cm<sup>2</sup>

$$E = \tan \theta$$



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSILICE N° 1				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	14/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.06	0.20	13.78	24.41
5000	0.09	0.28	27.55	34.74
7500	0.12	0.38	41.33	47.96
10000	0.14	0.47	55.11	59.05
12500	0.18	0.59	68.89	74.71
15000	0.21	0.70	82.66	88.24
17500	0.24	0.79	96.44	99.60
20000	0.28	0.91	110.22	115.63
22500	0.31	1.03	123.99	131.79
25000	0.34	1.12	137.77	143.43
27500	0.37	1.20	151.55	155.13
30000	0.40	1.31	165.33	169.28
32500	0.43	1.41	179.10	183.53
35000	0.46	1.52	192.88	197.88
37500	0.48	1.57	206.66	205.10
40000	0.52	1.69	220.43	222.04
42500	0.54	1.78	234.21	234.23
45000	0.57	1.87	247.99	246.49
47500	0.59	1.94	261.77	256.35
50000	0.63	2.06	275.54	273.72
52500	0.65	2.13	289.32	283.70
55000	0.68	2.23	303.10	298.78
57500	0.73	2.41	316.87	324.13
60000	0.75	2.46	330.65	331.79
62500	0.77	2.51	344.43	339.48
65000	0.79	2.58	358.21	349.77
67500	0.81	2.67	371.98	362.70
70000	0.85	2.77	385.76	378.31
72500	0.87	2.86	399.54	391.40
75000	0.90	2.95	413.31	404.56
77500	0.93	3.05	427.09	420.45
80000	0.96	3.14	440.87	433.77
82500	1.01	3.32	454.65	460.64
85000	1.04	3.40	468.42	474.18
87500	1.10	3.61	482.20	506.97
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9976			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	482.20			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	299054.64			
Ecuación C	Esf. = 4.7786x <sup>2</sup> + 123.08x			

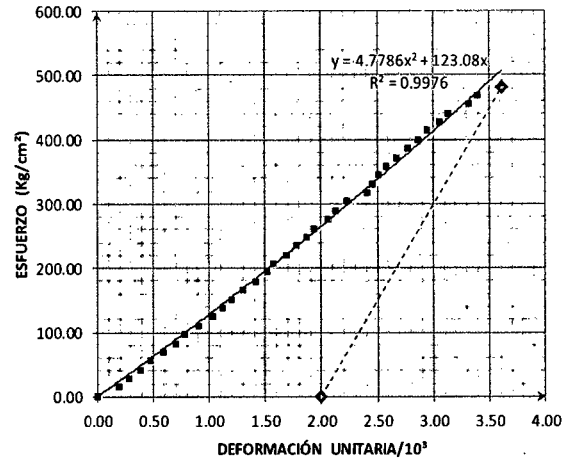
**ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 1**

**Esfuerzo Vs Deformación**

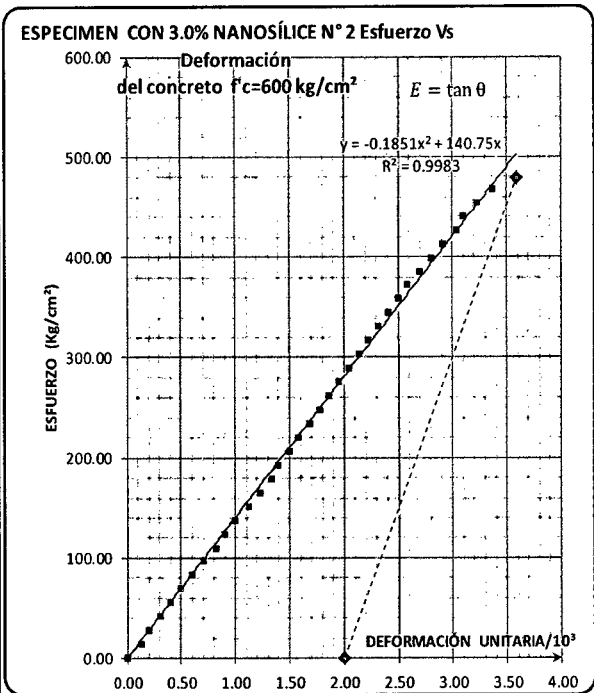
**del concreto f'c=600**

**kg/cm<sup>2</sup>**

$E = \tan \theta$



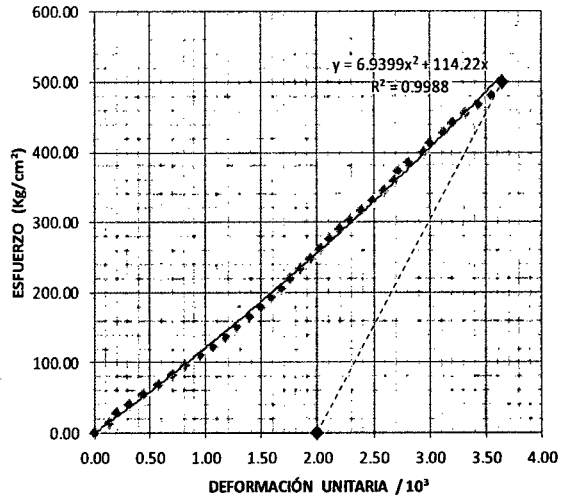
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSÍLICE N° 2				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	14/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.04	0.13	13.78	18.47
5000	0.06	0.20	27.55	28.06
7500	0.09	0.31	41.33	43.35
10000	0.12	0.40	55.11	56.10
12500	0.15	0.49	68.89	68.84
15000	0.18	0.60	82.66	84.13
17500	0.22	0.71	96.44	99.41
20000	0.25	0.82	110.22	114.68
22500	0.28	0.91	123.99	127.41
25000	0.30	1.00	137.77	140.14
27500	0.34	1.12	151.55	157.94
30000	0.38	1.23	165.33	173.20
32500	0.41	1.34	179.10	188.46
35000	0.43	1.40	192.88	196.09
37500	0.46	1.50	206.66	211.34
40000	0.48	1.58	220.43	221.50
42500	0.51	1.69	234.21	236.74
45000	0.54	1.78	247.99	249.44
47500	0.57	1.87	261.77	262.13
50000	0.60	1.96	275.54	274.83
52500	0.62	2.05	289.32	287.52
55000	0.65	2.14	303.10	300.20
57500	0.68	2.23	316.87	312.88
60000	0.71	2.32	330.65	325.56
62500	0.73	2.41	344.43	338.24
65000	0.76	2.50	358.21	350.92
67500	0.79	2.59	371.98	363.59
70000	0.82	2.70	385.76	378.79
72500	0.86	2.81	399.54	393.98
75000	0.89	2.92	413.31	409.18
77500	0.93	3.05	427.09	426.90
80000	0.94	3.10	440.87	434.49
82500	0.98	3.23	454.65	452.20
85000	1.03	3.37	468.42	472.43
<b>87000</b>	<b>1.09</b>	<b>3.59</b>	<b>479.44</b>	<b>502.77</b>
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9983			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	479.44			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	301730.02			
Ecuación Corregida	Esf. = -0.1851x <sup>2</sup> + 140.75x			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON 3.0% NANOSILICE N° 3				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	7 días			
Fecha de elaboración:	07/11/2014			
Fecha de rotura:	14/11/2014			
Tipo de falla:	II/súbita			
Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ):	600			
Area de la probeta (cm <sup>2</sup> ):	181.46			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit. / 10 <sup>3</sup>	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
2500	0.04	0.13	13.78	15.11
5000	0.06	0.21	27.55	23.71
7500	0.10	0.32	41.33	36.89
10000	0.14	0.45	55.11	52.49
12500	0.18	0.58	68.89	68.32
15000	0.22	0.71	82.66	84.39
17500	0.25	0.82	96.44	98.35
20000	0.29	0.95	110.22	114.86
22500	0.32	1.06	123.99	129.20
25000	0.36	1.17	137.77	143.71
27500	0.39	1.29	151.55	158.40
30000	0.43	1.40	165.33	173.25
32500	0.45	1.49	179.10	185.77
35000	0.48	1.58	192.88	198.40
37500	0.51	1.68	206.66	211.16
40000	0.53	1.75	220.43	221.45
42500	0.56	1.85	234.21	234.43
45000	0.59	1.94	247.99	247.52
47500	0.62	2.03	261.77	260.73
50000	0.64	2.11	275.54	271.39
52500	0.67	2.20	289.32	284.82
55000	0.70	2.29	303.10	298.37
57500	0.73	2.39	316.87	312.05
60000	0.76	2.50	330.65	328.61
62500	0.79	2.59	344.43	342.55
65000	0.82	2.68	358.21	356.61
67500	0.83	2.72	371.98	362.27
70000	0.86	2.81	385.76	376.49
72500	0.90	2.95	399.54	396.61
75000	0.91	3.00	413.31	405.31
77500	0.95	3.13	427.09	425.77
80000	0.98	3.21	440.87	437.56
82500	1.01	3.32	454.65	455.40
85000	1.05	3.43	468.42	473.42
87500	1.08	3.54	482.20	491.60
90500	1.11	3.65	498.73	509.96
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9988			
Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	498.73			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	301592.66			
Ecuación Corregida	Esf. =6.9399x2 + 114.22x			

### ESPECIMEN CON 3.0% NANOSILICE

N° 3 Esfuerzo Vs Deformación  
 $E = \tan \theta$   
 del concreto  $f'c=600 \text{ kg/cm}^2$



## PANEL FOTOGRÁFICO



*Ensayo de granulometría del agregado fino*



*Selección del agregado fino para peso específico*



*Ensayo de Peso específico del agregado fino*



*Ensayo de Abrasión*





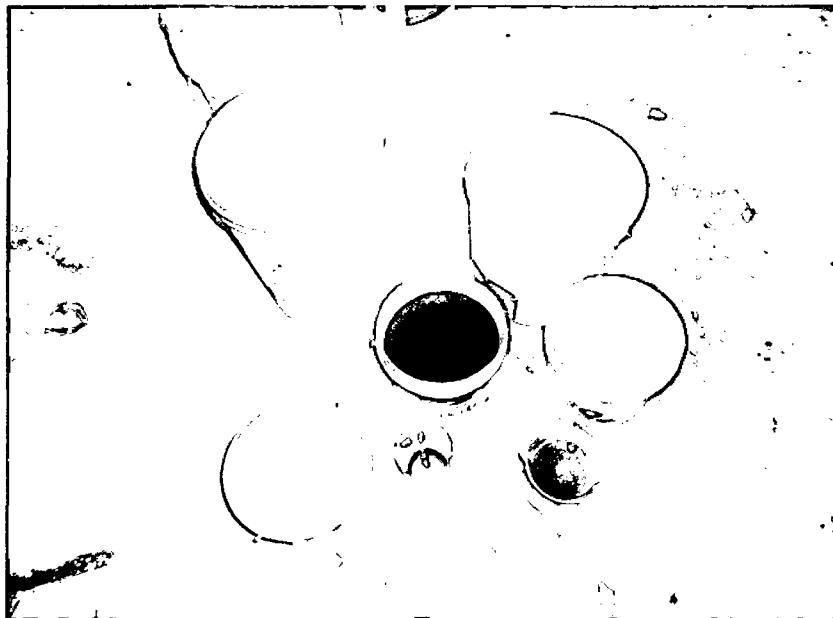
*Prueba de slump del concreto patrón*



*Prueba de slump del concreto patrón*



*Vaciado de mezcla del concreto patrón*



*Aditivos empleados en la mezcla de las tandas Sikament 290N y Nanosilice GAIA*



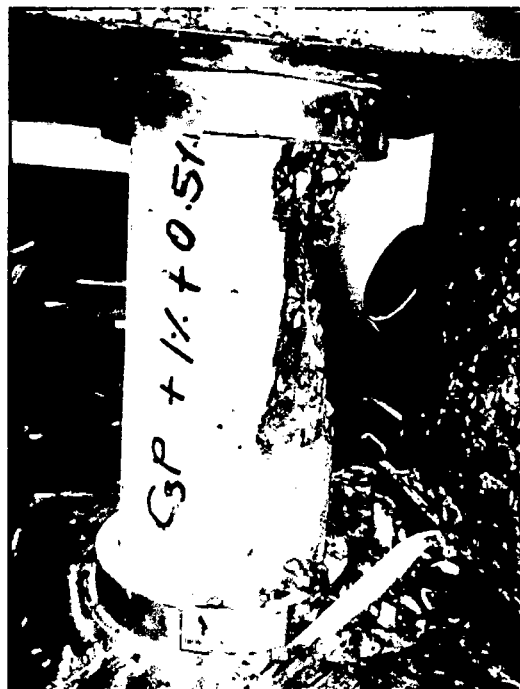
*Tanda de especímenes de concreto*



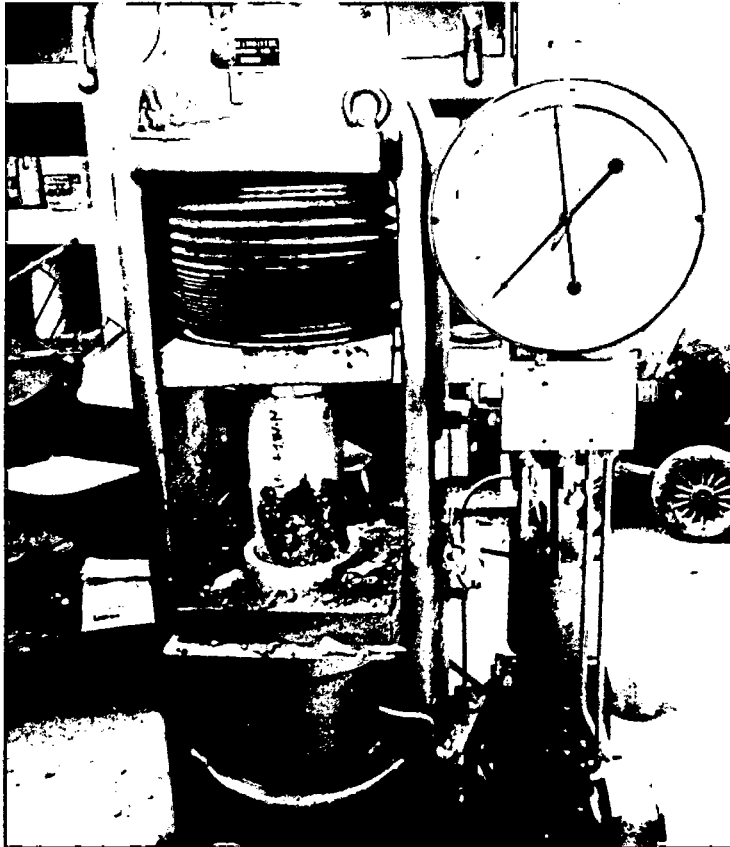
*Falla típica del Concreto Patrón*



*Falla típica en concretos con adiciones de 3.0% de Nanosilíce*



*Falla típica en concretos con adiciones de 0.5% de Nanosilíce*



*Falla típica en concretos con adiciones de 1.5% de Nanosilice*



*Fallas típicas en una tanda*

# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CAJAMARCA.

## CERTIFICA

Que la bachiller en ingeniería Civil: **GIOCONDA ESCOBEDO PORTAL** con D.N.I. N° 45704553, ex alumna de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca; ha registrado su asistencia en este laboratorio desde los periodos de: agosto del 2014 – diciembre del 2014 , desarrollando los ensayos correspondientes al capítulo de ensayo de materiales de la tesis profesional denominada: **“INCIDENCIA DE LA NANOSILICE EN LA RESISTENCIA MECANICA DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON CEMENTO PORTLAND TIPO I”**, cuyos resultados obran en este laboratorio.

Se expide el presente, a la solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.

Cajamarca, diciembre del 2014





# GAIA Nanosílice

Adicionante a cementos para concretos de altas prestaciones

Fecha de Emisión: Mar 10, 05  
 Revisión: 7  
 Fecha de Revisión: May 14, 10  
 Pagina 1 de 1

## Descripción

GAIA Nanosílice es el primer adiconante base nanosílice generado durante 2004 por la sinergia Scitech Cognoscible / Ulmen.

Pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento.

## Aspectos Técnicos

Elimina el total de la sílice en polvo en cualquiera de sus alternativas, y también los superplastificantes, reduciendo al mínimo los reductores plastificantes.

Con GAIA Nanosílice se obtiene concretos de alto rendimiento : 70 MPa a R28.

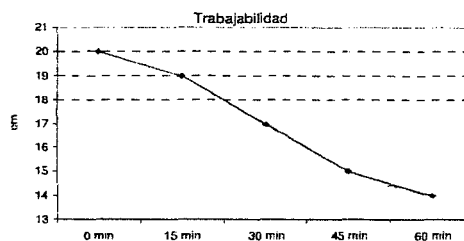
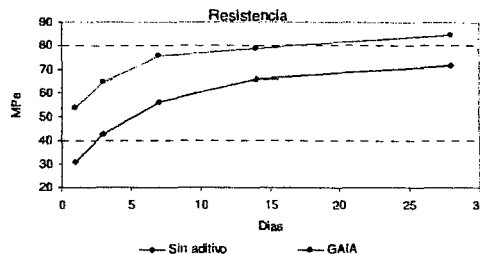
Ideal para concretos tipo "Fast Track", a usar dentro de las 24 horas posteriores al vaciado, con adecuadas dosificaciones, que permiten obtener hormigones impermeables según norma DIN 1048 o Nch 2262.

## Propiedades

Consecuencia de la menor actividad operacional, menor flujo de material con la consiguiente reducción de inventario, y - - - es líquido, amigable con el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

## Duración

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001



H-70 con 1,5% de GAIA

## Dosis

Se recomienda su uso en dosis de 0,5 a 3% en base al peso del cemento. Para dosis fuera de este rango, contacte al equipo técnico ULMEN.

## Presentación

Bidón plástico de 230 Kg.  
 Contenedor retornable de 1.000 kg

## Propiedades Físicas

Aspecto : Líq. levemente viscoso.  
 Color : café claro  
 Densidad : 1.028 ± 0.02 g/mL  
 pH : 5 ± 1  
 Viscosidad : 13 ± 2 (s) (C.Ford N°4)



## Sikament® 290N

### Aditivo Polifuncional para Concreto

#### Descripción General

**Sikament® 290N** es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada.

Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo.

**Sikament® 290N** no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

#### Campos de aplicación

**Sikament® 290N** está particularmente indicado para:

- Todo tipo de concretos fabricados en plantas concretoras con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación.
- En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.
- Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad.
- Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

#### Ventajas

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Terminación superficial de alta calidad.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.
- Permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla.
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras.
- Reductor de agua.

#### Datos Básicos

Aspecto Líquido.

Color Pardo oscuro.

Presentación Cilindro x 200 L  
Balde x 20 L  
Dispenser x 1000 L

Almacenamiento Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.

#### Datos Técnicos

Densidad 1,18 kg/L +/- 0,02

Norma Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G.





CONSTRUCCIÓN

**Aplicación**

**Consumo**

- Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento.
- Como superplastificante: del 0,7 % - 1,4 % del peso del cemento.

**Método de aplicación**

**Como Plastificante.**

Debe incorporarse junto con el agua de amasado.

**Como Superplastificante.**

Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m<sup>3</sup> de carga de la amasadora o camión concretero.

**Instrucciones de Seguridad**

**Precauciones de manipulación**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

**Observaciones**

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado.  
Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

**Nota Legal**

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.  
Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°7 la misma que deberá ser destruida”**

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin" S/N, MZ  
"B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima – Perú  
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070  
E-mail: [construccion@pe.sika.com](mailto:construccion@pe.sika.com) / Web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

